

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS ESTANDARES ISO/IEC TR 15504 Y CMMI

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

TORRES SAMANIEGO MARIELA ZULAY

DIRECTOR: Ing. Víctor Aguilar

Quito, abril 2007

DECLARACIÓN

Yo, Mariela Zulay Torres Samaniego, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por su normatividad institucional vigente.

Mariela Zulay Torres Samaniego

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mariela Zulay Torres Samaniego, bajo mi supervisión.

Ing. Víctor Aguilar
DIRECTOR DE PROYECTO

CONTENIDO

1	CALIDAD EN LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	12
1.1	CONCEPTOS DE CALIDAD.....	12
1.1.1	<i>Evolución del concepto de calidad</i>	12
1.1.2	<i>Enfoque usual de calidad</i>	13
1.1.3	<i>Enfoque profesional de calidad</i>	14
1.1.4	<i>Conceptos generales de calidad</i>	14
1.2	LA CALIDAD EN EL PROCESO DE SOFTWARE	16
1.2.1	<i>EL proceso de software y su importancia</i>	16
1.2.1.1	Definición de Proceso de Software	16
1.2.1.2	Importancia de los Procesos de Software	17
1.2.2	<i>Calidad de Producto y calidad de Proceso</i>	18
1.2.2.1	Calidad de Producto	18
1.2.2.2	Calidad de Proceso.....	19
1.2.3	<i>Mejoramiento de los procesos de software</i>	19
1.3	MODELOS DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS PROCESOS DE SOFTWARE	21
1.3.1	<i>ISO 9001</i>	23
1.3.1.1	Descripción del estándar	23
1.3.1.2	Estructura de ISO 9000	23
1.3.1.3	Ventajas de ISO 9001.....	24
1.3.1.4	Desventajas de ISO 9001	25
1.3.2	<i>ISO/IEC TR-15504 (SPICE)</i>	25
1.3.2.1	Descripción del estándar	25
1.3.2.2	Estructura del estándar	25
1.3.2.3	Ventajas del ISO/IEC TR-15504.....	26
1.3.2.4	Desventajas del ISO/IEC TR-15504	27
1.3.3	<i>CMMI (Capability Maturity Model Integrated)</i>	27
1.3.3.1	Descripción del estándar	27
1.3.3.2	Estructura de CMMI	27
1.3.3.3	Ventajas de CMMI.....	28
1.3.3.4	Desventajas de CMMI.....	29
1.3.4	<i>Otros modelos de calidad de procesos de software</i>	29
1.3.4.1	PSP (Personal Software Process)	29
1.3.4.2	TSP (Team Software Process).....	30
1.3.4.3	CBA-IPI (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement)	30
1.3.4.4	SCE (Software Capability Evaluation).....	31
1.3.4.5	Modelo Ideal	31
1.3.4.6	MoProSoft (Modelo de Procesos de Software)	31

2	ANÁLISIS DEL ESTANDAR ISO/IEC TR 15504	32
2.1	INTRODUCCION AL ESTANDAR ISO-IEC TR 15504	32
2.1.1	<i>Qué es el estandar ISO/IEC TR 15504</i>	32
2.1.2	<i>Proyecto SPICE</i>	32
2.1.3	<i>Objetivos de ISO/IEC 15504</i>	35
2.1.4	<i>Alcance de ISO/IEC 15504</i>	36
2.2	COMPONENTES DEL ESTANDAR	36
2.2.1	<i>ISO/IEC 15504-1: Conceptos y guía introductoria</i>	37
2.2.2	<i>ISO/IEC 15504-2: Un modelo de referencia de procesos y capacidad de procesos</i>	38
2.2.3	<i>ISO/IEC 15504-3: Realización de la evaluación</i>	38
2.2.4	<i>ISO/IEC 15504-4: Guía para conducir las evaluaciones</i>	38
2.2.5	<i>ISO/IEC 15504-5: Construcción, selección y uso de las herramientas e instrumentos de evaluación</i>	38
2.2.6	<i>ISO/IEC 15504-6: Cualificación y entrenamiento de los asesores</i>	38
2.2.7	<i>ISO/IEC 15504-7: Guía para uso en el mejoramiento de los procesos</i>	38
2.2.8	<i>ISO/IEC 15504-8: Guía para uso en la determinación de la capacidad de procesos de terceros</i>	39
2.2.9	<i>ISO/IEC 15504-9: Vocabulario</i>	39
2.3	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN	39
2.3.1	<i>Relación entre el modelo de evaluación y modelo de referencia de ISO/IEC 15504</i>	39
2.3.2	<i>Modelo de referencia de ISO/IEC 15504</i>	40
2.3.3	<i>Proceso de evaluación de software</i>	41
2.4	CATEGORIA DE LOS PROCESOS	42
2.4.1	<i>Dimensión de procesos</i>	42
2.4.1.1	Procesos Cliente-Proveedor	43
2.4.1.2	Procesos de Ingeniería	43
2.4.1.3	Procesos de Soporte	43
2.4.1.4	Procesos de Gestión	44
2.4.1.5	Procesos de la Organización	44
2.4.2	<i>Dimensión de las capacidades de los procesos</i>	45
2.4.2.1	Niveles de capacidad de los procesos	45
2.4.2.2	Atributos del proceso	46
2.5	ARQUITECTURA	48
2.6	USOS Y BENEFICIOS DEL ESTANDAR	51
2.6.1	<i>Usos del estándar ISO/IEC 15504</i>	51
2.6.1.1	Quiénes utilizan el estándar	51
2.6.1.1.1	Organización de Software	52
2.6.1.1.2	Asesores de los procesos de Software	52
2.6.1.1.3	Desarrolladores de un modelo de certificación	53
2.6.1.1.4	Desarrolladores de herramientas	53

2.6.2	<i>Para que sirve el estándar</i>	53
2.6.3	<i>Herramientas automatizadas que implementan el estándar</i>	54
2.6.3.1	SPICE Automated Assessment Tool Prototype.....	54
2.6.3.2	SYNSPICE.....	55
2.6.4	<i>Beneficios del estándar ISO/IEC 15504</i>	56
3	ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR CMMI	57
3.1	ASPECTOS GENERALES.....	57
3.1.1	<i>Qué es CMMI</i>	57
3.1.2	<i>Propósito de CMMI</i>	58
3.1.3	<i>Objetivos de CMMI</i>	58
3.1.4	<i>Áreas de conocimiento de CMMI</i>	59
3.2	EVOLUCION DEL ESTANDAR CMMI.....	60
3.2.1	<i>Historia de los modelos CMM</i>	60
3.2.2	<i>Integración de los modelos CMM</i>	61
3.2.3	<i>Variaciones de CMMI respecto a CMM</i>	62
3.2.4	<i>Modelos CMMI</i>	62
3.3	ESTRUCTURA DE CMMI.....	63
3.3.1	<i>Componentes de CMMI</i>	63
3.3.2	<i>Categorías y Áreas de proceso</i>	64
3.3.3	<i>Tipos de representación de CMMI</i>	66
3.3.3.1	CMMI: Representación por Etapas.....	67
3.3.3.1.1	Estructura de CMMI por etapas.....	68
3.3.3.1.2	Niveles de madurez.....	69
3.3.3.2	CMMI: Representación Continua.....	72
3.3.3.2.1	Estructura de CMMI continuo.....	72
3.3.3.2.2	Niveles de Capacidad.....	73
3.4	INTERPRETACION DE CMMI.....	76
3.5	USOS Y BENEFICIOS DEL ESTÁNDAR.....	77
3.5.1	<i>Usos de CMMI</i>	77
3.5.2	<i>Beneficios de CMMI</i>	78
3.5.3	<i>Herramientas de evaluación</i>	79
4	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ESTANDARES ISO/IEC TR-15504 Y CMMI	81
4.1	CRITERIOS DE COMPARACIÓN.....	81
4.1.1	<i>Criterio de comparación según el alcance del modelo o estándar</i>	82
4.1.2	<i>Criterio de comparación según la arquitectura del modelo o estándar</i>	82
4.1.3	<i>Criterio de comparación según la funcionalidad del modelo o estándar</i>	82
4.1.4	<i>Criterio de comparación según las características de la organización</i>	82
4.2	PARÁMETROS COMUNES PARA LA EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN.....	82
4.2.1	<i>Tipo de Framework</i>	84

4.2.2	<i>Ambito de aplicación</i>	84
4.2.3	<i>Objetivos</i>	84
4.2.4	<i>Tipos de representación</i>	84
4.2.5	<i>Método para la mejora de procesos</i>	84
4.2.6	<i>Validación</i>	84
4.2.7	<i>Escala de medición del mejoramiento</i>	84
4.2.8	<i>Tamaño de la organización</i>	85
4.2.9	<i>Recursos para la implantación</i>	85
4.2.10	<i>Personal requerido para la implantación</i>	85
4.2.11	<i>Tiempo de implantación</i>	85
4.3	COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES	85
4.3.1	<i>Comparación según las Categorías de Procesos</i>	85
4.3.2	<i>Comparación según la escala de medición de la mejora de procesos</i>	92
4.3.3	<i>Cuadro comparativo entre ISO/IEC 15504 y CMMI</i>	95
4.4	GUÍA PARA SELECCIONAR ESTÁNDARES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS PROCESOS DE SOFTWARE	97
4.4.1	<i>Descripción del problema</i>	97
4.4.2	<i>Determinación de la Solución Propuesta</i>	99
4.4.3	<i>Método para la elección del modelo o estándar</i>	101
4.4.3.1	<i>Etapa de Evaluación</i>	102
4.4.3.2	<i>Etapa de Planeamiento</i>	107
4.4.3.3	<i>Etapa de Análisis</i>	110
4.4.4	<i>Ejemplos de aplicación de la guía de selección</i>	113
4.4.4.1	<i>EJEMPLO 1: Empresa de desarrollo de software</i>	113
4.4.4.2	<i>EJEMPLO 2: Area de Sistemas de una Empresa Consultora</i>	120
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
5.1	CONCLUSIONES	126
5.2	RECOMENDACIONES	128
	BIBLIOGRAFIA	130
	ANEXOS	134
	ANEXO 1 : GLOSARIO DE TÉRMINOS	135
	ANEXO 2 : COMO USAR ISO/IEC 15504 PARA EVALUAR UN PROCESO DE SOFTWARE	138
	ANEXO 3 : AREAS DE PROCESOS PARA CMMI POR ETAPAS [25]	141

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. 1. Modelos de Calidad y mejora de procesos [46]	22
Fig. 2. 1 Estructura de ISO/IEC 15504 [42]	37
Fig. 2. 2 Modelo de Evaluación de ISO/IEC 15504 [36]	40
Fig. 2. 3 Proceso de evaluación de software [11]	41
Fig. 2. 4 Categoría de procesos de software según ISO 12207 [42]	42
Fig. 2. 5. Niveles de capacidad y atributos de proceso según ISO/IEC 15504	47
Fig. 2. 6. Arquitectura de ISO/IEC 15504	49
Fig. 3. 1 Componentes de CMMI	63
Fig. 3. 2. Estructura de CMMI por etapas	68
Fig. 3. 3. Niveles de CMMI por etapas	69
Fig. 3. 4. Estructura de CMMI continuo	73
Fig. 3. 5. Medida de la capacidad de áreas de procesos	74
Fig. 3. 6. Niveles de capacidad de CMMI continuo	74
Fig. 4. 1 Mapeo de procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 y CMMI [20]	91
Fig. 4. 2 Niveles de CMMI e ISO/IEC 15504	92
Fig. 4. 3. Etapas del Método para la Elección del Modelo o Estándar	102
Fig. 4. 4 Etapa de evaluación del método para elección del modelo/estándar	102
Fig. 4. 5. Criterios para la elección del modelo o estándar según características de la organización	106
Fig. 4. 6. Formulario de criterios de selección del modelo o estándar	107
Fig. 4. 7 Etapa de Planeamiento del método para elección del modelo o estándar	108
Fig. 4. 8. Formulario de elección del modelo o estándar	110
Fig. 4. 9 Etapa de Análisis del método para elección del modelo/estándar	111
Fig. 4. 10 Modelo de matriz FODA	111
Fig. 4. 11 Informe final de la selección del modelo o estándar	112
Fig. 4. 12. Formulario de criterios de selección del modelo/estándar del ejemplo 1	114
Fig. 4. 13. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1	115
Fig. 4. 14. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1	115
Fig. 4. 15. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1	116
Fig. 4. 16. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1	117
Fig. 4. 17. Matriz FODA del ejemplo 1	118
Fig. 4. 18. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1	118
Fig. 4. 19. Informe Final del Ejemplo 1	119
Fig. 4. 20. Formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1	120
Fig. 4. 21. Formulario de selección del modelo/estándar del ejemplo 2	122
Fig. 4. 22. Matriz FODA del ejemplo 2	123
Fig. 4. 23. Informe Final del ejemplo 2	124
Fig. 4. 24. Formulario de elección del modelo del ejemplo 2	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Evolución del concepto de calidad [37].....	13
Tabla 2. 1. Atributos de proceso y mejores prácticas de ISO/IEC	51
Tabla 3. 1 Categorías y Areas de Proceso de CMMI [27]	66
Tabla 4. 1 Criterios de comparación entre ISO/IEC 15504 y CMMI.....	83
Tabla 4. 2. Categorías de procesos de CMMI continuo y ISO/IEC 15504 [21].....	86
Tabla 4. 3 Areas de Procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 y CMMI [38,7].....	87
Tabla 4. 4 Tareas de los procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 [42]	88
Tabla 4. 5 Prácticas de los procesos de Ingeniería de CMMI [41]	91
Tabla 4. 6 Atributos de Proceso y MP de los niveles de capacidad de ISO/IEC 15504 [45]	94
Tabla 4. 7 Objetivos y prácticas genéricas de los niveles de capacidad de CMMI [26,18].....	95
Tabla 4. 8. Comparativo entre CMMI e ISO/IEC 15504 [46]	96
Tabla 4. 9. Tabla para la Elección del Modelo o Estándar según el criterio de aplicación.....	105

RESUMEN

Desde el momento en que una Organización expresa una necesidad en materia de tecnologías de información, se inicia un proceso complejo que involucra a un conjunto de personas con funciones heterogéneas que deben coordinarse para satisfacer una necesidad. Cuando mayor es la importancia de las tareas a desarrollar, más incertidumbre se genera en aspectos clave como el costo, la fecha de entrega o la calidad del resultado. En gran medida esta incertidumbre surge de la no aplicación de técnicas de ingeniería de software.

Las empresas de tecnología apuntan a mejorar su rendimiento a través de la calidad y a lograr ser competitivas en el mercado internacional. La calidad de un producto de software se rige por la calidad del proceso usado para desarrollarlo. La evaluación de procesos supone realizar un examen disciplinado de los procesos usados en una organización junto a un conjunto de criterios que determinan si éstos están cumpliendo con los objetivos de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior, las empresas involucradas en el desarrollo de software, buscan que el desarrollo de sus aplicaciones y productos se realicen bajo modelos y estándares internacionales, que les permitan establecer márgenes de competencia basado en la mejora de los procesos de desarrollo de software y el aumento de la productividad bajo eficiencia y calidad.

Los modelos y estándares de calidad de procesos de software definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software; si no se sigue ninguna metodología habrá falta de calidad. Para ello existe una gran variedad de modelos y estándares que permiten evaluar y mejorar la calidad de los procesos de software, entre los que se puede mencionar al modelo CMMI, propuesto por el Software Engineering Institute, y el ISO/IEC 15504 generado por el Internacional Software Institute, los cuales son los pioneros en la mejora de procesos.

En la actualidad cada uno de los modelos y estándares propone una infinidad de conceptos y lineamientos que guían a lo largo del desarrollo de un proceso para obtener como resultado un producto con características de alta calidad. El problema en este momento no es la falta de estándares, modelos o técnicas, sino la abundancia de ellos, dando lugar a un panorama confuso para una empresa de software que tuviera que escoger un modelo para la evaluación y mejora de su proceso de desarrollo; por tal razón, surgió la necesidad de realizar un estudio comparativo de estos estándares, para de esta manera una Organización tenga criterios para seleccionar el modelo más adecuado a sus necesidades.

PRESENTACION

En el presente documento se inicia mencionando aspectos relacionados con la calidad en los procesos de desarrollo de software y del porqué el uso de modelos y estándares para medirla; además se da una breve descripción de algunos modelos y estándares que se puede usar para evaluar y mejorar la calidad en los procesos de software.

Posteriormente, se presenta un estudio de las características de los estándares ISO/IEC 15504 y CMMI, así como su aplicación para la evaluación de la calidad en los procesos de desarrollo de software, estableciendo de esta manera indicadores que permitan determinar la calidad de cada proceso con respecto a los niveles definidos en cada uno de ellos.

También se realiza un estudio comparativo entre ISO/IEC 15504 y CMMI, estableciendo de esta manera criterios de comparación que permitan determinar similitudes y diferencias al momento de aplicarlos. Sobre la base de estas comparaciones se elaborará una guía que define parámetros que permitan seleccionar entre uno u otro estándar con el objetivo de medir la calidad en los procesos de software.

Para finalizar el presente documento se menciona las conclusiones y recomendaciones relacionadas con el trabajo realizado, las cuales pueden servir como base para futuros estudios relacionados con el tema.

CAPITULO I

1 CALIDAD EN LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

1.1 CONCEPTOS DE CALIDAD

1.1.1 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD

A lo largo de la historia el concepto de calidad ha ido cambiando conforme se ha transformado la sociedad, por lo que es conveniente mencionar la evolución histórica de dicho concepto, ya que esto permitirá comprender de dónde proviene la necesidad de ofrecer una mayor calidad del producto o servicio que se proporciona al cliente y, en definitiva, a la sociedad, y cómo poco a poco se ha ido involucrando una organización en la consecución de este fin.

La calidad no es uno de los requisitos esenciales del producto sino que en la actualidad es un factor estratégico clave del que dependen la mayor parte de las organizaciones, no sólo para mantener su posición en el mercado sino incluso para asegurar su supervivencia.

En la tabla 1.1 se describe en cada una de las etapas de la historia, el concepto que se tenía de la calidad y cuáles eran los objetivos a perseguir.

Etapas	Concepto de Calidad	Finalidad
Artesanal	Calidad es hacer las cosas bien independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello.	Satisfacer al cliente, satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho, mediante la creación de un producto único.
Revolución Industrial	Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad.	Satisfacer una gran demanda de bienes, para obtener beneficios.

Segunda Guerra Mundial	Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad).	Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso.
Postguerra (Japón)	Calidad es hacer las cosas bien sin desperdiciar recursos.	Minimizar costos mediante la Calidad, satisfacer al cliente y ser competitivo.
Postguerra (Resto del mundo)	Calidad es producir, cuanto más, mejor.	Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra.
Control de Calidad	Calidad es el uso de técnicas de inspección en producción para evitar la salida de bienes defectuosos.	Satisfacer las necesidades técnicas del producto.
Aseguramiento de la Calidad	Sistemas y procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos.	Satisfacer al cliente, prevenir errores, reducir costos, ser competitivo.
Calidad Total	Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	Satisfacer tanto al cliente externo como interno, ser altamente competitivo, y tener en cuenta la mejora Continua.

Tabla 1. 1. Evolución del concepto de calidad [37].

1.1.2 ENFOQUE USUAL DE CALIDAD

La calidad es un atributo intangible, que puede ser discutida, juzgada y sentida, pero no puede ser medida ni pesada. Términos como buena calidad, mala calidad y calidad de vida, son ejemplos de como las personas hablan de algo vago sin intención de definir, lo que indica las distintas formas que se percibe e interpreta el concepto de calidad.

Otro enfoque popular es que calidad implica lujo, clase o gusto, tal es el caso de estudiar en una universidad de EEUU que es de lujo y en la EPN¹ que no lo es, sin tomar en cuenta la confiabilidad, nivel de estudios, docentes. De acuerdo a

¹ EPN: Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

este enfoque, la calidad está relacionada con productos o servicios costosos, mientras que los productos o servicios simples y baratos difícilmente pueden ser catalogados como de calidad.

Por lo mencionado anteriormente, la calidad no puede ser controlada, administrada ni cuantificada, lo que está en contra del enfoque profesional, ya que éste dice que la calidad puede ser definida operacionalmente, medida, monitoreada, administrada y perfeccionada.

1.1.3 ENFOQUE PROFESIONAL DE CALIDAD

El concepto equivocado de calidad proporcionado por el enfoque popular, no ayuda en nada a las empresas que están en busca del mejoramiento continuo de la calidad, por tal razón surge la necesidad de que el término calidad sea descrito de una forma más factible y entendible.

Existe dos términos que desde un punto de vista profesional definen lo que es calidad; el primero es el concepto dado por Crosby [44], en 1979, quien define a la calidad como “conformidad con los requisitos”, y el segundo concepto es el proporcionado por Juran y Grina [44], en 1970, que definen que la calidad es “adaptabilidad para el uso”.

Los dos conceptos anteriores se relacionan entre sí; ya que se refieren a la calidad como el cumplimiento de requisitos propuestos por el cliente, satisfaciendo de esta manera las expectativas de éste por el producto o servicio, además tiene la característica que es fácil de usar.

1.1.4 CONCEPTOS GENERALES DE CALIDAD

Dar una definición de calidad no es fácil dada la perspectiva multidimensional que este concepto tiene, por lo que primeramente sería necesario mencionar conceptos dados por algunos autores, para posteriormente dar una definición clara y precisa de calidad.

Entre los distintos conceptos de calidad [37], tomando su enfoque tenemos:

- En el ámbito lingüístico, según la Real Academia Española, calidad se define como una "cualidad", una "manera de ser", "alguien que goza de la estimación general", o "lo mejor dentro de su especie".
- En las áreas del conocimiento, el término calidad se aplica a la excelencia de una disciplina, a la perfección de un proceso, a la obtención de buenos resultados con una determinada técnica o procedimiento
- En el área de la fabricación, podemos mencionar:
 - Según Philip B. Crosby, "Calidad significa conformidad con los requisitos".
 - Para Harold L. Gilmore. "Calidad es la medida en que un producto específico se ajusta a un diseño o especificación".
- Desde el punto de vista del cliente, tenemos:
 - Para Deming, "La calidad se define como el conjunto de características que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas".
 - Para J.M.Juran. "Calidad es aptitud para el uso".
 - Según Westinghouse, "Calidad total es liderazgo de la marca en sus resultados al satisfacer los requisitos del cliente haciendo la primera vez bien lo que haya que hacer".
 - Según AT & T, "Calidad es satisfacer las expectativas del cliente".
 - Para Stanley Marcus, "Calidad es cuando se logra la satisfacción del cliente al vender mercancías que no se devuelven a un cliente que sí vuelve".
 - Para Trifus, "Calidad es dar al cliente aquello que espera".
 - Para G. Taguchi "Calidad es producir los bienes y servicios demandados, al menor costo posible para la sociedad".
- Basado en el producto, tenemos:
 - Según Lawrence Abbott, "Las diferencias en calidad son equivalentes a las diferencias en la cantidad de algún ingrediente o atributo deseado".

- Para Keith B. Leffler, "La calidad se refiere a la cantidad del atributo no apreciado contenido en cada unidad del atributo apreciado".
- Basado en el valor, podemos decir:
 - Para Robert A. Broh, "Calidad es el grado de excelencia a un precio aceptable y el control de la variabilidad a un costo aceptable".
 - Para Armand V. Feigenbaum, "Calidad significa lo mejor para ciertas condiciones del cliente".

Tomando en cuenta las definiciones anteriores, así como el enfoque usual y profesional de calidad, se puede decir que una definición correcta de calidad debe consistir de dos niveles:

- El primer nivel, es que la calidad de un producto o servicio está delimitada por los defectos y su confiabilidad.
- El segundo nivel, es que calidad tiene que ver con la calidad de procesos y la satisfacción del cliente.

Por consiguiente, se puede decir que "Calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas". [44]

1.2 LA CALIDAD EN EL PROCESO DE SOFTWARE

1.2.1 EL PROCESO DE SOFTWARE Y SU IMPORTANCIA

1.2.1.1 Definición de Proceso de Software

Existen varias definiciones para procesos de software [14,21], entre las que tenemos:

- Un proceso de software es la combinación de métodos, información, materiales, máquinas, gente, medio ambiente y mediciones que se utilizan de manera conjunta para obtener un servicio o producto de software con valor agregado para un cliente.

- Un proceso de software es un conjunto de actividades para obtener un producto o servicio que satisfaga a un cliente interno o externo.
- Un proceso de software es un conjunto coherente de actividades para Especificar, Diseñar, Implementar y Probar sistemas de software.
- Un proceso de software se define como un conjunto de etapas parcialmente ordenadas con la intención de lograr un objetivo, en este caso, la obtención de un producto de software de calidad.

De las definiciones anteriores, se puede decir que los procesos de software comprenden el conjunto de actividades, tanto técnicas como administrativas, que son necesarias para la fabricación de un sistema de software. Estas actividades van desde el análisis de requisitos hasta la evolución o el mantenimiento del software, pasando por la implantación, la administración de configuraciones, el aseguramiento de la calidad, las pruebas, etc.

1.2.1.2 Importancia de los Procesos de Software

Para el desarrollo de productos de software es necesario la combinación de tres componentes:

- *Personal:* Incluye el conocimiento y experiencia del capital humano que crea y sostiene la evolución del producto. Sin el personal competente y experimentado, es imposible crear productos competitivos que satisfagan las necesidades de los clientes.
- *Tecnología:* Incluye la posesión de las tecnologías que sustentan el producto y las herramientas utilizadas en su desarrollo.
- *Proceso:* Es el saber como utilizar el conocimiento del personal y la tecnología en forma eficiente para lograr productos de alta calidad que satisfagan las necesidades de los clientes, y son producidos dentro de costos y plazos aceptables.

Tomando en cuenta que los dos primeros componentes implican costos, éstos deben ser utilizados de manera eficaz y productiva, por lo que la importancia de los procesos de desarrollo de software se hace más crítica.

Un proceso inadecuado puede tener graves consecuencias y acarrear costos intolerables, lo cual puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso en el competitivo mercado de nuestros días.

1.2.2 CALIDAD DE PRODUCTO Y CALIDAD DE PROCESO

Para tener una mejor idea de la calidad de proceso, es necesario primeramente analizar que es la calidad de un producto, en nuestro caso de productos de software.

1.2.2.1 Calidad de Producto

Para definir la calidad de un producto de software, primero es necesario conocer el concepto de Software, el cual es un conjunto de programas, documentos, procedimientos y rutinas, destinadas a ser utilizadas en un sistema informático que realizan una función o tarea para obtener un resultado determinado.

Entonces, la calidad de un producto de software [5] está relacionada a que éste satisfaga las necesidades y expectativas razonables del cliente, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Portabilidad.
- Cuan fácil es transferir a otro ambiente.
- Funcionalidad.
- Mantenibilidad.
- Confiabilidad.
- Eficiencia.
- Usabilidad.
- Uso de tiempo y recursos.
- Fácil de aprender, entender y usar.

Pero en la actualidad, se ha extendido el concepto de calidad más allá, tomando en cuenta que un producto de calidad depende de un proceso de calidad usado para desarrollarlo y mantenerlo.

1.2.2.2 Calidad de Proceso

Tomando en cuenta que el producto de calidad surge de lo eficaz y eficiente que sea el proceso de desarrollo, se tiene la necesidad de extender el concepto de calidad tanto a procesos como a productos y servicios, de una organización, o a una combinación de ellos.

Tener un proceso de calidad [46] significa, primero, que está definido y, segundo, que sirve para lo que se especificó, es decir que se puede verificar que los objetivos para los que fue definido se satisfacen. Definir un proceso de software implica precisar los objetivos, las personas involucradas, las entradas y salidas del proceso, los criterios de entrada y salida, las actividades, los métodos y las herramientas que se utilizarán, la manera como se medirán elementos dentro del proceso que permitan verificar resultados, de tal manera que se obtenga un producto de calidad, en nuestro caso un producto de software.

La mejora de la calidad de un proceso tiene que ver con un examen disciplinado junto a un conjunto de criterios para determinar la capacidad del mismo, para así conseguir que el proceso sea realizado dentro de los objetivos de calidad, costo y planificación. El propósito es caracterizar la práctica actual, identificando debilidades y fortalezas, y la habilidad del proceso, para controlar o evitar las causas de baja calidad, desviaciones en costo o planificación.

1.2.3 MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE SOFTWARE

El mejoramiento de procesos se basa en los principios de mejoramiento continuo; en vez de proponer una reingeniería radical de los procesos y competencias existentes en la empresa, habitualmente de enorme costo y alto riesgo, se parte de que existe un interés genuino de los ingenieros y gerentes por crear procesos maduros, que permitan usar adecuadamente sus talentos y los recursos

asignados. Tanto el mejoramiento de procesos como el mejoramiento continuo buscan minimizar los problemas evitables y fortalecer la prosperidad común que resulta del éxito de la empresa.

La base de la mejora continua de procesos, consiste en repetir los elementos del proceso en forma cíclica, para retroalimentar y ajustar los logros alcanzados a fin de no perder lo que ya se ha obtenido, buscando asegurar que efectivamente se tenga avances y no retrocesos en la implantación.

Un mejoramiento de la calidad de los procesos no solamente lleva a una elevación de la calidad del producto, sino también a conseguir lo siguiente: [43]

- Eficiencia de costos y tiempo.
- Aumenta la posibilidad de reproducir éxitos en proyectos.
- La dominación de los riesgos.
- Obtener confianza y satisfacción del cliente.
- Mejorar los procesos, estándares y procedimientos para el desarrollo de productos y servicios que brinda la organización.
- Establecer y mantener los procesos necesarios para el desarrollo de las capacidades y habilidades individuales del personal.
- Fomentar una cultura organizacional de mejora continúa.

