

**MODELO LIVIANO DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE
PROCESOS DE DESARROLLO SOFTWARE**



**CARMEN JOHANA SÁNCHEZ MÉNDEZ
MARÍA ELENA SOLÍS TORO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
POPAYÁN
2006**

**MODELO LIVIANO DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE
PROCESOS DE DESARROLLO SOFTWARE**



**CARMEN JOHANA SÁNCHEZ MÉNDEZ
MARÍA ELENA SOLÍS TORO**

**Director
CARLOS ALBERTO ARDILA ALBARRACIN
Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
POPAYÁN
2006**

CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	3
2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	3
2.2 JUSTIFICACIÓN	7
2.3 OBJETIVOS	9
2.3.1 Objetivos Específicos	9
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1 MODELOS DE CALIDAD	10
3.1.1 Capability Maturity Model Integration (CMMI)	11
3.1.2 Norma ISO/IEC TR 15504-2:2006	23
3.1.3 Norma ISO/IEC 12207:2006	30
3.2 MANIFIESTO AGIL	35
3.2.1 Objetivos y alcances	35
3.3 ANTECEDENTES	36
3.3.1 Situación de la Industria de Desarrollo del Software en Latino América	36
3.3.2 Situación en Colombia	38
4. MODELO LIVIANO DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE DESARROLLO SOTFWARE	41
4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	42
4.2 DETALLES DE IMPLEMENTACIÓN	44
4.3 ESTRUCTURA DEL MODELO LIVIANO DE CALIDAD	44
4.4 ÁREAS DE PROCESOS Del MODELO LIVIANO DE CALIDAD	48
4.5 MODELO LIVIANO DE REFERENCIA PARA LA MEJORA DE PDS	57
4.5.1 Estructura de las áreas de proceso para el modelo liviano de referencia	59
4.5.2 Extracto del modelo liviano de referencia	60
4.6 MODELO LIVIANO DE EVALUACIÓN PARA LA MEJORA DE PDS	85
4.6.1 Estructura de las áreas de proceso del modelo de evaluación	85
4.6.2 Medida para estimar el atributo del rendimiento del área de proceso	87
4.6.3 Atributo de agilidad del área de proceso	95
5. CASO DE ESTUDIO DEL MODELO LIVIANO DE CALIDAD	106
5.1 Metodología de trabajo	106
5.1.1 Fase de instalación: conocimiento de SIDEM ltda.	108
5.1.2 Fase de diagnóstico	109
5.1.3 Fase de formulación	113
6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS	115
7. REFERENCIAS	119

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura preliminar de SIMEP-SW	5
Figura 2. Arquitectura conceptual de AGILE SPI	6
Figura 3. Representación Escalonada CMMI	16
Figura 4. Estructura de los componentes de CMMI representación escalonada	16
Figura 5. Áreas de proceso agrupadas según la representación escalonada	17
Figura 6. Representación Continua	19
Figura 7. Estructura de los componentes de CMMI representación continua.....	20
Figura 8. Áreas de proceso agrupadas según la representación continua.....	21
Figura 9. Elementos de la norma ISO/IEC 15504-2.....	26
Figura 10. Vista del modelo de evaluación de proceso.....	27
Figura 11. Categorías de Proceso en Grupos de Proceso	28
Figura 12. Modelo de evaluación	30
Figura 13. Estructura de la norma ISO IEC 12207	34
Figura 14. Estructura de los Procesos de la Norma ISO/IEC 12207.....	45
Figura 15. Modelo liviano de calidad para la mejora de PDS.....	46
Figura 16. Nº de artefactos utilizados por cada disciplina.....	50
Figura 17. Proceso mejorados en las Pymes_DS con los esfuerzos de mejora	52
Figura 18. Estructura de las áreas del modelo liviano de referencia.....	88
Figura 19. Instrumento de recolección de información para la PE1	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procesos de desarrollo utilizados en las MiPyMES	49
Tabla 2. Priorización de Disciplinas.....	51
Tabla 3. Procesos extraídos de la revisión sistemática.....	53
Tabla 4. Resumen de Priorización por cada trabajo	54
Tabla 5. Métricas de rendimiento del área de procesos.....	90
Tabla 6. Valor de las métricas para la subpráctica PE1	93
Tabla 7. Rendimiento del objetivo específico OE1	94
Tabla 8. Rendimiento del área de proceso Desarrollo de requisitos.....	94
Tabla 9. Valor 1 del Manifiesto Ágil	99
Tabla 10. Valor 2 del Manifiesto Ágil.....	100
Tabla 11. Valor 3 del Manifiesto Ágil.....	100
Tabla 12. Valor 4 del Manifiesto Ágil.....	100
Tabla 13. Atributo de proceso Agilidad del área de proceso.....	101
Tabla 14. Agilidad del área de proceso en función de las prácticas	103
Tabla 15. Agilidad del área de proceso en función de los PT	104
Tabla 16. Valor de las métricas para el atributo de proceso P1.2	105
Tabla 17 . Fases del trabajo realizado en SIDEM. Ltda	107
Tabla 18. Resultados de valoración en SIDEM Ltda.	110

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN ACERCA DEL ESTADO DE LAS PRÁCTICAS DE LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN LA REGIÓN SUROCCIDENTAL COLOMBIANA.

- ANEXO B. COMPARACIÓN ENTRE CMMI E ISO 12207:2006.

- ANEXO C. MODELO LIVIANO DE REFERENCIA PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE DESARROLLO SOFTWARE.

- ANEXO D. MODELO LIVIANO DE EVALUACION PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE DESARROLLO SOFTWARE.

- ANEXO E. EJEMPLO DE LA APLICACIÓN DE LAS MÉTRICAS.

1. RESUMEN

Este proyecto presenta un modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software ajustado a las necesidades de la industria de software nacional, sirve como guía para que las empresas desarrolladoras del sector aseguren calidad en su proceso de desarrollo; ya que este modelo reúne las mejores prácticas de los modelos de calidad internacionales más reconocidos, además, integra algunas de las características del manifiesto ágil, provocando que su implantación en una empresa sea de fácil gestión y agrado para el personal de la misma.

El modelo liviano de calidad para la mejora de los procesos de desarrollo software se encuentra dividido en: un ***modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software (MLR-PDS)***, que se convierte en una guía que le permite a la empresa, conocer los procesos que debe adoptar para iniciar una cultura de calidad basada en las prácticas que se deben desarrollar para un determinado proceso o para los procesos que tenga una organización. Teniendo en cuenta que muchas empresas se encuentran en estados caóticos y no tienen ningún proceso definido, el modelo de referencia aporta una serie de procesos que permiten que la empresa los instaure, como un primer paso para empezar a mejorar sus procesos, de tal manera que empiece a desarrollar una serie de actividades y un número de productos de trabajo que garantizan que el proceso se está llevando a cabo de una forma adecuada y controlada; empezando así a adoptar características de los modelos de calidad internacionales, lo cual le permite escalar a un nivel más alto en la búsqueda de una certificación.

Y un ***modelo liviano de evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software (MLE-PDS)***, que permite valorar al modelo de referencia, ya que ofrece una serie de medidas que contribuyen a evaluar el rendimiento de un proceso teniendo en cuenta las características del modelo de referencia, basándose en dos indicadores: a) subprácticas realizadas en cada proceso y b) productos de trabajo obtenidos en el proceso, estos indicadores se toman del modelo de referencia quien a su vez los toma de las normas ISO/15504:2006[12], ISO/IEC12207:2006[13] y CMMI[8]. Además permite evaluar la agilidad con que se desarrollan los procesos teniendo en cuenta los principios y

valores del manifiesto ágil para verificar que los procesos que se implantan en una organización son livianos.

Mediante la realización de este proyecto se busca motivar a las empresas a que inicien una cultura hacia el mejoramiento continuo, implantando en primera instancia el modelo liviano de calidad para la mejora de sus procesos, ya que permite establecer procesos que son primordiales para un buen funcionamiento y control de procesos y productos; buscando como primera medida organizar la empresa mediante la definición de estos procesos realizando las subprácticas y productos de trabajo que el modelo de referencia sugiere y posteriormente con el modelo de evaluación corroborar que de verdad la empresa está madurando.

Los procesos que contiene el modelo liviano de calidad fueron seleccionados mediante una contrastación de las mejores prácticas de los modelos de calidad CMMI e ISO-12207, de igual forma se realiza un paralelo de las prácticas que más se desarrollan en las empresas del sector, mediante una investigación realizada en las empresas del suroccidente colombiano[4]. Es necesario tener presente el hecho de que en la mayoría de organizaciones existe un factor de resistencia a los cambios, por eso el proceso de mejora depende del compromiso de todo el personal de trabajo, del convencimiento y la credibilidad que se tenga en el modelo liviano de calidad para lograr los objetivos de mejora de procesos en una organización.

Se adoptaron diferentes estrategias de divulgación para el proyecto, que consistieron en la presentación de una ponencia en el Seminario de Calidad de Software, realizado el 8,9 y 10 de junio de 2005 por el Departamento de Sistemas de la Universidad del Cauca. Un caso de estudio con la empresa SIDEM LTDA. Además, se presentó una ponencia en TECNOCOM 2005 - Quinta feria ETI (Electrónica, Telecomunicaciones, Informática) durante los días 1 y 2 de Septiembre de 2005 en la ciudad de Medellín - Colombia.

A lo largo de este documento se desarrollan las temáticas y los conceptos teóricos más relevantes de este proyecto. El documento se encuentra organizado de la siguiente manera: Resumen, una introducción al proyecto, un marco teórico, la descripción del modelo liviano de calidad, la experiencia de un caso de estudio acerca del modelo liviano de calidad en una empresa piloto y por último recomendaciones y conclusiones.

2. INTRODUCCION

2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

La industria de software representa una actividad económica de suma importancia en la actualidad. En particular, ofrece múltiples fuentes de negocio para los países en vía de desarrollo. Sin embargo, la industria de software en algunos países latinoamericanos, entre los que se encuentra Colombia, es incipiente e inmadura[1], generando falta de competitividad lo que a su vez dificulta el crecimiento de la industria.

A pesar de la desventaja competitiva que tiene la industria de software en Colombia, y según estudios realizados a la Industria Mundial de las Tecnologías de la Información indican que entre los años 1995 y 2000 el desarrollo de software tuvo un aporte al PIB colombiano del 1.6%[3]. Lo que nos permite explorar este campo y de la misma manera encaminar la industria de software colombiana en la misma dirección de la de los países desarrollados, para lo cual se hace necesario implementar estrategias que permitan desarrollar productos de alta calidad. Además se debe considerar el gran impacto que el proceso de desarrollo tiene sobre la calidad del producto. La calidad de los productos está íntimamente ligada con la calidad de los procesos que se utilizan para desarrollarlos. Para incrementar la calidad del producto se hace necesario que las empresas de desarrollo de software del país implementen proyectos para la mejora del proceso de desarrollo software, asegurar calidad a través del mejoramiento de los procesos software es un paso que las empresas del país deben dar. Por un lado, por imagen, para poder exportar sus productos, incursionar y mantenerse en un mercado global y por otro lado, por necesidad, para poder hacer de sus proyectos unidades administrativas eficientes y eficaces.

La industria de software de Colombia está compuesta principalmente por micro, pequeñas y medianas empresas – MiPyMES [4]. Estas empresas de software tienen serios problemas de madurez en sus procesos de desarrollo. En la mayoría de los casos, los procesos son caóticos en su operación y afectan a toda la empresa. Las empresas planean asegurar la calidad de sus productos a través de: la mejora del proceso y la acreditación en modelos de calidad del SEI[6] ó ISO [7]. Sin embargo, la preparación

previa a la acreditación es larga y costosa. Los modelos de mejora, proceso y evaluación de las organizaciones como el SEI e ISO están estructurados para ser aplicables a grandes empresas. Tales modelos de mejora, difícilmente pueden ser aplicados a MiPyMES debido a que un proyecto de mejora supone una gran inversión en dinero, tiempo y recursos. Además, las recomendaciones son complejas de aplicar y el retorno de la inversión se produce a largo plazo.

El proyecto "SIMEP-SW[9] Sistema Integral para el Mejoramiento de los Procesos de Desarrollo de Software en Colombia", desarrollado por el área de interés en Ingeniería del Software del Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software IDIS del Departamento de Sistemas de la Universidad del Cauca, pretende brindar herramientas necesarias para fomentar en las empresas de software de Colombia la mejora en sus procesos de desarrollo, lo que les facilite el posicionamiento y la competitividad en los mercados nacionales e internacionales, mediante investigaciones en cuanto al desarrollo de productos software, la adaptación y aplicación de métodos, técnicas, prácticas y demás artefactos asociados al proceso definidos por organizaciones internacionales; es el momento de cuestionarse sobre la pertinencia de los procesos de desarrollo y la calidad de los productos creados, y si los métodos, técnicas, prácticas y demás elementos asociados al proceso son los que la industria de software colombiana requiere. De todo esto y teniendo como premisa que las empresas de desarrollo de software del país deben implementar proyectos de mejoramiento de procesos de desarrollo y de calidad, el proyecto busca una primera aproximación que propenda por el fortalecimiento de la industria de software del país, pretendiendo resolver la siguiente pregunta de investigación: *¿Cómo motivar a que las empresas de desarrollo de software Colombianas mejoren sus procesos de desarrollo, de tal manera que permita implementar estrategias que brinden la oportunidad de mejora en la calidad en sus productos de modo que aumente su nivel de competitividad en el mercado internacional?*.

El modelo "Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software" es un modelo de calidad, el cual está cimentado en dos de los modelos de calidad más reconocidos internacionalmente, CMMI[8] y las normas de la organización internacional de estándares ISO[7], tales como: ISO 9001:2000[11], ISO/IEC 15504-5:2006[12] e ISO 12207:2006[13], adaptado a las características propias de la industria del software colombiana mediante una investigación realizada en las empresas desarrolladoras de software del sur occidente colombiano[4], además el modelo considera las características

más sobresalientes del manifiesto ágil[14] para que el modelo sea liviano, basado en estándares internacionales acorde a las circunstancias de la realidad de la empresa colombiana y pueda ser aplicado por la industria del software nacional.