Los indicadores para medir el progreso en el cumplimiento de la mejora de procesos son dos:

- Entregar software de mejor calidad, que significa además de cumplir con las expectativas y necesidades del cliente expresadas en el documento de requerimientos, debe ser también una herramienta que incrementa la productividad.
- Mejorar el modelo de estimación de esfuerzo, costo y calendario, para lograr ser más certeros en la entrega de productos y servicios.

La mejora en los procesos de software permitirá obtener resultados predecibles y repetibles en forma eficaz² y eficiente³, facilitar la comunicación y generar un marco de trabajo donde se acumule el conocimiento.

1.3 MODELOS DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS PROCESOS DE SOFTWARE

Actualmente en las organizaciones modernas se pone gran énfasis en los procesos, concebidos éstos como secuencias de actividades efectuadas por ciertos actores con ciertos recursos para generar ciertos productos.

En el caso de los procesos de software, es la secuencia de actividades que llevan a la obtención de productos de software, siendo estas actividades: Levantamiento de Requerimientos, Diseño, Programación, Prueba, Documentación.

El objetivo de la evaluación del proceso es conocer la capacidad de los procesos de una organización. Como resultado de una exitosa implementación de la evaluación de los procesos se determina la información que caracteriza los procesos evaluados y el punto hasta el cual los procesos realizan su propósito.

El concepto de calidad de procesos de software ha madurado mucho en los últimos años, surgiendo así la necesidad de contar con algún tipo de modelo, que permita evaluar la capacidad de las empresas de desarrollo de software para realizar con éxito un proyecto y producir productos de calidad.

La hipótesis básica es que si el proceso es adecuado, la probabilidad de producir un producto de buena calidad es más alta [46]. Sobre esta hipótesis han sido definidas normas internacionales como la ISO⁴ 9001 y modelos específicos para

² Eficaz: Capacidad para lograr el resultado.

³ Eficiente: Capacidad para lograr los resultados sin desperdiciar los recursos.

⁴ ISO: Organization for International Standardization.

software como SPICE⁵, CMMI⁶, PSP⁷, TSP⁸, entre otros, tal como se muestra en la figura 1.1.

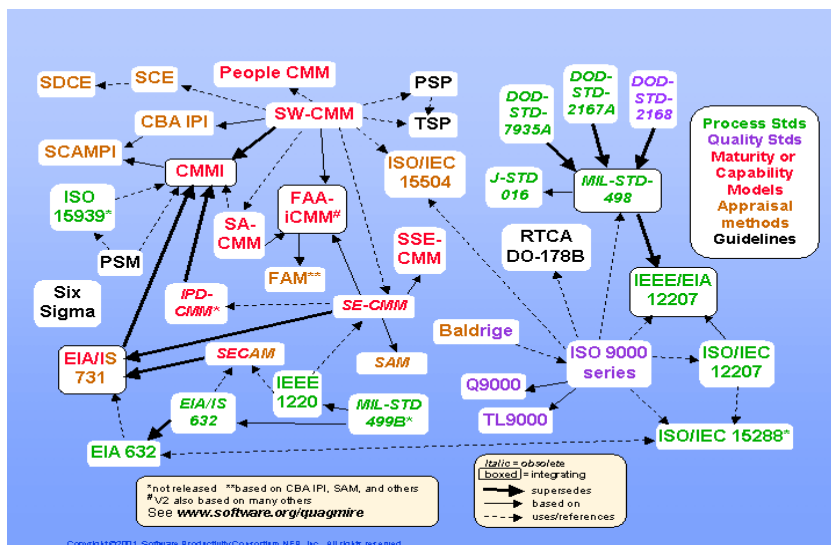


Fig. 1. 1. Modelos de Calidad y mejora de procesos [46].

Los modelos de calidad de procesos, se pueden aplicar para:

- Verificar en qué modo los procesos existentes son percibidos.
- Identificar las fortalezas y los potenciales aspectos de mejoramiento del proceso.
- Deducir y planear acciones de mejoramiento concretas a partir de las condiciones locales.
- Valorar las disposiciones de mejoramientos aplicadas.

⁵ SPICE: Software Process Improvement and Capability dEtermination.

⁶ CMMI: Capability Maturity Model Integrated.

⁷ PSP: Personal Software Process.

⁸ TSP: Team Software Process.

1.3.1 ISO 9001

1.3.1.1 Descripción del estándar

ISO plasma los estándares de calidad y desarrollo en 1987 con la norma ISO 9000 [36], un conjunto de estándares internacionales para sistemas de calidad, diseñado para la gestión y aseguramiento de la calidad, especifica los requisitos básicos para el desarrollo, producción, instalación y servicio a nivel de sistema y a nivel de producto. Las ISO 9001 e ISO 9000-3 son aplicables al proceso de software y a organizaciones de desarrollo software.

Desde que el estándar fue publicado en 1987, revisado en 1994 y actualizado nuevamente en el año 2000, establece un conjunto básico mínimo de requisitos para el establecimiento y mantenimiento de la gestión del sistema de gestión y aseguramiento de la calidad para la ingeniería del software. Se concibe como una metodología de procesos basada en una lista de comprobaciones o requisitos a cumplir, umbral de calidad, valorado apto o no apto; y esta simplicidad es la que la ha hecho mundialmente extendida.

La retroalimentación de los usuarios, el desarrollo de los modelos de evaluación y mejora continua, y las críticas especializadas hacen que se requiera un estándar que:

- Emplee una aproximación de gestión basada en el proceso.
- Sea compatible con otros sistemas de gestión (p.ej. ISO 14000).
- Incluya requisitos para la mejora continua del sistema de calidad.
- Coincida con las necesidades de los participantes externos.
- Sea amigable al usuario y al cliente.

1.3.1.2 Estructura de ISO 9000

La familia de estándares ISO 9000 es la siguiente:

- ISO 9000, Fundamentos y vocabulario.
- ISO 9001, Requisitos para aseguramiento de la calidad.
- ISO 9004, Directrices para la mejora del rendimiento.

- ISO 9011, Directrices para la auditoria de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental.

ISO 9001 e ISO 9004 se han desarrollado como un par coherente de normas, complementándose. Mientras ISO 9001 se centra en la eficacia del sistema de gestión de la calidad para dar cumplimiento a los requisitos del cliente, ISO 9004 se recomienda para organizaciones que persiguen la mejora continua, sin afán de obtener una certificación.

El estándar se basa en un conjunto de Principios de Gestión de la Calidad:

- Enfoque al cliente, liderazgo, implicación de todo el personal.
- Enfoque a procesos.
- Enfoque del sistema hacia la gestión, mejora continua.
- Enfoque objetivo hacia la toma de decisiones y relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores.

1.3.1.3 Ventajas de ISO 9001

Del estándar ISO 9001 se puede destacar lo siguiente:

- Amplia aplicabilidad, en cualquier industria y entorno.
- Afecta la mayoría de las áreas funcionales de una organización, esto es, gestión, recursos humanos, producción, ingeniería y calidad.
- Reconocimiento internacional.
- Libertad de implementación y de interpretación de los requisitos.
- Incrementa las oportunidades de negocio en ciertos mercados y mejora la satisfacción del cliente.
- Incremento de la productividad.
- Se realiza menos repeticiones de trabajo.
- Incremento de la satisfacción del empleado.

1.3.1.4 Desventajas de ISO 9001

ISO 9001:2000 tiene las siguientes desventajas:

- Es muy general, no proporciona información de cómo aplicarlo a empresas de menor tamaño, tampoco proporciona directrices para su implementación en varias industrias.
- A causa de la amplia aplicabilidad del estándar ISO, hay pocas directrices para su implementación en algunas industrias o campos específicos.
- A pesar de estar dedicado a la mejora del proceso, no provee de actividades para implementarla.

1.3.2 ISO/IEC TR-15504 (SPICE)

1.3.2.1 Descripción del estándar

La norma ISO/IEC TR- 15504 [3], conocida como proyecto SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) es un estándar para procesos de desarrollo software que provee de un marco de trabajo uniforme para la evaluación del proceso, y establece los requisitos mínimos para realizar una evaluación que asegure la repetibilidad y consistencia de las valoraciones obtenidas.

ISO/IEC TR-15504 es un estándar internacional de evaluación y determinación de la capacidad y mejora continua de procesos de ingeniería del software, con la filosofía de desarrollar un conjunto de medidas de capacidad estructuradas para todos los procesos de la organización. Es el resultado de un esfuerzo internacional de trabajo y colaboración, tiene la innovación, en comparación con otros modelos, del proceso paralelo de evaluación empírica del resultado.

1.3.2.2 Estructura del estándar

El proyecto SPICE terminó la elaboración del estándar en junio de 1995, una versión preliminar (borrador) del documento, llamado Fase 1 y consta de las siguientes partes [42]:

- Parte 1: Conceptos y guía de introducción.
- Parte 2: Un modelo para la administración de procesos.
- Parte 3: Realización de la evaluación.
- Parte 4: Guía para conducir las evaluaciones.
- Parte 5: Construcción, selección y uso de las herramientas e instrumentos de evaluación.
- Parte 6: Cualificación y entrenamiento de los asesores.
- Parte 7: Guía para usarse en el mejoramiento de los procesos.
- Parte 8: Guía para usarse en la determinación de la capacidad de procesos de terceros.
- Parte 9: Vocabulario.

La Fase 2, que se inició a principios de 1996, consistió en invitar a las organizaciones a utilizar y aplicar SPICE, para poder validar y determinar qué resultados obtuvieron con el fin de mejorar el modelo para su publicación final. La Fase 3, se inició a finales de 1999 y terminó en el 2003 con la publicación definitiva del estándar.

1.3.2.3 Ventajas del ISO/IEC TR-15504

Las ventajas del modelo son:

- Primer modelo de procesos de dos dimensiones, es decir, dimensiones independientes para los procesos y la capacidad.
- El resultado de una evaluación de proceso puede ser representado por un perfil de proceso.
- Inicialmente recogía una escala refinada de procesos de 9 atributos y 6 niveles, que posteriormente fue mejorada con la desaparición de la escala de procesos.
- Define un conjunto de criterios de conformidad para permitir la comparación de modelos externos de procesos y encontrar requisitos comunes.

Por las razones anteriores, la norma ISO/IEC TR-15504 es motivo de estudio de este proyecto, por lo que se profundizará más sobre la misma en el capítulo 2 de este documento.

1.3.2.4 Desventajas del ISO/IEC TR-15504

Se puede mencionar como desventajas las siguientes:

- ISO/IEC TR-15504 permite que el dominio de procesos sea tan amplio para abarcar todos los posibles ciclos de vida, de tal manera que hace difícil que todos los atributos de proceso sean universales, provocando dificultad y confusión durante la evaluación.
- La dimensión de capacidad ha alcanzado un alto grado de dificultad y existen solapamientos con la dimensión de procesos.
- La complejidad de las evaluaciones y por consiguiente el costo es significativamente más alta que en otros modelos.

1.3.3 CMMI (CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATED)

1.3.3.1 Descripción del estándar

El modelo CMMI surge como una continuación del modelo CMM (Capability Maturity Model) y constituye un marco de referencia de la capacidad de las organizaciones de desarrollo de software en el desempeño de sus diferentes procesos, proporcionando una base para la evaluación de la madurez de las mismas y una guía para implementar una estrategia para la mejora continua de los mismos.

1.3.3.2 Estructura de CMMI

CMMI presenta dos representaciones del modelo [1]:

- Continua, relacionada con la capacidad de cada área de proceso.
- Por etapas, relacionada con la madurez organizacional.

En la representación por etapas, se da un mapa predefinido, dividido en etapas (niveles de madurez), para la mejora organizacional basada en procesos probados, agrupados y ordenados, y sus relaciones asociadas. Cada nivel de madurez tiene un conjunto de áreas de proceso que indican dónde una organización debería enfocar la mejora de su proceso. Cada área de proceso se describe en términos de prácticas que contribuyen a satisfacer sus objetivos. Las prácticas describen las actividades que más contribuyen a la implementación eficiente de un área de proceso; se aumenta el nivel de madurez cuando se satisfacen los objetivos de todas las áreas de proceso de un determinado nivel de madurez.

La representación continua, se enfoca en la capacidad de cada área de proceso estableciendo así una línea base, para que a partir de ésta se mida la mejora individual en cada área. Al igual que el modelo por etapas, el modelo continuo tiene áreas de proceso que contienen prácticas, pero éstas se organizan de manera que soportan el crecimiento y la mejora de un área de proceso individual.

Ambas representaciones incluyen metas genéricas y específicas, definiciones de resultados a obtener por la implementación efectiva de los grupos de prácticas, así como prácticas genéricas y específicas, acciones a realizar para cumplir objetivos de las áreas de proceso.

1.3.3.3 Ventajas de CMMI

Entre sus fortalezas se puede destacar:

- Inclusión de las prácticas de institucionalización, que permiten asegurar que los procesos asociados con cada área de proceso sean efectivos, repetibles y duraderos.
- Guía paso a paso para la mejora, a través de niveles de madurez y capacidad.

- Transición del aprendizaje individual al aprendizaje de la organización por mejora continua, lecciones aprendidas y uso de bibliotecas y bases de datos de proyectos mejorados.

Por las ventajas anteriores, se ha escogido CMMI como parte del estudio de este proyecto, razón por la cual se profundizará más sobre el mismo en el capítulo 3.

1.3.3.4 Desventajas de CMMI

Algunas de sus debilidades son:

- El CMMI puede llegar a ser excesivamente detallado para algunas organizaciones.
- Puede ser considerado prescriptivo, es decir muy detallado.
- Requiere mayor inversión que ISO/IEC 15504 e ISO 9000, para ser completamente implementado.
- Puede ser difícil de entender.
- Da la idea de que sólo se pueden mejorar áreas de proceso del actual nivel de madurez; se centra más en alcanzar el siguiente nivel de madurez, más que la mejora medible de los objetivos de la organización.
- Presta excesiva atención a aspectos de gestión, dejando a un lado aspectos técnicos, o que podamos mejorar áreas de proceso según nuestro interés obviando las relaciones y dependencias entre ellas.

1.3.4 OTROS MODELOS DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE

A parte de los modelos de calidad de procesos de software mencionados anteriormente existen muchísimos más [21], por lo que en este punto se mencionará algunos de ellos.

1.3.4.1 PSP (Personal Software Process)

El Proceso Personal de Software (PSP), es un proceso de auto mejoramiento diseñado para ayudar a controlar, administrar y mejorar la forma en que se trabaja

individualmente. Es un modelo de trabajo personal que guía al ingeniero de software para producir software de calidad de una manera consistente y eficiente.

PSP está estructurado por formularios, guías y procedimientos para desarrollar software. Si es usado apropiadamente, brinda los datos históricos necesarios para trabajar mejor y lograr que los elementos rutinarios del trabajo sean más predecibles y eficientes. PSP proporciona una serie de principios al ingeniero para llevar a cabo un proceso personal disciplinado, asistiendo en la realización de planes precisos, para determinar los pasos que se deben seguir para mejorar la calidad del producto.

Con PSP se establece bancos de pruebas para medir la mejora del proceso personal, y determinar el impacto que los cambios del proceso tienen sobre el rendimiento.

1.3.4.2 TSP (Team Software Process).

El Proceso de Software del Equipo (TSP), es un proceso al igual que PSP, está basado en el CMM, y ha sido diseñado para ayudar a controlar, administrar y mejorar la forma en que trabaja un equipo de software.

Al igual que PSP, está estructurado por formularios, guías y procedimientos para desarrollar software.

1.3.4.3 CBA-IPI (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement)

El modelo CBA-IPI propuesto por Dunaway y Masters en el 2001, facilita a una organización conocer la capacidad de sus procesos de software mediante la identificación de las fortalezas y debilidades, con el fin de establecer y dar prioridad a planes de mejora software.

CBA-IPI consiste en la evaluación de la capacidad de los procesos de software de una organización a través de un grupo de profesionales adecuadamente entrenados que trabajan como un equipo.

1.3.4.4 SCE (Software Capability Evaluation)

El modelo SCE propuesto por Byrnes y Philips en 1996, especifica un conjunto de actividades realizadas por un equipo encargado de lo siguiente:

- Identifica las áreas en las que la organización carece de experiencia
- Define el alcance de la evaluación.
- Selecciona los proyectos a evaluar.
- Prepara los temas específicos para la evaluación.
- Analiza los datos.

1.3.4.5 Modelo Ideal

El Modelo Ideal propuesto por Peterson en 1995, define un marco de ciclo de vida para la mejora de procesos.

Las fases definidas en el modelo IDEAL son cinco:

- Iniciación.
- Diagnóstico.
- Actuación.
- Establecimiento.
- Aprendizaje.

1.3.4.6 MoProSoft (Modelo de Procesos de Software)

Moprosoft propuesto por Oktaba en el 2005, es un modelo basado en las mejores prácticas internacionales con las siguientes características:

- Fácil de entender.
- Fácil de aplicar.
- No costoso en su adopción.
- Puede ser la base para alcanzar evaluaciones exitosas con otros modelos o normas, tales como ISO 9000:2000 o CMM V1.1.
- Abarca pocos procesos en todos los niveles de la organización.
- Procesos integrados como una red de comunicación.

CAPITULO II

2 ANALISIS DEL ESTANDAR ISO/IEC TR 15504

2.1 INTRODUCCION AL ESTANDAR ISO-IEC TR 15504

2.1.1 QUÉ ES EL ESTANDAR ISO/IEC TR 15504

ISO/IEC TR 15504 es un estándar que provee un modelo conceptual y marco referencial para la evaluación, optimización y certificación del proceso de desarrollo o construcción de software.

La norma ISO/IEC TR 15504 es el resultado del proyecto SPICE⁹, que proporciona un marco de referencia para todos los aspectos de una evaluación que se puede utilizar para evaluar la capacidad de los procesos de la organización. Es aplicable a cualquier organización o empresa que quiera mejorar la capacidad de cualquiera de sus procesos de software y puede ser utilizado como herramienta de evaluación del estado de los procesos de software de la empresa.

ISO/IEC TR 15504 es independiente de la organización, modelo del ciclo de vida, metodología y tecnología.

2.1.2 PROYECTO SPICE

SPICE es el nombre del proyecto que desarrolló el estándar internacional ISO/IEC 15504, usado para la evaluación de proceso de software dentro de una organización.

El incremento en el número de modelos y estándares destinados a la evaluación y mejora del software, así como a su proceso de desarrollo, tales como CMM¹⁰,

⁹ SPICE: Software Process Improvement and Capability dEtermination.

¹⁰ CMM: Capability Maturity Model, creado por el Software Engineering Institute.

Bootstrap¹¹, Trillium¹², etc, propiciaron al inicio de los años noventa la necesidad de promover un estándar internacional que armonizara con los modelos existentes, sin tomar en cuenta el ciclo de vida de desarrollo y metodología a utilizarse, surgiendo así el proyecto SPICE¹³ [11].

El proyecto SPICE, promovido por ISO surgió como un esfuerzo de colaboración internacional que debía materializarse en un nuevo estándar para la valoración del proceso de software, que tenía que cumplir con los siguientes objetivos:

- Hacer que la norma sea menos detallada.
- Simplificar el modelo a fin de resolver los problemas que se presenten en la primera fase de las evaluaciones.
- Establecer una ruta clara para el cambio y concertación de modelos existentes, como el Bootstrap, Trillium y el CMM.
- Ser lo suficientemente genérico para tener un amplio horizonte de aplicación, a la par de lo suficientemente específico para ser útil y manejable.
- Establecer los mecanismos que permitieran migrar desde estándares ya establecidos, así como evitar la aparición de otros estándares de facto.
- Proporcionar un programa de transferencia tecnológica que permitiera la adopción del nuevo estándar.

SPICE inicialmente absorbe la escala de puntuación de capacidad de CMM, las actividades de proceso de ingeniería de Trillium y CMM, la representación de capacidad basada en perfiles de atributos de BOOTSTRAP y la experiencia del sistema de gestión de la calidad general de ISO 9001. Comenzó oficialmente en

¹¹ Bootstrap: modelo para evaluar y mejorar la capacidad de las unidades productoras de software, creado por la Comisión Europea.

¹² Trillium: modelo para evaluar los procesos en productos de telecomunicaciones, creado por las compañías Bell Canada, Northern Telecom y Bell Northern Research.

¹³ Proyecto SPICE propuesto en 1991 por el comité ISO/IEC JTC1/SC7 para investigar un estándar para la evaluación de procesos de software.

junio de 1991 en oportunidad del plenario de Comité Técnico Conjunto entre ISO¹⁴ e IEC¹⁵, denominado JTC1¹⁶, responsable por los estándares de la tecnología de la información; más precisamente en el subcomité SC7 responsable por los estándares de ingeniería de software, llegando en 1992 a la conclusión que había consenso internacional para elaborar un nuevo estándar.

En 1995 se publica el primer borrador sobre el proyecto SPICE, por lo que ISO invitó a varias organizaciones para probarlo y evaluarlo. Para 1998, pasada la fase de proyecto, se publica la primera versión del estándar como Informe Técnico, denominado ISO/IEC TR 15504, evolucionando posteriormente hasta llegar a ser un Estándar Internacional¹⁷ conocido como ISO/IEC 15504, con la realización de tres fases de pruebas [46]:

- La Fase 1 (1995) con la idea de validar las decisiones de diseño y usabilidad del borrador.
- La Fase 2 (1996-1998) que a los objetivos anteriores se sumaba proveer de una guía de aplicación y revisar la consistencia, validez, adecuación, usabilidad y portabilidad de SPICE.
- La Fase 3 (hasta marzo de 2003, en que se cierra el proyecto SPICE) se realiza con la idea de aportar entradas y publicar las nueve partes del estándar ISO.

Tras la fase de pruebas comienza la fase actual de Benchmarking¹⁸, con la idea de recolectar datos de los procesos de evaluación, analizarlos y así publicar las partes del estándar.

¹⁴ ISO: International Organization for Standards.

¹⁵ IEC: International Electrotechnical Commission.

¹⁶ JTC1: Joint Technical Committee 1.

¹⁷ Estándar Internacional permite armonizar las especificaciones de productos, interfaces, procesos, terminología, etc., y son reconocidos por varios grupos de personas y países.

¹⁸ Benchmarking es una técnica utilizada para medir el rendimiento de un sistema o parte de un sistema, frecuentemente en comparación con algún parámetro de referencia [35].

El estándar ISO/IEC 15504, a través de una aproximación estructurada, permite valorar los procesos de software, mediante la autoevaluación y el uso de un mecanismo por el cual se obtenga confianza de los resultados de la evaluación.

2.1.3 OBJETIVOS DE ISO/IEC 15504

El estándar ISO/IEC 15504 sirve para determinar la capacidad de una organización para producir software, determinar la posibilidad de emprender un nuevo proyecto y ayudar al mejoramiento del proceso vigente.

Entre otros, el estándar deberá:

- Fomentar el desarrollo de productos de calidad.
- Fomentar la optimización de la productividad.
- Promover un proceso de software repetible.
- Proveer una guía para el mejoramiento del proceso alineado con los objetivos del negocio.
- Dar soporte a la determinación de la capacidad para realizar la identificación y análisis de los riesgos.
- Ser capaz de ser empleado de manera consistente y confiable.
- Ser fácil de comprender y simple en su uso.
- Ser independiente culturalmente.
- No presumir estructuras de organización específicas, filosofías de gestión, modelos de ciclos de vida de software, tecnologías o métodos de desarrollo.
- Reconocer diferentes dominios de aplicación, necesidades del negocio y envergaduras para las organizaciones.
- Para cada proceso definir prácticas que sean apropiadas a través de todos los dominios de aplicación, necesidades del negocio, y tamaños de la organización, lo suficientemente flexibles como para permitir variantes específicas de industrias concretas.
- Definir requerimientos estándar para el desarrollo de variantes de las prácticas de base.

- Ser aplicable en los niveles de la organización y de los proyectos con conexión entre ambos.
- Concentrarse en el proceso, pero atender a la gente y a la tecnología.
- Ser objetivo y cuantitativo siempre que sea posible.
- Ofrecer salidas en forma de perfiles de proceso que permitan obtener vistas en diferentes niveles de detalle y una comparación contra otras entidades similares o normas de la industria.
- Definir la calificación y entrenamiento de evaluadores.
- Ser consistente con otros proyectos de estandarización de ISO JTC1/SC7.
- Dar soporte y ser consistente con la serie ISO 9000.

2.1.4 ALCANCE DE ISO/IEC 15504

ISO/IEC 15504 proporciona un marco de trabajo para la evaluación de los procesos y establece los requisitos mínimos para realizar una evaluación que asegure la repetibilidad y consistencia de las valoraciones obtenidas. Como resultado de una exitosa implementación de la evaluación de los procesos, se determina la información que caracteriza los procesos evaluados y el punto hasta el cual los procesos realizan su propósito.

2.2 COMPONENTES DEL ESTANDAR

El estándar ISO/IEC 15504 consta de nueve partes las que se muestran en la figura 2.1, siendo las siguientes:

- Parte 1: Conceptos y guía de introducción (Concepts and Introductory Guide).
- Parte 2: Un modelo para la administración de procesos (A model for process management).
- Parte 3: Realización de la evaluación (Rating process).
- Parte 4: Guía para conducir las evaluaciones (Guide to conducting assesment).

- Parte 5: Construcción, selección y uso de las herramientas e instrumentos de evaluación (Construction, selection and use of assesment instrument and tools).
- Parte 6: Cualificación y entrenamiento de los asesores (Qualification and training of assessors).
- Parte 7: Guía para uso en el mejoramiento de los procesos (Guide for use in process improvement).
- Parte 8: Guía para uso en la determinación de la capacidad de procesos de terceros (Guide for use in determining supplier processs capability).
- Parte 9: Vocabulario (Vocabulary).

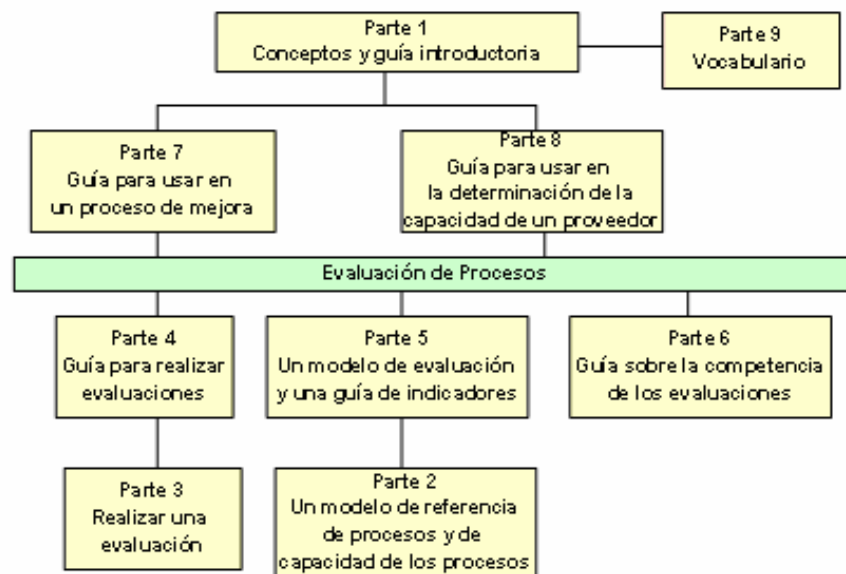


Fig. 2. 1 Estructura de ISO/IEC 15504 [42].

2.2.1 ISO/IEC 15504-1: CONCEPTOS Y GUIA INTRODUCTORIA

Esta parte es informativa, da los lineamientos generales del ISO/IEC 15504 describiendo como las partes del modelo trabajan en conjunto, brindando así una guía para su selección y uso.

2.2.2 ISO/IEC 15504-2: UN MODELO DE REFERENCIA DE PROCESOS Y CAPACIDAD DE PROCESOS

Es una parte normativa, que define conceptualmente un modelo bidimensional, que permite evaluar los procesos y sus habilidades para determinar la calidad del mismo. De esta forma el modelo propuesto queda definido en términos de entradas y salidas, y un marco de evaluación de ellas.

2.2.3 ISO/IEC 15504-3: REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN

Es una parte normativa, que define los requerimientos para llevar a cabo una evaluación y certificación, de forma tal que el resultado generado sea repetible, confiable y consistente.

2.2.4 ISO/IEC 15504-4: GUÍA PARA CONDUCIR LAS EVALUACIONES

Es una parte informativa, que define una guía para llevar a cabo la evaluación de un proceso de software, siendo amplia y flexible para ser aplicado a diferentes modelos de organizaciones.

2.2.5 ISO/IEC 15504-5: CONSTRUCCIÓN, SELECCIÓN Y USO DE LAS HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Es una parte informativa, que proporciona un ejemplo acorde a la parte 2 del modelo, para de esta manera realizar la evaluación de un proceso, contemplando un conjunto específico de indicadores de capacidades y habilidades del proceso.

2.2.6 ISO/IEC 15504-6: CUALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO DE LOS ASESORES

Es una parte informativa, que describe las habilidades, educación, experiencia y características de las personas involucradas en el proceso de evaluación.

2.2.7 ISO/IEC 15504-7: GUÍA PARA USO EN EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS

Es una parte informativa, donde se describe cómo definir las entradas al modelo así como usar las conclusiones con el único propósito de obtener una mejora en el proceso.

2.2.8 ISO/IEC 15504-8: GUÍA PARA USO EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PROCESOS DE TERCEROS

Es una parte informativa, es una guía donde se describe aspectos a usarse para determinar la capacidad de los procesos de proveedores o terceros.

2.2.9 ISO/IEC 15504-9: VOCABULARIO

Es una parte informativa, la que contiene el vocabulario de los términos usados en las diferentes partes del estándar.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN

El estándar ISO/IEC 15504 describe los procesos que una organización de software puede ejecutar, adquirir, suplir, desarrollar, operar, evolucionar, brindar o dar soporte; además indica todas las prácticas genéricas que caracterizan las potencialidades de estos procesos.

2.3.1 RELACIÓN ENTRE EL MODELO DE EVALUACIÓN Y MODELO DE REFERENCIA DE ISO/IEC 15504

El estándar ISO/IEC 15504 se lo puede considerar dividido en dos grandes áreas:

- La primera orientada a la medición y evaluación de los indicadores del proceso y prácticas utilizadas.
- La segunda está orientada a la evaluación y medición de las capacidades de cada proceso.

Por lo tanto, estas dos áreas definen el modelo conceptual o modelo de referencia de la norma ISO/IEC 15504, por lo que puede ser considerada como una guía que indica qué se debe hacer, pero falta indicadores para determinar cómo hacerlo, sin determinar una única o mejor forma de hacerlo.

La relación entre el *que* (parte 2 de ISO/IEC 15504) y el *como* (parte 5 de ISO/IEC 15504), que se aprecia en la figura 2.2, define el marco de evaluación, ya que

expande el modelo de referencia a un ámbito práctico, obteniendo de esta manera indicadores de evaluación, que permiten medir el rendimiento de los procesos de desarrollo, para así reflejar la capacidad del mismo.

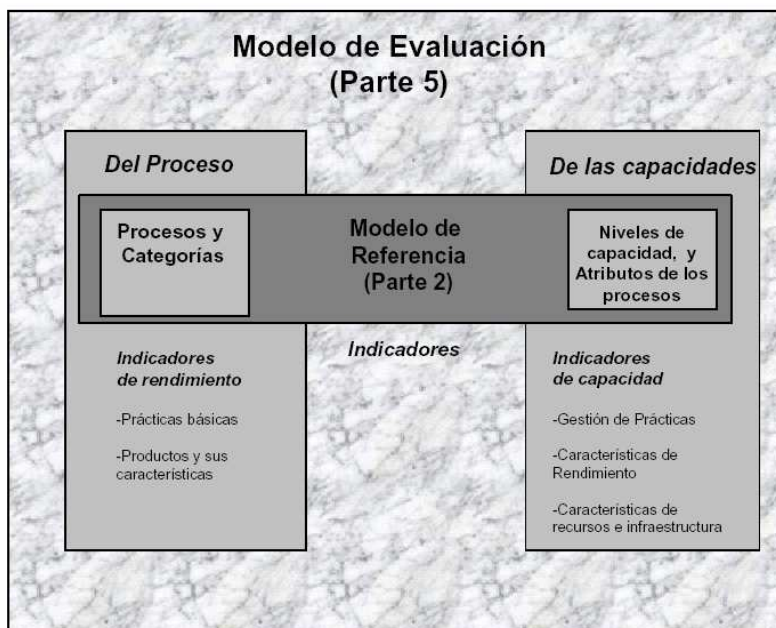


Fig. 2. 2 Modelo de Evaluación de ISO/IEC 15504 [36].

2.3.2 MODELO DE REFERENCIA DE ISO/IEC 15504

El modelo de referencia de ISO/IEC 15504 es una guía conceptual que cubre y evalúa las características de rendimiento y cualidades de los procesos de software, determinando así el grado de madurez de los mismos.

El modelo de referencia es de alto nivel, ya que sólo define qué hacer, pero no cómo hacerlo, por lo que es necesario complementarlo con la parte 5 de la norma, siendo requisito fundamental respetar los lineamientos del modelo de referencia, para asegurar que los resultados obtenidos sean consecuencia de su aplicación a un proceso concreto.

El modelo de referencia se fundamenta en dos dimensiones bien determinadas y complementarias:

- Dimensión del proceso, que se caracteriza por enfocarse en las características y propósitos, constituyéndose los elementos fundamentales a medir. Determina los procesos a ser valorados, definiendo el proceso de vida del software.
- Dimensión de la capacidad, que se caracteriza por una serie de atributos propios de cada proceso, aplicables a cualquier proceso, que representan características necesarias para gestionar y mejorar su capacidad de realización.

2.3.3 PROCESO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE

El marco para la evaluación de procesos de software puede ser utilizado por organizaciones implicadas en la planificación, gestión, monitorización, control y mejora de la adquisición, suministro, desarrollo, operación, evolución y soporte del software.

La evaluación del proceso examina los procesos utilizados por una organización para determinar si son efectivos para conseguir los objetivos planteados. Los resultados de la evaluación conducen a actividades de mejora o para la determinación de la capacidad del mismo, tal como se aprecia en la figura 2.3.

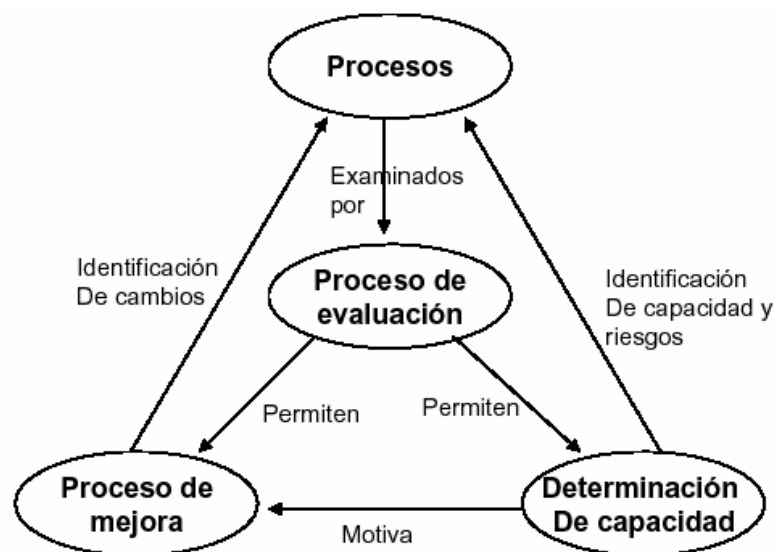


Fig. 2. 3 Proceso de evaluación de software [11].

2.4 CATEGORIA DE LOS PROCESOS

2.4.1 DIMENSIÓN DE PROCESOS

El modelo de referencia de ISO/IEC 15504 agrupa los procesos en distintas categorías, los cuales corresponden a lo definido en el *ISO-12207 Software Life-Cycle Process*. [34]

El modelo de referencia agrupa a los procesos en tres categorías relevantes en la producción de software, tomando en cuenta el ciclo de vida del proceso, siendo las siguientes:

- Procesos Primarios.
- Procesos de Soporte.
- Procesos de la Organización.

Estas categorías de procesos a su vez se subdividen en cinco categorías, tal como se muestra en la figura 2.4.

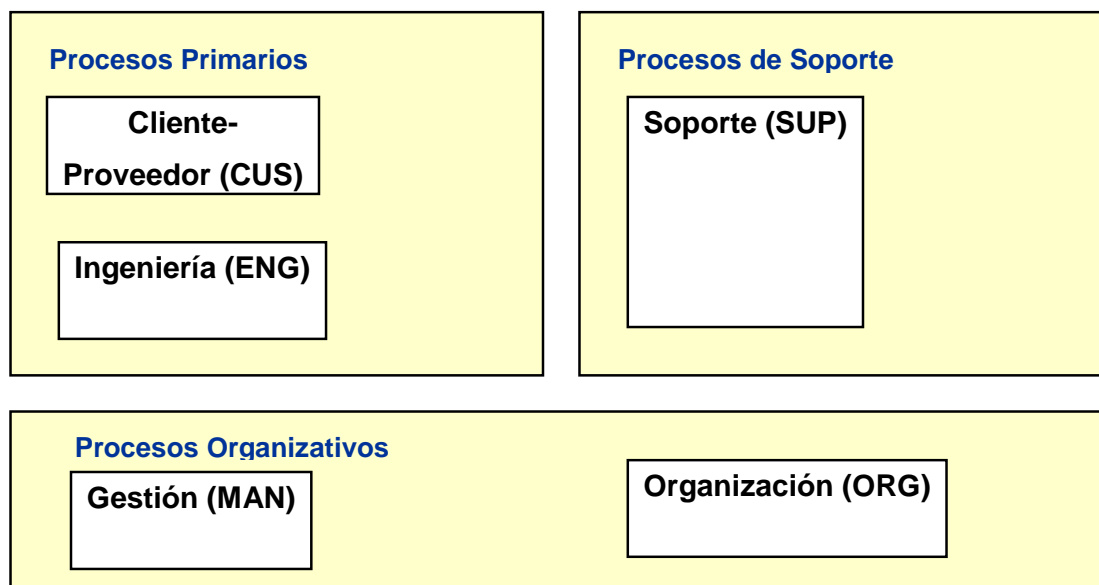


Fig. 2. 4 Categoría de procesos de software según ISO 12207 [42].

2.4.1.1 Procesos Cliente-Proveedor

Consiste en los procesos que directamente impactan al cliente, al soporte de desarrollo y a la transición del software al cliente.

Consta de los siguientes procesos:

- CUS. 1: Adquirir software.
- CUS.2: Gestionar las necesidades.
- CUS.3.: Suministrar software.
- CUS.4: Operar software.
- CUS. 5: Proporcionar servicio al cliente.

2.4.1.2 Procesos de Ingeniería

Esta categoría está relacionada con los procesos que directamente especifican, implementan, y mantienen un sistema, un producto de software y la documentación del usuario.

Consta de los siguientes procesos:

- ENG.1: Requisitos y diseño del sistema.
- ENG.2: Requisitos de software.
- ENG.3: Diseño de software.
- ENG.4: Implementar el diseño de software.
- ENG.5: Integrar y probar el software.
- ENG.6: Integrar y probar el sistema.
- ENG.7: Mantener el sistema y el software.

2.4.1.3 Procesos de Soporte

Consiste en los procedimientos que establecen y soportan el desempeño de los otros procesos del proyecto.

Consta de:

- SUP.1: Desarrollar la documentación.
- SUP.2: Gestión de la configuración.

- SUP.3: Aseguramiento de la calidad.
- SUP.4: Verificación del producto.
- SUP.5: Validación del producto.
- SUP.6: Realizar revisiones conjuntas.
- SUP.7: Auditoría.
- SUP.8: Realizar resolución de problemas.

2.4.1.4 Procesos de Gestión

Consiste en los procesos establecidos dentro del proyecto, coordinación y administración de los recursos para producir un producto o proveer un servicio para satisfacer al cliente.

Consta de los siguientes procesos:

- MAN.1: Gestión del proyecto.
- MAN.2: Gestión de la calidad.
- MAN.3: Gestión de riesgos.
- MAN.4: Gestión de subcontratistas.

2.4.1.5 Procesos de la Organización.

Esta categoría consiste en los procesos que establecen las metas de negocio de la organización, los procesos de desarrollo y recursos que ayudan a la organización a alcanzar dichas metas.

Consta de los siguientes procesos:

- ORG.1: Ingeniería del negocio.
- ORG.2: Definir el proceso.
- ORG.3: Mejorar el proceso.
- ORG.4: Proporcionar recursos humanos con habilidades.
- ORG.5: Proporcionar la infraestructura de Ingeniería de Software.

2.4.2 DIMENSIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LOS PROCESOS

La evolución de la capacidad de los procesos (capability process) esta expresado en términos de niveles de capacidad, características comunes, y prácticas genéricas.

Un nivel de capacidad es un conjunto de actividades que trabajan juntas para proveer una mejor ejecución de los procesos. Cada nivel provee una mejor y más compleja ejecución de los procesos que el nivel predecesor. Un nivel de capacidad está formado por uno o varios atributos que conjuntamente proporcionan una mejora importante en la capacidad de realizar un proceso.

2.4.2.1 Niveles de capacidad de los procesos

Los atributos de proceso están organizados en niveles de capacidad, permitiendo una puntuación única generada para el proceso.

Los niveles de capacidad proveen dos beneficios:

- El conocimiento de los procesos.
- Ayuda a la organización de identificar qué mejora se debe ejecutar primero, basado en una secuencia racional de aplicación de los procesos.

Existen seis niveles de capacidad en el modelo [3]:

- *Nivel 0, Incompleto*: El proceso no está implantado o no se obtiene los resultados esperados. Es un fracaso general el tratar de utilizar las prácticas bases a los procesos, ya que no es fácil identificar las salidas de los procesos o el trabajo de los productos.
- *Nivel 1, Básico o Realizado Informalmente*: El proceso implantado consigue los resultados esperados. Las prácticas bases de los procesos generalmente son ejecutados. La ejecución de dichas prácticas puede no ser rigurosamente planificadas y seguidas, dependiendo del conocimiento y esfuerzo personal. Se identifican algunos procesos.
- *Nivel 2, Administrado*: La ejecución de las prácticas bases de los procesos es de manera gestionada, existe planificación, control, verificación y ajuste.

La primera distinción entre el nivel 1 y el 2 es que la ejecución de los procesos está planificada y administrada, y progresan hacia un proceso bien definido.

- *Nivel 3, Establecido o Bien Definido:* El proceso se realiza usando un proceso definido. Las prácticas bases son ejecutadas de acuerdo a una versión adaptada del estándar, procesos aprobados bien definidos y documentados.
- *Nivel 4, Predecible o Cuantitativamente Controlado:* El proceso se realiza consistentemente dentro de unos límites definidos, para lograr los resultados esperados del proceso. Es conocida en forma cuantitativa el rendimiento de los procesos y es posible su predicción. Las prácticas son objetivamente administradas. La calidad de las mismas es cuantitativamente conocida.
- *Nivel 5, Optimo o Mejoramiento Continuo:* El proceso cambia y se adapta dinámicamente para encontrar los objetivos del negocio actuales y futuros. Son establecidos en forma cuantitativa procesos y metas eficientes, basados en los objetivos de la organización. En forma continua los procesos se van mejorando mediante la retroalimentación (feedback) obtenido por los resultados de procesos definidos y por ideas pilotos y tecnologías novedosas.

2.4.2.2 Atributos del proceso

Los niveles de capacidad, aisladamente, no son suficientes para evitar ambigüedades en la cuantificación de la capacidad de los procesos, por lo que son necesarios una serie de atributos comunes a todos los procesos, para ser utilizados como base para la valoración.

Un atributo del proceso (PA¹⁹) representa una característica medible de cualquier proceso. Cada uno de ellos está definido desde el punto de vista de las características que el proceso debería exhibir.

¹⁹ PA: Process Attribute.

Los atributos son evaluados desde el punto de vista de grado de realización del mismo, cuyos valores son asignados en una escala de cuatro puntos:

- *N*, *No conseguido* (0% al 15%), no hay evidencia de que se consigue el atributo definido.
- *P*, *Conseguido Parcialmente* (16% al 50%), se ha conseguido algo del atributo definido.
- *L*, *Bastante Conseguido* (51% al 85%), se ha conseguido significativamente el atributo definido.
- *F*, *Conseguido completamente* (86% al 100%), se ha conseguido totalmente el atributo definido.

En la figura 2.5 se muestra los niveles de capacidad, indicando los atributos de proceso para cada nivel [11].



Fig. 2. 5. Niveles de capacidad y atributos de proceso según ISO/IEC 15504.

Cada uno de los atributos de proceso se describe a continuación:

- *PA 1.1 Rendimiento del proceso*: El proceso utilizado actualmente alcanza o genera sus resultados.
- *PA 2.1. Gestión del rendimiento*: El proceso se ejecuta en forma optimizada basado en objetivos definidos.

- *PA 2.2. Gestión del producto:* Se extienden las habilidades del atributo anterior para asegurar la generación de productos documentados, controlados y verificados.
- *PA 3.1. Definición del proceso:* El proceso definido se ejecuta dentro de normas que aseguran el resultado que genera.
- *PA 3.2. Recurso del proceso:* El proceso se encuadra de acuerdo a los recursos físicos existentes.
- *PA 4.1. Medición del proceso:* Las mediciones hechas son utilizadas para definir nuevos objetivos.
- *PA 4.2 Control del proceso:* El proceso es controlado por medio de la recolección, análisis y uso de productos y procesos correctamente medibles.
- *PA 5.1. Cambio del proceso:* Se controla los cambios de definición del proceso.
- *PA 5.2. Mejora continua:* Los cambios del proceso son identificados e implementados para asegurar prácticas de mejora continua.

El modelo de evaluación se basa en el principio de que la capacidad del proceso se puede evaluar si se demuestra la consecución de los atributos del proceso.

2.5 ARQUITECTURA

La arquitectura del modelo de evaluación de ISO/IEC 15504 [45], que se muestra en la figura 2.6, contiene dos jerarquías. La primera consiste en la categoría de procesos, que está compuesta por procesos, y éstos a su vez en prácticas base, siendo una descomposición por tipo de actividad. La segunda tiene procesos, que están catalogados en niveles de capacidad; los niveles de capacidad están compuestos por características comunes (excepto nivel 0); y éstos a su vez se componen de prácticas genéricas.

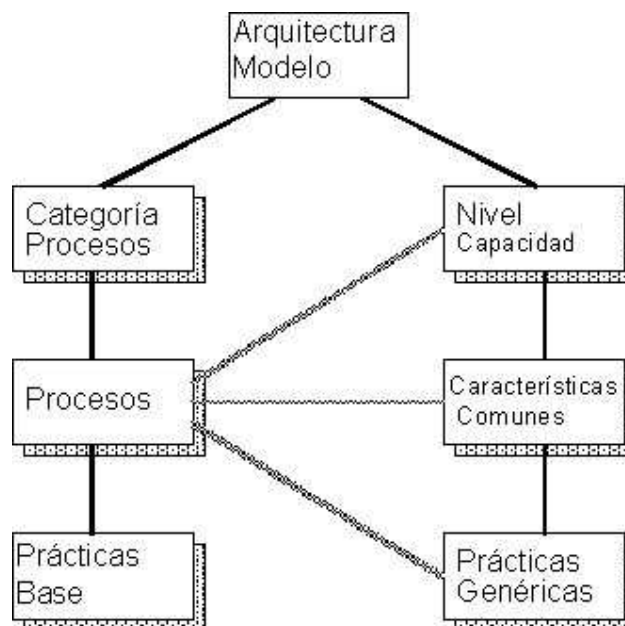


Fig. 2. 6. Arquitectura de ISO/IEC 15504.

A continuación, en la tabla 2.1 se indica cada uno de los niveles de capacidad con sus respectivos atributos de proceso, con las mejores prácticas (MP) que tiene y la escala de valor permitida para su medición respetándose la nomenclatura propuesta por el estándar.

Nivel	Atributo	Práctica	Valor esperado
1	PA 1.1. Rendimiento del proceso	MP1.1.1 Identificar las entradas y salidas del proceso. MP1.1.2 Asegurar que el alcance de trabajo este definido para la ejecución de los procesos. MP1.1.3 Asegurar que existan prácticas reconocidas e implementadas.	L o F
2	PA 2.1. Gestión del rendimiento	MP2.1.1 Identificar los objetivos necesarios para la ejecución y evaluación del rendimiento de un proceso. MP2.1.2 Planificar la ejecución de los procesos y el rendimiento esperado. MP2.1.3 Planificar y asignar responsabilidades y autoridades en el proceso de desarrollo. MP2.1.4 Administrar la ejecución de las actividades por medio de un seguimiento continuo y una replanificación.	L o F
	PA 2.2. Gestión de los productos	MP2.2.1 Identificar los requerimientos funcionales	

		<p>y no funcionales para el producto.</p> <p>MP2.2.2 Administrar la documentación, configuración y control de cambios sobre los procesos.</p> <p>MP2.2.3 Identificar y definir la dependencia entre los productos generados.</p> <p>MP2.2.4 Gestionar la calidad de los productos para asegurar que satisfagan los requerimientos.</p>	L o F
3	PA 3.1. Definición de procesos	<p>MP3.1.1 Identificar procesos comunes que soporten la ejecución del proceso gestionado, con documentación y guías de trabajo.</p> <p>MP3.1.2 Implementar o adaptar el proceso estándar para obtener un proceso definido acorde a las necesidades.</p> <p>MP3.1.3 Reunir información del proceso ejecutado para poder entender su funcionamiento.</p> <p>MP3.1.4 Establecer y refinar el entendimiento sobre el comportamiento del proceso.</p> <p>MP3.1.5 Refinar el proceso estándar en forma continua.</p>	L o F
	PA 3.2. Recursos de los procesos	<p>MP3.2.1 Identificar y documentar los roles, responsabilidades y competencias para implementar el proceso.</p> <p>MP3.2.2 Identificar y documentar los requerimientos de infraestructura para cada proceso.</p> <p>MP3.2.3 Prever, destinar y utilizar los recursos definidos para la ejecución del proceso.</p> <p>MP3.2.4 Prever y utilizar la infraestructura adecuada.</p>	L o F
4	PA 4.1 Mediciones del proceso	<p>MP4.1.1 Identificar objetivos de los productos y procesos, para lograr el cumplimiento de los objetivos del negocio.</p> <p>MP4.1.2 Recolectar las mediciones específicas sobre las especificaciones de los procesos.</p> <p>MP4.1.3 Analizar las tendencias sobre los resultados de la ejecución de los procesos.</p> <p>MP4.1.4 Medir la capacidad del proceso y mantenerlos dentro de los límites definidos por la organización.</p>	L o F
	PA 4.2. Control y monitoreo del proceso	<p>MP4.2.1 Identificar técnicas de medición de acuerdo al proceso que permitan mejorar los productos.</p>	

		MP4.2.2 Recolectar mediciones e identificar los parámetros de control del proceso para realizar un análisis. MP4.2.3 Controlar la ejecución del proceso, para detectar y corregir desviaciones o proponer mejoras.	L o F
5	PA 5.1. Adaptación al cambio	MP5.1.1 Identificar cambios a las definiciones del proceso. MP5.1.2 Dimensionar el impacto del cambio. MP5.1.3 Definir una estrategia de implementación del cambio, teniendo en cuenta el impacto y desvío que puede darse. MP5.1.4 Implementar los cambios de acuerdo a la estrategia definida. MP5.1.5 Evaluar la efectividad del proceso de cambio.	L o F
	PA 5.2 Mejora continua	MP5.2.1 Definir los objetivos del proceso de mejora continua de acuerdo a los objetivos del negocio. MP5.2.2 Analizar el origen de problemas reales y potenciales actuales, identificando mejoras. MP5.2.3 Implementar una adecuada selección de áreas de mejoras dentro del proceso. MP5.2.4 Validar la efectividad del proceso de cambio basado en los resultados y objetivos del negocio.	L o F

Tabla 2. 1. Atributos de proceso y mejores prácticas de ISO/IEC

Es necesario indicar que para pasar a un nivel superior, la valoración de los atributos de proceso del nivel precedente deben ser F, es decir entre 86 % y 100%.

2.6 USOS Y BENEFICIOS DEL ESTANDAR

2.6.1 USOS DEL ESTÁNDAR ISO/IEC 15504

2.6.1.1 Quienes utilizan el estándar

A continuación se muestra los principales usuarios a los que está dirigido este estándar internacional, por qué cada grupo necesita el modelo, cómo y cuándo debe ser usado.

2.6.1.1.1 Organización de Software

Por qué usarlo

- Para comprender qué hay que hacer para mejorar los procesos de software.
- Para comprender cuáles procesos y prácticas puede evaluar un asesor.
- Para determinar la capacidad de los procesos de software.

Cómo usarlo

- Como guía de trabajo en la gestión de los procesos y aplicación de las actividades del proyecto de software.
- Como guía de referencia para destacar los procesos y consideraciones prácticas.
- Como un documento de entrenamiento.
- Como una práctica de lista de chequeo.

Cuándo usarlo

- Durante la aplicación de los procesos de software de la organización.
- Durante el desarrollo y/o revisión de los procesos de software de la organización y como parte de una actividad de mejoramiento continuo.
- Antes de las evaluaciones.

2.6.1.1.2 Asesores de los procesos de Software

Por qué usarlo

- Para determinar cómo una organización gestiona y administra los procesos de software y sus resultados.

Cómo usarlo

- Como una práctica de lista de chequeo.

Cuándo usarlo

- Antes y durante una evaluación de procesos de software.

2.6.1.1.3 *Desarrolladores de un modelo de certificación*

Por qué usarlo

- Para desarrollar modelos acorde al modelo de referencia.
- Para demostrar compatibilidad entre el modelo desarrollado y el de referencia.

Cómo usarlo

- Como una referencia para definir la estructura del nuevo modelo.
- Como un conjunto de criterios para determinar la capacidad de procesos.

Cuándo usarlo

- Durante el desarrollo del nuevo modelo.
- Al probar el nuevo modelo de certificación.

2.6.1.1.4 *Desarrolladores de herramientas*

Por qué usarlo

- Como base para desarrollar un herramienta de evaluación de procesos.

Cómo usarlo

- Como referencia para establecer los requerimientos de la herramienta.

Cuándo usarlo

- Antes y durante el desarrollo de la herramienta.

2.6.2 PARA QUE SIRVE EL ESTÁNDAR

El estándar ISO/IEC 15504 provee:

- Un marco de referencia para determinar las fortalezas y debilidades de los procesos.
- Un marco de referencia para mejorar los procesos de software, y medir sus mejoras.
- Un marco de referencia para los que adquieren un sistema puedan evaluar la capacidad de los proveedores de sistemas.

- Un marco de referencia para determinar los riesgos de negocio para una empresa que considera desarrollar un nuevo producto de software o servicio.
- Una ruta para la armonización o migración de los modelos de evaluación de procesos con referencia al modelo de procesos y capacidad.
- La organización o unidad informática puede utilizar ISO/IEC 15504 para los siguientes casos:
 - Para determinar el nivel de capacidad de la empresa que le suministra un sistema de software.
 - Para ayudar a una organización a mejorar su propio departamento de desarrollo de software y los procesos de mantenimiento.
 - Para ayudar a una organización a determinar su habilidad de implementar un nuevo proyecto de desarrollo de software.

2.6.3 HERRAMIENTAS AUTOMATIZADAS QUE IMPLEMENTAN EL ESTÁNDAR

En el mercado pueden existir varias herramientas para evaluar la calidad de los procesos de software dentro de un organización acorde al estándar ISO/IEC 15504, de las cuales podemos indicar las siguientes: [36]

2.6.3.1 SPICE Automated Assessment Tool Prototype

La herramienta “SPICE Automated Assessment Tool Prototype” fue desarrollada por CERTUM (Servicios en Informática y Desarrollo de México S.A) en 1996 con el objetivo de brindar un instrumento de apoyo durante una evaluación SPICE.

La herramienta sirve como apoyo para los siguientes procedimientos de una evaluación:

- Documentar el contexto de la evaluación.
- Delimitar el alcance de la evaluación en términos de instancias, procesos, y capacidades.

- Capturar y organizar las calificaciones de los productos, prácticas base, prácticas de gestión, y atributos de gestión, para cada una de las instancias de la evaluación.
- Documentar los razonamientos que llevaron a evaluar cada uno de los puntos con cierta calificación.
- Calcular los resultados generales de la evaluación.
- Explotar los resultados durante o al final de la evaluación mediante reportes.

Además, la herramienta cuenta con un módulo de infraestructura que permite la personalización del modelo SPICE a las necesidades específicas de una evaluación. Con este módulo, es posible personalizar la herramienta al modelo ISO/IEC 15504, o cualquier otro modelo definido por la organización que hace la evaluación, siempre y cuando tenga la misma estructura que SPICE.

2.6.3.2 SYNSPICE

SYNSPICE es un método desarrollado por SYNSPACE para realizar evaluaciones según ISO 15504, con las varias herramientas que dispone, tales como SPICE 1-2-1. que es capaz de evaluar y analizar el estado actual de la práctica de desarrollo de software para cada uno de los procesos.

SPICE1-2-1 proporciona:

- Una descripción completa de todos los procesos implicados en el desarrollo de software.
- Un listado de actividades (prácticas de base) que proporcionará los resultados prescritos.
- Un listado de las actividades que proporcionan los resultados exigidos.
- Un listado detallado de los productos de trabajo de entrada o de salida que son necesarios para cada una de las tareas o que se producen en el contexto del trabajo.
- Criterios e indicadores exactos para determinar la calidad de cada proceso con respecto a los niveles definidos de capacidad.

2.6.4 BENEFICIOS DEL ESTÁNDAR ISO/IEC 15504

El estándar de una manera homogénea debe permitir que:

- La gerencia se asegure que el proceso se encuentre alineado con las necesidades del negocio.
- Los proveedores de software tengan que someterse a una sola evaluación para aspirar a nuevos negocios y no a varias como hoy día sucede.
- Las organizaciones de software dispongan de una herramienta universalmente reconocida para dar soporte a su programa de mejoramiento continuo.
- Quienes requieran puedan determinar la capacidad de quienes proveen servicios, de manera de poder evaluar el riesgo ante una potencial contratación.

Un ejemplo de aplicación del estándar ISO/IEC 15504 se presenta en el Anexo 2 de este documento.

CAPITULO III

3 ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR CMMI

3.1 ASPECTOS GENERALES

3.1.1 QUÉ ES CMMI

CMMI (Capability Maturity Model Integration)²⁰, es un conjunto de modelos elaborados por el SEI²¹ que permiten obtener un diagnóstico preciso de la madurez de los procesos relacionados con las tecnologías de la información de una organización, y describe las tareas que se tienen que llevar a cabo para mejorar esos procesos, ayudando a las organizaciones a mejorar su capacidad de desarrollar y de mantener productos y servicios de calidad [33].

CMMI constituye un marco de referencia de la capacidad de las organizaciones de desarrollo de software en el desempeño de sus diferentes procesos, proporcionando una base para la evaluación de la madurez de las mismas y una guía para implementar una estrategia para la mejora continua de los mismos.