En la figura 1 se presenta la arquitectura preliminar del Sistema Integral de Mejoramiento de los procesos de desarrollo de software y los alcances esperados en el presente proyecto, ubicando al modelo liviano de calidad en el bloque Modelos de referencia:

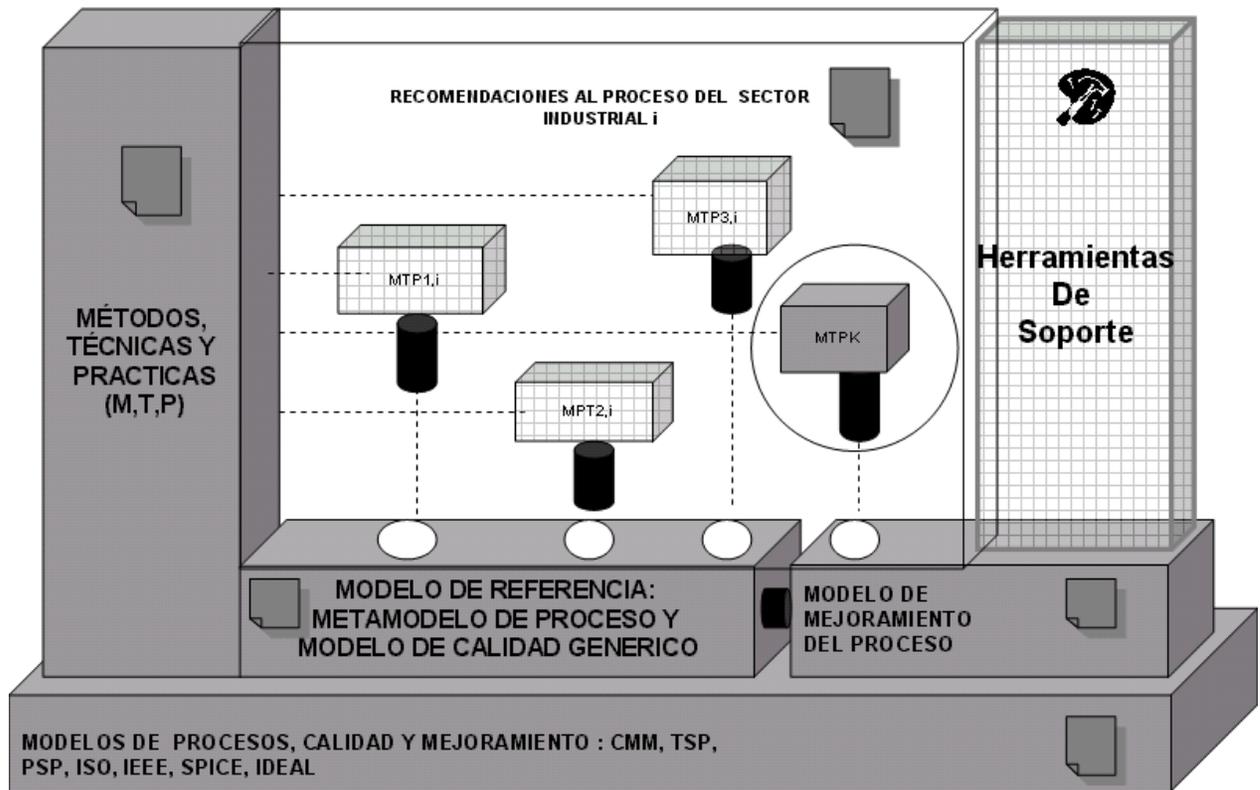


Figura 1. Arquitectura preliminar de SIMEP-SW

Los bloques grises corresponde a los módulos que serán trabajados en el proyecto SIMEP-SW, los módulos a cuadros serán parcialmente desarrollados.

La base de la Arquitectura la componen los modelos de calidad y de mejoramiento más importantes y reconocidos por la industria del software en el mundo, los cuales no pueden desconocerse, puesto que son los modelos a los que en definitiva las empresas colombianas deben adecuarse. Sobre esta base se encuentra el modelo de referencia

para SIMEP-SW, el cual corresponde al resultado de evaluar los modelos de calidad existentes y al análisis del estudio de las prácticas que siguen un conjunto de empresas de desarrollo de software del sur occidente colombiano, obteniéndose así un metamodelo de proceso y un modelo de calidad genérico (en esta parte se encuentra el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software), útiles para definir el modelo de mejoramiento. El modelo de referencia en cuanto al modelo de calidad, define unas especificaciones que deben cumplirse para alcanzar los niveles de calidad deseados, las empresas deberán por tanto cumplir con estas especificaciones. El metamodelo del proceso es la base conceptual para poder definir cualquier modelo sobre su mejoramiento.

El aporte fundamental del proyecto está en el Modelo de Mejoramiento Agile SPI (Agile Software Process Improvement)[36] propuesto por el grupo de desarrollo SIMEP-SW (ver figura 2), el cual es un modelo integral para la mejora del proceso de desarrollo de software adaptado a la industria colombiana, en conjunto con los métodos, técnicas y prácticas (M,T,P) para adelantar un proyecto de mejoramiento y presenta en su arquitectura los siguientes componentes:

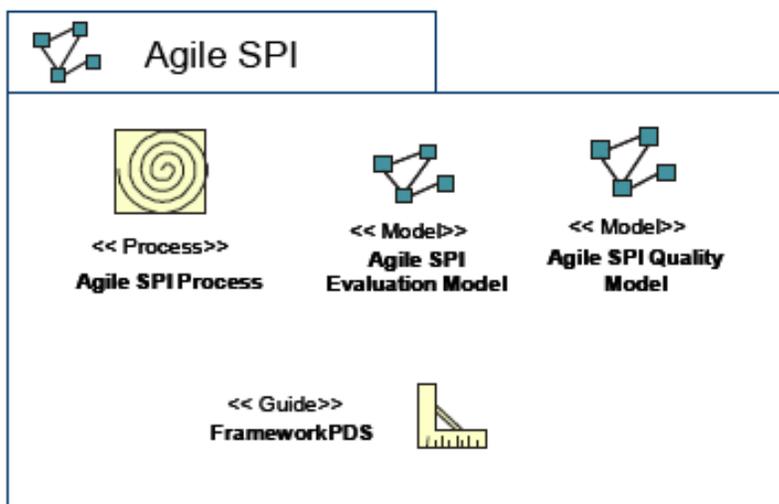


Figura 2. Arquitectura conceptual de AGILE SPI

- Agile SPI Process guía o programa de mejora de procesos en el marco de un proyecto de mejora. Es un proceso que cuenta con los elementos básicos para hacer posible que una empresa que está surgiendo, una empresa pequeña o

mediana, pueda adelantar esfuerzos hacia la adecuación de un proceso de desarrollo acorde a sus necesidades.

- Un modelo de calidad liviano, que integre personas, equipos, proceso y producto, y que guíe la organización de las personas y los equipos, las disciplinas y las áreas de trabajo asociadas a la definición, aplicación y mejora del proceso hacia un nivel de madurez definido.
- Un modelo de evaluación que permita identificar y diagnosticar problemas de la industria en cuanto al proceso y que permita trazar unos planes de mejora de acuerdo a un modelo/estándar de calidad definido.
- Un marco conceptual y tecnológico para la definición y visualización de Procesos de Desarrollo de Software (Framework PDS)

2.2 JUSTIFICACIÓN

Dado que la competencia en la industria de software es cada día más fuerte, es necesario preocuparse por ofrecer productos de mejor calidad[1]. Sin embargo la calidad no se mide solo en la terminación del producto, ésta se va revisando a medida que se va elaborando el producto midiendo la calidad del proceso utilizado para su desarrollo. La mejora del proceso permite que este sea usado en múltiples ocasiones ya que indica aquellos aspectos más importantes y necesarios a tener en cuenta en cualquier proyecto. Adoptar un modelo de calidad promueve la mejora de procesos y una cultura de mejora continua ya que estos se convierten en una guía para ganar control sobre los procesos, y así desarrollar y mantener un software de calidad.

El modelo liviano de calidad contribuye a que las organizaciones del país que lo adopten puedan ser capaces de desarrollar una cultura de calidad, lo cual podrá verse reflejado en la realización de software confiable, con tiempo y precios moderados, permitiendo mejorar de una u otra manera la economía del país ya que los productos podrán ser competitivos, teniendo en cuenta sobretodo que este es un modelo adaptado a nuestra realidad.

De la misma manera con la continua evolución de la disciplina del software, las metodologías ágiles[10] se han convertido en propuestas útiles en la mejora de procesos,

estas hacen énfasis en la adaptabilidad de los procesos, a diferencia de las metodologías tradicionales que se enfatizan en la planeación exhaustiva, esperando que el resultado de cada proceso sea determinante y predecible. La experiencia ha mostrado que, como consecuencia de las características del software, los resultados de los procesos no son siempre predecibles y sobre todo, es difícil predecir desde el comienzo del proyecto cada resultado; por lo tanto las metodologías ágiles basan su fundamento en la adaptabilidad de los procesos de desarrollo, en lugar de seguir esperando lograr resultados predecibles de un proceso que no evoluciona, estas no están en contra de administrar procesos de desarrollo, por el contrario promueven la formalización de procesos adaptables; logrando resumir en un conjunto de ideas las prácticas que una metodología de este estilo debe llevar a cabo, el modelo liviano de calidad se acomoda a la realidad de las MiPyMES del país ya que como característica fundamental, integra fundamentos y características de las metodologías ágiles.

El modelo liviano de calidad recopila las mejores prácticas de desarrollo de software de los modelos de calidad más conocidos, tales como CMMI[8], ISO 9001:2000[11], ISO/IEC 15504:2006[12] e ISO 12207:2006[13], ya que de esta manera las empresas se pueden motivar a implantar un modelo que les permita mejorar sus procesos y que a su vez los puede acercar a buscar una certificación en estos modelos internacionales. Este modelo está fundamentado en algunos de los principios del "Manifiesto Ágil"[10], aplicables a éste tipo de modelos.

Además tiene como referente la investigación realizada en algunas empresas de software del suroccidente colombiano [4], donde se muestra cómo siguen el proceso de desarrollo estas empresas, se reflejan los problemas más frecuentes de ellas, de tal forma que esta investigación permitió crear un modelo que contribuya a la industria de software del país, implementar estrategias de impacto que brinden la oportunidad de mejora y calidad en sus productos pudiendo así apostar a competir con productos de alta calidad internacionalmente y lo más importante implantar procesos en la organización.

La construcción del Modelo liviano de calidad, propone un aporte académico dado que en las instituciones de educación superior como la Universidad del Cauca, se cultiva el saber de la ingeniería del software en la que se adaptan y aplican métodos, técnicas, prácticas y demás componentes asociados a la mejora de procesos. Toda esta exploración va acompañada de la continua motivación de mantener a la Universidad del Cauca a la

vanguardia en la experimentación de nuevas tecnologías, las cuales podrían en un futuro comenzar a dominar el mercado del desarrollo de software en el contexto mundial. El aporte científico del modelo liviano de calidad a diferencia de los modelos existentes tiene en cuenta aspectos de las metodologías ágiles, por ejemplo agilidad en cuanto al proceso y una interpretación más sencilla de las actividades del proceso, que son fundamentales tener en cuenta en empresas pequeñas de desarrollo de software MiPyMES de tal manera que el modelo se convierte en una ayuda para que la implantación de procesos sea menos traumática y la mejora de procesos involucre menos tiempo y recursos.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Construir un modelo liviano de calidad de software ajustado a las necesidades de la industria de software nacional, que sirva como guía para que las empresas desarrolladoras del sector aseguren calidad en su proceso de desarrollo.

2.3.1 Objetivos Específicos

- Obtener un conjunto de mejores prácticas del proceso de desarrollo de software que serán tenidas en cuenta en el modelo liviano de calidad, mediante un mapeo entre los modelos de calidad CMMI e ISO.
- Integrar al modelo de Calidad los fundamentos y características de las metodologías ágiles más apropiados, de tal manera que se cree un modelo liviano, permitiendo así que las empresas puedan adoptarlo de manera fácil.
- Definir el modelo de referencia de procesos de desarrollo, el cual involucra los procesos que una organización debe alcanzar, para mantener un proceso de desarrollo disciplinado y de calidad.
- Definir un modelo de evaluación del modelo liviano de calidad de software, para evaluar los procesos y habilidades que determinan la calidad de sus procesos mediante la utilización de indicadores que permiten determinar la capacidad de los procesos implementados en la organización.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MODELOS DE CALIDAD

Hoy por hoy en las organizaciones creadoras de software se ha aumentado la complejidad con la cual se desarrollan los sistemas de información, por lo que resulta difícil generar productos que cumplan cabalmente con las expectativas del cliente. Por esta razón han surgido una serie de herramientas, técnicas y modelos que facilitan a las organizaciones, encargadas de las tecnologías de la información, generar productos que cumplan las expectativas del cliente e incluso las rebasen, herramientas que prometen ser la solución a los problemas de calidad, costo y tiempos de desarrollo; de éstas podemos mencionar a los "modelos de calidad".

Con productos de alta calidad podemos lograr que la industria de software pueda competir a nivel internacional con igual o mayor calidad a la de grandes potencias en este campo, pero todo está en concientizarnos que debemos desarrollar y mantener procesos que permitan crear productos que mediante el establecimiento de un modelo o método controlen el proceso de desarrollo del mismo ya que a la hora de definir calidad, se debe tener presente la calidad del producto y la calidad del proceso de desarrollo de este; indicando que sin un buen proceso de desarrollo es casi imposible obtener un buen producto[8].

Uno de los principales problemas dentro de las organizaciones de software es la inhabilidad para administrar procesos, lo cual se ve en la falta de control que existe dentro de la planeación de estos procesos logrando así no obtener productos competitivos[4]; es así como los Modelos de Calidad se convierten en guías para ganar control sobre estos procesos[6], donde hay que tener en cuenta que la elección de herramientas adecuadas para el desarrollo de proyectos de calidad en una organización es fundamental para el éxito de dichas iniciativas[8]. De este modo las organizaciones no se deben casar con una sola herramienta de calidad ya que esta puede limitar los logros de las organizaciones en cuanto a calidad y llevarlas a dejar pasar oportunidades importantes, por lo que un enfoque multidisciplinario ayuda a una mayor rapidez en la maduración de los sistemas de calidad, así como a hacer más amplio y efectivo el

panorama de opciones para el logro de resultados en beneficio de los clientes y de la organización.

Entre los modelos de calidad se abordan: CMMI del SEI[8], las normas ISO 9001:2000[11], ISO/IEC 15504-5:2006[12][12] e ISO 12207:2006[13].

3.1.1 Capability Maturity Model Integration (CMMI)

La firma "The Standish Group" dedicada al estudio del mercado de tecnologías de información publica reportes sobre el éxito de los proyectos de desarrollo en la industria del software. En su reporte del año 2004[21] asegura que el 29% de los proyectos se cancelaron, el 53% de los proyectos excedieron ampliamente en tiempo y costos y solo el 18% finalizaron con éxito en el tiempo y costos estimados. En respuesta a los alarmantes resultados que esta firma ha proporcionado desde la década de los 80`s, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos fundó el Software Engineering Institute (SEI) o Instituto de ingeniería de Software[6] en la Universidad Carnegie Mellon, con el propósito de estudiar el problema y encontrar alguna solución.

El SEI tiene como visión "Guiar al mundo hacia una sociedad enriquecida de software"[6] donde por medio del avance de la ingeniería de software y de las disciplinas relacionadas asegura el desarrollo y operación de sistemas con costos, tiempos y calidad mejorados y predecibles; de tal manera que provee liderazgo en la asistencia a las organizaciones de software para desarrollar y mejorar continuamente la capacidad de identificar, adoptar y usar buenas prácticas tanto técnicas como administrativas" [6], es decir provee liderazgo en el progreso de las prácticas de ingeniería de software para mejorar la calidad de los sistemas que dependen del software. Estas prácticas comprometen la disciplina y procesos efectivos y bien definidos con el propósito de entregar software de calidad que cumplan con los objetivos de costo y tiempo.