CMMI recopila las mejores prácticas que dirigen el desarrollo y mantenimiento de productos y servicios, cubriendo el ciclo de vida de un producto, desde su concepción hasta su entrega y mantenimiento.

CMMI es un modelo de procesos, que evalúa la madurez de una organización basándose en la capacidad de sus procesos y surge como la integración del CMM (Capability Maturity Model) v.2.0 y de la ISO 15504 Draft Standar v.1.00. [18]

Algo que hay que recalcar, es que el marco de trabajo de CMMI también fue diseñado para apoyar cualquier integración futura de alguna otra disciplina, así

²⁰ Capability Maturity Model Integration en español Modelo de Madurez de Capacidad Integrado.

²¹ SEI: Software Engineering Institute.

como también fue desarrollado para ser consistente y compatible con el ISO/IEC 15504. [44]

3.1.2 PROPÓSITO DE CMMI

El propósito de CMMI es evaluar la calidad de los procesos de software, proporcionando guías para el mejoramiento de los procesos de la organización y de sus habilidades para gestionar el desarrollo, adquisición y mantenimiento de productos y servicios.

CMMI al ser un modelo descriptivo, detalla los atributos esenciales que deberían caracterizar a una organización en un determinado nivel de madurez. También es un modelo normativo, ya que contiene prácticas detalladas que caracterizan los tipos normales de comportamiento esperados en una organización que ejecuta proyectos a gran escala.

La mejora continua de los procesos se basa en muchos pasos pequeños y evolutivos en vez de innovaciones revolucionarias. CMMI proporciona un marco para organizar estos pasos evolutivos dentro de niveles de maduración que sientan fundamentos sucesivos para la mejora continua del proceso.

3.1.3 OBJETIVOS DE CMMI

El objetivo principal de CMMI es lograr la madurez en el desarrollo de software para obtener éxito predecible en los proyectos y de esa manera evitar el fracaso de los proyectos.

Además, CMMI permite:

- Eliminar inconsistencias.
- Reducir duplicaciones.
- Incrementar la claridad y comprensión.
- Proporcionar terminología común.
- Proporcionar estilos consistentes.

- Establecer reglas de construcción uniformes.
- Mantener componentes comunes.
- Asegurar la consistencia con el estándar ISO/IEC 15504.

3.1.4 AREAS DE CONOCIMIENTO DE CMMI

CMMI es un conjunto de modelos que proveen orientación para diseñar procesos efectivos, en distintos dominios, áreas de conocimiento o disciplinas dentro del ámbito de una organización.

Estas áreas del conocimiento son: [1]

- *Ingeniería de Software (SW²²)*: Esta área cubre el desarrollo de sistemas de software, centrándose en aplicar enfoques cuantificados, sistemáticos y disciplinados para el desarrollo, operación y mantenimiento del software.
- *Ingeniería de Sistemas (SE²³)*: Esta área trata de los sistemas totales que pueden o no incluir software, se concentra en transformar las necesidades y expectativas de los clientes en productos.
- *Desarrollo integrado de productos y procesos (IPPD²⁴)*. Es un enfoque sistemático que logra una colaboración oportuna a lo largo de la vida del producto para satisfacer los requisitos, necesidades y expectativas de los clientes.
- *Provisión externa (SS)²⁵*. Esta disciplina es aplicable a proyectos que usan proveedores para desempeñar funciones que son críticas para el éxito del proyecto.

²² SW: Software Engineering.

²³ SE: Systems Engineering.

²⁴ IPPD: Integrated Product and Process Development.

²⁵ SS: Supplier Sourcing.

3.2 EVOLUCION DEL ESTANDAR CMMI

3.2.1 HISTORIA DE LOS MODELOS CMM

Con el propósito de encontrar la solución a los problemas de costo y calidad de software en una organización, a finales de los ochenta surgieron varias iniciativas, las cuales se plasmaron en una serie de modelos y normas que trataban de dar respuesta a tales necesidades, mediante la difusión de las mejores prácticas en el ámbito de la mejora de los procesos de software.

Una de las iniciativas fue la impulsada por el Departamento de Defensa de los EEUU, mediante la creación del SEI²⁶ en la universidad Carnegie Mellon, con el propósito de estudiar el problema y encontrar alguna solución. [1]

En 1991, el SEI publica el modelo SW-CMM (Software Capability Maturity Model)²⁷, el cual está orientado a la mejora de los procesos relacionados con el desarrollo de software, para lo cual contempla las consideradas mejores prácticas de ingeniería de software y de gestión. A partir de ese momento, el Departamento de Defensa exige que sus proveedores estén acreditados en CMM, lo que impulsa a que el modelo tenga una amplia aceptación y se convierta en un estándar de facto dentro de la industria del software. [39]

Luego del éxito alcanzado por CMM, el SEI desarrolló modelos similares para otras disciplinas, entre las cuales figuraban: [40]

- La ingeniería de sistemas (SE-CMM, Systems Engineering Capability Maturity Model).
- La adquisición de software (SA-CMM, Software Acquisition Capability Maturity Model).
- Las personas (P-CMM, People Capability Maturity Model).
- La seguridad de la Ingeniería de Sistemas (SSE-CMM, Security Systems Engineering Capability Maturity Model).

²⁶ Software Engineering Institute en español Instituto de Ingeniería del Software.

²⁷ Software Capability Maturity Model en español Modelo de Madurez de Capacidad para Software.

- El desarrollo integrado de productos (IPD-CMM, Integrated Product Development Capability Maturity Model).

3.2.2 INTEGRACIÓN DE LOS MODELOS CMM

Mientras algunas organizaciones aseguraban que los modelos CMM son útiles, también encontraban que a veces eran contradictorios, tenían escasa estandarización y mezclaban diferentes niveles de detalle.

Como consecuencia del estudio de estas dificultades y de la preparación de la siguiente generación de sus modelos de madurez, el SEI emprende un proyecto de integración de los modelos CMM, con el fin de desarrollar un marco de trabajo simple para la mejora de procesos para organizaciones que persiguen la mejora en todos los ámbitos y niveles de la empresa, apareciendo así el modelo CMMI cuyo propósito es proveer mejoras en costos, tiempos, y calidad de proyectos en desarrollo de ingeniería, así como el proporcionar una única guía unificada para la mejora de múltiples disciplinas tales como ingeniería de sistemas, ingeniería del software y el desarrollo integrado del producto y del proceso.

CMMI resulta de la combinación de los siguientes modelos:

- SW-CMM v. 2.0 (c).
- SE-CMM.
- IPD-CMM v. 0.98.

CMMI provee un enfoque integrado para mejorar procesos, reduce la redundancia, complejidad y costo resultante del uso de múltiples modelos de madurez.

En el 2001, el SEI publicó el CMMI v1.1, que indica que los modelos CMM ya no evolucionan de forma separada.

En cuanto al estado actual en este estándar, cabe indicar que se trabaja en el desarrollo del 'Modulo de Adquisición'; además existe el compromiso por parte del

SEI de no cambiar los modelos en 3 años y establecer un periodo de cambio nominal de 5 años. Al momento, el SEI se halla en la planificación de CMMI v.1.2, previsto para finales del 2006, versión en que los cambios no son estructurales, más bien tiene que ver aspectos de seguridad, adquisición, el método de evaluación SCAMPI²⁸ y training.

3.2.3 VARIACIONES DE CMMI RESPECTO A CMM

CMMI es una evolución del modelo CMM y al igual que éste busca evaluar la madurez de los procesos de desarrollo de software en pos del mejoramiento de los mismos. Al ser un modelo más integral que CMM, que se aplica únicamente a la Ingeniería de Software, integra en forma complementaria y opcional otras disciplinas también asociadas al proceso de negocios como la Ingeniería de Sistemas, el Desarrollo Integrado de Productos y Procesos y la Administración de Proveedores de Servicios de Apoyo.

3.2.4 MODELOS CMMI

Existen actualmente cuatro modelos CMMI, que contemplan los procesos de mejora en las diversas áreas de los sistemas de información, de manera que la organización deberá elegir el que más se ajuste a sus necesidades. Estos son:
[41]

- CMMI-SE/SW/IPPD/SS.
- CMMI-SE/SW/IPPD.
- CMMI-SE/SW.
- CMMI-SW.

²⁸ SCAMPI: Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement.

3.3 ESTRUCTURA DE CMMI

3.3.1 COMPONENTES DE CMMI

CMMI al ser un modelo para la mejora o evaluación de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software, está formado por varios componentes [33], los que se indican en la figura 3.1.

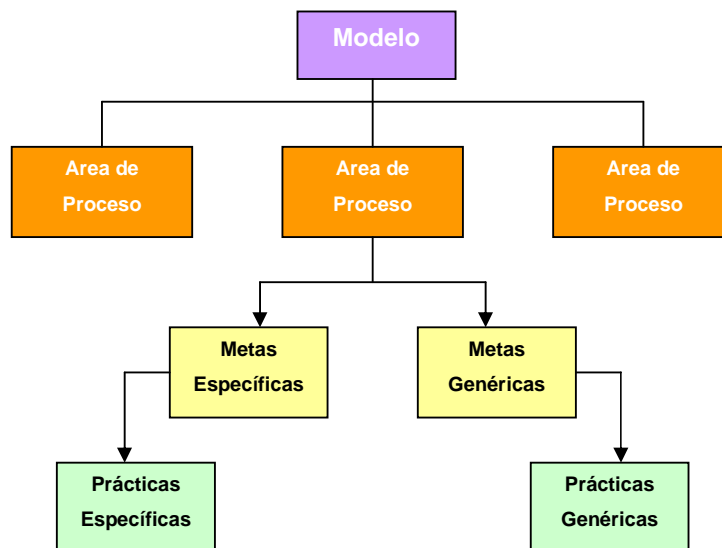


Fig. 3. 1 Componentes de CMMI.

A continuación se describe cada uno de los componentes del modelo CMMI:

- Área de Proceso (PA)²⁹: Conjunto de mejores prácticas dentro de un área, que cuando se implementan correctamente satisfacen una serie de metas para tener una mejora significativa dentro de la misma. Cada PA está formada de metas; a su vez, cada meta está formada de prácticas.
- Metas: Son los objetivos que describen la correcta gestión del modelo. Las metas pueden ser:
 - Metas Específicas (SG)³⁰: Definen los objetivos específicos a alcanzar; se aplican solamente a un PA en particular y permite

²⁹ PA: Process Area.

³⁰ SG: Specific Goal.

localizar las particularidades que describen qué se debe implementar para satisfacer el área de proceso.

- Metas Genéricas (GG)³¹: Definen los objetivos generales a alcanzar. Se aplican a varias PA.
- Prácticas: Describen la acción necesaria para alcanzar la meta, en conjunto con otras prácticas. Las prácticas pueden ser:
 - Prácticas Específicas (SP)³²: Acciones a aplicarse a un PA en particular; describe las actividades esperadas para lograr la meta específica de un área de proceso.
 - Prácticas Genéricas (GP)³³: Acciones a aplicarse a varias PA; se usa en cualquier área de proceso porque puede mejorar el funcionamiento y control del mismo.

3.3.2 CATEGORÍAS Y AREAS DE PROCESO

El modelo CMMI tiene un total de 28 PA [27], distribuidas para las cuatro disciplinas generales³⁴ y para dos opcionales³⁵ que el modelo cubre actualmente; dependiendo de los objetivos que se quieran lograr, se debe seleccionar adecuadamente cuales son las necesarias.

Las áreas de proceso cubren desde el desarrollo del producto y de los servicios hasta el mantenimiento de los mismos. Independientemente a cual disciplina esté involucrada la organización, en la tabla 3.1 se detalla categorías de procesos de CMMI con sus respectivas áreas:

³¹ Generic Goal.

³² Specific Practice.

³³ Generic Practice.

³⁴ Gestión de Proyectos, Gestión de Procesos, Ingeniería y Soporte.

³⁵ Desarrollo integrado del proceso y producto, Gestión de Proveedores.

CATEGORIA	AREA DE PROCESO
Gestión de Proyectos	Planificación de Proyectos (PP) ³⁶
	Seguimiento y Control de Proyectos (PMC) ³⁷
	Gestión de Acuerdo con los Proveedores (SAM) ³⁸
	Gestión Integrada de Proyectos (IPM) ³⁹
	Gestión de Riesgos (RSKM) ⁴⁰
	Gestión Cuantitativa de Proyectos (QPM) ⁴¹
Gestión de Procesos	Enfoque de Procesos de la Organización (OPF) ⁴²
	Definición de Procesos de la Organización(OPD) ⁴³
	Entrenamiento Organizacional (OT) ⁴⁴
	Desempeño de los Procesos de la Organización (OPP) ⁴⁵
	Innovación y Desarrollo de la Organización(OID) ⁴⁶
Ingeniería	Gestión de Requerimientos (REQM) ⁴⁷
	Desarrollo de Requerimientos (RD) ⁴⁸
	Gestión de Cambios Tecnológicos (TCM) ⁴⁹
	Solución Técnica (TS) ⁵⁰
	Integración de Productos (PI) ⁵¹
	Verificación (VER) ⁵²
	Validación (VAL) ⁵³

³⁶ PP: Project Planning.

³⁷ PMC. Project Monitoring and Control.

³⁸ SAM: Supplier Agreement Management.

³⁹ IPM: Integrated Project Management.

⁴⁰ RSKM: Risk Management.

⁴¹ QPM: Quantitative Project Management.

⁴² OPF: Organizational Process Focus.

⁴³ OPD: Organizational Process Definition.

⁴⁴ OT: Organizational Training.

⁴⁵ OPP: Organizational Process Performance.

⁴⁶ OID: Organizational Innovation and Deployment.

⁴⁷ REQM: Requirements Management.

⁴⁸ RD: Requirements Development.

⁴⁹ TCM: Technological Changes Management.

⁵⁰ TS: Technical Solution.

⁵¹ PI: Product Integration.

⁵² VER: Verification.

⁵³ VAL: Validation.

Soporte	Gestión de la Configuración (CM) ⁵⁴
	Aseguramiento de la Calidad del Producto y Proceso (PPQA) ⁵⁵
	Medición y Análisis (MA) ⁵⁶
	Análisis de Decisión y Resolución(DAR) ⁵⁷
	Análisis y Resolución de Causas (CAR) ⁵⁸
Desarrollo integrado del proceso y producto	Ambiente Organizacional para la Integración (OEI) ⁵⁹
	Equipo para el Desarrollo Integrado (IT) ⁶⁰
Gestión de Proveedores	Selección y Control de Proveedores (SSC) ⁶¹
	Gestión Integrada de Proveedores (ISM) ⁶²
	Gestión Cuantitativa de Proveedores (QSM) ⁶³

Tabla 3. 1 Categorías y Areas de Proceso de CMMI [27].

3.3.3 TIPOS DE REPRESENTACIÓN DE CMMI

Para el desarrollo del CMMI, aparte de la necesidad de integración de los CMM, se tenía que cumplir con dos objetivos:

- Conservar los niveles de madurez por etapas para mantener la flexibilidad necesaria en muchas organizaciones que tienen que adaptar sus procesos de mejora a sus metas de negocio y no viceversa.
- La transición de organizaciones que usaron el CMM en el pasado al CMMI, debería ser tan fácil como fuera posible para de esa manera proteger las inversiones realizadas.

La solución a estos retos fue un modelo y dos representaciones [1]:

⁵⁴ CM: Configuration Management.

⁵⁵ PPQA: Process and Product Quality Assurance.

⁵⁶ MA: Measurement and Analysis.

⁵⁷ DAR: Decision Analysis and Resolution.

⁵⁸ CAR: Causal Analysis and Resolution.

⁵⁹ OEI. Organizational Environment for Integration.

⁶⁰ IT: Integrated Teaming.

⁶¹ SSC: Supplier Selection and Control.

⁶² ISM: Integrated Supplier Management.

⁶³ QSM: Quantitative Supplier Management.

- *Representación por etapas*, enfocada en la mejora de la madurez de los procesos que una organización quiere lograr.
- *Representación continua*, que se centra en la mejora de procesos sobre acciones a completar dentro de las áreas de proceso.

El CMMI contiene ambas representaciones debido a la familiaridad que la gente tiene con los modelos base anteriores y también por la preocupación que no se adoptara al CMMI, si es que se seleccionaba una representación en lugar de otra. Aunque esto añade más complejidad al modelo, también proporciona una transición más fácil hacia el CMMI.

Ambas representaciones reconocen que las áreas de proceso se pueden agrupar en cuatro categorías generales: Gestión de Proyectos, Gestión de Procesos, Ingeniería y Apoyo; y dos categorías opcionales: Desarrollo Integrado del Producto y del Servicio y Gestión de Compras; aunque la categorización está orientada a la representación continua, en la cual se puede establecer una categoría determinada, cuyas áreas de proceso se desean mejorar.

La representación por etapas hace especial énfasis en el grado de madurez de los procesos⁶⁴, mientras que la representación continua hace hincapié en la capacidad⁶⁵ de ciertas áreas para realizar adecuadamente sus actividades.

3.3.3.1 CMMI: Representación por Etapas

La representación por etapas es una forma sistemática y estructurada de ejecutar el proceso de mejoramiento paso a paso. Proporciona una sucesión probada de mejoras, empezando con la práctica de dirección básica y progresando a través

⁶⁴ Madurez de los procesos es un atributo de las organizaciones que desarrollan o mantienen sistemas de software, que indica el potencial de crecimiento en capacidad de los procesos [37].

⁶⁵ Capacidad de procesos es una predicción del rendimiento futuro de los procesos [37].

de un camino predefinido y probado de niveles de madurez (ML)⁶⁶ sucesivos, cada uno sirviendo como una base para el próximo.

La representación por etapas permite las comparaciones entre las organizaciones mediante el uso de niveles de madurez y permite una sola valoración que resume la apreciación resultante y las comparaciones entre las organizaciones.

3.3.3.1.1 Estructura de CMMI por etapas

En la representación por etapas, se da un mapa predefinido, dividido en niveles de madurez, para la mejora organizacional basada en procesos probados, agrupados y ordenados y sus relaciones asociadas [1].

Cada nivel de madurez tiene un conjunto de áreas de proceso que indican dónde una organización debería enfocar la mejora de su proceso. Cada área de proceso se describe en términos de prácticas que contribuyen a satisfacer sus objetivos. Las prácticas describen las actividades que más contribuyen a la implementación eficiente de un área de proceso. Se aumenta el nivel de madurez cuando se satisfacen los objetivos de todas las áreas de proceso de un determinado nivel de madurez. Esto se puede apreciar en la figura 3.2.

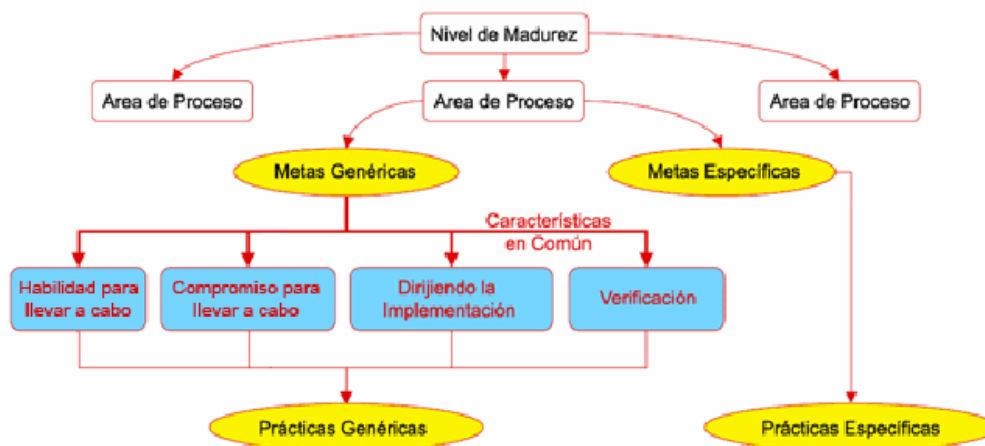


Fig. 3. 2. Estructura de CMMI por etapas.

⁶⁶ ML: Maturity Level.

La representación por etapas se enfoca en las mejores prácticas que la organización puede utilizar para mejorar procesos en las áreas de proceso que se encuentran dentro de los niveles de madurez que elija lograr. El CMMI por etapas guía a la organización sobre las áreas de procesos que debe ir abordando, las prácticas que debe implantar y los objetivos que debe alcanzar para ir consiguiendo los sucesivos niveles de madurez.

3.3.3.1.2 Niveles de madurez

Un nivel de madurez es un camino evolutivo bien definido cuyo objetivo es la obtención del mejoramiento de procesos en una organización.

CMMI por etapas está formado por 5 niveles de madurez, que se muestran en la figura 3.3, donde cada uno sirve como punto de referencia para conocer el grado de madurez total que posee una organización. Una organización alcanza un nivel de madurez determinado cuando a puesto en práctica todas y cada una de las áreas de proceso aplicables a ese nivel y a los niveles inferiores.

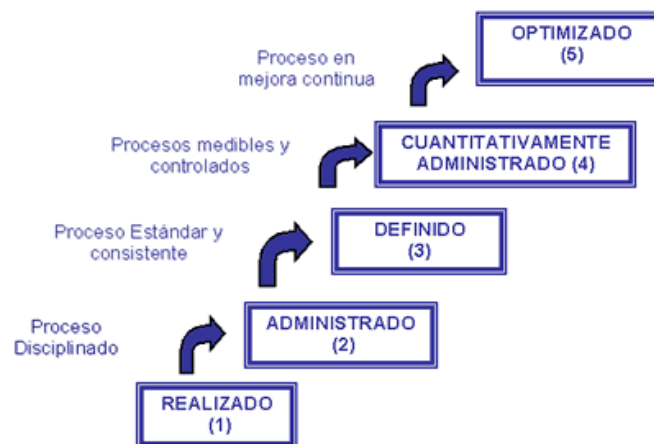


Fig. 3. 3. Niveles de CMMI por etapas.

Nivel 1: Realizado

Este es el nivel en donde están todas las empresas que no tienen procesos. Los presupuestos son altos, no es posible entregar el proyecto en fechas determinadas, no hay control sobre el estado del proyecto, el desarrollo del proyecto es completamente desorganizado, no se sabe lo que pasa en el mismo.

Los resultados de calidad obtenidos son consecuencia de las personas y de las herramientas que emplean, no de los procesos, porque no los hay o no se los usa.

Nivel 2: Administrado o Gestionado

La principal diferencia entre este nivel y el anterior es que el proyecto es gestionado y controlado durante el desarrollo del mismo. En este nivel, se puede saber el estado del proyecto en todo momento; se llevan a cabo prácticas básicas de gestión de proyectos, de gestión de requisitos, control de versiones y de los trabajos realizados por subcontratistas. Los equipos de los proyectos pueden aprovechar las prácticas realizadas para aplicarlas en nuevos proyectos.

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son: [27]

- Gestión de requerimientos.
- Planificación de proyectos.
- Seguimiento y control de proyectos.
- Gestión de Acuerdo con los Proveedores.
- Aseguramiento de la calidad del Producto y Proceso.
- Gestión de la configuración.
- Medición y Análisis.
- Selección y Control de Proveedores.

Nivel 3: Definido

En este nivel, la forma de desarrollar proyectos de ingeniería está establecida, documentada y se cuenta con objetivos establecidos para la consecución de objetivos concretos. Los procesos comunes para desarrollo y mantenimiento del software están documentados de manera suficiente en una biblioteca accesible a los equipos de desarrollo. Las personas han recibido la formación necesaria para comprender los procesos. La mayoría de las empresas que llegan al nivel 3 se detienen aquí, ya que es un nivel que proporciona muchos beneficios y no ven la necesidad de continuar porque tienen cubiertas la mayoría de sus requerimientos.

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son: [27]

- Verificación.
- Validación.
- Enfoque de procesos de la organización.
- Definición de procesos de la organización.
- Gestión integrada de proyectos.
- Gestión de riesgos.
- Entrenamiento organizacional.
- Desarrollo de requerimientos.
- Solución técnica.
- Integración de productos.
- Análisis de decisión y resolución.
- Ambiente organizacional para la integración.
- Equipo para el desarrollo integrado.
- Gestión integrada de proveedores.

Nivel 4: Cuantitativamente Administrado o Gestionado

En el nivel 4, los proyectos usan objetivos medibles para alcanzar las necesidades de los clientes y de la organización. La organización mide la calidad del producto y del proceso de forma cuantitativa en base a objetivos establecidos. La capacidad de los procesos empleados es previsible, y el sistema de medición permite detectar si las variaciones de capacidad exceden los rangos aceptables para adoptar medidas correctivas.

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son: [27]

- Desempeño de los procesos de la organización.
- Gestión cuantitativa de proyectos.
- Gestión cuantitativa de proveedores.

Nivel 5: Optimizado

Este es el nivel óptimo de madurez, donde los procesos de los proyectos y de la organización están orientados a la mejora de las actividades. Se caracteriza por el uso de objetivos para que los procesos sean identificados, evaluados y puestos en práctica las mejoras propuestas.

La mejora continua de los procesos afecta a toda la organización, que cuenta con medios para identificar las debilidades y reforzar la prevención de defectos. Se analizan de forma sistemática datos relativos a la eficacia de los procesos de software para analizar el costo y el beneficio de las adaptaciones y las mejoras

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son: [27]

- Innovación y desarrollo de la organización.
- Gestión de cambios tecnológicos.
- Análisis y resolución de las causas.

3.3.3.2 CMMI: Representación Continua

El CMMI continuo se enfoca en la capacidad de cada área de proceso para establecer una línea a partir de la cual se mide la mejora individual en cada área. Al igual que el modelo por etapas, el modelo continuo tiene áreas de proceso que contienen prácticas, pero éstas se organizan de manera que soportan el crecimiento y la mejora de un área de proceso individual [1].

El CMMI continuo permite cierta libertad a la organización para que seleccione un área de proceso en específico, para mejorar a través de ella. También permite a las organizaciones mejorar varias áreas al mismo tiempo que conforman una categoría, las cuales están en distintos niveles.

3.3.3.2.1 Estructura de CMMI continuo

Los componentes esenciales, que se muestran en la figura 3.4, en los que se basa esta representación son las áreas de proceso; para cada área de proceso

existen metas específicas, las cuales están implementadas por prácticas específicas, las que definen la dimensión de los procesos, es decir que es lo “que se va hacer”. Por otro lado se tiene las metas genéricas, las que están implementadas por prácticas genéricas, las que definen la dimensión de la capacidad, es decir “qué también lo hacemos”. [41]



Fig. 3. 4. Estructura de CMMI continuo.

3.3.3.2.2 Niveles de Capacidad

Los niveles de capacidad son usados para medir la mejora a través de cada área de proceso, como se indica en la figura 3.5, desde el nivel más bajo para un proceso que no se ha llevado a cabo hasta un nivel alto para un proceso óptimo. Por tal razón, se puede conseguir en las distintas áreas de proceso distintos niveles de capacidad.

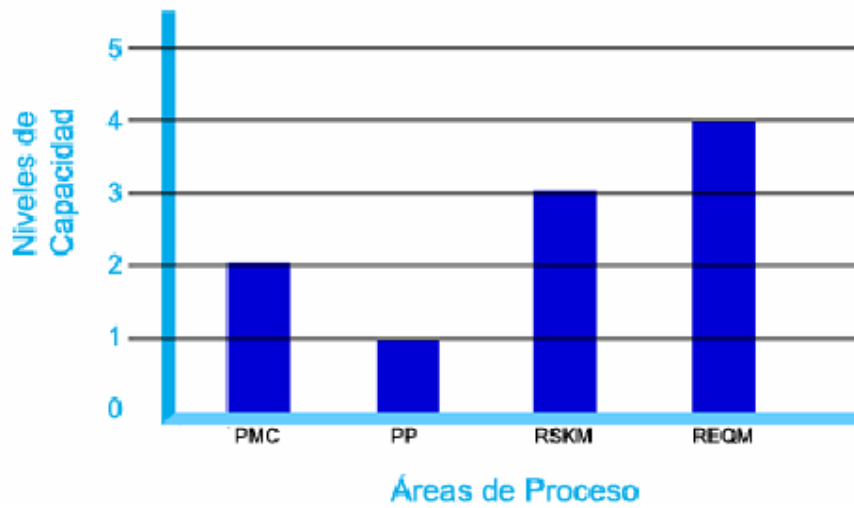


Fig. 3. 5. Medida de la capacidad de áreas de procesos.

CMMI continuo está formado por 6 niveles de capacidad que van desde el nivel 0 al 5, tal como se muestra en la figura 3.6. [1]

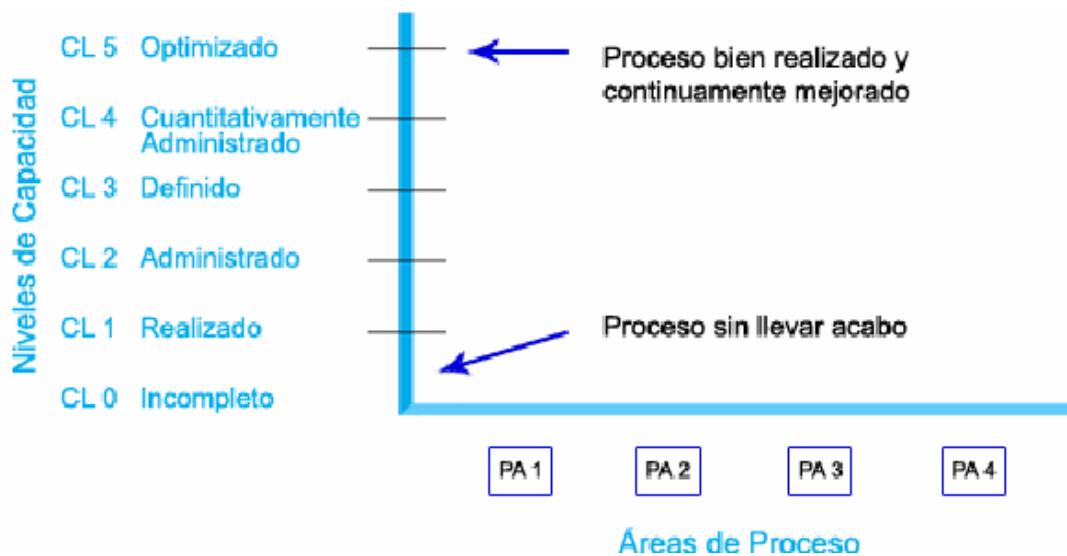


Fig. 3. 6. Niveles de capacidad de CMMI continuo.

Nivel 0: Incompleto

El proceso no se realiza, o no se consiguen sus objetivos. Una o más metas específicas del área de proceso no se cumplieron y no existen metas genéricas para este nivel, ya que no hay razón de institucionalizar un proceso que parcialmente se realizó.

Nivel 1: Realizado

Un proceso con nivel 1 de capacidad se caracteriza porque el proceso se llevó a cabo, consiguiendo transformar elementos de entrada identificados, en productos de salida. Este proceso cumple con las metas específicas del área de proceso.

Nivel 2: Administrado o Gestionado

Un proceso con nivel de capacidad 2 es un proceso que se ejecuta siempre de la misma manera, de una forma gestionada. Además de ejecutarse, el proceso se planifica, se revisa y se evalúa para comprobar que cumple los requisitos.

Nivel 3: Definido

En este nivel el proceso está definido en la organización y se ejecuta siempre. Además de ser un proceso gestionado se ajusta a la política de procesos que existe en la organización, alineada con las directivas de la empresa.

Nivel 4: Cuantitativamente Administrado o Gestionado

En el nivel 4, la ejecución del proceso tiene institucionalizado en la organización un sistema de medición objetivo y cuantificable de su capacidad. La calidad y el desempeño de los procesos son comprendidos en términos estadísticos y es administrado a lo largo de la vida del proceso.

Nivel 5: Optimizado

Un proceso en nivel 5 es el que se ejecuta siempre, está definido en la organización, se mide y está integrado en un plan, también institucionalizado, de mejora continua basada en las mediciones de los procesos. Además de ser un proceso cuantitativamente gestionado, de forma sistemática se revisa y modifica para adaptarlo a los objetivos del negocio.

3.4 INTERPRETACION DE CMMI

La calidad de un producto o de un sistema es en su mayor parte consecuencia de la calidad de los procesos empleados en su desarrollo y mantenimiento, por tanto CMMI sirve como guía a la hora de desarrollar procesos, ya que ayuda a establecer objetivos y prioridades de la mejora de procesos.

El modelo CMMI indica principalmente “qué” se tiene que hacer, pero no especifica el “cómo” ni el “con qué” hacerlo; el proceso de madurez y mejoramiento continuo de cada organización debe llevar a autocorregir en el transcurso del tiempo las fallas encontradas.

CMMI presenta dos representaciones del modelo: continua (capacidad de cada área de proceso) y por etapas (madurez organizacional). Una organización que adopte el CMMI debe decidir cual representación sería la adecuada, es decir por etapas o continua; para ello hay que tomar en cuenta el punto de vista de aplicación:

- Vista de evaluación: Búsqueda de lo mínimo exigido para satisfacer el modelo. Se debe usar CMMI por etapas.
- Vista de la mejora de procesos: Búsqueda de lo mejor para la organización y la mejor manera de mejorarla. Es recomendable usar CMMI continuo.

Aquellas organizaciones que escojan la representación por etapas, podrán:

- Proporcionar una secuencia contrastada de mejoras, que comienza con prácticas de gestión básica de proyectos e irán progresando por un camino predefinido y probado de sucesivos niveles que servirán de base para el siguiente nivel, teniendo como fin último la optimización de todos y cada uno de los procesos de la organización.
- Permitir un análisis comparativo dentro de la organización y entre diferentes organizaciones al tener como punto de referencia los mismos niveles de madurez.

Aquellas organizaciones que escojan la representación continua podrán:

- Seleccionar adecuadamente las mejoras que hay que realizar para conseguir los objetivos del negocio definidos por la organización. Además, permite localizar las áreas de riesgo y suavizar su impacto en el resto de la organización.
- Permitir un análisis comparativo dentro de la organización y entre diferentes organizaciones al tener como punto de referencia las diferentes áreas de proceso.
- Realizar comparaciones o migrar entre el CMMI y el modelo de evaluación de la capacidad de los procesos de software (ISO/IEC TR 15504) porque su organización de áreas de proceso es similar.

Para aquellas organizaciones que se decidan a implantar por primera vez este modelo, se podría utilizar la representación continua para la mejora de los procesos y utilizar la representación por etapas para la evaluación de los mismos.

La implantación de CMMI es un proceso largo y costoso que puede llevar varios años de esfuerzo. Aun así el beneficio obtenido para la empresa es mucho mayor que lo invertido.

Para profundizar más sobre las áreas de proceso del CMMI por etapas y continuo ver el Anexo 3.

3.5 USOS Y BENEFICIOS DEL ESTÁNDAR

3.5.1 USOS DE CMMI

CMMI fue diseñado pensando en 3 usos básicos:

- *Como guía de mejoramiento:* Se pueden usar los tradicionales niveles de madurez (representación por etapas) o solo enfocarse en algunas áreas del proceso (representación continua) para mejorar la calidad de los procesos dentro de la organización.

- *Como criterio para seleccionar proveedores:* Se usa para contratar a empresas nivel 3 en adelante.
- *Como Benchmarking:* Para comparar la organización con otras.

Además, CMMI puede usarse para:

- La mejora de procesos de software, ya que se logra la estandarización y optimización de procesos y recursos en las empresas.
- La aplicación de estándares internacionales de calidad en todo el ciclo de vida del software.
- Permite priorizar las oportunidades para mejorar, definir evaluaciones, estimar recursos, definir plazos, roles, factores críticos de éxito, habilidades, necesidades de capacitación, necesidades de asesoría, herramientas, entre otros.

3.5.2 BENEFICIOS DE CMMI

Los beneficios de utilizar CMMI en una organización son los siguientes:

- Enlazar las actividades de ingeniería y administración a los objetivos del negocio.
- Expandir el alcance y la visibilidad del ciclo de vida del producto y actividades de ingeniería para asegurar que el producto o servicio cumpla las especificaciones del cliente.
- Incorporar lecciones aprendidas de áreas adicionales de las mejores prácticas.
- Implementar prácticas de alta madurez robustas.
- Abordar funciones organizacionales adicionales, que son críticas para sus productos y servicios.
- Cumplir completamente con estándares ISO.

3.5.3 HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN

En paralelo con el desarrollo de CMMI, el SEI elaboró un método para la evaluación formal del modelo denominado SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement)⁶⁷. [27]

El método SCAMPI consta de tres fases, en cada una de las cuales se llevan a cabo un conjunto de procesos. Los resultados de una evaluación se obtienen mediante la aplicación de un conjunto de reglas de negocio aplicadas a cada componente del modelo (prácticas, objetivos, áreas de proceso y niveles de madurez). Estas reglas hacen que sea necesario utilizar herramientas, ya que el método de valoración deja de ser una simple encuesta para convertirse en una evaluación detallada y casi matemática.

SCAMPI permite:

- Comprender mejor el nivel de competencia en ingeniería de una organización, identificando los puntos fuertes y débiles de sus procesos actuales.
- Relacionar esos puntos fuertes y débiles con el modelo CMMI.
- Priorizar planes de mejora.
- Centrarse en las mejoras más importantes que haya que realizar según el nivel de madurez de la organización y de los recursos de que disponga.
- Obtener para la organización su clasificación en uno de los niveles del modelo.
- Identificar riesgos de desarrollo y adquisición relativos a las limitaciones de la organización.

Existen actualmente tres herramientas de evaluación para CMMI [33]:

- *CMM-Quest*: permite efectuar evaluaciones de acuerdo al modelo CMMI-SE/SW en su representación continua. La evaluación se limita a asignar valores a los objetivos, no permite evaluaciones a nivel de prácticas, por

⁶⁷ Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement en español Método de Evaluación Estándar de CMMI para la Mejora de Procesos.

debajo del nivel de los objetivos. No brinda soporte para el método SCAMPI.

- *IME Toolkit*: permite efectuar evaluaciones de acuerdo al modelo CMMI-SE/SW. Las evaluaciones consisten en asignar valores numéricos a las prácticas, en base a los cuales la herramienta genera puntajes para las áreas de proceso. No brinda soporte para el método SCAMPI. No posee guías de asistencia para la evaluación.
- *Appraisal Wizard*: soporta evaluaciones para gran parte de los modelos CMM y métodos de evaluación propuestos por el SEI a lo largo de la historia, entre ellos todos los CMMI y SCAMPI. Está pensada para cubrir todas las necesidades del método SCAMPI, requiriendo amplios conocimientos del mismo por parte del usuario. Requiere que el usuario ingrese todos los valores que se asignan en las distintas instancias de evaluación (prácticas, objetivos, áreas de proceso) y no cuenta con la capacidad de sugerir valores facilitando las tareas de ingreso de datos.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ESTANDARES ISO/IEC TR-15504 Y CMMI

4.1 CRITERIOS DE COMPARACIÓN

Los modelos y estándares para medir la calidad de procesos de software son numerosos, dando lugar a un panorama confuso para una empresa de software que tuviera que escoger un modelo para la evaluación y mejora de su proceso de desarrollo. Para la selección adecuada del modelo o estándar, es necesario realizar un análisis comparativo entre ellos, que en este caso será entre ISO/IEC 15504 y CMMI, de los cuales se va a determinar su ámbito de aplicabilidad, beneficios, dónde usarlos, cuándo usarlos, así como cuál resulta el más eficiente en la práctica según la necesidad de cada organización.

Para realizar el análisis comparativo entre ISO/IEC 15504 y CMMI es necesario contar con criterios de comparación, los cuales constan de parámetros que van a permitir establecer semejanzas y diferencias entre ellos, para de esa manera facilitar la selección del modelo o estándar que más se ajusta a las características de la organización.

Existen diferentes criterios de comparación entre ISO/IEC 15504 y CMMI [46, 16], uno de ellos es el que se presenta a continuación como resultado del análisis y estudio de cada uno de los modelos:

- Criterio de comparación según el alcance del modelo o estándar.
- Criterio de comparación según la arquitectura del modelo o estándar.
- Criterio de comparación según la funcionalidad del modelo o estándar.
- Criterio de comparación según las características de la organización.

4.1.1 CRITERIO DE COMPARACIÓN SEGÚN EL ALCANCE DEL MODELO O ESTÁNDAR

Este criterio de comparación permite determinar en el modelo o estándar el alcance que persigue cada uno de ellos mediante su implantación en la organización, es decir está relacionado con el ámbito de aplicación, los objetivos y enfoque del modelo o estándar.

4.1.2 CRITERIO DE COMPARACIÓN SEGÚN LA ARQUITECTURA DEL MODELO O ESTÁNDAR

Este criterio contiene parámetros que permiten comparar ISO/IEC 15504 y CMMI según la arquitectura que posee cada uno de ellos, es decir la comparación se realiza tomando en cuenta cada uno de los componentes por los cuales se encuentran constituidos como su estructura, procesos y escalas de mejoramiento.

4.1.3 CRITERIO DE COMPARACIÓN SEGÚN LA FUNCIONALIDAD DEL MODELO O ESTÁNDAR

Dentro de este tipo de criterio se encuentran parámetros relacionados con la funcionalidad que propicia el modelo o estándar, como las técnicas de análisis, tiempo de implantación, modelo del ciclo de vida, entre otros.

4.1.4 CRITERIO DE COMPARACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN

Este tipo de criterio permite establecer parámetros según las características de la organización donde se va a implantar el modelo o estándar, como el tamaño, cultura, estructura así como recursos con que cuenta la misma.

4.2 PARÁMETROS COMUNES PARA LA EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN

Para realizar la comparación entre ISO/IEC 15504 y CMMI se requiere establecer parámetros para la comparación, los cuales son seleccionados de

los distintos criterios de comparación mencionados anteriormente. En la tabla 4.1 se muestra los parámetros de los criterios de comparación a usarse en la comparación entre CMMI e ISO/IEC 15504.

Criterio	Parámetros
Alcance del modelo o estándar	Ambito de aplicación
	Objetivos del modelo o estándar
	Enfoque del modelo o estándar
Arquitectura	Tipo de Framework ⁶⁸
	Tipo de representación
	Estructura
	Método para la mejora de procesos
	Categoría de procesos
	Escala de medición del mejoramiento
Funcionalidad	Validación del modelo o estándar
	Técnicas de análisis
	Tiempo de implantación
	Modelo del ciclo de vida
Características de la organización	Tamaño de la organización
	Cultura organizacional
	Estructura de la organización
	Recursos para la implantación del modelo o estándar
	Personal requerido para la implantación del modelo o estándar.

Tabla 4. 1 Criterios de comparación entre ISO/IEC 15504 y CMMI.

De la lista de parámetros mencionados anteriormente, fue necesario seleccionar los parámetros más importantes que permitan la comparación entre el estándar ISO/IEC 15504 y el modelo CMMI, los cuales se detallan a continuación.

⁶⁸ Tipo de Framework, indica si el marco de trabajo es un modelo o estándar.[47]

4.2.1 TIPO DE FRAMEWORK

Este parámetro es usado para determinar si el marco de trabajo es un estándar⁶⁹ o un modelo⁷⁰ de calidad.

4.2.2 AMBITO DE APLICACIÓN

Este parámetro indica si el modelo o estándar es utilizado para la mejora del proceso o para determinar la capacidad del mismo.

4.2.3 OBJETIVOS

Para establecer si el uso del modelo o estándar en la organización es con fines de evaluación de los procesos o para la mejora de los mismos.

4.2.4 TIPOS DE REPRESENTACIÓN

Para conocer si el tipo de representación que maneja el modelo o estándar es continua o por etapas.

4.2.5 MÉTODO PARA LA MEJORA DE PROCESOS

Este parámetro permite determinar el método en que se basa el modelo o estándar para realizar la mejora en los procesos.

4.2.6 VALIDACIÓN

Para determinar los mecanismos de validación del modelo o estándar.

4.2.7 ESCALA DE MEDICIÓN DEL MEJORAMIENTO

Para determinar la manera como se mide el mejoramiento de los procesos dentro de la organización.

⁶⁹ Estándar de calidad es un conjunto de criterios que guía para que todos los procesos se realicen de la misma forma, para lograr productividad y calidad [47].

⁷⁰ Modelo de calidad integra las mejores prácticas para medir los avances en calidad de los procesos clave dentro de la organización [47].

4.2.8 TAMAÑO DE LA ORGANIZACIÓN

Con este parámetro se determinará si el estándar o modelo es aplicable a organizaciones grandes, medianas o pequeñas.

4.2.9 RECURSOS PARA LA IMPLANTACIÓN

Para establecer los recursos que necesita la organización para la implantación adecuada del modelo o estándar.

4.2.10 PERSONAL REQUERIDO PARA LA IMPLANTACIÓN

Permite conocer si para la implantación del modelo o estándar se requiere de personal que pertenece a la organización, o de personal externo, perteneciente a organizaciones especializadas en el tipo de evaluación.

4.2.11 TIEMPO DE IMPLANTACIÓN

Para determinar el tiempo que se requiere para la implantación del modelo o estándar en la organización, más específicamente en pasar de un nivel a otro en el camino de la mejora de procesos.

4.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES

Tomando en cuenta que el modelo CMMI fue diseñado en base a otros modelos, entre ellos ISO/IEC 15504, es obvio que existan similitudes y diferencias entre éstos; siendo la diferencia principal que ISO/IEC 15504 se basa en categorías de procesos, mientras que CMMI se basan en niveles de madurez y capacidad, teniendo inmerso implícitamente la categoría de procesos.

Por tal razón, el estudio comparativo se enfocara más en analizar las categorías de procesos y niveles de capacidad, para posteriormente formular un cuadro comparativo de los parámetros establecidos para la comparación.

4.3.1 COMPARACIÓN SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE PROCESOS

Si recordamos, en el modelo CMMI las áreas de procesos se agrupan en cuatro categorías generales: Administración de Proyectos, Ingeniería, Soporte y

Administración de Procesos. Este agrupamiento se da de manera más natural en la representación continua del modelo. Con el propósito de hacer la comparación, en la tabla 4.2 se listan las categorías de procesos del ISO/IEC 15504 y las categorías del CMMI.

CATEGORIA DE AREAS DE PROCESOS CMMI	CATEGORÍAS DE PROCESOS ISO/IEC 15504
Administración de Procesos	Organización
Administración de Proyectos	Administración
Ingeniería	Ingeniería
Soporte	Soporte
	Cliente-Proveedor

Tabla 4. 2. Categorías de procesos de CMMI continuo y ISO/IEC 15504 [21]

En la tabla anterior podemos hacer un mapeo de categorías, lo que aparentemente indica que existe compatibilidad entre CMMI e ISO/IEC 15504. Lo ideal sería comparar cada una de las categorías de procesos de CMMI con las del ISO/IEC 15504, pero como esto resultaría tan extenso, el estudio de comparación se centrará más en analizar los procesos de Ingeniería de cada uno de ellos.

En ISO/IEC 15504 la categoría de procesos de Ingeniería (ENG⁷¹) está formada por procesos que directamente especifican, implementan o mantienen el software, su relación con el sistema y su documentación. Mientras que en CMMI, la categoría de procesos de Ingeniería abarca las actividades de desarrollo y mantenimiento de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería de Software. Existe similitud en los procesos para esta categoría, entre los dos modelos, lo cual se puede apreciar más claramente en la tabla 4.3.

⁷¹ ENG Abreviatura de Engineering.

ISO/IEC 15504 Áreas de Procesos ENG	CMMI Continuo Áreas de Procesos de Ingeniería
ENG. 1 Desarrollar los requisitos y diseño del sistema.	Gestión de Requerimientos (REQM).
ENG. 2 Desarrollar los requisitos de software.	Desarrollo de Requerimientos (RD).
ENG. 3 Desarrollar el diseño.	Gestión de Cambios Tecnológicos (TCM).
ENG. 4 Implementar el diseño de software.	Solución Técnica (TS).
ENG. 5 Integrar y probar el software.	Integración de Productos (PI).
ENG. 6 Integrar y probar el sistema.	Verificación (VER).
ENG. 7 Mantener el sistema y el software.	Validación (VAL).

Tabla 4. 3 Áreas de Procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 y CMMI [38,7].

Para comparar cada una de las áreas de procesos de la categoría de Ingeniería tanto de CMMI como de ISO/IEC 15504, es necesario conocer que contempla cada una de las áreas de proceso.

Según ISO/IEC 15504, las áreas de proceso de Ingeniería consta de tareas, como se muestra en la tabla 4.4.

Áreas de Procesos ENG	Tareas
ENG. 1 Desarrollar los requisitos y diseño del sistema.	ENG 1.1 Especificar requerimientos del sistema.
	ENG 1.2 Describir arquitectura del sistema.
	ENG 1.3 Localizar requerimientos.
	ENG 1.4 Determinar estrategias de versión.
ENG. 2 Desarrollar los requisitos de software.	ENG 2.1 Determinar requerimientos de software.
	ENG 2.2 Analizar requerimientos de software.
	ENG 2.3 Determinar el impacto en el ambiente de operación.
	ENG 2.4 Evaluar requerimientos con el cliente.
	ENG 2.5 Actualizar requerimientos para próxima iteración.
ENG. 3 Desarrollar el diseño.	ENG 3.1 Desarrollar el diseño de la arquitectura del software.

	ENG 3.2 Diseñar las interfaces.
	ENG 3.3 Desarrollar el diseño detallado.
	ENG 3.4 Establecer seguimiento.
ENG. 4 Implementar el diseño de software.	ENG 4.1 Desarrollar unidades de software.
	ENG 4.2 Desarrollar procedimientos para verificación de las unidades.
	ENG 4.3 Verificar las unidades de software.
ENG. 5 Integrar y probar el software.	ENG 5.1 Determinar estrategias de pruebas de regresión.
	ENG 5.2 Construir agregados de unidades de software.
	ENG 5.3 Desarrollar pruebas para agregados.
	ENG 5.4 Probar agregados de software.
	ENG 5.5 Desarrollar pruebas para software.
	ENG 5.6 Probar integración del software.
ENG. 6 Integrar y probar el sistema.	ENG 6.1 Construir agregados de elementos del sistema.
	ENG 6.2 Desarrollar pruebas para agregados.
	ENG 6.3 Probar los agregados de sistema.
	ENG 6.4 Desarrollar pruebas para sistema.
	ENG 6.5 Probar integración del sistema.
ENG. 7 Mantener el sistema y el software.	ENG 7.1 Determinar requerimientos de mantenimiento.
	ENG 7.2 Analizar problemas de usuarios.
	ENG 7.3 Determinar modificaciones para próximas actualizaciones.
	ENG 7.4 Implementar y probar modificaciones.
	ENG 7.5 Actualizar sistemas de usuarios.

Tabla 4. 4 Tareas de los procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 [42].

Según CMMI, las áreas de procesos de Ingeniería contemplan objetivos específicos (SG)⁷² y prácticas específicas (SP)⁷³, como se muestra en la tabla 4.5.

⁷² SG Specific Goal

⁷³ SP Specific Practices

Area de Procesos de Ingeniería	Prácticas específicas
Gestión de Requerimientos (REQM)	<p><i>SG1. Requerimientos de Administración</i></p> <p>SP1.1 Obtener un entendimiento de requerimientos</p> <p>SP1.2 Obtener requerimientos finales</p> <p>SP1.3 Administrar cambios en requerimientos</p> <p>SP1.4 Mantener seguimiento de requerimientos</p> <p>SP1.5 Identificar inconsistencias entre trabajo de proyecto y requerimientos</p>
Desarrollo de Requerimientos (RD)	<p><i>SG1. Desarrollar requerimientos del cliente</i></p> <p>SP1.1 Identificar necesidades del cliente</p> <p>SP1.2 Desarrollar requerimientos del cliente</p>
	<p><i>SG2. Desarrollar requerimientos del producto</i></p> <p>SP2.1 Establecer productos y requerimientos de componentes de productos</p> <p>SP2.2 Ubicar requerimientos de productos y componentes</p> <p>SP2.3 Identificar requerimientos de interfaces</p>
	<p><i>SG3. Analizar y validar requerimientos</i></p> <p>SP3.1 Establecer conceptos y escenarios de operación</p> <p>SP3.2 Establecer una definición de los requerimientos funcionales</p> <p>SP3.3 Analizar requerimientos</p> <p>SP3.4 Analizar requerimientos a llevar a cabo</p> <p>SP3.5 Validar requerimientos con métodos comprensivos</p>
Gestión de Cambios Tecnológicos (TCM)	<p><i>SG 1. Administrar cambios en tecnología</i></p> <p>SP1.1 Gestionar cambios tecnológicos</p>
	<p><i>SG 1. Seleccionar soluciones de componentes del producto</i></p> <p>SP1.1 Desarrollar alternativas de soluciones y criterios de selección</p> <p>SP1.2 Desarrollar conceptos y escenarios de operación</p> <p>SP1.3 Seleccionar soluciones para componentes de productos</p>

Solución Técnica (TS)	<p><i>SG 2. Desarrollar y diseñar</i></p> <p>SP2.1 Diseñar el producto y componentes del producto</p> <p>SP2.2 Establecer un paquete técnico de datos</p> <p>SP2.3 Diseñar interfaces usando criterios</p> <p>SP2.4 Ejecutar análisis de creación, compra y reusabilidad</p>
Integración de Productos (PI)	<p><i>SG 3. Implementar el diseño del producto</i></p> <p>SP3.1 Implementar el diseño</p> <p>SP3.2 Documentar el soporte del producto</p>
Verificación (VER)	<p><i>SG 1. Preparar la integración de productos</i></p> <p>SP1.1 Determinar secuencia de integración</p> <p>SP1.2 Establecer el desarrollo de la integración de productos</p> <p>SP1.3 Establecer procedimientos y criterios de integración de productos</p> <p><i>SG 2. Asegurar compatibilidad de interfaces</i></p> <p>SP2.1 Revisión de interfaces para perfección</p> <p>SP2.2 Administrar interfaces</p> <p><i>SG 3. Ensamblar componentes del producto y entregar el producto</i></p> <p>SP3.1 Reunir componentes de productos y entrega de productos</p> <p>SP3.2 Confirmar facilidad de componentes de productos para integración</p> <p>SP3.3 Evaluar unión de componentes de productos</p> <p>SP3.4 Empaquetar y entregar componentes del producto</p>

	<p><i>SG 3. Verificar productos seleccionados</i></p> <p>SP3.1 Ejecutar verificación</p> <p>SP3.2 Analizar resultados de verificación e identificar acciones correctivas</p>
Validación (VAL)	<p><i>SG 1. Preparar la validación</i></p> <p>SP1.1 Seleccionar productos para validación</p> <p>SP1.2 Establecer el ambiente de validación</p> <p>SP1.3 Establecer procedimientos y criterios de validación</p>
	<p><i>SG 2. Validar productos y componentes del producto</i></p> <p>SP2.1 Ejecutar validación</p> <p>SP2.2 Analizar resultados de validación</p>

Tabla 4. 5 Prácticas de los procesos de Ingeniería de CMMI [41].

Una vez analizado las tareas de los procesos ENG de ISO/IEC 15504 y las prácticas de los procesos de Ingeniería de CMMI, se puede establecer un mapeo entre cada una de ellas, lo que indica la compatibilidad que existe entre los modelos.

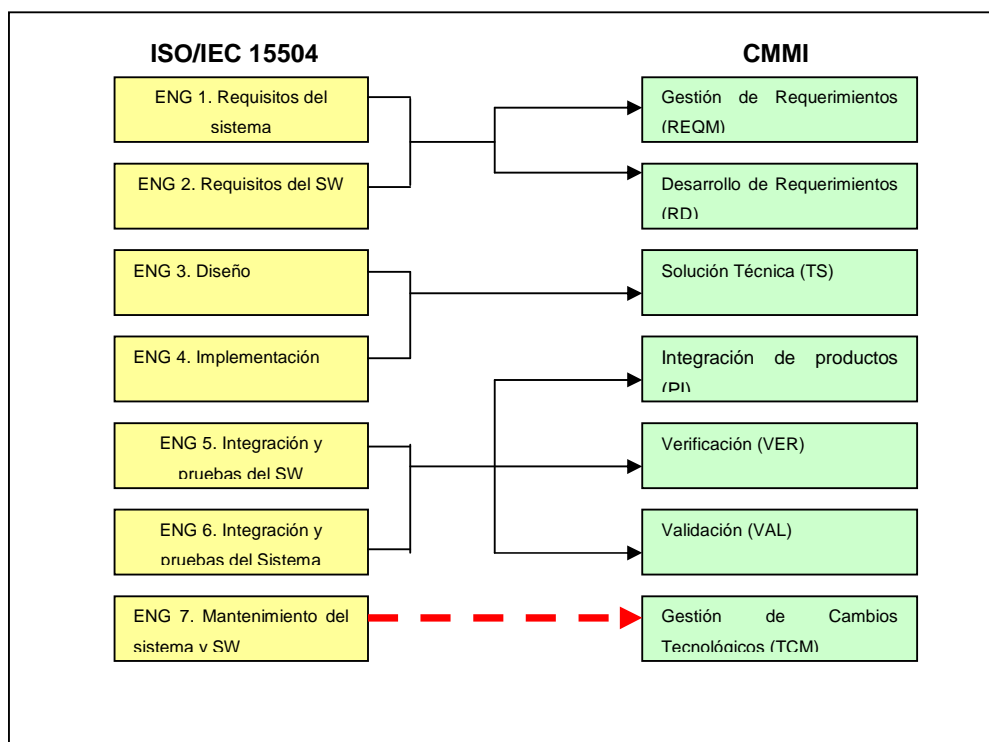


Fig. 4. 1 Mapeo de procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 y CMMI [20].

Como se puede apreciar en la figura 4.1, se puede establecer un mapeo de los procesos de Ingeniería de ISO/IEC 15504 a CMMI, a excepción del proceso ENG 7, relacionado con el Mantenimiento del Sistema y SW, que no está totalmente direccionado con el proceso de Gestión de Cambios Tecnológicos en CMMI.

Tal como sucede con los procesos de Ingeniería, al comparar el resto de áreas de procesos de ISO/IEC 15504 con las de CMMI, se encontrarían compatibilidad, existiendo también algunos procesos que no tienen correspondencia y otros procesos que están desglosados. [20]

4.3.2 COMPARACIÓN SEGÚN LA ESCALA DE MEDICIÓN DE LA MEJORA DE PROCESOS

Para medir la mejora de procesos, tanto CMMI como ISO/IEC 15504 usan los niveles de capacidad de los procesos, tal como se muestra en la figura 4.2.

Nivel	CMMI Continuo Capacidad	ISO 15504 Capacidad
5	Optimizado	Optimizado
4	Cuantitativamente Administrado	Predecible
3	Definido	Establecido
2	Administrado	Administrado
1	Desarrollado	Desarrollado
0	Incompleto	Incompleto

Fig. 4. 2 Niveles de CMMI e ISO/IEC 15504.

Como se puede apreciar a simple vista existen similitudes entre el modelo CMMI continuo con el estándar ISO/IEC 15504, ya que cuentan con el mismo número de niveles de capacidad. Partiendo de aquí, es necesario ver que se contempla en cada uno de los niveles de capacidad tanto de ISO/IEC15504 como de CMMI, para de esa manera establecer la relación que existe entre ellos.