A partir de noviembre de 1986 el SEI, a requerimiento del Gobierno Federal de los Estados Unidos de América, desarrolló una primera definición de un modelo de madurez de procesos de desarrollo de software con el fin de ayudar a las organizaciones a mejorar sus procesos de desarrollo, este se publicó en septiembre de 1987 y evolucionó al modelo

Capability Maturity Model (CMM) o modelo de capacidad de madurez, cuya última versión (v1.1) se publicó en febrero de 1993.

El modelo de capacidad de madurez (CMM)[20], describe un camino o guía para que las organizaciones de software pasen de procesos inmaduros a procesos maduros de forma disciplinada. CMM provee una estructura conceptual para mejorar el manejo y desarrollo de productos software de forma disciplinada y consistente. Se enfoca en la capacidad de las organizaciones de software de generar productos de calidad de manera consistente y predecible; estructurándolas en un esquema de madurez, el cual ayuda a predecir la capacidad de resolver las metas del proyecto, tales como previsibilidad, control y efectividad en los proyectos lo cual se ve reflejado en costos, tiempos de entrega y calidad.

A mediados de la década del 90 el SEI unificó todos sus modelos dando origen en el año 2002 a una nueva generación del modelo, llamada Capability Maturity Model Integration (CMMI-SW) o Integración del Modelo de Capacidad de Madurez[8]. Es un modelo orientado a la mejora de los procesos relacionados con el desarrollo de software, para lo cual contempla las mejores prácticas de ingeniería de software y de gestión. CMMI brinda un marco con una estructura común para todas las disciplinas, y agrega una nueva forma de representación llamada continua, adicional a su original representación escalonada que se encontraba en CMM.

Como su predecesor hacia uso de múltiples modelos, CMMI se desarrolló para facilitar y simplificar la adopción de varios modelos de forma simultánea y su contenido integra y evoluciona a sus predecesores. Esta integración además de agregar materiales de los modelos existentes, utiliza los procesos que promueven consenso, de tal forma que se crea un framework que adapta múltiples disciplinas y es bastante flexible para soportar cualquiera de las dos representaciones con que cuenta este modelo: escalonada y continua.

CMMI proporciona una guía para ser usada al desarrollar procesos. Los modelos CMMI no son procesos o descripciones de proceso. Los procesos usados realmente en una organización dependen de muchos factores, incluyendo dominios de uso, estructura y tamaño de la organización. Particularmente, las áreas de proceso de un modelo CMMI típicamente no son mapeadas una a una con los procesos usados en la organización [8].

Un proceso es un punto de apalancamiento para mantener la mejora en una organización[8]. El propósito de CMMI es proporcionar una guía para mejorar los procesos y la habilidad para manejar, desarrollar, adquirir y mantener productos o servicios. CMMI da lugar al acercamiento de una estructura que ayude a valorar a la organización en su madurez o en la capacidad de las áreas de proceso, para establecer las prioridades de mejora e implementar estas mejoras. La madurez es un concepto o un atributo de las organizaciones que desarrollan o mantienen los sistemas de software; es decir cuando una organización lleva a cabo los procesos que tiene implantados o definidos se dice que una empresa será más madura [6].

3.1.1.1 Objetivos y alcances

Entre los objetivos de CMMI[18] tenemos:

- Reducir el costo de la implementación de la mejora de procesos cuando muchas disciplinas deben ser consideradas.
- Reforzar el entendimiento
- Eliminar la duplicación e inconsistencias entre los modelos
- Desarrollar componentes comunes
- Asegurar la congruencia o consistencia con el surgimiento del estándar ISO TR 15504.

Todo esto con el fin de que las organizaciones logren la premisa de que 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[8].

CMMI incluye cuerpos de conocimiento o disciplinas las cuales se encuentran integradas en el framework CMMI tales como: ingeniería de sistemas, ingeniería de software, desarrollo integrado del producto y proceso, y soporte de proveedores, cuyo fin es facilitar y simplificar la adopción de varios modelos de forma simultánea. Dependiendo de la disciplina a la que una organización se dedique, debe escoger el modelo a trabajar:

Ingeniería de sistemas (CMMI-SE): cubre el desarrollo total de los sistemas, el cual puede o no incluir software.

Ingeniería de software (CMMI-SW): cubre el desarrollo de los sistemas de software. Los ingenieros de Software se centran en la aplicación sistemática, disciplinada y en la aproximación cuantificable del desarrollo, operación y mantenimiento del software.

Desarrollo integrado del producto y procesos (CMMI-IPPD): es un acercamiento sistemático que logra una colaboración oportuna del personal involucrado en el proyecto durante la vida del producto para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos del cliente de una manera apropiada.

Soporte con proveedores (CMMI-SS): mientras que los esfuerzos del trabajo llegan a ser más complejos, los proyectos pueden utilizar a proveedores para realizar funciones o para agregar modificaciones a los productos que son necesidades específicas del proyecto.

Para el trabajo en cuestión la disciplina a trabajar es la de Ingeniería de Software (CMMI-SW), ésta se adecua al tipo de empresas para quienes va a ser desarrollado el modelo liviano de calidad.

3.1.1.2 Representaciones del modelo

El modelo CMMI brinda dos tipos de representaciones, ambas representaciones tienen esencialmente el mismo contenido y manejan la misma terminología. Los componentes de las representaciones escalonada y continua son:

- **Áreas de Proceso:** son un conjunto de prácticas relacionadas a un área. Al realizarse completamente satisfacen un conjunto de metas el cual contribuye a la mejora de ésta área.
- **Proceso:** Es un punto de apalancamiento para la mejora continua de una organización.
- **Objetivos específicos:** Aplicables a un área de proceso, describen qué se debe poner en ejecución para satisfacer un área de proceso.
- **Prácticas específicas:** describen las actividades esperadas para dar lugar al logro de los objetivos específicos de un área de proceso.

- **Prácticas genéricas:** aseguran que los procesos asociados con un área de proceso sean eficaces, repetibles, y duraderos.
- **Subprácticas:** son descripciones detalladas que proporcionan una guía para interpretar las prácticas.

Por lo general las organizaciones deben elegir la representación que sea más familiar a su organización.

3.1.1.2.1 Representación Escalonada

Un modelo por representación escalonada o por etapas (ver figura 3) proporciona un marco predefinido para la mejora organizacional basada en el agrupamiento y ordenación de procesos y en las relaciones organizacionales asociadas[8], es decir se centra en la madurez de la organización.

El término "por etapas" viene de la forma en la que el modelo describe este marco como una serie de "etapas", denominadas "niveles de madurez". Cada nivel de madurez tiene un conjunto de áreas de procesos que indican en qué aspectos debería centrarse una organización para la mejora de sus procesos. Los niveles de madurez representan un camino hacia la mejora de procesos, ilustrando la evolución de mejora en la organización entera que sigue la mejora del proceso[8].

Cada área de proceso está descrita en términos de prácticas que contribuyen a satisfacer sus objetivos. Las prácticas describen la infraestructura y actividades que más contribuyen en la implementación e institucionalización efectiva de las áreas de proceso. El progreso ocurre cuando se satisfacen los objetivos de todas las áreas de proceso en un nivel de madurez determinado. El CMM para software es el ejemplo primordial de modelo por etapas.



Figura 3. Representación Escalonada CMMI

La representación escalonada cuenta con la siguiente estructura (ver figura 4) usando cuatro características comunes para organizar las prácticas genéricas.

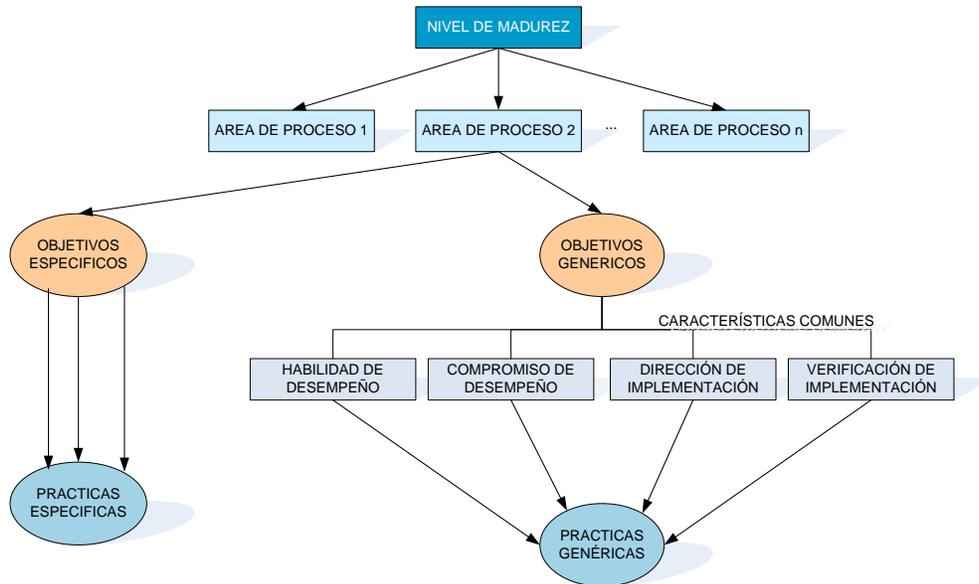


Figura 4. Estructura de los componentes de CMMI representación escalonada

Esta representación se centra en las mejores prácticas que la organización puede utilizar para mejorar sus procesos en las áreas de proceso que están en el nivel de madurez que se elige alcanzar. Antes de comenzar a usar un modelo CMMI para mejorar procesos, se deben mapear los procesos a las áreas de proceso CMMI. Este mapeo permite controlar la mejora de procesos en la organización ayudando a conseguir el nivel de madurez deseado con respecto a CMMI[8]. Además, se debe tener en cuenta que cada área de proceso de CMMI no es exacta a cada uno de los procesos de la organización.

En esta representación las áreas están agrupadas dentro los niveles de madurez que van del nivel 1 al 5 (ver figura 5). Cada nivel de la madurez abarca un sistema predefinido de áreas de proceso.

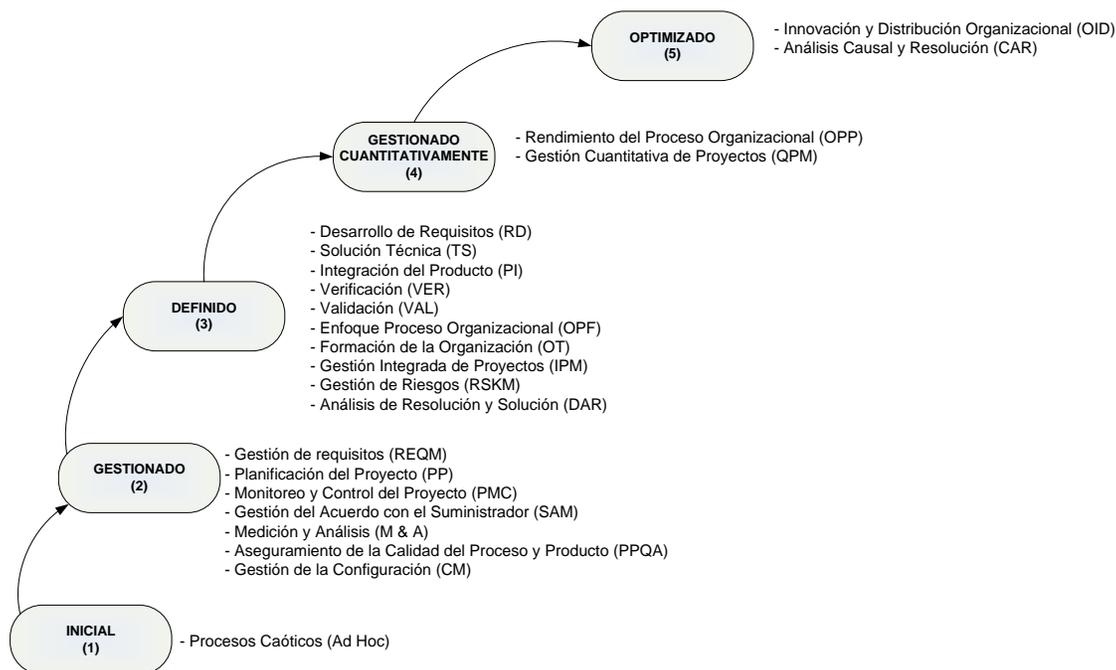


Figura 5. . Áreas de proceso agrupadas según la representación escalonada

Niveles de madurez

El nivel de madurez de una organización proporciona una manera de predecir el funcionamiento futuro de una organización dentro de una disciplina o de un conjunto de disciplinas dadas. La experiencia ha demostrado que las organizaciones hacen su mejor esfuerzo cuando se centra sus esfuerzos de mejorar un número manejable de áreas de proceso que requieren esfuerzo cada vez más mientras que la organización mejora[8]. Es decir los niveles de madurez se aplican a la madurez total de una organización.

Los niveles de madurez consisten en un conjunto predefinido de áreas de proceso. Los niveles de madurez son medidos por el logro de los objetivos específicos y genéricos que son aplicados a cada conjunto predefinido de áreas de proceso. Algunas características de cada nivel de madurez son:

Inicial: Los procesos son usualmente imprevisibles y caóticos. La organización usualmente no provee un ambiente estable. El éxito de la organización depende la experiencia y la competencia de la gente y no de los procesos probados. Las organizaciones que se encuentran en este nivel se caracterizan por tender a comprometerse exageradamente con sus clientes a cosas que a veces son imposibles de realizar, por abandonar los procesos en tiempos de crisis, llevándolos así a no poder terminar con sus proyectos y no poder aprender de experiencias pasadas.

2. Gestionado: En este nivel una organización ejecuta el proceso, los proyectos de la organización aseguran que se gestionan requisitos y que los procesos son planeados, ejecutados, medidos y controlados.

3. Definido: Se caracterizan y se entienden los procesos, se describe normas, procedimientos, herramientas y métodos. Se van reconociendo ciertos procesos que pueden llegar a establecerse en la organización.

4. Gestionado cuantitativamente: Se seleccionan subprocesos que contribuye significativamente a la ejecución de todos los procesos, estos son controlados utilizando técnicas estadísticas y cuantitativas.

5. Optimizado: Los procesos son continuamente mejorados basándose en una comprensión cuantitativa de las causas de variación en los procesos.

3.1.1.2.2 Representación continúa

Los modelos continuos (ver figura 6) proporcionan una guía menos específica con respecto al orden en el cual debería realizarse el proceso de mejora. Se denominan continuos porque ninguna etapa discreta está asociada con la madurez de la organización[8]. Como los modelos escalonados, los modelos continuos tienen áreas de procesos que contienen prácticas. A diferencia de los modelos escalonados, las prácticas de un área de procesos en un modelo continuo están organizadas de forma que dan soporte a la mejora y al crecimiento de procesos individuales.