Según ISO/IEC 15504, los niveles de capacidad cuentan con Atributos de Procesos (PA)⁷⁴ con sus respectivas MP⁷⁵, tal como se muestra en la tabla 4.6.

Nivel	Atributo	Práctica
1	PA 1.1. Rendimiento del proceso	<p>MP1.1.1 Identificar las entradas y salidas del proceso.</p> <p>MP1.1.2 Asegurar que el alcance de trabajo este definido para la ejecución de los procesos.</p> <p>MP1.1.3 Asegurar que existan prácticas reconocidas e implementadas.</p>
2	PA 2.1. Gestión del rendimiento	<p>MP2.1.1 Identificar los objetivos necesarios para la ejecución y evaluación del rendimiento de un proceso.</p> <p>MP2.1.2 Planificar la ejecución de los procesos y el rendimiento esperado.</p> <p>MP2.1.3 Planificar y asignar responsabilidades y autoridades en el proceso de desarrollo.</p> <p>MP2.1.4 Administrar la ejecución de las actividades por medio de un seguimiento continuo y una replanificación.</p>
	PA 2.2 Gestión de los productos	<p>MP2.2.1 Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales para el producto.</p> <p>MP2.2.2 Administrar la documentación, configuración y control de cambios sobre los procesos.</p> <p>MP2.2.3 Identificar y definir la dependencia entre los productos generados.</p> <p>MP2.2.4 Gestionar la calidad de los productos para asegurar que satisfagan los requerimientos.</p>
3	PA 3.1. Definición de procesos	<p>MP3.1.1 Identificar procesos comunes que soporten la ejecución del proceso gestionado, con documentación y guías de trabajo.</p> <p>MP3.1.2 Implementar o adaptar el proceso estándar para obtener un proceso definido acorde a las necesidades.</p> <p>MP3.1.3 Reunir información del proceso ejecutado para poder entender su funcionamiento.</p> <p>MP3.1.4 Establecer y refinar el entendimiento sobre el comportamiento del proceso.</p> <p>MP3.1.5 Refinar el proceso estándar en forma continua.</p>
	PA 3.2. Recursos de los procesos	<p>MP3.2.1 Identificar y documentar los roles, responsabilidades y competencias para implementar el proceso.</p> <p>MP3.2.2 Identificar y documentar los requerimientos de infraestructura para cada proceso.</p>

⁷⁴ PA: Process Attribute

⁷⁵ MP: Mejores Prácticas

		<p>MP3.2.3 Prever, destinar y utilizar los recursos definidos para la ejecución del proceso.</p> <p>MP3.2.4 Prever y utilizar la infraestructura adecuada.</p>
4	PA 4.1 Mediciones del proceso	<p>MP4.1.1 Identificar objetivos de los productos y procesos, para lograr el cumplimiento de los objetivos del negocio.</p> <p>MP4.1.2 Recolectar las mediciones específicas sobre las especificaciones de los procesos.</p> <p>MP4.1.3 Analizar las tendencias sobre los resultados de la ejecución de los procesos.</p> <p>MP4.1.4 Medir la capacidad del proceso y mantenerlos dentro de los límites definidos por la organización.</p>
	PA 4.2. Control y monitoreo del proceso	<p>MP4.2.1 Identificar técnicas de medición de acuerdo al proceso que permitan mejorar los productos.</p> <p>MP4.2.2 Recolectar mediciones e identificar los parámetros de control del proceso para realizar un análisis.</p> <p>MP4.2.3 Controlar la ejecución del proceso, para detectar y corregir desviaciones o proponer mejoras.</p>
5	PA 5.1. Adaptación al cambio	<p>MP5.1.1 Identificar cambios a las definiciones del proceso.</p> <p>MP5.1.2 Dimensionar el impacto del cambio.</p> <p>MP5.1.3 Definir una estrategia de implementación del cambio, teniendo en cuenta el impacto y desvío que puede darse.</p> <p>MP5.1.4 Implementar los cambios de acuerdo a la estrategia definida.</p> <p>MP5.1.5 Evaluar la efectividad del proceso de cambio.</p>
	PA 5.2 Mejora continua	<p>MP5.2.1 Definir los objetivos del proceso de mejora continua de acuerdo a los objetivos del negocio.</p> <p>MP5.2.2 Analizar el origen de problemas reales y potenciales actuales, identificando mejoras.</p> <p>MP5.2.3 Implementar una adecuada selección de áreas de mejoras dentro del proceso.</p> <p>MP5.2.4 Validar la efectividad del proceso de cambio basado en los resultados y objetivos del negocio.</p>

Tabla 4. 6 Atributos de Proceso y MP de los niveles de capacidad de ISO/IEC 15504 [45].

Según CMMI, los niveles de capacidad cuentan con objetivos genéricos (GG) y prácticas genéricas (GP) las que se muestran en la tabla 4.7.

Nivel	Objetivo Genérico	Práctica Genérica
1	No existe	No existe.
2	GG2. Institucionalizar los procesos de la organización	GP2.1 Establecer políticas de la organización. GP2.2 Planificar los recursos. GP2.3 Proveer recursos. GP2.4 Asignar responsabilidades. GP2.7 Entrenar a las personas. GP2.6 Administrar la configuración. GP2.7 Identificar los aspectos importantes. GP2.8 Monitorear y controlar los procesos. GP2.9 Evaluar objetivamente el cumplimiento. GP2.10 Revisar el estado del proyecto con los miembros de alta gerencia.
3	GG3. Institucionalizar los procesos definidos	GP2.1 Establecer políticas de la organización. GP2.2 Planificar los recursos. GP2.3 Proveer recursos. GP2.4 Asignar responsabilidades. GP2.7 Entrenar a las personas. GP2.6 Administrar la configuración. GP2.7 Identificar los aspectos importantes. GP2.8 Monitorear y controlar los procesos. GP2.9 Evaluar objetivamente el cumplimiento. GP2.10 Revisar el estado del proyecto con los miembros de alta gerencia.
4		
5		

Tabla 4. 7 Objetivos y prácticas genéricas de los niveles de capacidad de CMMI [26,18]

De lo anterior, se observa claramente la correspondencia que existe entre ISO/IEC 15504 y CMMI, por lo que se puede decir ambos persiguen objetivos semejantes a pesar de seguir procedimientos distintos, siendo éste el de medir la calidad de los procesos de software para promover su mejoramiento.

4.3.3 CUADRO COMPARATIVO ENTRE ISO/IEC 15504 Y CMMI

Actualmente no existen estudios comparativos entre los modelos analizados, por lo que el cuadro comparativo que se presenta en la tabla 4.8, es el resultado de la recopilación y análisis de la información sobre dichos modelos o estándares, donde se da a conocer los parámetros comunes de comparación establecidos anteriormente tanto para ISO/IEC 15504 y CMMI.

CRITERIO	MODELO CMMI	ESTANDAR ISO/IEC 15504
Tipo de Framework	Modelo de madurez y capacidad.	Estándar para la evaluación de procesos.
Ambito de Aplicación	Aplicable a áreas de la organización (Continuo). Aplicable a todos los procesos de la organización (Etapas).	Aplicable a toda la organización o a un área de la misma.
Objetivo	Determinar la capacidad y madurez de procesos, para mejora de procesos.	Valoración de procesos.
Tipo de Representación	Por etapas y Continua.	Continua.
Método para la mejora de procesos	IDEAL ⁷⁶ .	ISO-IEC 15504-4 ⁷⁷ .
Validación	Realización de encuestas y casos de estudio.	Ensayos y esfuerzo empírico.
Escala de medición del mejoramiento	Niveles de capacidad (CMMI Continuo). Niveles de madurez (CMMI por etapas).	Niveles de capacidad y áreas de proceso.
Tamaño de la organización	Empresas grandes (CMMI por etapas). Empresas pequeñas (CMMI Continuo).	Aplicable a cualquier tamaño de la organización.
Personal para la implantación	Interno y Externo.	Interno.
Recursos Financieros para la Implantación	Alto al inicio (CMMI por etapas). Bajo al inicio (CMMI continuo).	Alto.
Tiempo promedio de Implantación	Del nivel 1 al 2: 23 meses. Del nivel 2 al 3: 22 meses. Del nivel 3 al 4: 28 meses Del nivel 4 al 5: 17 meses	Relativo de acuerdo a los procesos que evalúa.

Tabla 4. 8. Comparativo entre CMMI e ISO/IEC 15504 [46].

⁷⁶ IDEAL Método IDEAL (Inicio, Diagnóstico, Establecimiento, Acción y Liberación - Aprendizaje) como guía del ciclo de vida de un proyecto de mejora de procesos con CMMI.

⁷⁷ ISO-IEC 15504-4 Componente del estándar relacionado con el Mejoramiento de Procesos de Software.

4.4 GUÍA PARA SELECCIONAR ESTÁNDARES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS PROCESOS DE SOFTWARE

4.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se pretende resolver se refiere a la elección del modelo o estándar más adecuado para medir la calidad de los procesos de software en una organización, para así obtener los resultados esperados evitando una mala administración de recursos, tiempos y costos.

Este problema se puede presentar en organizaciones de software⁷⁸ que tengan como finalidad lograr una certificación de calidad que les permita mejorar sus procesos organizacionales, aumentar su competitividad y acceder a nuevos mercados. Esto se desarrolla dentro de un contexto económico y empresarial que puede influir en la determinación del modelo o estándar apropiado.

Toda empresa forma parte de un mercado altamente competitivo y que exige altos niveles de calidad tanto en sus procesos como en sus productos. Para ello, se debe determinar cual es el modelo o estándar de calidad de procesos de software que conviene implantar según la situación que se presente. La elección se desarrolla en el área de Software y es llevada a cabo teniendo en cuenta los propósitos que se pretenden alcanzar, el tiempo que demandaría la implantación del modelo o estándar seleccionado; y los costos y recursos asociados a dicha implantación.

Es una gran oportunidad y un reto para la industria del software desarrollar las estrategias que le permitan un posicionamiento y un reconocimiento internacional con productos competitivos, lo que requerirá entre otras, de la elección e implantación del modelo o estándar de calidad de procesos de software indicado,

⁷⁸ Organización de software puede ser una empresa de software o un área de software de una empresa.

dejando de lado la informalidad que caracteriza a nuestra industria nacional del software.

Se puede decir que si se enfocan los esfuerzos en mejorar la calidad, a través del uso de un modelo o estándar seleccionado correctamente, se logrará una mayor productividad y menores costos. Si se consigue esto, la empresa logra una mejor posición competitiva, con lo cual comenzará a tener una mayor participación en el mercado. También, aumentará la demanda dirigida a la empresa, para lo cual la empresa deberá crecer. Como la empresa estará en una mejor posición, podrá dedicar más recursos al mejoramiento de la calidad, y así obtener una mejor posición competitiva. De esta forma, los clientes podrán comprar un software de precio adecuado y alta calidad. Para todo esto, se deberá seleccionar el modelo o estándar de calidad de procesos de software apropiado.

La incorrecta elección de un modelo o estándar de calidad de procesos de software puede traer algunas de las siguientes consecuencias:

- Mala administración de los procesos organizacionales.
- Aumento de tiempos y costos.
- Quejas por parte de los clientes.
- Continua implementación de acciones correctivas.

La gestión y el aseguramiento de la calidad en la producción de software se logran con la implantación de un modelo o estándar adecuado en la producción de software. Luego de efectuada la elección del modelo o estándar, se debe establecer un compromiso fuerte en todos los niveles de la organización y entre todas las partes involucradas en la producción de software, incluyendo los servicios y el mantenimiento después de la venta. Este modelo o estándar elegido requiere de una disciplina general, incentivos por los logros parciales alcanzados, esfuerzo y acciones institucionales con esta orientación.

El líder del proyecto junto con otros directivos de la organización de software son los responsables de llevar a cabo la toma de decisiones respecto de la elección del modelo o estándar acorde a los objetivos planteados que la organización pretenda alcanzar.

4.4.2 DETERMINACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Un método de elección puede ayudar a que las organizaciones de software tomen la decisión de implantar el modelo o estándar de calidad de procesos más conveniente, el cual les permitirá mejorar sus procesos de negocio, su posición en el mercado y obtener ganancias. El método brinda una guía importante que facilita a las organizaciones la posibilidad de mejorar, de acuerdo a sus objetivos estratégicos, a los mercados, a los objetivos de las mismas y a sus posibilidades. Dicho modelo o estándar evita que se produzcan costos financieros de repeticiones de trabajo, entre los cuales tenemos: costos de corrección de errores antes y después de instalar el software en producción, pérdidas de productividad debido a la falta de calidad del software y gastos innecesarios de mantenimiento y no lograr satisfacer al usuario. El método debe contribuir a la correcta elección del modelo o estándar que se ajuste a las necesidades y expectativas de la organización.

El modelo o estándar seleccionado permite que las organizaciones de software realicen sus tareas y funciones teniendo en cuenta la calidad. Cualquier organización que se dedica a la producción y comercialización de software debe considerar la calidad, hoy con más razón, donde existe un mercado en el cual el cliente es cada vez más exigente, no sólo en lo que se refiere al precio, sino sobre todo, en cuanto a los servicios y a la confiabilidad que brindan los productos de software. La calidad desempeña un rol determinante para la competitividad de la empresa; la calidad de un producto de software está determinada por la calidad del proceso que se utiliza para desarrollarlo y mantenerlo. Un proceso efectivo agrupa a personas, herramientas y métodos dentro de un contexto de actuación integrado.

El modelo o estándar que se seleccione debe:

- Permitir determinar dónde estamos, hacia dónde queremos ir y cómo podemos hacerlo.
- Describir las técnicas y procedimientos para evaluar y mejorar los procesos.
- Permitir adaptar el modelo o estándar de acuerdo a las características de la organización. Lo que no se indica es cómo hacerlo y qué puntos hay que adaptar.
- Tomar en cuenta que el esfuerzo de las evaluaciones no supere a las del desarrollo.
- Considerar que el personal posee un alto conocimiento y experiencia de ciertas prácticas propuestas por el modelo o estándar, como así también de conceptos generales.
- Considerar el empleo de herramientas especiales, lo que para el caso de las PYMES⁷⁹ el uso de éstas implica un alto costo en recursos.
- Aumentar la calidad del software.

La elección correcta del modelo o estándar de calidad de procesos de software puede ayudar a optimizar no solo el uso de los recursos de la empresa sino el proceso de desarrollo del software, para así obtener un software de calidad que cumpla de manera efectiva los requerimientos del usuario. El uso de un software de calidad ayuda a que la empresa no solo alcance la productividad esperada sino que esté en un proceso de mejoramiento continuo. Si se logra la satisfacción del cliente, habiendo seleccionado el modelo o estándar indicado, mejorará la posición competitiva, se aumentará la inserción en el mercado, y como consecuencia se elevarán las utilidades.

De la gran variedad de modelos y estándares de calidad de procesos, se seleccionó el modelo CMMI y el estándar ISO/IEC 15504 para formar parte de la guía, ya que han sido concebidos para evaluar y mejorar los procesos de las

⁷⁹ PYMES: Pequeñas y Medianas Empresas.

organizaciones, con el objetivo de que éstas desarrollen productos de calidad de manera consistente y predecible.

La mejora de procesos de software ayuda a reducir los costos y los riesgos en los proyectos de TI⁸⁰, y tanto el ISO/IEC 15504 como el CMMI ayudan a hacerlo con éxito utilizando buenas prácticas comprobadas.

De acuerdo a lo investigado, por el momento, no existe una guía que permita seleccionar el modelo o estándar más adecuado para la organización.

4.4.3 MÉTODO PARA LA ELECCIÓN DEL MODELO O ESTÁNDAR

El método que se utilice para la selección del modelo o estándar adecuado debe responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué modelo elegir?
- ¿Cuánto gastar?
- ¿En cuánto tiempo?
- ¿Cuál es el retorno de la inversión?

El método que se pretende dar a conocer debe contribuir a que las organizaciones de software puedan seleccionar el modelo o estándar de calidad según sus objetivos y particularidades. También la correcta elección, puede ayudar a optimizar no solo el uso de los recursos de la empresa sino el proceso de desarrollo de software, para obtener un software de calidad que cumpla de manera efectiva los requerimientos del usuario. El uso de un software de calidad ayuda a que la empresa no solo alcance la productividad esperada sino que esté en un proceso de mejoramiento continuo.

⁸⁰ TI: Tecnologías de la Información

El método propuesto para la elección del modelo o estándar de calidad de procesos de software que se indica en la figura 4.3, contempla las etapas de Evaluación, Planeamiento y Análisis.

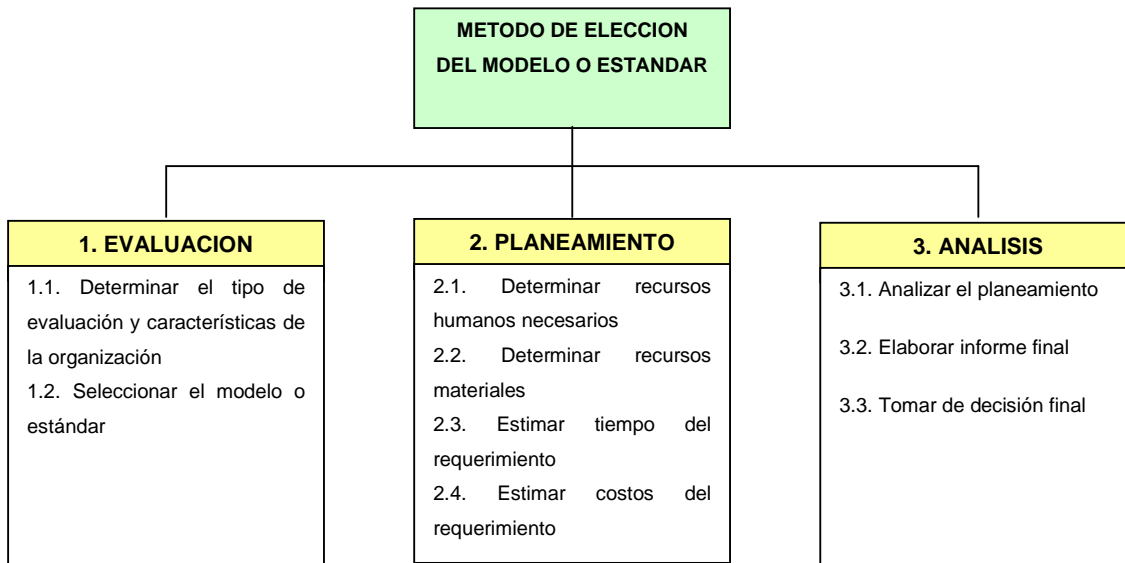


Fig. 4. 3. Etapas del Método para la Elección del Modelo o Estándar.

4.4.3.1 Etapa de Evaluación

El objetivo de esta etapa es seleccionar el modelo o estándar para evaluar la calidad de los procesos de software de la organización de acuerdo a las características de la misma y al tipo de evaluación a realizar.



Fig. 4. 4 Etapa de evaluación del método para elección del modelo/estándar.

Como se muestra en la figura 4.4, la etapa de evaluación del método de elección del modelo o estándar consta de los siguientes pasos:

Paso 1: Determinar el tipo de evaluación y características de la organización

Para la selección del modelo o estándar adecuado, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de evaluación: Para determinar si la evaluación va a ser de toda la organización o de una parte de la misma.
- Tamaño de la organización: Para saber si la organización es grande, mediana o pequeña.
- Ambito de aplicación: Está relacionado con el requerimiento que se quiere satisfacer con la evaluación.
- Experiencia en el mejoramiento: Aspecto relacionado a la experiencia de la organización en evaluación de la calidad de los procesos.
- Tipos de resultados: Para determinar si los resultados de la evaluación son a largo, mediano o corto plazo.
- Recursos para la implantación: Para conocer si la organización cuenta con recursos tanto económicos, humanos, técnicos entre otros, con los cuales se realizará la implantación del modelo o estándar.

Paso 2: Seleccionar el modelo o estándar

Una vez identificado los aspectos relacionados con la organización que quiere evaluar sus procesos, se procede a seleccionar el modelo o estándar que más se ajuste a la realidad de la organización; para ello es necesario considerar algunos criterios que permitan escoger entre uno u otro modelo dependiendo de las características del mismo.

Según lo estudiado, para seleccionar CMMI como el modelo para la evaluación de la calidad de los procesos de software, se debe tomar en cuenta las siguientes características:

- Cuando las empresas son de gran tamaño, ya que provee un camino de mejoramiento continuo. No es apto para empresas pequeñas, aunque

mediante la representación continua se las puede abarcar, pero no se garantiza el éxito.

- Si el fin es mejorar el desarrollo de software de tal manera que las organizaciones que lo desarrollan obtengan una certificación en un nivel determinado para así obtener competitividad internacional.
- CMMI es un modelo aplicable estrictamente a organizaciones de desarrollo de software.
- Cuando se quiere mejorar toda la organización con resultados a largo plazo o se quiere mejorar procesos de la misma con resultados a corto plazo.
- Si la organización dispone de suficientes recursos para realizar la evaluación, la implantación de CMMI para medir la calidad de procesos es conveniente.
- Cuando se requiere de un modelo que sea adaptable a cambios y modificaciones en el proceso de mejora.

Mientras que el estándar ISO/IEC 15504 se podría usar en los siguientes casos:

- Puede ser aplicado en diferentes tipos de industrias.
- Si la empresa es nueva y está iniciando desde cero, es conveniente el uso de la norma ISO/IEC 15504.
- Cuando la empresa es pequeña o mediana, ISO/IEC 15504 es adecuado para medir la calidad de procesos, ya que se la puede considerar como un grupo de áreas de procesos, resultando su aplicación ágil y flexible.
- Para mejorar un proceso lo más rápido posible.
- Cuando los costos de evaluación no deben superar los costos de desarrollo.
- A pesar de ser un estándar más probado que CMMI, a veces la implantación del ISO/IEC 15504 en la organización puede resultar costosa.

Lo mencionado anteriormente se puede resumir en la tabla 4.9, la cual servirá para seleccionar el modelo o estándar que más se ajuste a las necesidades de la organización.

Criterio	Detalle del criterio	Modelo a seleccionar
Tipo de evaluación	Evaluación completa de la organización.	CMMI
	Evaluación de un proceso o un grupo de procesos.	CMMI ISO/IEC 15504
Tamaño de la organización ⁸¹	Grande (Más de 100 personas).	CMMI
	Mediana (Entre 50 y 100 personas).	ISO/IEC 15504 CMMI
	Pequeña (Entre 10 y 50 personas).	ISO/IEC 15504
	Microempresa (Hasta 10 personas).	ISO/IEC 15504
Ambito de aplicación	Evaluar y mejorar la capacidad de un grupo de procesos de la organización.	CMMI ISO/IEC 15504
	Evaluar y mejorar la madurez de los procesos organizacionales.	CMMI
Experiencia en el mejoramiento	Ninguna experiencia.	CMMI ISO/IEC 15504
	Experiencia en mejoramiento continuo.	CMMI ISO/IEC 15504
	Experiencia en mejoramiento por etapas.	CMMI
Tipos de Resultados	Resultados a largo plazo.	CMMI
	Resultados a corto plazo.	CMMI ISO/IEC 15504
Recursos financieros de la organización.	Altos.	CMMI
	Moderados.	ISO/IEC 15504 CMMI
	Pocos.	ISO/IEC 15504

Tabla 4. 9. Tabla para la Elección del Modelo o Estándar según el criterio de aplicación.

Para la correcta elección del modelo o estándar para la evaluación de la calidad de los procesos de software de la organización, se debe tomar en cuenta la mayor parte de criterios mostrados en la tabla 4.9, para así estar seguros de que el modelo o estándar seleccionado es el que más se ajusta a las necesidades de la empresa.

⁸¹ Fuente: Cámara de Comercio de Quito

A continuación, en la figura 4.5 se ilustra de mejor manera los criterios que determinan la selección del modelo o estándar de acuerdo a las características de la organización.

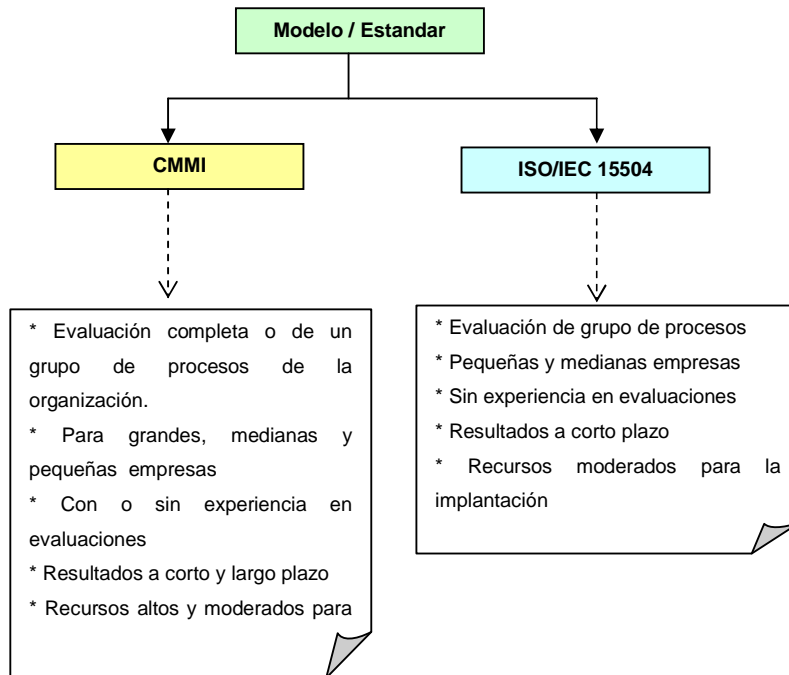


Fig. 4. 5. Criterios para la elección del modelo o estándar según características de la organización.

Como ayuda para la selección del modelo o estándar, se puede usar el formulario de la figura 4.6, en el cual se registra el criterio y los modelos seleccionados. Finalmente, tomando en cuenta las ocurrencias de cada modelo o estándar, se seleccionará el que tenga mayor número.

FORMULARIO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MODELO O ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS			
Organización:			
Fecha:			
Criterio	Detalle	Modelo	
		CMMI	ISO/IEC 15504
Tipo de Evaluación			
Tamaño de la organización			
Ambito de aplicación			
Experiencia en el mejoramiento			
Tipos de resultados			
Recursos de la organización para la implantación			
Total:			
 Modelo seleccionado:			
 Realizado por:			

Fig. 4. 6. Formulario de criterios de selección del modelo o estándar.

4.4.3.2 Etapa de Planeamiento

El objetivo de esta etapa es llevar a cabo un planeamiento respecto a la implantación del modelo o estándar seleccionado teniendo en cuenta:

- Recursos Humanos.
- Recursos Materiales.
- Tiempos.
- Costos.

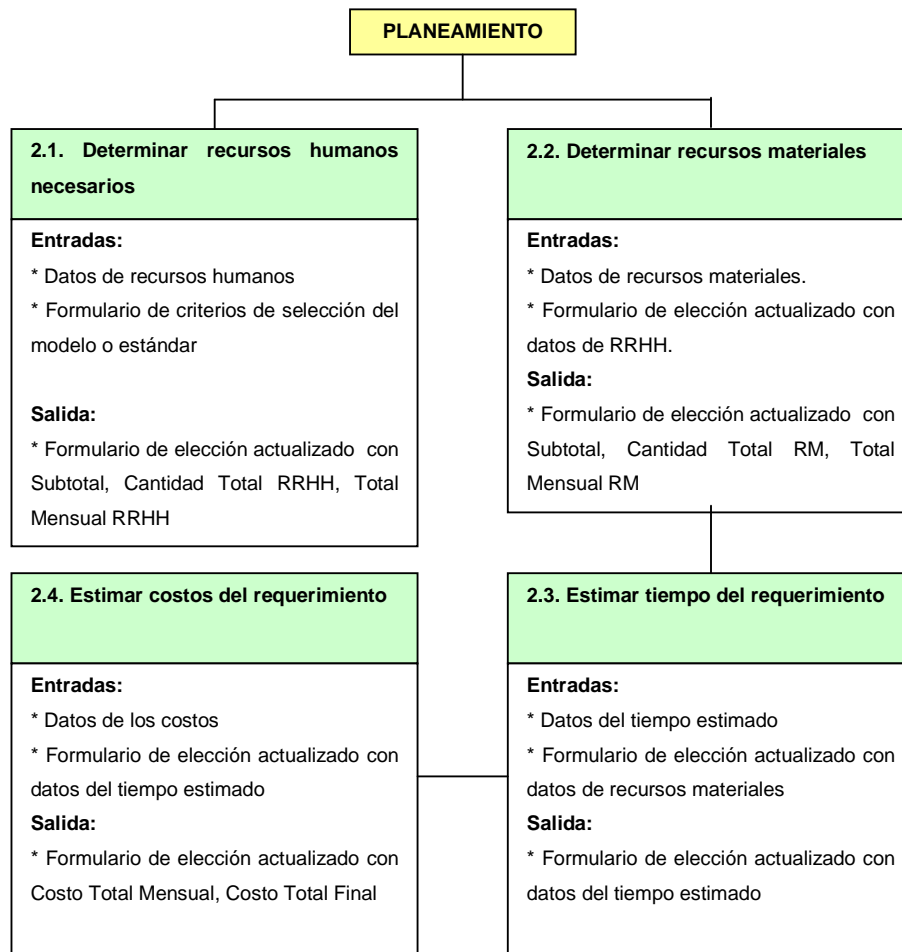


Fig. 4. 7 Etapa de Planeamiento del método para elección del modelo o estándar.