La mayoría de las prácticas asociadas con la mejora de procesos son genéricas; son externas a las áreas de procesos individuales y son aplicables a todas las áreas de procesos. Las prácticas genéricas están agrupadas bajo niveles de capacidad, cada una de las cuales tiene una definición que es casi equivalente a la definición de niveles de madurez en los modelos escalonados. El nivel de capacidad de un proceso indica si sólo se ejecuta, o si también se planifica si se encuentra organizado y formalmente definido, si se mide y se mejora de forma sistemática[8]. El modelo EIA/IS 731 es un ejemplo de un modelo continuo.

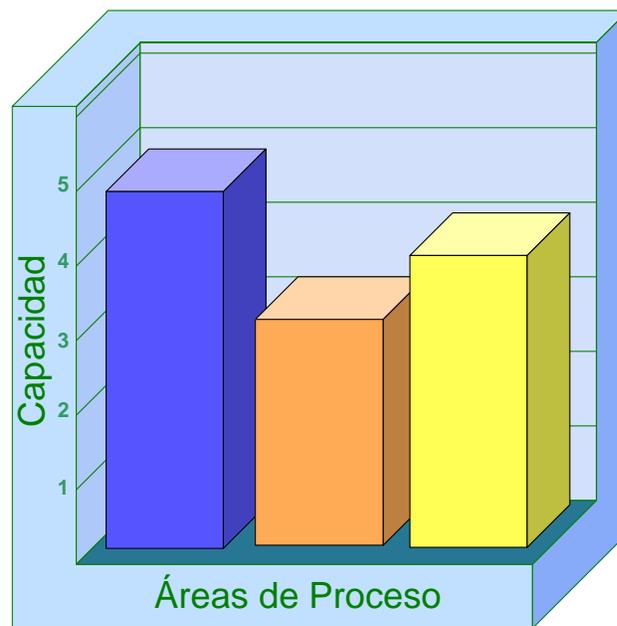


Figura 6. Representación Continua

La representación continua no se estructura (ver Figura 7) en torno a niveles de madurez, en esta representación se facilita la evaluación de procesos individualmente, permitiendo que una organización pueda seleccionar un conjunto de sus procesos individuales para evaluarlos y conocer la madurez concreta de dichos procesos.

Desde el punto de vista de la evaluación de los procesos, el concepto clave de CMMI lo constituyen las áreas de proceso. El modelo CMMI-SE/SW/IPPD tiene 25 áreas de proceso que definen la dimensión del modelo de procesos. Estas áreas son las mismas en todas las representaciones de la arquitectura de CMMI. En la representación continua, las áreas

de proceso son 22 y están agrupadas por categorías (ver figura 8): Gestión de procesos, Gestión de proyectos, Ingeniería, Apoyo o soporte.

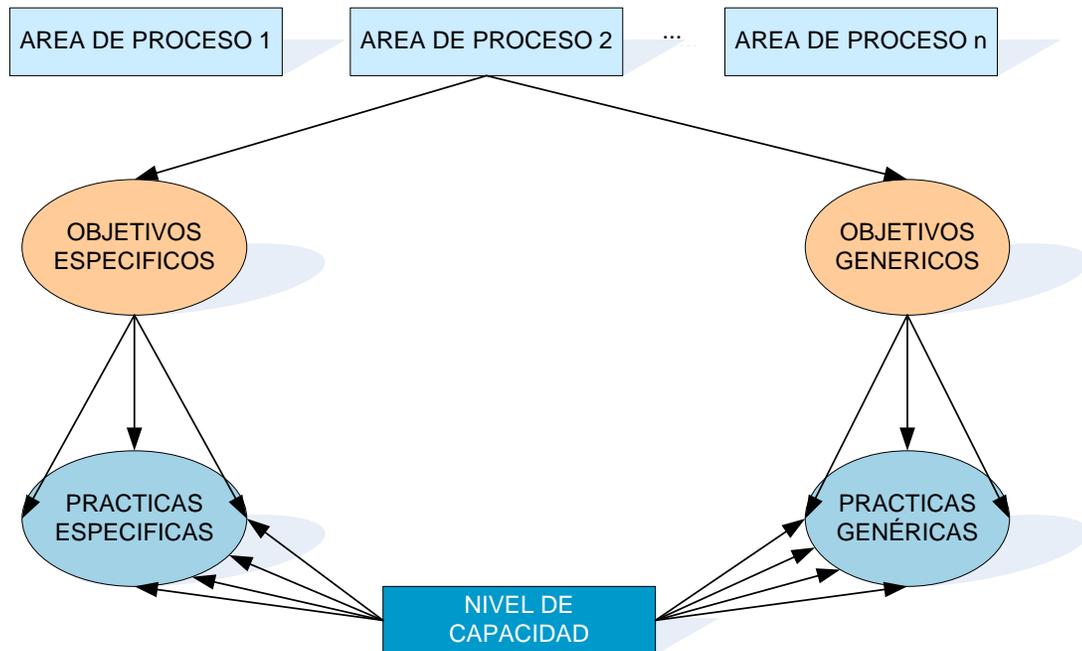


Figura 7. Estructura de los componentes de CMMI representación continua

Gestión del Proceso: Las áreas de proceso de la gestión del proceso contienen las actividades del proyecto relacionadas con definición, planeación, entrenamiento, desarrollo, implementación, supervisión, control, valoración, medición y mejora de los procesos en ejecución.

Gestión de Proyectos: cubren las actividades de la gerencia del proyecto relacionadas con la planeación, supervisión y control de proyectos.

Ingeniería: Las áreas de proceso de ingeniería cubren el desarrollo y las actividades de mantenimiento que se intervienen con las demás disciplinas de ingeniería

Soporte: Las áreas de proceso de soporte cubren las actividades que apoyan el desarrollo y mantenimiento del producto.

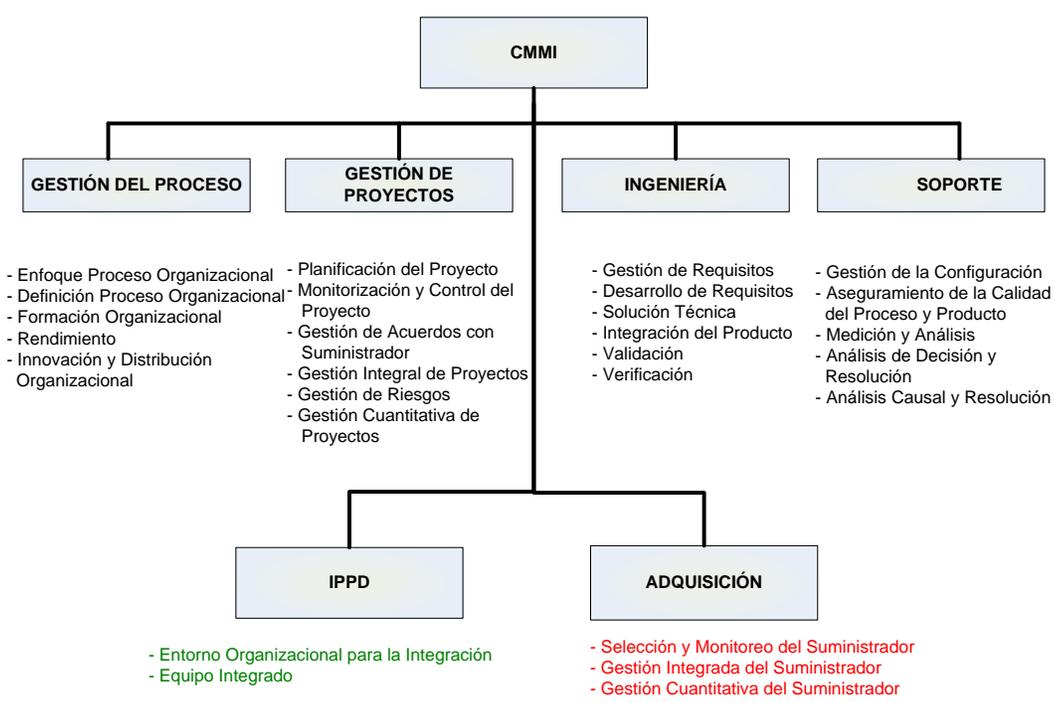


Figura 8. Áreas de proceso agrupadas según la representación continua

Niveles de capacidad

Nivel de capacidad 0 Incompleto: Un proceso incompleto es un proceso que no se realiza ni siquiera parcialmente. Una o más de los objetivos específicos del área de proceso no se satisfacen.

Nivel de capacidad 1 Realizado: Un proceso realizado es un proceso que satisface los objetivos específicos del área de proceso. Este soporta y permite el trabajo necesario para producir productos de trabajo de salida usando productos de trabajo de entrada identificados.

Nivel de capacidad 2 Gestionado: Un proceso gestionado es un proceso realizado (nivel 1 de capacidad) que también se planea y se ejecuta de acuerdo a políticas, habilidades de los empleados existiendo recursos adecuados para producir salidas controladas, involucra stakeholders o personal del proyecto relevantes; se supervisa, controla, revisa y se evalúa para adherirse a la descripción del proceso.

Nivel de capacidad 3 Definido: Un proceso definido es un proceso gestionado (nivel 2 de capacidad) que se adapta al conjunto de procesos estándares de la organización según las pautas de adaptación de la organización y contribuye a obtener productos del trabajo, mediciones, activos de procesos y otra información para la mejora del proceso.

Nivel de capacidad 4 Gestionado cuantitativamente: es un proceso definido (nivel 3 de capacidad) que es controlado usando técnicas estadísticas y cuantitativas. Los objetivos cuantitativos para el funcionamiento de calidad y del proceso se establecen y se utilizan como criterios en el manejo del proceso. La calidad y mejora del proceso se entiende en términos estadísticos y se manejan a través de la vida del proceso.

Nivel de capacidad 5 Optimización: es un proceso gestionado cuantitativamente (nivel 4 de capacidad), se focaliza en la mejora continua de la ejecución de procesos a través de mejoras incrementales e innovadoras. Se seleccionan estas mejoras basándose en una comprensión cuantitativa y predictiva de alcanzar los objetivos de la mejora de procesos de la organización contra el costo e impacto.

La evaluación del modelo CMMI está basada en el método SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) (SEI, 2001)[15]. SCAMPI es un método de evaluación aplicable a un amplio rango de modelos de evaluación, incluyendo tanto las evaluaciones internas (valoraciones) como la determinación de la capacidad externa. SCAMPI es un método de evaluación de clase A, de acuerdo a la clasificación establecida en ARC (Appraisal Requirements for CMMI) y puede dar soporte a la conducción de evaluaciones basadas en ISO/IEC 15504.

Los resultados de esta 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 evaluación deja de ser una simple encuesta para convertirse en una evaluación detallada y casi matemática.

Con la aparición del modelo CMMI y del método SCAMPI, se integran los modelos más representativos de evaluación y mejora de procesos, proporcionando un modelo flexible basado en los dos modos de representación de los procesos anteriormente descritos.

Como fundamento de este proyecto se eligió la representación continua de CMMI ya que permite el conocimiento y manejo individual de cada área de proceso logrando así mejorar en el proceso que la organización requiera.

3.1.2 Norma ISO/IEC TR 15504-2:2006

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO)[7]. El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica. Las Normas Internacionales son editadas de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 3 de las Directivas ISO/IEC.

La ISO en conjunto con IEC creó un estándar de certificación y estandarización denominado ISO/IEC TR 15504 (proyecto SPICE), que provee un modelo conceptual y marco para la evaluación, validación, optimización y certificación del proceso de desarrollo o construcción de software. Su primera publicación data de Julio de 1998 y en Mayo de 1999 se le dio carácter de Reporte Técnico (TR - Technical Report).

ISO/IEC 15504 inicialmente absorbe la escala de puntuación de capacidad de CMM, las actividades de proceso de ingeniería de ISO/IEC 12207, 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[31].

La norma ISO/IEC-TR 15504:2006 es un estándar internacional para la evaluación y mejora de procesos software. En este estándar se desarrolla un conjunto de medidas de capacidad estructuradas con el objetivo de evaluar el proceso de ciclo de vida del software.

3.1.2.1 Objetivos y alcances

“La gestión y administración de la calidad se ha convertido en algo absolutamente importante para dejarlo librado al azar”[18]. Con esta premisa TR 15504 intenta ser el elemento diferenciador que por medio de la definición de un modelo y marco de referencia permita evaluar el proceso de desarrollo de software de acuerdo a niveles definidos por la norma. Al mismo tiempo, permite asegurar la gestión de calidad en el proceso de desarrollo de software, identificando áreas de mejora y potenciales riesgos.

De esta forma, la metodología propuesta por el estándar TR 15504 permite satisfacer diferentes objetivos de acuerdo a quien sea su ejecutor o asesor y ellos cubren las necesidades de las empresas u organizaciones en aspectos como:

- Determinar el estado de su propio proceso de desarrollo de software.
- Definir el grado de cumplimiento del proceso de desarrollo de software de acuerdo a los requisitos específicos.
- Determinar el grado de madurez del proceso de desarrollo de software de sus contratistas.

3.1.2.2 Estructura y Componentes del Estándar

La norma ISO/IEC 15504, se enmarca bajo el nombre Tecnologías de Información: proceso de evaluación y está constituida por cinco partes.

Parte 1. Conceptos y vocabulario. (En preparación). Introduce los conceptos y el vocabulario de términos relacionados con evaluación de procesos.

Parte 2. Realización de la evaluación. Define las bases para evaluar procesos.

Parte 3. Guía para la realización de la evaluación. Proporciona una guía para la interpretación de los requerimientos para la realización de una evaluación.

Parte 4. Guía para usar en la determinación de la capacidad del proceso y mejora de procesos.

Parte 5. Un ejemplo de un modelo de evaluación de procesos (Publicada). Contiene un ejemplo de un modelo de evaluación de proceso que esta basado sobre el modelo de proceso de referencia ISO/IEC 12207:1995/AMD1& AMD2.

La norma completa reemplazará a la norma ISO/IEC 15504 de 1998.

Para el caso en estudio se ha trabajado con la parte 5 de esta norma[12] la cual provee un ejemplo de un modelo de evaluación de procesos ISO/IEC15504-5:2006. Esta parte contiene un conjunto de indicadores que han de ser considerados al interpretar el modelo de referencia de procesos. Estos indicadores pueden ser utilizados para implementar un programa de mejora de procesos o ayudar a evaluar o seleccionar un modelo de mejora, métodos, metodologías y herramientas [12].

La parte 2 de esta norma o sea el modelo de referencia de procesos ha sido usado como parte básica de la parte 5, conteniendo las características centrales que se deben esperar de cualquier modelo de mejora de procesos.

Esta norma precisa los requerimientos mínimos para realizar una evaluación que asegure un nivel de consistencia y capacidad de repetición. Identifica el framework de medida para la capacidad de procesos y los requerimientos para: la realización de una evaluación, el modelo de procesos de referencia, el modelo de evaluación de procesos y la verificación de la conformidad del proceso de evaluación[22].

El propósito del proceso de evaluación es conocer la capacidad de los procesos implementados por una organización. Como resultado de procesos de evaluación se debe:

- Determinar la información y los datos que caracterizan a los procesos evaluados.
- Determinar el grado en el cual los procesos logran el propósito para el cual fueron desarrollados.

La organización lógica de los elementos de esta norma (ver figura 9) muestra el modelo del proceso de valoración el cual se divide en un Modelo de referencia de procesos en donde se definen las mejores prácticas que se tienen en la ingeniería de software para el proceso de desarrollo software y un Framework de Medida que permite la evaluación del modelo de valoración. Este modelo de valoración es la guía para el proceso de valoración el cual cuenta con entradas y salidas que permiten la aplicación del modelo. Un modelo de evaluación de proceso se basará en una fuente de referencia adecuada a la definición del proceso, o sea un modelo de referencia de proceso como se muestra en la siguiente figura.

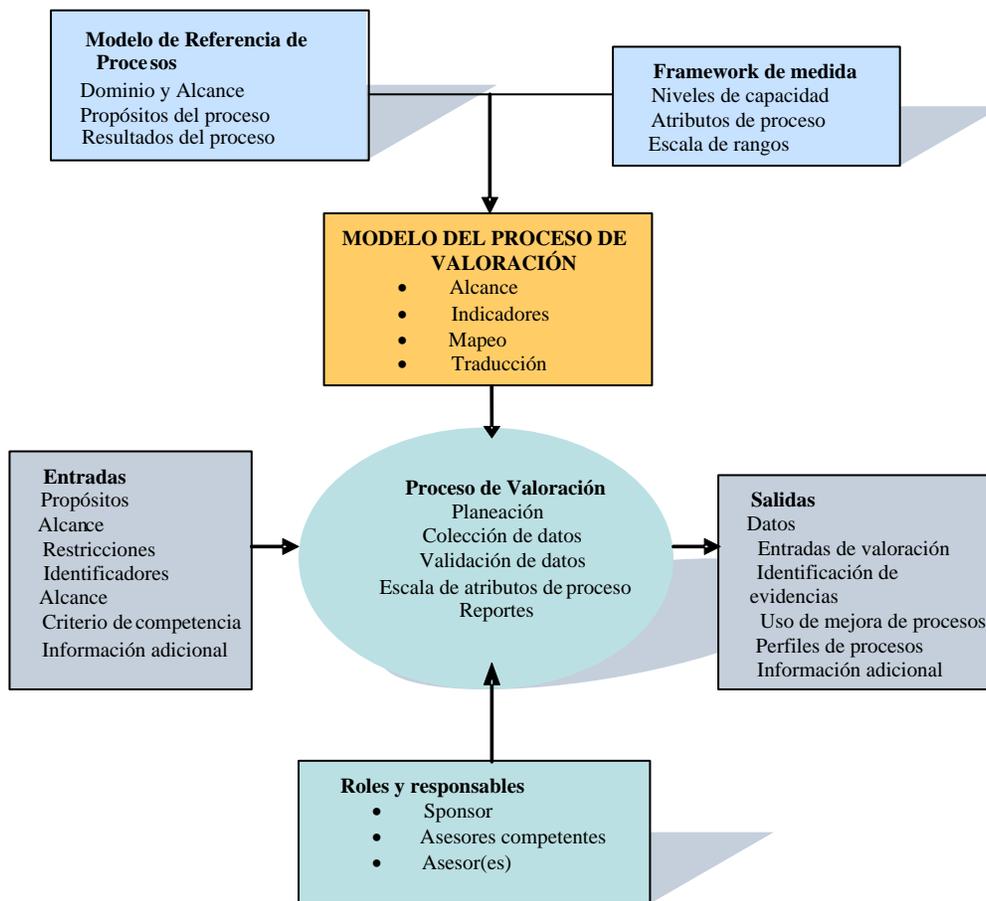


Figura 9. Elementos de la norma ISO/IEC 15504-2

El modelo de evaluación de proceso, proporciona una vista en dos dimensiones (ver figura 10) del modelo de capacidad de procesos. En una dimensión la **dimensión del proceso**, los procesos son definidos y clasificados dentro de las categorías de proceso. En la otra dimensión, la **dimensión de la capacidad**, un conjunto de atributos de proceso son agrupados dentro de los niveles de capacidad definidos. Los atributos de proceso proveen las características de medición de la capacidad del proceso.

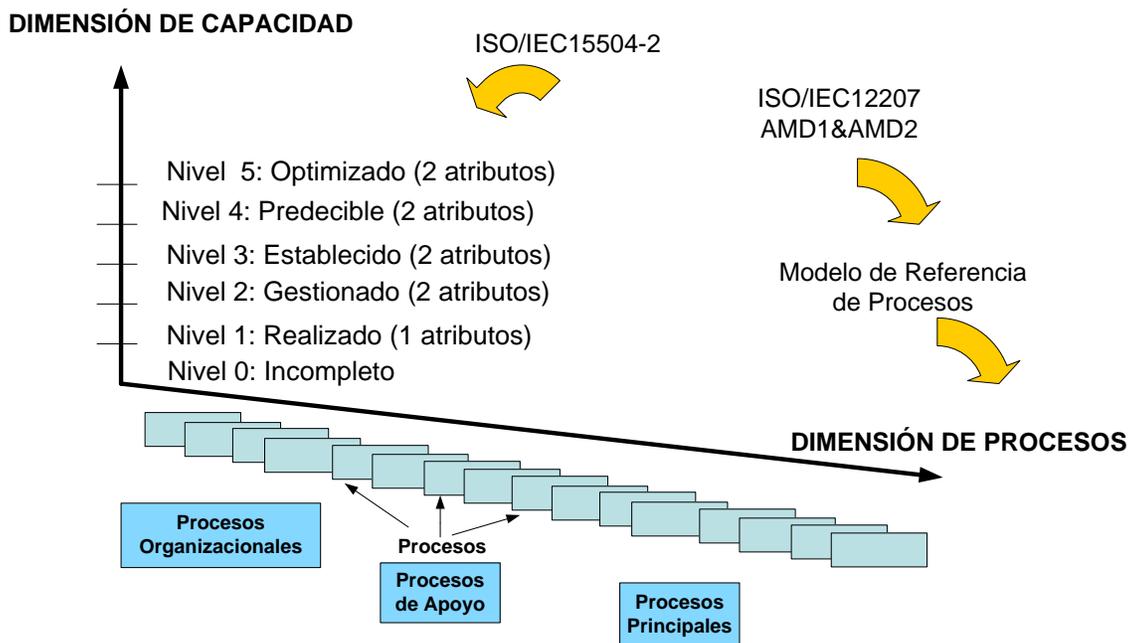


Figura 10. Vista del modelo de evaluación de proceso

La figura anterior nos muestra la relación entre el modelo de evaluación de procesos, ISO/IEC15504-2 e ISO/IEC 12207 AMD1 & AMD2, donde el modelo de referencia de procesos y la dimensión de la capacidad definida en ISO/IEC 15504-2 no puede ser usada exclusivamente como la base por dirigir valoraciones fiables y consistentes de capacidad del proceso si el nivel de detalle proporcionado no es suficiente. Las descripciones de los propósitos y salidas en el modelo de referencia de procesos y las definiciones de los procesos de atributo en ISO/IEC 15504-2 necesitan ser soportadas mediante un conjunto de indicadores de realización de procesos y capacidad de procesos.

En la **dimensión de procesos**, el modelo de referencia agrupa los procesos relevantes a tenerse en cuenta para la producción de software, segmentándolos en tres categorías principales; dependiendo del tipo de actividad que desarrollen en relación al ciclo de vida del proceso. De esta forma, la estructura propuesta en ésta dimensión es compatible con lo definido por el ISO-IEC 12207 Information Technology- Software Life Cycle Process, el cual puede ser considerado como el antecesor del estándar TR15504. Quedando, la dimensión, entonces cubierta por los siguientes grupos de procesos: Ciclo de vida principales, de soporte y organizacionales.

La estructura entonces de los tres grupos relacionados con el ciclo de vida del proceso principal, de soporte y organizacional; esta a su vez subdividida (ver figura 11) en categorías de proceso y grupos de proceso.

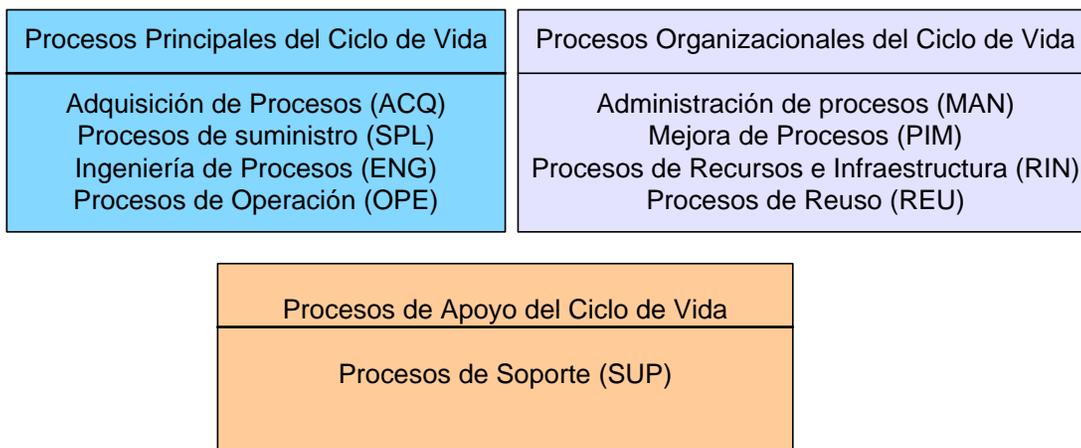


Figura 11. Categorías de Proceso en Grupos de Proceso

La **dimensión de capacidad** hace referencia a las habilidades y capacidades propias de los procesos utilizados para el desarrollo del software, define una escala jerárquica de 6 niveles que representan el incremento en las capacidades de los procesos de desarrollo de software analizados.

Nivel 0: Incompleto. Hay grandes fallas que limitan o incluso impiden el cumplimiento de los objetivos y propósitos del proceso. Hay muy pocos, o incluso ningún, producto y/o salida identificada a lo largo del proceso.

Nivel 1: Realizado. El propósito del proceso es generalmente alcanzado sin que éste no sea siempre planificado o controlable. Los individuos dentro de la organización reconocen que se debe llevar a cabo una acción la cual se ejecuta cuando es requerida. Existen productos generados por el proceso y por medio de ellos se mide el logro de los objetivos.

Nivel 2: Gestionado. El proceso genera productos capaces de ser liberados en tiempo y bajo planes controlables. Estos productos generados están alineados con determinados estándares y requerimientos. Los productos de trabajo se establecen, controlan y mantienen apropiadamente.

Nivel 3: Establecido. El proceso es ejecutado y gestionado usando un procedimiento fundamentado en principios de la ingeniería de software, capaz de alcanzar las salidas de proceso.

Nivel 4: Predecible. El proceso es establecido bajo controles y límites de tal forma que se aseguran sus objetivos. Se recolectan y analizan datos y mediciones del proceso, que facilitan un entendimiento cuantitativo de las capacidades del proceso y la posibilidad de predecir los resultados.

Nivel 5: Optimizado. La ejecución de los procesos esta optimizada para asegurar el logro de los objetivos de negocio actuales y futuros. El proceso optimizado requiere el manejo constante de nuevas ideas, y tecnologías así como la capacidad de cambiar aquellos procesos que sean necesarios para la concreción de los objetivos.

Dentro de ésta dimensión los atributos de proceso se componen de prácticas, siendo ellas las que permiten su medición individual para así determinar el grado de alcance del atributo al que pertenecen y el nivel en que se encuentra el proceso en estudio.

Cada uno de estos atributos, en forma individual, permite a su vez medir un aspecto específico de las capacidades y habilidades dentro de un proceso, y se encuentra dentro de una escala definida por el estándar. De esta forma la escala queda compuesta por los siguientes niveles:

N: No implementado (0% a 15%), hay muy poco o incluso ninguna evidencia de cumplimiento del atributo definido.

P: Parcialmente implementado (mayor a 15 % hasta 50%), hay alguna evidencia de una aproximación sistemática al cumplimiento del atributo. Algunos aspectos de éste cumplimiento son o pueden ser impredecibles.

L: Ampliamente implementado (mayor a 50% hasta 85%), hay evidencias claras de una aproximación sistemática al cumplimiento significativo del atributo. La ejecución del proceso puede variar en algunas áreas o unidades de trabajo.

F: Totalmente implementado (mayor a 85% hasta 100%), hay evidencias claras de una aproximación sistemática para el cumplimiento total del atributo. No hay debilidades significativas a lo largo de las unidades de trabajo.

Así podemos ver la relación existente entre el modelo de referencia y el de evaluación (ver figura 12), es decir el modelo de referencia (que se encuentra definido en la parte 2 del estándar), y el marco de aplicación propuesto como ejemplo para la evaluación o certificación (definido en la parte 5 del estándar).

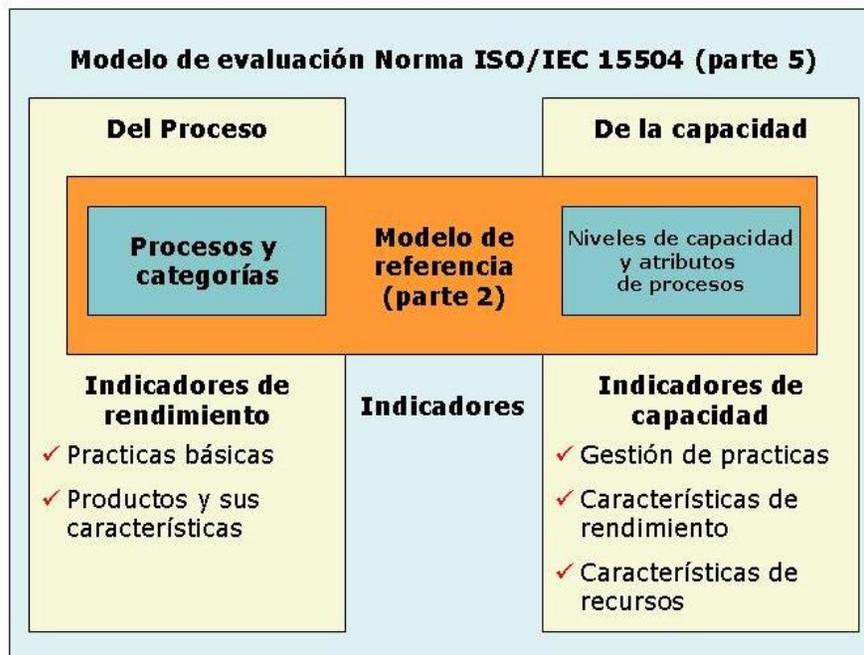


Figura 12. Modelo de evaluación

Debido al alcance del modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software, en el que la prioridad es ayudar a establecer o mejorar procesos de desarrollo software, se considera la norma ISO/IEC 15504 enfocándonos en la evaluación del rendimiento de procesos (parte 5). Utilizando los atributos de proceso que la norma aporta con respecto a la realización de procesos.