Como se aprecia en la figura 4.7, esta etapa consta de los siguientes pasos:

Paso 1 : Determinar recursos humanos necesarios

Considerando el personal existente y las tareas de cada uno de ellos, se debe determinar el equipo de personas necesarias para la futura implantación del modelo o estándar seleccionado.

Por cada persona se debe establecer:

- Rol a cumplir.
- Cantidad de personas para ese rol.
- Observaciones.
- Costo por persona.

Paso 2: Determinar recursos materiales necesarios

De acuerdo al modelo o estándar seleccionado, se debe determinar los recursos materiales necesarios para su implantación, registrando lo siguiente:

- Material necesario.
- Cantidad.
- Observaciones.
- Costo por material

Paso 3: Estimar el tiempo para la implantación

Tomando en cuenta las necesidades de la empresa se debe realizar una correcta estimación del tiempo que demandará la implantación del modelo o estándar seleccionado. Se debe establecer la fecha de inicio y de terminación del proyecto, para de esa manera estimar el tiempo requerido.

Paso 4: Estimar los costos de la implantación

Tomando en cuenta los recursos humanos, recursos materiales y tiempo estimado, se puede determinar los costos de implantación del modelo o estándar seleccionado.

Toda la información relacionada con recursos humanos, recursos materiales, costos y tiempos para la implantación del modelo o estándar se debe registrar en el formulario de la figura 4.8.

ELECCION DEL MODELO O ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
Modelo seleccionado:				Fecha:
<input type="checkbox"/> CMMI	<input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504			
Recursos Humanos (R.H.)				
<i>Rol</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Costo</i>	<i>Subtotal</i>
Cantidad de R.H.:		Total Mensual R.H.:		
Recursos Materiales (R.M.)				
<i>Material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Costo</i>	<i>Subtotal</i>
Cantidad total de R.M.		Total Mensual R.M.:		
Tiempos / Costos				
<i>Fecha desde</i>	<i>Fecha hasta</i>	<i>Total mensual R.H.</i>	<i>Total mensual R.M.</i>	<i>Otros Costos</i>
Tiempo estimado:		Costos Total Mensual		Costo Total Final:
Conclusiones				
Autorización				
Nro. Informe:	SI: NO:	Fecha:	Responsable:	Firma

Fig. 4. 8. Formulario de elección del modelo o estándar.

4.4.3.3 Etapa de Análisis

El objetivo en esta etapa es analizar el Planeamiento para obtener una conclusión del modelo o estándar seleccionado de acuerdo a las características de la organización.

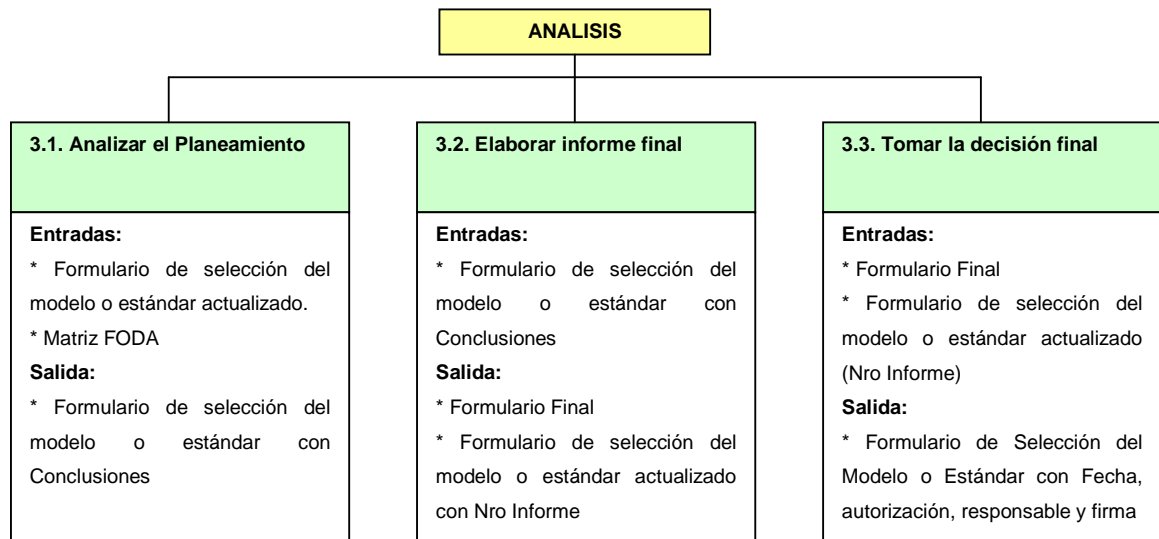


Fig. 4. 9 Etapa de Análisis del método para elección del modelo/estándar.

La etapa de análisis del método de selección del modelo o estándar que se muestra en la figura 4.9, consta de los siguientes pasos:

Paso 1: Analizar FODA de la implantación del modelo seleccionado

De acuerdo a la determinación de los recursos humanos y materiales necesarios, y a la estimación de tiempos y costos, se analiza la decisión tomada respecto de implantar el modelo o estándar seleccionado.

Para analizar detalladamente la decisión tomada, se debe desarrollar una matriz FODA⁸² que se indica en la figura. 4.10, la que surge del análisis de la futura implantación del modelo o estándar seleccionado. El análisis de la matriz FODA permitirá obtener conclusiones respecto de la decisión tomada.

	Fortalezas (F) F1 F2 ... Fn	Debilidades (D) D1 D2 ... Dn
Oportunidades (O) O1 O2 ... On	Estrategia para maximizar F y maximizar O	Estrategia para minimizar D y maximizar O
Amenazas (A) A1 A2 ... An	Estrategia para maximizar F y minimizar A	Estrategia para minimizar D y minimizar A

Fig. 4. 10 Modelo de matriz FODA.

⁸² FODA: Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas.

4.4.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA GUÍA DE SELECCIÓN

La demostración práctica del método de selección del modelo o estándar para evaluar la calidad de los procesos de software se realizará a través de dos ejemplos de aplicación:

- En una empresa de desarrollo de software.
- En el área de Sistemas de una empresa consultora.

4.4.4.1 EJEMPLO 1: Empresa de desarrollo de software

Una empresa dedicada al desarrollo de software piensa llevar a cabo por primera vez un proyecto relacionado con la obtención de una certificación para tener reconocimiento en el mercado nacional e internacional, con lo que garantizará a sus clientes la calidad en todos sus productos.

ETAPA 1: Evaluación

Paso 1.- Determinar el tipo de evaluación y características de la organización.

- *Tipo de evaluación:* Como se quiere obtener una certificación es necesario evaluar a toda la organización.
- *Tamaño de la organización:* Como la organización es una empresa dedicada al desarrollo de software, se la considerará como una organización grande.
- *Ambito de aplicación:* La organización en sí lo que busca es obtener calidad en todos sus productos, por lo que es necesario la evaluación y mejora de los procesos.
- *Experiencia en el mejoramiento:* La organización por primera vez va a realizar una evaluación de la calidad de los procesos.
- *Tipos de resultados:* Como el fin de la evaluación es obtener una certificación, es obvio que los resultados son a largo plazo.
- *Recursos para la implantación:* Los recursos con que cuenta la organización son moderados, ya que no se puede gastar en la evaluación más allá de lo involucrado en el desarrollo del software.

Paso 2.- Selección del modelo / estándar.

Tomando en cuenta las características de la organización y de la evaluación establecidas en el paso 1, y a través del uso de tabla 4.9, se procede a determinar que el modelo que más se ajusta a las necesidades de la organización es el CMMI. El proceso de selección se registra en el formulario correspondiente que se indica en la figura. 4.12.

FORMULARIO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MODELO O ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS			
Organización: EASOFT S.A			
Fecha: 01/Diciembre/2006			
Criterio	Detalle	Modelo	
		CMMI	ISO/IEC 15504
Tipo de Evaluación	Completa	X	
Tamaño de la organización	Grande	X	
Ambito de aplicación	Evaluar y mejorar los procesos organizacionales	X	X
Experiencia en el mejoramiento	Ninguna	X	X
Tipos de resultados	A largo plazo	X	
Recursos de la organización para la implantación	Recursos moderados	X	X
Total:		6	3
Modelo seleccionado: CMMI			
Realizado por: Mariela Torres Samaniego			

Fig. 4. 12. Formulario de criterios de selección del modelo/estándar del ejemplo 1.

ETAPA 2: Planeamiento

Paso 1.- Determinar recursos humanos necesarios.

Teniendo en cuenta el personal existente, se determinará que dos miembros del Area de Sistemas junto con un evaluador externo serán las personas encargadas de realizar la evaluación con el modelo CMMI. El costo total mensual de este equipo de trabajo (Total mensual R.H.) formado por tres personas (Cantidad Total R.H.) se estima en 1200 dólares. Esta información debe ser registrada en el formulario de elección del modelo, como se muestra en la figura 4.13.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
Modelo seleccionado: <input checked="" type="checkbox"/> CMMI <input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504				Fecha: 06/12/2006
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Externo	600	600
Asistente evaluación	2	Interno	300	600
Cantidad de R.H.: 3		Total Mensual R.H.: 1200		

Fig. 4. 13. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1.

Paso 2.- Determinar recursos materiales necesarios.

Para este proyecto de certificación no se necesitan recursos materiales adicionales; cada persona que intervendrá en el proyecto cuenta con una PC, la cual contiene todo el software necesario. En este paso los recursos materiales necesarios son nulos; ésta información debe ser registrada en el formulario correspondiente, como se indica en la figura 4.14.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
Modelo seleccionado: <input checked="" type="checkbox"/> CMMI <input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504				Fecha: 06/12/2006
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Externo	600	600
Asistente evaluación	2	Interno	300	600
Cantidad de R.H.: 3		Total Mensual R.H.: 1200		
Recursos Materiales (R.M.)				
Material	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Cantidad total de R.M.: 0		Total Mensual R.M.: 0		

Fig. 4. 14. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1.

Paso 3.- Estimar el tiempo necesario.

Tomando en cuenta que la certificación a obtener es CMMI nivel 2, el tiempo promedio estimado es de 18 meses, con lo que el proyecto arrancará el 02/01/2007. Toda esta información debe ser registrada en el formulario correspondiente, como se muestra en la figura 4.15.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
				Fecha: 06/12/2006
Modelo seleccionado:				
<input checked="" type="checkbox"/> CMMI Etapas <input type="checkbox"/> CMMI Continuo <input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504				
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Externo	600	600
Asistente evaluación	2	Interno	300	600
Cantidad de R.H.: 3		Total Mensual R.H.: 1200		
Recursos Materiales (R.M.)				
Material	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Cantidad total de R.M.		Total Mensual R.M.:		
Tiempos / Costos				
Fecha desde	Fecha hasta	Total mensual R.H.	Total mensual R.M.	Otros Costos
02/01/2007	31/06/2008			

Fig. 4. 15.Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1.

Paso 4.- Estimar los costos de la evaluación.

Teniendo en cuenta lo indicado en los pasos anteriores, se estima que se puede tener costos adicionales durante la evaluación, aproximadamente alrededor de \$100 por mes. Además se debe registrar los costos totales de la evaluación tomando en cuenta los recursos humanos, materiales, y tiempo estimado. Esta información debe ser registrada en el formulario correspondiente, tal como se indica en la figura 4.16.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
				Fecha: 06/12/2006
Modelo seleccionado:				
<input checked="" type="checkbox"/> CMMI		<input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504		
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Externo	600	600
Asistente evaluación	2	Interno	300	600
Cantidad de R.H.: 3		Total Mensual R.H.: 1200		
Recursos Materiales (R.M.)				
Material	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Cantidad total de R.M.		Total Mensual R.M.:		
Tiempos / Costos				
Fecha desde	Fecha hasta	Total mensual R.H.	Total mensual R.M.	Otros Costos
02/01/2007	31/06/2008	1200	0	100
Tiempo estimado: 18 meses		Costos Total Mensual: 1300		Costo Total Final: 23400

Fig. 4. 16. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1.

ETAPA 3: Análisis

Paso1.- Analizar el Planeamiento realizado

De acuerdo a la determinación de los recursos humanos y materiales necesarios, y a la estimación de tiempos y costos, se analiza la decisión tomada respecto de implantar el modelo de evaluación seleccionado.

Para analizar detalladamente la decisión tomada, se debe desarrollar una matriz FODA para el caso, la cual estará formada por Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que surgen del análisis de la futura implantación del modelo seleccionado. La matriz FODA del ejemplo se indica en la figura 4.17.

	Fortalezas (F) F1.- Reconocimiento internacional F2.- Mejora continua en los procesos organizacionales	Debilidades (D) D1.- Falta de experiencia en evaluaciones D2.- No contar con personal capacitado
Oportunidades (O) O1.- Las empresas con certificación CMMI son apreciadas en el mercado.	Aprovechar que el CMMI es reconocido internacionalmente para ingresar a nuevos mercados (F1,F2,O1)	Contratar una persona con experiencia en evaluaciones CMMI. (D1,D2,O1)
Amenazas (A) A1.- Falta de colaboración del resto de la organización. A2.- Falta de apoyo de los mandos gerenciales por los costos de la evaluación	Comunicar a la organización de la importancia de la certificación (F1,A1,A2)	Investigar evaluaciones similares en otras organizaciones (D1,D2,A1,A2)

Fig. 4. 17. Matriz FODA del ejemplo 1.

Tomando en cuenta el análisis FODA realizado para el caso, es necesario llenar el campo de Conclusiones en el formulario correspondiente, como se indica en la figura 4.18.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
				Fecha: 06/12/2006
Modelo seleccionado:				
<input checked="" type="checkbox"/> CMMI	<input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504			
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Externo	600	600
Asistente evaluación	2	Interno	300	600
Cantidad de R.H.: 3		Total Mensual R.H.: 1200		
Recursos Materiales (R.M.)				
Material	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Cantidad total de R.M.		Total Mensual R.M.:		
Tiempos / Costos				
Fecha desde	Fecha hasta	Total mensual R.H.	Total mensual R.M.	Otros Costos
02/01/2007	31/06/2008	1200		100
Tiempo estimado: 18 meses		Costos Total Mensual: 1300		Costo Total Final: 23400
Conclusiones				
El costo y tiempo para obtener la certificación es moderado, lo que se ve compensado por el reconocimiento que se va a ganar con los clientes tanto a nivel nacional e internacional, ya que se garantiza productos de calidad.				

Fig. 4. 18. Parte del formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1.

Paso 2.- Elaborar un informe respecto a lo planteado anteriormente

El informe del paso anterior se aprecia en la figura 4.19.

INFORME FINAL
De: Mariela Torres
Para: Juan Castro
Tema: Elección del modelo de evaluación de calidad de procesos
De acuerdo a lo analizado, se aprecia que el modelo CMMI es la alternativa más adecuada para conseguir una certificación para la organización.
Cualquier sugerencia y/o comentario el Area de Sistemas está dispuesta a recibirla.
Sin otro particular.
Mariela Torres

Fig. 4. 19. Informe Final del Ejemplo 1.

Paso 3.- Decisión final respecto a la implantación del modelo

El Area de Sistemas junto con la gerencia debe tomar la decisión final, una vez analizado el formulario de elección del modelo para la evaluación de la calidad de los procesos de software. Es necesario registrar todos los datos relacionados con la autorización del formulario como aprobación, fecha, responsable y firma

El formulario de elección completo se lo puede apreciar en la figura 4.20.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
Modelo seleccionado:				Fecha: 06/12/2006
<input checked="" type="checkbox"/> CMMI	<input type="checkbox"/> ISO/IEC 15504			
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Externo	600	600
Asistente evaluación	2	Interno	300	600
Cantidad de R.H.: 3		Total Mensual R.H.: 1200		
Recursos Materiales (R.M.)				
Material	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Cantidad total de R.M.		Total Mensual R.M.:		
Tiempos / Costos				
Fecha desde	Fecha hasta	Total mensual R.H.	Total mensual R.M.	Otros Costos
02/01/2007	31/06/2008	1200		100
Tiempo estimado: 18 meses		Costos Total Mensual: 1300		Costo Total Final: 23400
Conclusiones				
El costo y tiempo para obtener la certificación es moderado, lo que se ve compensado por el reconocimiento que se va a ganar con los clientes tanto a nivel nacional e internacional, ya que se garantiza productos de calidad.				
Autorización				
Nro. Informe: 001	SI: x NO:	Fecha: 15/12/2006	Responsable: Juan Castro Mariela Torres	Firma

Fig. 4. 20. Formulario de elección del modelo o estándar del ejemplo 1.

4.4.4.2 EJEMPLO 2: Area de Sistemas de una Empresa Consultora

El Area de Sistemas de una empresa dedicada a la consultoría piensa llevar a cabo un proyecto relacionado con el mejoramiento de sus procesos, con lo que garantizaría que la información fluya de manera adecuada dentro del área.

ETAPA 1: Evaluación

Paso 1.- Determinar el tipo de evaluación y características de la organización.

- *Tipo de evaluación:* La evaluación es en el Area de Sistemas de la organización, por lo que la evaluación a realizarse es en una parte de la organización.
- *Tamaño de la organización:* Como la organización es el área de Sistemas de una empresa consultora, se la considerará como una organización pequeña.
- *Ambito de aplicación:* La organización en sí lo que busca es mejorar la calidad en todos sus productos, por lo que es necesario la evaluación y mejora de los procesos.
- *Experiencia en el mejoramiento:* La organización por primera vez va ha realizar una evaluación de la calidad de los procesos.
- *Tipos de resultados:* Como el fin de la evaluación es mejorar una área de la empresa, es obvio que los resultados son a corto plazo.
- *Recursos para la implantación:* Los recursos con que cuenta el área de Sistemas son los proporcionados por la empresa.

Paso 2.- Selección del modelo o estándar.

Tomando en cuenta las características de la organización y de la evaluación establecidas en el paso 1, y a través del uso de tabla 4.9, se procede a determinar que el modelo que más se ajusta a las necesidades de la organización es el ISO/IEC 15504. El proceso de selección se registra en el formulario correspondiente, el que se indica en la figura 4.21.

FORMULARIO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MODELO O ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS			
Organización: CONSULPEC			
Fecha: 01/Diciembre/2006			
Criterio	Detalle	Modelo	
		CMMI	ISO/IEC 15504
Tipo de Evaluación	Grupo de Procesos	X	X
Tamaño de la organización	Pequeña		X
Ambito de aplicación	Evaluar y mejorar los procesos organizacionales	X	X
Experiencia en el mejoramiento	Ninguna	X	X
Tipos de resultados	A corto plazo	X	X
Recursos de la organización para la implantación	Pocos		X
Total:		4	6
Modelo seleccionado: ISO/IEC 15504			
Realizado por: Mariela Torres			

Fig. 4. 21. Formulario de selección del modelo/estándar del ejemplo 2.

ETAPA 2: Planeamiento

Paso 1.- Determinar recursos humanos necesarios.

El Area de Sistemas de la empresa cuenta con cuatro personas, de las cuales una tiene experiencia en evaluaciones ISO/IEC 15504. Por tal razón se determinará que dicha persona junto con un auxiliar de sistemas serán las personas encargadas de realizar la evaluación del área con el estándar seleccionado. El costo total mensual estimado de este equipo de trabajo (Total mensual R.H.) formado por dos personas (Cantidad Total R.H.) es de 800 dólares.

Paso 2.- Determinar recursos materiales necesarios.

Para este proyecto de mejora de procesos no se necesitan recursos materiales adicionales, ya que cada persona cuenta con una PC, la cual contiene todo el software necesario.

Paso 3.- Estimar el tiempo necesario.

La evaluación para la mejora del Area de Sistemas demandará aproximadamente 3 meses, con lo que el proyecto arrancará el 02/02/2007.

Paso 4.- Estimar los costos de la evaluación.

Teniendo en cuenta lo indicado en los pasos anteriores, se estima que se puede tener costos adicionales durante la evaluación, aproximadamente alrededor de \$50.

Toda la información resultante de los pasos anteriores debe ser registrada en el formulario correspondiente, como se indica en la figura 4.24.

ETAPA 3: Análisis

Paso 1.- Analizar el Planeamiento realizado

Para analizar detalladamente la decisión tomada, se puede desarrollar una matriz FODA que se muestra en la figura 4.22, la cual permitirá obtener conclusiones acerca de la implantación a realizarse. Esta información debe ser registrada en el formulario correspondiente.

	Fortalezas (F) F1.- Fácil implementación F2. Rápida capacitación respecto al cambio	Debilidades (D) D1.- No contar con recursos suficientes
Oportunidades (O) O1.- La empresa desea mejorar el flujo de la información	Aprovechar que el ISO/IEC 15504 es de rápida implementación para mejorar el flujo de información en la organización (F1,F2,O1)	Aprovechar los recursos de la empresa. (D,O1)
Amenazas (A) A1.- Falta de colaboración del resto de la organización. A2.- Falta de apoyo de los mandos gerenciales por los costos de la evaluación	Comunicar a la organización de la importancia del mejoramiento del Area de Sistemas (F1,A1,A2)	Tomar en cuenta evaluaciones anteriores en el Area de Sistemas (D1,A1,A2)

Fig. 4. 22. Matriz FODA del ejemplo 2.

Paso 2.- Elaborar un informe respecto a lo planteado anteriormente

El informe del paso anterior se indica en la figura 4.23.

INFORME FINAL
De: Mariela Torres
Para: Carlos Ochoa
Tema: Elección del modelo de evaluación de calidad de procesos
De acuerdo a lo analizado, se aprecia que el estándar ISO/IEC 15504 es la alternativa más adecuada para conseguir una mejora en la calidad de los procesos del Area de Sistemas.
Cualquier sugerencia y/o comentario el Area de Sistemas está dispuesta a recibirla.
Sin otro particular.
Mariela Torres

Fig. 4. 23. Informe Final del ejemplo 2.

Paso 3.- Decisión final respecto a la implantación del modelo

El Area de Sistemas junto con la gerencia debe tomar la decisión final de aprobación o negación de la implantación del estándar seleccionado tomando en cuenta la información presentada en el formulario de elección.

En la figura 4.24 se muestra el formulario de selección de acuerdo a los datos según lo planteado para el ejemplo de aplicación.

ELECCION DEL MODEO /ESTANDAR DE CALIDAD DE PROCESOS DE SOFTWARE				
				Fecha: 06/12/2006
Modelo seleccionado:				
<input type="checkbox"/> CMMI		<input checked="" type="checkbox"/> ISO/IEC 15504		
Recursos Humanos (R.H.)				
Rol	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Evaluador	1	Interno	600	600
Auxiliar Sistemas	1	Interno	200	200
Cantidad de R.H.: 2		Total Mensual R.H.: 800		
Recursos Materiales (R.M.)				
Material	Cantidad	Observaciones	Costo	Subtotal
Cantidad total de R.M.		Total Mensual R.M.:		
Tiempos / Costos				
Fecha desde	Fecha hasta	Total mensual R.H.	Total mensual R.M.	Otros Costos
02/02/2007	31/04/2008	800		50
Tiempo estimado: 3 meses		Costos Total Mensual: 850		Costo Total Final: 2550
Conclusiones				
El costo y tiempo para mejorar los procesos en el Area de Sistemas son razonables, lo que se ve compensado por lo que la información va a fluir de mejor manera en toda la empresa.				
Autorización				
Nro. Informe: 001	SI: x NO:	Fecha: 15/12/2006	Responsable: Carlos Ochoa Mariela Torres	Firma

Fig. 4. 24. Formulario de elección del modelo del ejemplo 2.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Toda empresa de desarrollo de software que tenga como finalidad alcanzar la calidad deberá implantar un modelo o estándar, el que tiene que ser seleccionado adecuadamente, de tal manera que se ajusta a los objetivos de la empresa, lo que trae como consecuencia un cambio en la manera de pensar y hacer las cosas.
- La calidad de un producto o de un sistema es en su mayor parte consecuencia de la calidad de los procesos empleados en su desarrollo y mantenimiento, de ahí la importancia de la evaluación del proceso, que incluye la determinación de las necesidades de la empresa, la medición de los procesos utilizados por la organización y el análisis de su posición actual; los resultados del análisis se utilizan para impulsar actividades destinadas a mejorar el proceso de desarrollo de software o para determinar la capacidad de la organización.
- ISO 15504 y CMMI son los referentes de las metodologías formales relacionadas con la calidad de los procesos de software, no sólo para el desarrollo, mantenimiento y operación de los sistemas de software, sino también para mejorar la capacidad de los propios procesos y la madurez de las organizaciones.
- El estándar ISO/IEC 15504 se lo puede considerar como uno de los estándares más complejos y objetivos, el cual brinda no solo un entorno de evaluación de un proceso, sino que gracias a su diseño basado en las mejores prácticas a ser implementadas progresivamente, se puede obtener un camino de mejoras sugeridas para incrementar el nivel del proceso en estudio, razones por la cual el ISO/IEC 15504 es una herramienta poderosa para todas aquellas organizaciones que deseen certificar su actual proceso de desarrollo de software para luego, si es factible, mejorarlo.

- El modelo CMMI permite a las organizaciones medir e incorporar mayores niveles de eficacia y madurez en sus procesos de desarrollo y mantenimiento de software, y está considerado como uno de los mayores referentes mundiales en cuanto a producción de software. CMMI establece prácticas estructuradas que ayudan a las organizaciones a adecuar su madurez y capacidades por áreas de procesos, establecer prioridades de mejoras y guiar la implementación de esas mejoras.
- CMMI cuenta con dos tipos de representaciones, continua y por etapas, donde la primera es más flexible ya que permite formar una estrategia de mejora que adapte a las metas genéricas de la respectiva organización y es la que es más compatible con el estándar ISO/IEC 15504.
- El modelo CMMI es más complejo que ISO/IEC 15504 y no es aplicable a empresas pequeñas aunque sea de mayor prestigio en la actualidad.
- La similitud existente entre los modelos motivo de estudio, se deriva a que CMMI tiene como base el estándar ISO/IEC 15504, haciendo que CMMI sea un estándar completo, ya que contempla evaluaciones continuas y escalonadas de la calidad de los procesos de software.
- La aplicación de ISO/IEC 15504 y CMMI en una empresa de desarrollo de software va a depender de las necesidades de evaluación y de las características de la organización, para que de esa manera la implantación del modelo consiga los resultados esperados.
- Para una correcta elección del modelo o estándar de calidad de procesos de software fue necesario plantear un método de selección, el cual permite una mejor evaluación de la futura implantación teniendo en cuenta recursos humanos, materiales, tiempos y costos. La aplicación de este método permite analizar la futura decisión a tomar y su posible implantación respecto del modelo o estándar seleccionado.
- La aplicación de la guía de selección entre ISO/IEC 15504 y CMMI no asegura que se brinde una solución infalible a las necesidades planteadas, ya que como todo proceso de cambio requiere no solo de aprenderlo y conocerlo, sino que se hace necesario que el mismo sea adoptado como un estilo de trabajo en toda la organización o área involucrada en el desarrollo de software.

5.2 RECOMENDACIONES

- De acuerdo a todo lo desarrollado, se puede decir que para elección e implantación de un modelo o estándar de calidad de procesos de software se recomienda lo siguiente:
 - ✓ Contar con un método de elección del modelo o estándar para la evaluación de la calidad, para que esto sea un proceso formal y documentado conocido por todos los miembros de la organización.
 - ✓ Capacitar al personal de la empresa respecto al modelo o estándar seleccionado.
 - ✓ Dar a conocer los objetivos de la empresa a todo el personal.
 - ✓ Armar grupos de trabajo eficaces y eficientes para cumplir con los objetivos propuestos.
 - ✓ Evaluar y controlar periódicamente los procesos de la empresa.
 - ✓ Establecer el mejoramiento continuo de los procesos de negocio de la empresa.
 - ✓ Mejorar la administración de los recursos humanos, materiales, tiempos y costos.
 - ✓ Mejorar la competitividad de la empresa.
- Iniciar un proceso de certificación implica que la organización será sujeta a cambios, dentro de los cuales los procesos deberán ser mejorados, sustituidos o eliminados. Para ello, cada empresa deberá asignar un equipo interno, que usualmente trabaje a tiempo completo en el proyecto, y que pueda interactuar con el consultor externo, especialista en la aplicación de los estándares o modelos.
- Luego de implantado el modelo o estándar de calidad de proceso de software seleccionado, la empresa deberá a través de controles y auditorías, efectuar un proceso de mejoramiento continuo que le permita mantener y mejorar sus niveles de calidad.
- Es necesario que el uso de modelos o estándares sea política de la empresa, de esta forma se asegura que los procedimientos y estándares se mantengan vigentes y no caigan en desuso.

- Como futura línea de trabajo se propone la construcción de herramientas de software que permitan facilitar la evaluación de la calidad de los procesos de software, en base a modelos y estándares reconocidos como son ISO/IEC 15504 y CMMI.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- [1] CARNEGIE MELLON UNIVERSITY, SEI; The Capability Maturity Model Integration (CMMI SM) v 1.1; Addison Wesley, USA, 2002.
- [2] JENNER, Michael; Software Quality Management and ISO 9000: How to make them work for you. John Wiley & Sons, 1995.
- [3] ISO, ISO 15504 TR: 1998 Software process assessment, ISO, 1998.
- JACKSON, Michael; "Software Requirements & Specifications", editorial Addison Wesley, USA 1998.
- [4] OSKARSSON, Östen & Glass, Rober L.; An ISO 9000 Approach To Building Quality Software. Prentice-Hall, Inc. New Jersey 1996.
- [5] PRESSMAN, Roger S.; Software Engineering: A PractitionerÆs Approach; Sexta edición; McGraw-Hill, México D. F. , 2004.