3.1.3 Norma ISO/IEC 12207:2006

Esta norma presenta un modelo de procesos de referencia del ciclo de vida del software que son fundamentales para una buena ingeniería de software y cubre las mejores prácticas. Los procesos son descritos en términos de lograr propósitos y resultados. Además precisa las actividades y tareas requeridas para implementar a alto nivel los procesos para alcanzar las capacidades deseadas para los adquirientes, proveedores,

desarrolladores, responsables de mantenimiento y operadores del sistema que contiene el software[13]. El modelo de referencia es también usado para proveer una base común para diferentes modelos y métodos asegurando que la evaluación sea realizada en un contexto común.

3.1.3.1 Objetivos y alcances

Establecer un marco de referencia común para los procesos del ciclo de vida del software, con una terminología bien definida a la que puede hacer referencia la industria del software [13].

Esta norma contiene procesos, actividades y tareas para aplicar durante la adquisición de un sistema que contiene software, un producto software puro o un servicio software y durante el suministro, desarrollo, operación y mantenimiento de productos software. Además la norma incluye un proceso que puede emplearse para definir, controlar y mejorar los procesos de ciclo de vida del software.

3.1.3.2 Estructura y componentes del modelo

Esta norma agrupa las actividades que pueden llevarse a cabo durante el ciclo de vida del software en cinco procesos principales, ocho procesos de apoyo y cuatro procesos organizativos cada uno, como lo vemos en la estructura de ISO 12207:2006 (ver figura 13).

a. Procesos principales del ciclo de vida

Los procesos principales del ciclo de vida (capítulo 5 de la norma) son cinco, dan servicio a las partes principales durante el ciclo de vida del software. Una parte principal es aquella que inicia o lleva a cabo el desarrollo, operación, o mantenimiento de los productos software. Estas partes principales son el adquiriente, el proveedor, el desarrollador, el operador, y el responsable de mantenimiento de productos software.

Los procesos principales son:

- 1) **Proceso de adquisición** (apartado 5.1 de la norma). Define las actividades del adquiriente, la organización que adquiere un sistema, producto software o servicio software.
- 2) **Proceso de suministro** (apartado 5.2). Define las actividades del proveedor, organización que proporciona un sistema, producto software o servicio software al adquiriente.
- 3) **Proceso de desarrollo** (apartado 5.3). Define las actividades del desarrollador, organización que define y desarrolla el producto software.
- 4) **Proceso de operación** (apartado 5.4). Define las actividades del operador, organización que proporciona el servicio de operar un sistema informático en su entorno real, para sus usuarios.
- 5) **Proceso de mantenimiento** (apartado 5.5). Define las actividades del responsable de mantenimiento, se proporciona el servicio de mantenimiento del producto software; esto es, la gestión de las modificaciones al producto software para mantenerlo actualizado y operarlo. Este proceso incluye la migración y retirada del producto software.

b. Procesos de apoyo del ciclo de vida

Hay ocho procesos de apoyo del ciclo de vida (capítulo 6, de la norma). Un proceso de apoyo es el que apoya a otro proceso como parte esencial del mismo, con un propósito bien definido y contribuye al éxito y calidad del proyecto software. Un proceso de apoyo se emplea y ejecuta por otro proceso, según sus necesidades.

Los procesos de apoyo son:

- 1) **Proceso de documentación** (apartado 6.1). Define las actividades para el registro de la información producida por un proceso del ciclo de vida.
- 2) **Proceso de gestión de la configuración** (apartado 6.2). Define las actividades de la gestión de la configuración.
- 3) **Proceso de aseguramiento de la calidad** (apartado 6.3). Define las actividades para asegurar, de una manera objetiva, que los productos software y los procesos son conformes a sus requisitos especificados y se ajustan a sus planes establecidos. Revisión Conjunta, Auditoria, Verificación, y Validación pueden ser utilizadas como técnicas de Aseguramiento de la Calidad.

- 4) **Proceso de verificación** (apartado 6.4). Define las actividades (para el adquiriente, proveedor o una parte independiente) para verificar hasta un nivel de detalle dependiente del proyecto software, los productos software.
- 5) **Proceso de validación** (apartado 6.5). Define las actividades (para el adquiriente, proveedor o una parte independiente) para validar los productos software del proyecto software.
- 6) **Proceso de revisión conjunta** (apartado 6.6). Define las actividades para evaluar el estado y productos de una actividad. Este proceso puede ser empleado por cualquiera de las dos partes, donde una de las partes (la revisora) revisa a la otra parte (la parte revisada), de una manera conjunta.
- 7) **Proceso de auditoría** (apartado 6.7). Define las actividades para determinar la conformidad con los requisitos, planes y contrato. Este proceso puede ser empleado por dos partes cualesquiera, donde una parte (la auditora) audita los productos software o actividades de otra parte (la auditada).
- 8) **Proceso de solución de problemas** (apartado 6.8). Define un proceso para analizar y eliminar los problemas (incluyendo las no conformidades) que sean descubiertos durante la ejecución del proceso de desarrollo, operación, mantenimiento u otros procesos, cualesquiera que sea su naturaleza o causa.

c. Procesos organizativos del ciclo de vida

Hay cuatro procesos organizativos del ciclo de vida (capítulo 7, de la norma. Se emplean por una organización para establecer e implementar una infraestructura constituida por procesos y personal asociado al ciclo de vida, y para mejorar continuamente esta infraestructura. Se usan habitualmente fuera del ámbito de proyectos y contratos específicos; sin embargo, la experiencia adquirida mediante dichos proyectos y contratos contribuye a la mejora de la organización.

Los procesos organizativos son:

- 1) **Proceso de gestión** (apartado 7.1). Define las actividades básicas de gestión, incluyendo la gestión de proyectos, durante un proceso del ciclo de vida.
- 2) **Proceso de infraestructura** (apartado 7.2). Define las actividades básicas para establecer la infraestructura de un proceso del ciclo de vida.
- 3) **Proceso de mejora** (apartado 7.3). Define las actividades básicas que una organización (adquiriente, proveedor, desarrollador, operador, responsable de

mantenimiento o gestor de otro proceso) lleva a cabo para establecer, medir, controlar y mejorar su proceso del ciclo de vida.

4) **Proceso de recursos humanos** (apartado 7.4). Define las actividades básicas para conseguir personal adecuadamente formado.

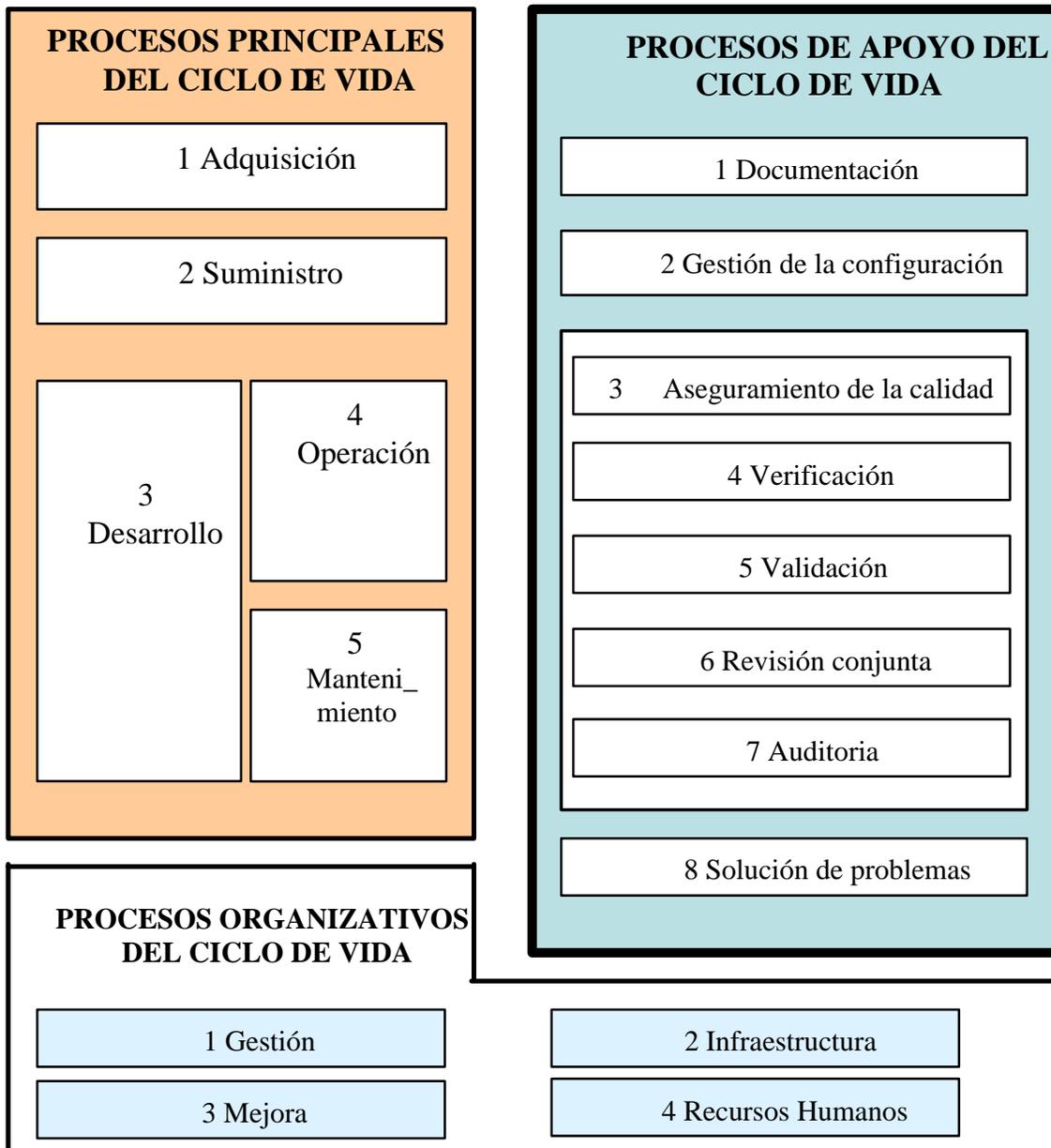


Figura 13. Estructura de la norma ISO IEC 12207

El modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software se fundamenta en una comparación de las mejores prácticas que se encuentran en el modelo CMMI y la norma ISO/IEC 12207:2006; a partir de esta investigación se realiza la construcción del modelo liviano de referencia que pretende reducir la complejidad de estas normas internacionales, de tal manera que la implantación de este modelo se acomode un poco más a la realidad de la industria colombiana de software. Así mismo el modelo liviano de calidad presenta una forma de evaluación basada en la norma ISO/IEC 15504:2006 donde se busca valorar las áreas del modelo de liviano de referencia.

3.2 MANIFIESTO AGIL

El término “**Métodos Ágiles**” se define para aquellos métodos que surgieron como alternativa a las metodologías formales[10], a las que consideraban excesivamente “pesadas” y rígidas por su carácter normativo y fuerte dependencia de planificaciones detalladas, previas al desarrollo; ésta metodología se encuentra consignada en el Manifiesto Ágil[14].

3.2.1 Objetivos y alcances

Los modelos de desarrollo ágil de software tienen como objetivo esbozar los valores y principios permitiendo a los equipos desarrollar software rápidamente y responder a los cambios que puedan surgir a lo largo de los proyectos, además pretenden ofrecer una alternativa a los procesos de desarrollo de software tradicionales, caracterizados por ser rígidos y dirigidos por la documentación que se genera en cada una de las actividades desarrolladas.

Los puntos del manifiesto se sustentan en 12 principios:

1. Nuestra principal prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de software de valor.
2. Son bienvenidos los requisitos cambiantes, incluso si llegan tarde al desarrollo. Los procesos ágiles se dobligan al cambio como ventaja competitiva para el cliente.
3. Entregar con frecuencia software que funcione, en periodos de un par de semanas hasta un par de meses, con preferencia en los periodos breves.

4. Las personas del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos de forma cotidiana a través del proyecto.
5. Construcción de proyectos en torno a individuos motivados, dándoles la oportunidad y el respaldo que necesitan y procurándoles confianza para que realicen la tarea.
6. La forma más eficiente y efectiva de comunicar información de ida y vuelta dentro de un equipo de desarrollo es mediante la conversación cara a cara.
7. El software que funciona es la principal medida del progreso.
8. Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenido. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deben mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica enaltece la agilidad.
10. La simplicidad como arte de maximizar la cantidad de trabajo que se hace, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos que se auto-organizan.
12. En intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre la forma de ser más efectivo y ajusta su conducta en consecuencia.

El manifiesto ágil [14], es un documento que resume la esencia de las metodologías ágiles, valora: *“Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas; Desarrollar software que funciona, más que conseguir una buena documentación; La colaboración con el cliente, más que la negociación de un contrato; Responder a los cambios, más que seguir estrictamente un plan”*[30].

Con el fin de promover el uso adecuado de las metodologías ágiles en las MyPIMES desarrolladoras de software, se proponen un conjunto de prácticas enmarcadas bajo los valores y principios del manifiesto ágil las cuales serán utilizadas en el modelo liviano de evaluación.

3.3 ANTECEDENTES

3.3.1 Situación de la Industria de Desarrollo del Software en Latino América

Algunos países de Latinoamérica se han preocupado por la calidad de los procesos de desarrollo de software para su industria, prueba de esto es el modelo “MoProSoft” de México[16] y el modelo “MPS-BR” de Brasil[17].

3.3.1.1 MOPROSOFT

En el caso de México, se ha desarrollado el modelo MoProSoft[16] - Modelo de Procesos para la Industria de Software en México tiene como propósito fomentar la estandarización de su operación a través de la incorporación de las mejores prácticas en gestión e ingeniería de software. La adopción del modelo permitirá elevar la capacidad de las organizaciones para ofrecer servicios con calidad y alcanzar niveles internacionales de competitividad. El modelo pretende apoyar a las organizaciones en la estandarización de sus prácticas, en la evaluación de su efectividad y en la integración de la mejora continua.

MoProSoft pretende proporcionar a la industria de software en México, que en su gran mayoría es pequeña y mediana, un modelo basado en las mejores prácticas internacionales con las siguientes características: fácil de entender, fácil de aplicar, no costoso en su adopción, ser la base para alcanzar evaluaciones exitosas con otros modelos o normas, tales como ISO 9000:2000 o CMM V1.1.

3.3.1.2 MODELO DE REFERENCIA MPS BR

En el caso de Brasil, se está desarrollando el proyecto MPS-BR[17] que tiene como objetivo principal definir e implementar un modelo para la mejora de procesos de software. El cual pretende dar respuesta a la pregunta ¿Cómo mejorar radicalmente los procesos de software en Brasil, con foco en un número significativo de micro, pequeñas y medianas empresas de forma que estas obtengan un nivel de madurez 2 o 3, a un costo accesible?, para resolver este problema el proyecto MPS-BR desarrolló dos modelos: un Modelo de Referencia para la mejora del proceso del software MR- MPS y un Modelo de Negocio para la mejora del proceso del software MN-MPS.

El Modelo de Negocio para la mejora del proceso del software MN-MPS, define los elementos e interacciones involucrados para la certificación de la empresa a través de la implementación de MR-MPS de dos maneras: personalizada para una empresa o conjunta entre un grupo de empresas (logrando así costos más accesibles para las micro, pequeñas, medianas empresas).

El Modelo de Referencia para la mejora del proceso del software MR-MPS, comprende niveles de madurez y un método de evaluación. El nivel de madurez está organizado en dos dimensiones: de capacidad (basada en atributos del proceso) y de proceso (basada en ISO/IEC 12207:2002). La madurez del proceso define 7 niveles; para cada uno de estos niveles de madurez se les atribuye áreas de proceso, con base en los niveles 2, 3, 4 y 5 de CMMI, para posibilitar la implementación gradual y adecuada en micro, pequeñas y medianas empresas Brasileñas.

3.3.2 Situación en Colombia

La situación actual de la industria de desarrollo de software en Colombia es un elemento de vital importancia para el gobierno nacional. Esto lo demuestran el número de nuevas propuestas[23] que pretenden apoyar el fortalecimiento de esta industria, ejemplos de estas son:

La iniciativa del Ministerio de Comercio de apoyar el proceso de exportación del software y las Tecnologías de Información (TI), esta iniciativa busca fortalecer la industria para que sea competitiva a nivel internacional.

Las propuestas de Proexport[24], que apoyan tanto el proceso exportador de TI como la capacitación para la internacionalización liderada por Fedesoft [23].

Las estrategias propuestas por Conciencias[25], fortaleciendo la corporación CATI (Centro de Apoyo de la Tecnología Informática) como líder en el fomento de I&D. Y su apoyo en la inclusión de la TI dentro del plan estratégico nacional.

La Agenda de Conectividad [26] pretende direccionar recursos para proyectos de fomento al sector de TI.

BANCOLDEX busca crear líneas de fomento exportador especializadas en TI y crear líneas de fortalecimiento empresarial para crecimiento corporativo y proyectos.

El CCSSA ha desarrollado un mapa de factores de competitividad de la industria de desarrollo del software[27], en el cual se expresa cuatro categorías de factores de

competitividad: factores de conocimientos de mercado, factores de soporte, factores de producción y factores de competencia. En el factor de competencia se expresa claramente que se debe "Contar con el apoyo para acceder a programas de aseguramiento y certificación ISO 9001 y CMMI".

Esto demuestra, que la industria de software en Colombia atraviesa un buen momento para aplicar nuevas estrategias y acceder a nuevos elementos que persigan el fortalecimiento regional, nacional y por que no, su posicionamiento internacional. Dentro de esas estrategias puede entrar perfectamente la mejora de los procesos de desarrollo de software en la empresa, como instrumento para la certificación.

Estudios realizados por Fedesoft, sugieren una serie de actividades para generar una cultura exportadora para la industria de desarrollo del software en Colombia, las cuales son: Capacidad de procesos de exportación, Análisis interno de las empresas, Definir la oferta exportable de productos y servicios, Realizar inteligencia de mercados, Participar en ferias internacionales y misiones comerciales, Generar procesos asociativos, Iniciar procesos de certificación.

Como se puede observar para la empresa de desarrollo de software en Colombia una actividad prioritaria es la certificación, que debe estar orientada hacia modelos como el CMMI y el ISO/IEC 15504, para poder lograr competitividad internacional. El estudio de Fedesoft refleja además el potencial de la industria de desarrollo de software en Colombia, a través de la existencia de: 6 parques tecnológicos de software, 11 incubadoras especializadas de empresas de software, más de 850 empresas de desarrollo de software, más de 5000 potenciales desarrolladores para trabajar.

Además, según [28] los clientes de las empresas desarrolladoras de software Colombianas buscan proveedores que certifiquen la complacencia en la presentación y venta de servicios, es por ello que las empresas que poseen alguna certificación de calidad tienen una ventaja competitiva tanto nacional como internacional, ya que se ha convertido una referencia internacional para los requisitos de calidad para establecer los negocios. En la actualidad, de 1705 empresas de Software que existen en Colombia, alrededor de un 110 de empresas cuentan con certificación ISO 9001. Es importante tener en cuenta que en Colombia las empresas pueden comenzar su certificación en ISO 9001:2000, ya que existe un apoyo financiero gubernamental a través del programa

CYGA[29] para quienes inicien su iniciativa de gestión de calidad a través del estándar internacional ISO 9001:2000.

PROEXPORT y el SENA, a través del Proyecto de Implementación y Certificación de CMMI [24], pretende dar un valor agregado a las empresas del sector de Tecnologías de la Información Colombianas.

4. MODELO LIVIANO DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE DESARROLLO SOTFWARE

El modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software es un modelo cimentado en el modelo de calidad CMMI-SW (Capability Maturity Model Integration – Software)[8] orientado a la mejora de procesos de desarrollo software, el cual recopila las mejores prácticas de ingeniería de software y de gestión; y en dos normas de la organización internacional de estándares ISO como son: la norma ISO/IEC 12207:2006[13] en donde se presenta un modelo de procesos de referencia del ciclo de vida del software que son fundamentales para una buena ingeniería del software y en la norma ISO/IEC 15504:2006[12] específicamente en su parte 5, este proporciona un modelo de evaluación en dos dimensiones, la dimensión del proceso, donde alberga un modelo de referencia externo el cual define un conjunto de procesos característicos con declaraciones de propósitos y resultados del proceso; y la dimensión de capacidad del proceso que consiste en un framework de medida, abarcando seis niveles de capacidad de procesos y atributos de proceso asociados.

El modelo liviano de calidad agrupa las mejores prácticas de los modelos de calidad estudiados, y se divide en dos modelos: un modelo liviano de referencia (MLR-PDS) y un modelo liviano de evaluación (MLE-PDS) bajo la consideración de tener una forma más organizada y separada la guía de referencia de implementación de procesos y la guía de evaluación de procesos.

El modelo liviano de referencia considera las mejores prácticas que se tienen en la ingeniería del software, aplicables y necesarias de implementar en MiPYMES desarrolladoras de software. Estas prácticas se obtuvieron de la comparación, contrastación y articulación del modelo de calidad CMMI-SW y la norma internacional ISO/IEC 12207.

El modelo liviano de evaluación contempla la norma internacional ISO/IEC 15504–5 en donde se define un modelo de evaluación de procesos, el cual se puede relacionar con uno o más modelos de referencia. Y adiciona métricas para estimar el rendimiento y

capacidad de los procesos software, formando una base que permita coleccionar evidencias de la implantación de los procesos del modelo de referencia y una puntuación relacionada con la efectividad de la implementación de los procesos denominada medida de rendimiento del proceso.

Este modelo permite a las empresas medir el rendimiento de los procesos implementados y de las prácticas que lo componen y de esta forma permite que las empresas se encaminen hacia la calidad de software buscando ser más competitivos nacional e internacionalmente. El modelo contribuye a que las empresas puedan crecer controladamente para buscar mejorar los procesos de desarrollo que estas utilizan, con el propósito de tener empresas más competitivas, con oportunidad a futuro de exportar sus productos y buscar una certificación en los modelos de calidad reconocidos internacionalmente.

4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las consideraciones de diseño del Modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software se han abordado teniendo en cuenta las siguientes definiciones: La calidad de un producto de software está determinada, en buena medida, por la calidad del proceso usado para desarrollarlo y mantenerlo[32], donde el proceso es un conjunto de prácticas o tareas relacionadas, llevadas a cabo a través de roles y elementos automatizados, que mediante recursos y a partir de insumos producen un producto o servicio que satisface al cliente. Bajo estos puntos de vista los modelos de calidad buscan ser, modelos que brinden a las empresas las mejores prácticas maduras, consolidadas y probadas para el desarrollo y mantenimiento de productos software con el fin de tener mayor productividad en la organización en menos tiempo, con menos defectos y mayor satisfacción del cliente y planificaciones más acertadas.

Bajo este contexto el modelo liviano de calidad de software se define como una guía para definir, establecer y evaluar procesos, con el fin de acercar a las MiPYMES al establecimiento óptimo de sus procesos o si ya tienen sus procesos establecidos, tomar el modelo como punto de referencia para identificar los elementos que le hacen falta cubrir o están pobremente establecidos y comprobar la efectividad de implementación de un grupo de ellos al ejecutarlos.

La finalidad del modelo liviano de calidad en lo que a calidad de software respecta es disminuir la complejidad que presentan los modelos de calidad internacionales utilizados como base en la realización del mismo, y enmarcar a las MiPYMES en un conjunto seleccionado de mejores prácticas para el desarrollo de software, ahorrándole esfuerzo y costos al tratar de implementar mejoras en el proceso de desarrollo de software.

Desde esta perspectiva el modelo liviano de calidad de software está compuesto por dos elementos principales: Un modelo de referencia donde se concentran las mejores prácticas para el desarrollo de software, agrupadas por áreas de procesos donde cada una de ellas mantendrá uno o varios objetivos que definen el propósito del área; para el cumplimiento de cada uno de los objetivos, se mantienen una serie de prácticas específicas asociadas a cada objetivo con un conjunto de subprácticas para tener mayor control sobre el trabajo que se debe desarrollar en cada práctica específica. Adicionalmente por cada área de proceso se mantiene la definición de perfiles profesionales o roles, necesarios en la implementación de las áreas de proceso, y un conjunto de productos de trabajo que harán las veces de insumos o resultados de las subprácticas y por consiguiente de las prácticas específicas, con el fin de facilitar el entendimiento de las actividades, tareas y artefactos que se deben desarrollar en cada área de proceso.

El modelo de evaluación por su parte presenta un conjunto de métricas que permite medir el rendimiento de las prácticas específicas, de una forma confiable y fácil de implementar. Confiable debido a que se utilizan dos formas de evaluar cada práctica específica con respecto a un atributo de proceso que mide la realización del proceso; la primera consiste en evaluar el grado de implementación de las subprácticas en la empresa y la contribución que cada una de estas tiene en la realización de los productos de trabajo, y la segunda consiste en la verificación de la realización de los productos de trabajo especificados en el modelo. Fácil debido a que consiste en un conjunto de preguntas sencillas y concisas que permiten determinar el grado de implementación de cada práctica específica y en consecuencia el grado de cumplimiento de los objetivos específicos y áreas de proceso asociadas a cada práctica.

El modelo de evaluación permite valorar la realización de los procesos de una forma ágil mediante otro atributo de proceso que permite conocer si cumple con algunas de las características de las metodologías ágiles.

4.2 DETALLES DE IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del modelo liviano de calidad de software se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Generar una estructura cómoda de entender y utilizar por parte de las empresas desarrolladoras de software del sur occidente Colombiano.
- Escoger los procesos adecuados que se involucran en el modelo liviano de calidad, acordes a las características de las MiPYMES del sur occidente Colombiano.
- Destacar el papel del proceso de desarrollo de software, y tenerlo como punto de partida para la mejora de procesos de desarrollo de software.
- Buscar maneras de disminuir la complejidad de los modelos de calidad internacionales para facilitar la implementación de un proceso de mejora en las MiPYMES del sur occidente Colombiano.
- Fundamentar el modelo de referencia en el modelo internacional CMMI y en la Norma técnica ISO/IEC 12207.
- Fundamentar el modelo de evaluación en la Norma técnica ISO/IEC 15504 y en métricas de rendimiento de procesos definidas en el trabajo Medidas para estimar el rendimiento y capacidad de los procesos software de conformidad con ISO/IEC 15504.

4.3 ESTRUCTURA DEL MODELO LIVIANO DE CALIDAD

Para generar la estructura del modelo de calidad se tomó como referencia las estructuras establecidas por los modelos de calidad estudiados, tratando de disminuir su complejidad, colocando algunos elementos adicionales para facilitar la interpretación que las MiPYMES le dan al momento de implantarlo.

El modelo de calidad CMMI presenta dos estructuras debido a las representaciones que este tiene. Y después del estudio que se realizó a cada una de las representaciones se determino utilizar la representación continua (ver figura 7) ya que esta representación facilita la implementación y evaluación de procesos individuales, debido a que no se encuentran ligados a un nivel de madurez. Proporciona entonces flexibilidad a las organizaciones para elegir en que procesos poner más énfasis para su mejora, así como cuando mejorar cada proceso. Y permitiendo además conocer el estado concreto de cada proceso.

Este modelo internacional presenta ciertas ambigüedades debido a su gran tamaño y a la mezcla del modelo de referencia y el modelo de evaluación. Haciendo el estudio y comprensión de éste, una tarea ardua y tediosa. No cabe ninguna duda de que es un modelo muy completo debido a que abarca, sin exclusión alguna, todas las áreas involucradas en el proceso de desarrollo de software y trata de cubrir hasta el más mínimo detalle de las actividades a desarrollar en la implantación de las áreas de proceso, pero debido a su gran tamaño y estructura se hace bastante difícil la implementación de este en las MIPYMES.

La norma internacional ISO/IEC 12207 mantiene una estructura más sencilla (ver figura 14) en cuanto a procesos, que la estructura de la representación continua de CMMI, donde los procesos se organizan por actividades, las cuales se implementan a través de tareas donde una tarea está definida como un conjunto elemental de acciones; se puede destacar también que la norma intenta expresar algunos roles importantes o ejecutores de las tareas, y mantiene los procesos clasificados en tres tipos de procesos: Primarios, de soporte y organizacionales.

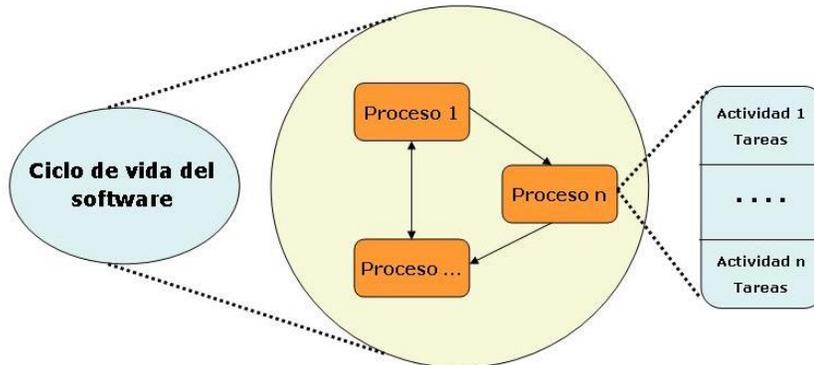


Figura 14. Estructura de los Procesos de la Norma ISO/IEC 12207

La norma ISO/IEC 12207 permite mantener un grado de incertidumbre muy grande en la forma en como, cuando y quienes deben de realizar las actividades asociadas a cada proceso. Expresa de alguna manera las tareas y actividades que se deben desarrollar en el ciclo de vida del software; pero estas actividades y tareas se expresan de una forma genérica, dando la posibilidad de que las empresas realicen la implementación de estas como consideren mejor, generando equivocaciones y errores de apreciación.

De la norma internacional ISO/IEC 15504 se estudió la parte 5 donde se presenta el modelo de evaluación de procesos (ver figura 12); ya que esta norma es la única que presenta una división clara entre el modelo de referencia y el modelo de evaluación.