TESIS

- [6] FREIRE, Sylvana; Aplicación de CMM para el control de calidad en proyectos informáticos, 2001.
- [7] MEJIA, Sandra; Análisis del Modelo Integrado de Madurez de Capacidad (CMMI) y elaboración de una guía para su evaluación, 2006.
- [8] PACHECO Yessenia, QUISHPE Bety; Estudio y elaboración de un manual de SPICE para el control de calidad en los centros de desarrollo de software, 2001.

REVISTAS

- [9] DÍAZ OLAVARRIETA, Arnoldo; Un Estándar Internacional para la Evaluación del Proceso de Desarrollo de Software ISO/SPICE. Revista Soluciones Avanzadas N°31, Marzo 1996.
- [10] LOPEZ, Carmelo; Modelo de Madurez de la Capacidad del Software; Revista de Ingeniería Informática del CIIRM; 2004.

PAGINAS WEB

[11] AMESCUA, Antonio; SPICE: UN MARCO PARA LA EVALUACIÓN DE PROCESOS SOFTWARE,2005.

<http://www.ie.inf.uc3m.es/grupo/Investigacion/LineasInvestigacion/Articulos/spice.doc>

[12] ANONIMO; Gestión de software, 2006.

<http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/gestsoft/ppts/GS04.PPT>

[13] ANONIMO; SPICE: Introducción, 1998.

<http://hp.fciencias.unam.mx/~ho/SPICE/sem1SPIC.doc>.

[14] ANONIMO; Evaluación de Procesos,2004.

<http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/capitulo08.ppt>

[15]ADLER P.S.; Practice and Process: The Socialization of Software Development. MOR Working Paper Series 03-12. Univ. Southern California, 2002.

<http://www.si.umich.edu/ICOS/adlerpaper.pdf>

[16] BEDINI, Alejandro, Extracto del libro en formato digital “Calidad tradicional y de Software”, 2006.

<http://www.willydev.net/descargas/articulos/general/CalidadSoftware.pdf> -

[17] CMU/SEI; CMMI / SE / SW/ IPPD / SS v1.1 ,2002.

<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/02.reports/02tr011.html>

[18] CMU/SEI; Software Engineering Capability Maturity Model Integration, 2002.

<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/models.html>

[19] CONCHA, Nancy; Propuesta para implementar CMMI en una empresa con múltiples unidades desarrolladoras de SW, 2005.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/concha_hn/cap2.pdf

[20] DMO, CMMI EVALUATION -CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION MAPPING TO

ISO/IEC 15504-2:1998”; Terry Rout; Software Quality Institute, Griffith University;

<http://www.sqi.gu.edu.au/cmmi/report/docs/MappingReport.pdf>

[21] DOMINGUEZ, Yolanda; Reporte de Investigación, 2002.

<http://www.cimat.mx/~yolanda/cursos/semestre2/ingenieria/Proyecto/reporte.pdf>.

[22] FAESCH, Paula; Calidad en el proceso de desarrollo de software, 2004.

[http://weblogs.udp.cl/pfaesch/archivos/\(1607\)PPTLunes25.ppt](http://weblogs.udp.cl/pfaesch/archivos/(1607)PPTLunes25.ppt)

[23] GARCIA, Joaquin; CMM-CMMI, 2005.

- <http://www.synspace.com/ES/Assessments/spa.html>
- [24] GOMEZ, Manuel; SPICE (ISO/IEC 15504) Parte 7: Guía para la mejora de procesos, 2002.
<http://kybele.escet.urjc.es/documentos/GCSW/EjemploTrabajo-memoria.pdf>
- [25] GOMEZ, Alejandro; Marco para la evaluación de la madurez de las PYMES basado en CMMI continuo, 2006.
<http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/Trabajos/CMMI%20Continuo.pdf>
- [26] HERRERA, Patricia; marco de evaluación CMMI-SW (por etapas), 2005.
alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/Trabajos/CMMI%20por%20etapas%202.pdf
- [27] LOPEZ, Carmelo; Modelo de Madurez de la Capacidad del Software, 2005.
http://www.cii-murcia.es/informas/ene05/articulos/Modelo_de_Madurez_de_la_Capacidad_del_Software.html
- [28] MORA, Roberto; Calidad en el desarrollo de software: CMMI; 2003.
<http://www.dacs.dtic.mil/techs/abstracts/rico.html>
- [29] OKTABA, Hanna; Modelos de Procesos de Software, 2005.
<http://www.uv.mx/its/MoProSoft%20y%20su%20origen.pdf>
- [30] OKTABA, Hanna; SPICE: Introducción, 2005.
<http://hp.fciencias.unam.mx/~ho/SPICE/sem1SPIC.doc>
- [31] OPEN GROUP; Architecture Maturity Models, 2003.
<http://www.opengroup.org/architecture/togaf8-doc/arch/p4/maturity/mat.htm>
- [32] PALACIO, Juan; Gestión y modelos para la eficiencia en empresas de desarrollo de software, 2005.
<http://www.baquia.com/noticias.php?id=9651>
- [33] PERALTA, Mario; Asistente para la evaluación de CMMI SW, 2004.
<http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/tesisdemagister/peralta-tesisdemagister.pdf>
- [34] PIATTINI, Mario; MARCO DE TRABAJO ISO 12207, 2005.
http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/Trabajos/MARCO_ISO_12207.PDF
- [35] RICO D. F.; How to Estimate ROI for Inspections, PSP, TSP, SW-CMM, ISO 9000, and CMMI. DoD Software Tech News. Volume 5, number 4. Nov. 2002.
<http://www.softwaretechnews.com/stn5-4/inspections.html>
- [36] RIVERO, Carlos; Certificación de Procesos de desarrollo de Software, 2004.
<http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/tesisdemagister/rivero-tesisdemagister.pdf>

- [37] ROJAS, Daniel; Teorías de Calidad, 2004.
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/teocalidad.htm>
- [38] SEI; IDEAL: A User's Guide for Software Process Improvement, 2006.
<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/96.reports/96.hb.001.html> IDEAL
- [39] SEI; CMMI: Capability Maturity Model Integration, 2002.
<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/cmmi.html>
- [40] SEI; CMMI-SW: Capability Maturity Model Integration, 2002.
<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/models.html>
- [41] SEI; Capability Maturity Model Integration (CMMI), 2002.
<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>
- [42] SQI, Software Process Improvement and Capability dEtermination, 2006.
<http://www.sqi.gu.edu.au/spice//>
- [43] SYNCSPACE; Evaluaciones de los Procesos de Software, 2005.
<http://www.synspace.com/ES/Assessments/spa.html>
- [44] ULIBARRI, Juan; El Modelo de Madurez Integrado y sus diferentes disciplinas y representaciones, 2004.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/ulibbarri_p_jm/index.html
- [45] USM; SPICE, 2003.
<http://www.usm.edu.ec/abedini/spice/spice1.htm>
- [46] VILLAL, Manuel; Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo, 2004.
<http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/DelaVillaadis2004.doc>
- [47] WIKIPEDIA; BENCHMARKING, 2006.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Benchmarking>
- [48] WIKIPEDIA; CMMI, 2006.
<http://es.wikipedia.org/wiki/CMMI>

ANEXOS

ANEXO 1 : GLOSARIO DE TÉRMINOS

Area de proceso: Es un conjunto de prácticas relacionadas en un área que ejecutadas colectivamente satisface un conjunto de metas consideradas importantes para hacer mejoras significativas en esa área.

Calidad: Conjunto de propiedades y características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas.

Capacidad de un proceso de software: Describe el rango de resultados esperados que se pueden llevar a cabo siguiendo un proceso de software. Es una manera de predecir el resultado más probable del proyecto que se quiera emprender.

CMM (Capability Maturity Model): Es un modelo de calidad del software que clasifica las empresas en niveles de madurez.

CMMI (Capability Maturity Model Integration). Es un modelo creado en el Software Engineering Institute (SEI) de la Carnegie Mellon University (CMU) para la mejora o evaluación de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software.

Equipo de software: Personal involucrado directamente en un proyecto de software que esta dentro del ámbito del gestor de proyecto.

Estándar de calidad: Es un conjunto de criterios que guía para que todos los procesos se realicen de la misma forma, para lograr productividad y calidad.

Frameworks: Son los MT denominados “pilares” en los cuales se basa el modelo propuesto.

IP-CMM (Integrated product capability maturity model): Modelo de Madurez para el desarrollo Integrado de Software y de Hardware.

ISO (International Organization for Standards): La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) es una organización internacional no gubernamental, compuesta por representantes de los organismos de normalización (ONs) nacionales, que produce normas internacionales industriales y comerciales. Dichas normas se conocen como normas ISO.

IEC (International Electrotechnical Commission): La Comisión Electrotécnica Internacional es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.

ISO/IEC 15504: El estándar ISO/IEC 15504 proporciona un marco para todos los aspectos de una evaluación de proceso que se puede utilizar para evaluar la capacidad de los procesos de su organización. El marco precisa los requerimientos para la realización de una evaluación conforme a la ISO/IEC 15504.

ISO 9000: Conjunto de estándares internacionales para sistemas de calidad.

Madurez: Implica la potencialidad de poder crecer e indica tanto la riqueza de un proceso de software de una organización.

Madurez de un proceso de software: Se refiere a un proceso específico que está explícitamente definido, administrado, medido, controlado, y es efectivo.

Marco de Trabajo (MT): Corresponde a estructuras escritas de una idea y/o conjunto de metas para facilitar a una organización la aplicación de las mismas.

Modelo de calidad: Integra las mejores prácticas para medir los avances en calidad de los procesos clave dentro de la organización.

P-CMM (People Capability Maturity Model): Modelo de Madurez para el desarrollo de las personas.

PSP (Personal Software Process): Certifica a un individuo o desarrollador en el nivel de madurez de su proceso de desarrollo.

Proceso de Software: Es un conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones que el personal usa para desarrollar y mantener el software, y los productos asociados.

SA-CMM (Software Acquisition Capability Maturity Model): Modelo de Madurez para las Compras y la Gestión de Proveedores.

SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement): Método de evaluación del modelo CMMI para la mejora de procesos.

SE-CMM (Systems Engineering Capability Maturity Model): Modelo de Madurez para la Ingeniería de Sistemas.

SEI (Software Engineering Institute): El SEI es un centro de investigación y desarrollo patrocinado por el Departamento de los Estados Unidos de América y gestionado por la Universidad Carnegie Mellon.

Software: Es un conjunto de programas, documentos, procedimientos, y rutinas asociados con la operación de un sistema de computo.

SPiCE (Software Process Improvement Capability dEtermination): Es el nombre de un proyecto que desarrolló el estándar internacional ISO/IEC 15504 para la evaluación de procesos de software.

TSP (Team Software Process): Permite calificar el proceso de desarrollo que se lleva a cabo en los equipos de trabajo o desarrolladores.

ANEXO 2 : COMO USAR ISO/IEC 15504 PARA EVALUAR UN PROCESO DE SOFTWARE

Para realizar la evaluación de un proceso de software mediante el estándar ISO/IEC 15504, se podría seguir los siguientes pasos [11]:

- Determinación del propósito: Para saber que es lo que se quiere conseguir mediante la evaluación del proceso; sólo para saber en que nivel está el proceso o para mejorarlo.
- Selección del modelo: Para este caso el modelo a usarse es el ISO/IEC 15504.
- Definición del patrón o perfil objetivo: Donde se define que procesos de la organización van a ser evaluados, y cuales de ellos van a ser mejorados, determinando así la capacidad para cada uno de ellos.

Ejemplo de perfil objetivo

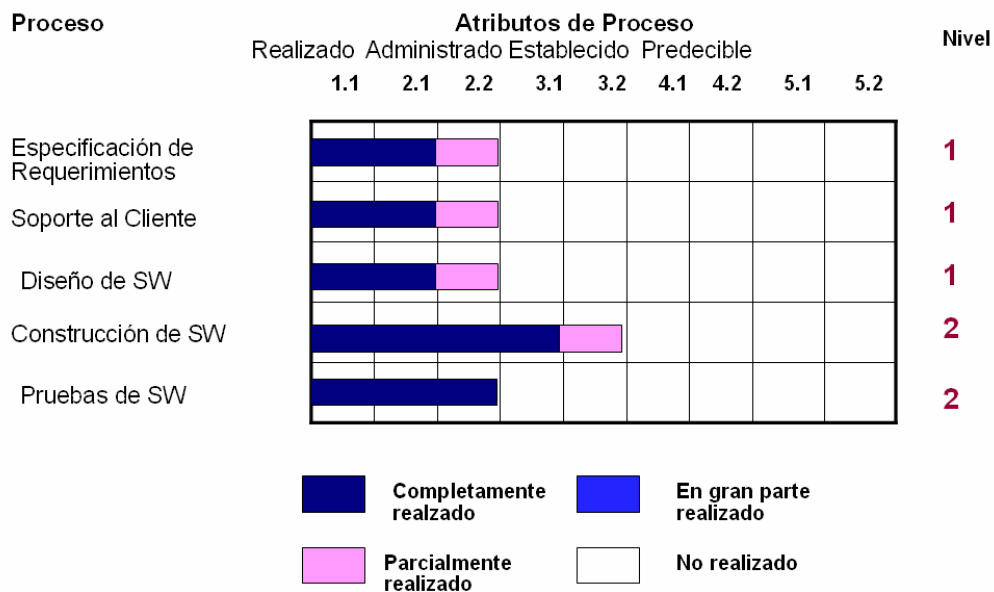
Proceso	Atributos de Proceso										Nivel
	Realizado	Administrado		Establecido		Predecible					
	1.1	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2		
Especificación de Requerimientos	■	■	■								2
Soporte al cliente	■	■	■								2
Diseño de SW	■	■	■	■	■						3
Construcción de SW	■	■	■	■	■						3
Pruebas de SW	■	■	■	■	■						3

■	Completamente realizado	■	En gran parte realizado
■	Parcialmente realizado	□	No realizado

- **Conducción de la evaluación:** Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:
 - Definición del contexto.
 - Unidad organizativa.
 - Dominio de productos y servicios.
 - Proyectos a evaluar.
 - Recogida estructurada de datos.
 - Puntuación.
 - Análisis.

Con lo que se tiene la evaluación realizada, tal como se muestra a continuación:

Ejemplo de perfil resultante



Es necesario aclarar que para cada uno de los procesos es necesario valorar los atributos de proceso, para así determinar el nivel en que se encuentran, tal como se muestra a continuación:

Atributo	Práctica	Nivel a ingresarse en el sistema
PA 1.1	MP 1.1.1	100
	MP 1.1.2	90
	MP 1.1.3	100
PA 2.1	MP 2.1.1	10
	MP 2.1.2	45
	MP 2.1.3	100
	MP 2.1.4	100
PA 2.2	MP 2.2.1	50
	MP 2.2.2	10
	MP 2.2.3	10
	MP 2.2.4	100
Atributo	Práctica	Nivel a ingresarse en el sistema
PA 3.1	MP 3.1.1	0
	MP 3.1.2	0
	MP 3.1.3	0
	MP 3.1.4	0
	MP 3.1.5	0
PA 3.2	MP 3.2.1	0
	MP 3.2.2	0
	MP 3.2.3	0
	MP 3.2.4	0
PA 4.1	MP 4.1.1	10
	MP 4.1.2	10
	MP 4.1.3	10
	MP 4.1.4	0
PA 4.2	MP 4.2.1	0
	MP 4.2.2	0
	MP 4.2.3	0
PA 5.1	MP 5.1.1	0
	MP 5.1.2	0
	MP 5.1.3	0
	MP 5.1.4	0
	MP 5.1.5	0
PA 5.2	MP 5.2.1	0
	MP 5.2.2	0
	MP 5.2.3	0
	MP 5.2.4	0

ANEXO 3 : AREAS DE PROCESOS PARA CMMI POR ETAPAS [25].

Se disponemos de dos esquemas de evaluación distintos:

- Esquema inicial, que es una representación simplificada del total propuesto por CMMI.
- Esquema global, que es una representación total del propuesto por el modelo CMMI.

Para realizar la evaluación de acuerdo al esquema inicial, la empresa deberá realizar los cuestionarios correspondientes a la siguiente selección de prácticas:

Nivel 2: Administrado

PA1: Gestión de requisitos

SG1: Gestionar Requisitos

SP1.1: Obtener un Entendimiento de los Requisitos.

SP1.2: Obtener un compromiso con los requisitos.

SP1.3: Gestionar los cambios de requisitos.

SP1.4: Mantener seguimiento de requerimientos.

SP1.5: Identificar inconsistencias entre el trabajo del proyecto y los requisitos.

PA2: Planificación del Proyecto.

SG1: Establecer Estimaciones.

SP1.1: Estimar el alcance del proyecto.

SP1.2: Establecer estimaciones del producto de trabajo y los atributos de tarea.

SP1.3: Definir el ciclo de vida del proyecto.

SP1.3: Determinar estimados de esfuerzo y costo.

SG2: Desarrollar un plan de proyecto.

SP2.1: Establecer el presupuesto y el calendario.

SP2.2: Identificar y analizar los riesgos del proyecto.

SP2.3: Planear la Gestión de la información.

SP2.4: Planear los recursos del proyecto.

SP2.5: Planificar necesidades de conocimiento y destreza.

SP2.6: Planificar la puesta en marcha.

SP2.7: Establecer el plan del proyecto.

SG3 Obtener responsabilidad hacia el plan.

SP 3.1 Revisión de Planes que afectan al proyecto.

SP 3.1 Ajustar recursos al trabajo.

SP 3.3 Obtener un Plan de Responsabilidades.

PA3 Seguimiento y Control del Proyecto.

SG1 Seguimiento del Proyecto respecto el Plan.

SP 1.1 Parámetros de Planificación del seguimiento del proyecto.

SP 1.2 Seguimiento de las responsabilidades.

SP 1.3 Seguimiento de los riesgos del proyecto.

SP 1.4 Seguimiento de la gestión de la información.

SP 1.5 Monitorear la puesta en marcha.

SP 1.6 Conducir las revisiones en progreso.

SP 1.7 Conducir las revisiones finales.

SG2 Gestión de las acciones correctivas a tomar.

SP 2.1 Analizar las Tareas.

SP 2.2 Tomar acciones correctivas.

SP 2.3 Gestión de las acciones correctivas.

PA 4 Gestión de acuerdo con los proveedores.

SG1 Establecer acuerdo con el proveedor.

SP 1.1 Determinar el tipo de adquisición.

SP 1.2 Seleccionar los suministradores.

SP 1.3 Establecer un acuerdo con el proveedor.

SG2 Satisfacer acuerdos con el proveedor.

SP 2.1 Revisión de productos.

SP 2.2 Ejecutar acuerdos del proveedor.

SP 2.3 Aceptar los productos adquiridos.

SP 2.4 Transición de productos.

PA 5 Medida y Análisis.

SG1 Alinear mediciones y actividades de análisis.

SP 1.1 Establecer objetivos de medición.

SP1.2 Especificar medidas.

SP1.3 Especificar almacenes de datos y procedimientos almacenados.

SP1.4 Especificar procedimientos de análisis.

SG2 Proporcionar resultados de medición.

SP2.1 Recoger mediciones de los datos.

SP2.2 Analizar mediciones de datos.

SP2.3 Almacenamiento de datos y resultados.

SP2.4 Comunicar resultados.

PA6 Aseguramiento de la calidad de producto y proceso

SG1 Evaluar objetivamente los procesos y productos de trabajo.

SP1.1 Evaluar objetivamente los procesos.

SP1.2 Evaluar objetivamente los productos de trabajo y servicios.

SG2 Proveer objetivos de penetración.

SP2.1 Comunicación de objetivos.

SP2.2 Establecer registros.

PA7: Gestión de la Configuración

SG1: Establecer línea base.

SP1: Identificación de elementos de configuración.

SP1.2: Establecer un sistema de gestión de la configuración.

SP1.3: Crear o poner en marcha las líneas base.

SG2: Supervisar y Controlar Cambios.

SP2.1: Peticiones de supervisión de cambios.

SP2.2: Control de los elementos de configuración.

SG3: Establecer integridad.

SP3.1: Establecer registros de la administración de la configuración.

SP3.2: Desarrollar auditorias de la configuración.

Nivel 3: Definido

PA1 Desarrollo de requisitos

SG1: Desarrollar los requisitos del cliente.

SP1.1 Extraer las necesidades.

SP1.2 Desarrollar los requisitos del producto.

SG2: Desarrollar los requisitos del producto.

SP 2.1 Establecer los productos y requisitos del componente del producto.

SP 2.2 Asignar los requisitos de los componentes del producto.

SP 2.3 Identificar los requisitos de interfaz.

SG3: Analizar y validar los requisitos.

SP 3.1 Establecer conceptos y escenarios operacionales.

SP 3.2 Establecer una definición de la funcionalidad requerida.

SP 3.3 Analizar los requisitos.

SP 3.4 Analizar los requisitos a llevar a cabo el balance.

SP 3.5 Validar requisitos.

PA2 Solución técnica

SG1: Seleccionar las soluciones de los componentes del producto.

SP1.1 Desarrollar soluciones alternativas detalladas y criterios de Selección.

SP1.2 Despliegue los conceptos operacionales y situaciones.

SP1.3 Seleccionar las soluciones componentes del producto.

SG2: Desarrolle el diseño.

SP 2.1 Diseñar el producto o componente del producto.

SP 2.2 Establezca un completo paquete de datos técnicos.

SP 2.3 Diseñar interfaces usando el criterio.

SP 2.4 Ejecutar el diseño.

SG3: Implementar el diseño del producto.

SP 3.1 Implementar el diseño.

SP 3.2 Desarrolle la documentación de apoyo del producto.

PA3 Integración del Producto

SG1: Preparar la integración del producto.

SP1.1 Determinar la secuencia de integración.

SP1.2 Establecer el entorno de integración del producto.

SP1.3 Establecer los procedimientos y criterios de la integración del producto.

SG2: Asegurar la compatibilidad de la interfaz.

SP 2.1 Revisar las descripciones de la interfaz para la integridad.

SP 2.2 Gestionar las interfaces.

SG3: Agrupar a los componentes del producto y las entregas del producto.

SP 3.1 Confirmar la disponibilidad de los componentes del producto para la integración.

SP 3.2 Agrupar a los componentes del producto.

SP 3.3 Evaluar la agrupación de los componentes de los productos.

SP 3.4 Empaquetar y entregar el producto o componente del producto.

PA4 Verificación

SG1 Preparar para la verificación.

SP 1.1 Seleccionar los productos para la verificación.

SP1.2 Establecer el entorno de verificación.

SP 1.3. Establecer criterios y procedimientos de verificación.

SG2 Realizar las revisiones.

SP2.1 Preparar para revisiones.

SP 2.2 Dirigir las revisiones.

SP 2.3 Analizar revisiones de datos.

SG3 Verificar los productos seleccionados.

SP3.1 Realizar la verificación.

SP3.2 Analizar los resultados de la verificación e identificar la acción correctiva.

PA5 Validación

SG1: Preparar para la validación.

SP1.1 Seleccionar los productos para la validación.

SP1.2 Establecer el entorno de validación.

SP 1.3. Establecer criterios y procedimientos de validación.

SG2: Validar el producto o componentes de producto.

SP 2.1 Ejecutar la validación.

SP 2.1 Analizar resultados de validación.

PA6 Enfoque del Proceso Organizacional

SG1: Determinar las oportunidades de mejora del proceso.

SP1.1 Establecer las necesidades del proceso organizacional.

SP1.2 Avaluar los procesos de la organización.

SP1.3 Identificar las mejoras de los procesos de la organización.

SG2: Diseñar e implementar las actividades de mejora del proceso.

SP 2.1 Establecer los planes de acción del proceso.

SP 2.2 Implementar los planes de acción del proceso.

SP2.3 Ejecutar planes de mejora del proceso.

SP2.4 Incorporar cualidades de mejora de proceso.

PA7 Definición del Proceso Organizacional

SG1: Establezca los recursos del proceso organizacional.

SP1.1 Establecer un proceso estándar.

SP1.2 Establezca las descripciones del modelo de ciclo de vida.

SP1.3 Establecer criterios y guías.

SP1.4 Establecer repositorios de medidas de la organización.

SP1.5 Establecer librerías de cualidades de la organización.

PA9 Entrenamiento Organizacional.

SG 1 Establecer la capacidad del entrenamiento organizacional.

SP1.1 Establecer estrategias de necesidades de entrenamiento.

SP1.2 Determinar cuales de las necesidades de entrenamiento son de responsabilidad de la organización.

SP1.3 Establecer plan táctico de entrenamiento.

SP1.4 Establecer capacidad de entrenamiento.

SG 2 Proveer el entrenamiento necesario.

SP2.1 Entregar entrenamiento.

SP2.2 Establecer registros de entrenamiento.

SP2.3 Asegurar entrenamiento.

PA9 Gestión integrada de proyectos.

SG 1 Usar el proceso definido del proyecto.

SP1.1 Establecer el proceso definido del proyecto.

SP1.2 Usar los activos del proceso organizacional para planificar las actividades del proyecto.

SP1.3. Integrar Planes.

SP1.4 Gestionar el proyecto usando los planes integrados.

SP1.5 Contribuir a las cualidades de la organización.

SG 2 Usar el proceso definido del proyecto.

SP 2.1 Gestionar dependencias.

SP 2.2 Resolver los problemas de coordinación.

PA10 Gestión de Riesgos.

SG 1 Preparar para la gestión de riesgos.

SP 1.1 Determinar las Fuentes y categorías de riesgo.

SP 1.2 Definir parámetros de riesgo.

SP 1.3 Establecer estrategias de riesgo.

SG 2 Identificar y analizar riesgos.

SP 2.1 Identificar riesgos.

SP 2.2 Evaluar, Categorizar y priorizar riesgos.

SG3 Mitigar riesgos.

SP 3.1 Desarrollar planes de mitigación de riesgos.

SP 3.2 Implementar los planes de mitigación de riesgos.

PA11 Equipo Integrado

SG 1 Establecer composición del equipo.

SP 1.1 Identificar tareas del equipo.

SP 1.2 Identificar necesidades de conocimiento.

SP 1.3 Asignar miembros apropiados al equipos.

SG 2 Gobernar operación del equipo.

SP 2.1 Establecer la visión compartida.

SP 2.2 Establecer discusiones del equipo.

SP 2.3 Definir roles y responsabilidades.

SP 2.4 Establecer procedimientos de operación.

SP 2.5 Establecer comunicación entre el equipo.

PA12 Administración Integrada de Proveedores

SG 1 Analizar y seleccionar fuentes de productos.

SP 1.1 Analizar fuentes potenciales de productos.

SP 1.2 Evaluar y determinar fuentes de productos.

SG 2 Coordinar trabajo con proveedores.

SP 1.1 Monitorear proceso de selección de proveedores.

SP 1.2 Evaluar selección de proveedores de productos.

SP 1.3 Revisar acuerdos con proveedores.

PA13 Análisis y Resolución de Decisiones

SG 1 Evaluar Alternativas.

SP 1.1 Establecer guías para análisis de decisiones.

SP 1.2 Establecer criterios de evaluación.

SP 1.3 Identificar soluciones alternativas.

SP 1.4 Seleccionar métodos de evaluación.

SP 1.5 Evaluar alternativas.

SP 1.6 Seleccionar soluciones.

PA14 Desarrollo Organizacional para la Integración

SG 1 Proveer infraestructura IPDD.

SP 1.1 Establecer visión compartida de la organización.

SP 1.2 Establecer desarrollo integrado del trabajo.

SP 1.3 Identificar requerimientos IPDD.

SG 2 Administrar personas para integración.

SP 2.1 Establecer mecanismos de integración.

SP 2.2 Establecer incentivos para la integración.

SP 2.3 Establecer mecanismos para balancear el equipo y responsabilidades.

Nivel 4: Gestionado cuantitativamente**PA1: Ejecución (o funcionamiento) del proceso organizacional.**

SG1: Establecer líneas base y modelos de ejecución.

SP1.1 Seleccionar procesos.

SP1.2 Establecer medidas de ejecución de procesos.

SP1.3 Establecer objetivos de calidad y ejecución de proceso.

SP1.4 Establecer bases para el desarrollo de procesos.

SP1.5 Establecer modelos para el desarrollo de procesos.

PA2: Administración Cuantitativa del Proyecto.

SG1: Administrar cuantitativamente el proyecto.

SP1.1 Establecer objetivos del proyecto.

SP1.2 Componer los procesos definidos.

SP1.3 Seleccionar los procesos para la administración estática.

SP1.4 Administrar desarrollo del proyecto.

SG2: Desarrollar administración estática de subprocesos.

SP2.1 Seleccionar medidas y técnicas de análisis.

SP2.2 Aplicar métodos estáticos.

SP2.3 Monitorear desarrollo de los subprocesos seleccionados.

SP2.4 Registrar administración de datos.

Nivel 5: Optimizado

PA1: Innovación y Desarrollo de la Organización

SG1: Seleccionar mejoramiento.

SP1.1 Coleccionar y analizar propósitos de mejoramiento.

SP1.2 Identificar y analizar mejoramiento.

SP1.3 Guiar mejoramiento.

SP1.4 Seleccionar mejoramiento para desarrollo.

SG2: Desarrollo del r mejoramiento.

SP2.1 Planificar el desarrollo.

SP2.2 Administrar el desarrollo.

SP2.3 Medir efectos del desarrollo

PA2: Análisis Causal y Resolución

SG1: Determinar causas de defectos.

SP1.1 Seleccionar datos defectuosos para análisis.

SP1.2 Analizar causas.

SG2: Direccionar .causas de defectos.

SP2.1 Implementar los propósitos de acción.

SP2.2 Evaluar los efectos de cambios.

SP2.3 Registrar datos.

Para profundizar más sobre las áreas de proceso, se lo puede encontrar en las referencias bibliográficas [40,45,46].