La norma utiliza para la evaluación de procesos como modelo de referencia la norma ISO/IEC 12207, pero es adaptable a cualquier modelo de referencia de procesos, y lo expande en la parte 5, a un ámbito práctico y agrega definiciones e instrucciones de uso de indicadores de evaluación. Dichos indicadores propuestos por el estándar, permiten la medición del rendimiento de los procesos de desarrollo, para reflejar la capacidad del mismo. Estos indicadores se encuentran divididos en dos grupos según sus objetivos: **indicadores de rendimiento**, asociados con las prácticas básicas utilizadas a lo largo del proceso, los productos generados por el proceso y sus características, y los **indicadores de capacidad**, los cuales tienen como objetivo definir las características y capacidades del proceso a nivel general y son las técnicas utilizadas para la gestión de prácticas, las características de rendimiento y las características de los recursos e infraestructura.

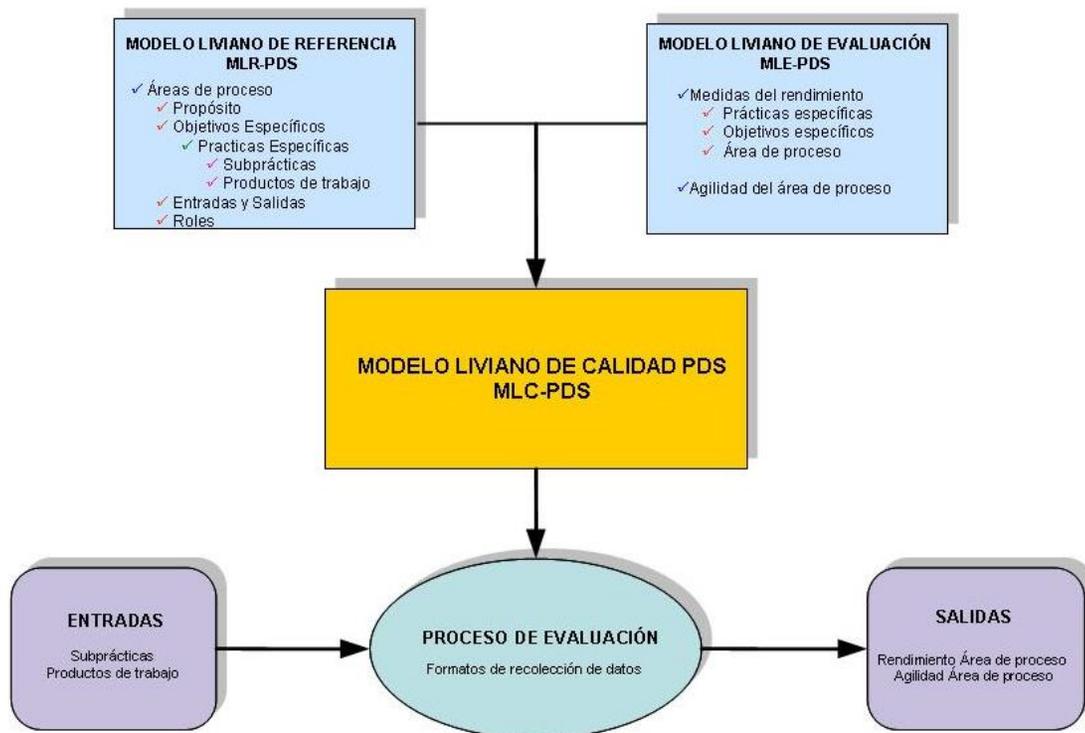


Figura 15. Modelo liviano de calidad para la mejora de PDS

Después de estudiar cada una de las estructuras detalladamente de los modelos existentes se generó una estructura (ver figura 15) para el Modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software. Esta estructura adquiere las mejores características de las anteriormente expuestas, es decir:

El modelo liviano de calidad diferencia entre el modelo de referencia y el modelo de evaluación para facilitar la comprensión y utilización de este modelo; proporcionando a las MiPYMES facilidad para orientarse adecuadamente hacia un modelo u otro según la necesidad que requiera implementar.

El modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software, permite conocer las mejores prácticas para el desarrollo de software organizadas en áreas de proceso, junto con los roles necesarios en cada área y los productos de trabajo que se deben obtener en la implementación de estas prácticas.

El modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software, proporciona un marco definido de evaluación propio, adquiriendo los elementos necesarios del modelo de referencia para la evaluación, adicionando métricas para medir el rendimiento de los procesos y dando la oportunidad de conocer la agilidad de los procesos que la empresa implementa.

El modelo liviano de calidad mantiene un conjunto de áreas de proceso para facilitar la implementación y evaluación de procesos individuales y no los liga a ningún nivel de madurez proporcionando de esta manera flexibilidad a las MiPYMES para elegir los procesos en los que quiere establecer la mejora.

El modelo liviano de calidad conserva una estructura sencilla (ver figura 15), que facilita una adecuada comprensión de las áreas de procesos que lo componen y adiciona a esta estructura algunos elementos que facilitarán su utilización, evitando que las MiPYMES que lo utilicen mantengan preguntas y dudas sobre la forma adecuada de la implementación de los procesos.

A diferencia de los modelos anteriores, el modelo liviano de calidad adiciona roles necesarios para la práctica de las áreas de proceso del modelo de referencia liviano de calidad, permitiendo de esta manera mantener una mejor organización del personal

involucrado en la mejora de procesos de desarrollo software. Adiciona también productos de trabajo los cuales son resultados tangibles del desarrollo de las actividades desarrolladas. Estos productos de trabajo pueden ser también insumos o entradas a prácticas específicas de las áreas de procesos involucradas en el modelo liviano de calidad. Estas nuevas características facilitan la comprensión de las actividades que se deben desarrollar en el establecimiento del proceso de mejora de desarrollo de software y evita ambigüedades en la forma en como y quienes deben desarrollar o dirigir cada actividad o subpráctica.

4.4 ÁREAS DE PROCESOS DEL MODELO LIVIANO DE CALIDAD

Para escoger las áreas de proceso involucradas en el modelo liviano de calidad se tomó como principal insumo la investigación sobre el estado de la práctica del proceso de desarrollo de software en la región sur occidental colombiana [4] desarrollada en el proyecto SIMEP-SW[9], la investigación se realizó con una muestra de 20 empresas ubicadas en las ciudades de Cali, Popayán y Pasto, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Con respecto al perfil general de las empresas del sur occidente Colombiano, las empresas en un 70% son microempresas y en un 30% PYMES, con una trayectoria en su mayoría de menos de 5 años, y una minoría de 10 o más años; con un alcance o proyección casi en su totalidad a nivel nacional.

Las empresas del sur occidente colombiano, se caracterizan además por adoptar procesos de desarrollo diferentes dependiendo de la naturaleza del proyecto que se desarrolle; es decir casi la totalidad de las MiPYMES desarrolladoras de software manejan procesos de desarrollo externos a la empresa, y en ocasiones se manejan diferentes procesos de desarrollo para cada proyecto (ver tabla 1).

Escasamente en una de las empresas encuestadas se maneja un proceso de desarrollo propio. Esto nos deja ver una gran falencia con respecto al proceso de desarrollo que se maneja en las MiPYMES del sur occidente colombiano, y es que las empresas no tienen la capacidad de adaptar procesos de desarrollo a su entorno, sino que prefieren adaptarse a los procesos existentes.

Tabla 1. Procesos de desarrollo utilizados en las MiPyMES

Procesos	Nº Empresas que lo usan
Cascada	6
Proceso Unificado de Desarrollo	5
Espiral	5
Rational UP	4
Xprogramming	2
Proceso Propietario	1
Otro	6

Por consiguiente nuestro interés se centra en proponer prácticas de desarrollo software, que le permitan a las MiPYMES establecer su propio proceso de desarrollo software, adoptando de los modelos de procesos existentes lo que a su entorno se ajuste. Por esta razón el enfoque que maneja el modelo es hacia las prácticas de desarrollo que están más ligadas al proceso de desarrollo software como tal.

En esta investigación también se recopiló información sobre las técnicas y prácticas que se utilizan en cada una de las disciplinas fundamentales o áreas de proceso de desarrollo de software que el proyecto SIMEP-SW considera necesarias tener en cuenta.

Por cada disciplina se involucran una cantidad de artefactos, técnicas o prácticas y se investiga sobre cuales son utilizadas en las empresas que pertenecen a la muestra. Las disciplinas consideradas en la investigación fueron: Modelado de negocios, Ingeniería de requisitos, Análisis y diseño, Implementación, Pruebas, Implantación, Planificación, Seguimiento, Administración de requisitos, Gestión de la configuración, Aseguramiento de calidad.

Esta información nos permitió conocer las disciplinas que se implementan y su estado actual en las MiPYMES del sur occidente Colombiano. Realizando un análisis de la información presentada por la investigación se pudo determinar el grado de implementación promedio de cada una de las disciplinas; y con la tabulación de los artefactos, técnicas y prácticas utilizadas en cada disciplina se calculó el porcentaje de

implementación de cada uno de éstos en una disciplina específica¹. Obteniendo como resultado la siguiente gráfica (figura 16) en la cual se ilustra la cantidad de artefactos utilizados para la implementación de cada disciplina, indicando de esta manera el grado de desarrollo de las disciplinas en las MiPYMES sur occidentales colombianas.

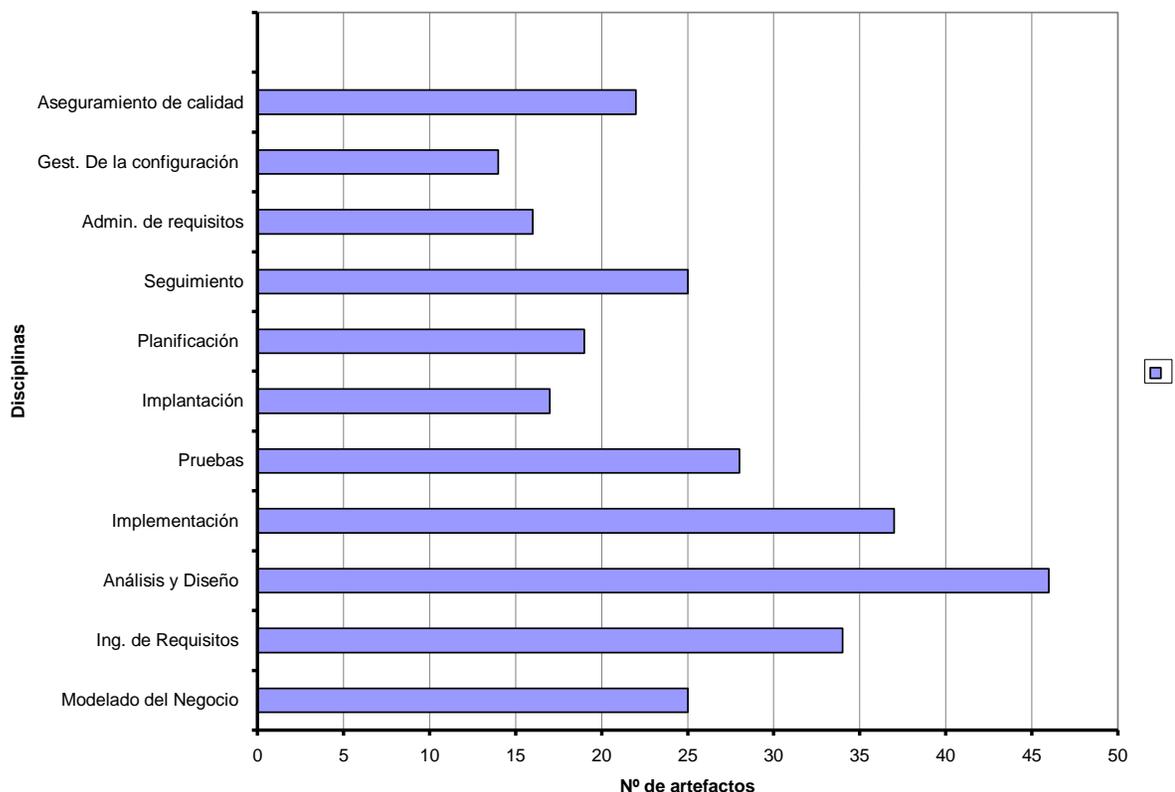


Figura 16. N° de artefactos utilizados por cada disciplina

Según la gráfica anterior tenemos la siguiente priorización de disciplinas (ver tabla 2) a considerar en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo de software, teniendo en cuenta que nos interesa en especial trabajar en áreas donde su grado de implementación o desarrollo sea deficiente.

Para apoyar la elección y priorización de las áreas que se involucraron en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software se consideró la investigación acerca del estado de la práctica de los procesos de desarrollo software en micro, pequeñas y medianas empresas[4]; así como también una revisión sistemática

¹ Consultar información en el Anexo A.

acerca de los esfuerzos de mejora de procesos software (SPI) llevados a cabo en PYMES desarrolladoras de software, con el objetivo de conocer lo que se ha realizado y logrado sobre mejora de procesos software en este tipo de empresas. Además se tuvo en cuenta trabajos desarrollados por AVOCA[34] especialistas y consultores en las áreas de Pruebas de Software, Métricas software, Mejora de procesos, Herramientas de evaluación, ISO 9000, CMM y CMMI[33].

Tabla 2. Priorización de Disciplinas

Disciplinas	Prioridad
Análisis y diseño	10
Implementación	9
Ingeniería de Requisitos	8
Pruebas	7
Modelado del negocio	6
Seguimiento	
Aseguramiento de la calidad	5
Planificación	4
Implantación	3
Administración de requisitos	2
Gestión de la configuración	1

La revisión sistemática fue desarrollada para identificar, evaluar, interpretar y sintetizar todas las investigaciones existentes y relevantes con respecto a la literatura acerca de los esfuerzos de mejora de procesos software (SPI) llevados a cabo en PYMES desarrolladoras de software. Uno de los resultados importantes que se obtuvo en la revisión sistemática es que hay un creciente interés en la comunidad de Ingeniería del Software en abordar la mejora de procesos software en PYMES desarrolladoras de software, evidenciado por el creciente número de estudios que tratan el tema.

Otro importante resultado de la revisión sistemática expresa que a nivel mundial hay un consenso general en que los modelos del SEI e ISO difícilmente pueden ser aplicados a empresas pequeñas debido a que un proyecto de mejora supone gran inversión en dinero, tiempo y recursos.

De los estudios primarios utilizados en la revisión sistemática se buscó la información que reportaba de manera explícita los procesos mejorados. Luego esta información relacionada con la mejora y que estaba expresada en lenguaje natural se analizó y adaptó para poderla encuadrar en un modelo de procesos. Esto permitió tener una visión acerca de hacia dónde se han enfocado los esfuerzos de mejora en las MiPYMES. El modelo de procesos usado en la revisión sistemática para expresar las mejoras fue el ISO/IEC 12207:2004. En la figura 17 extraída del documento de la revisión sistemática se muestran las frecuencias de los procesos mejorados.

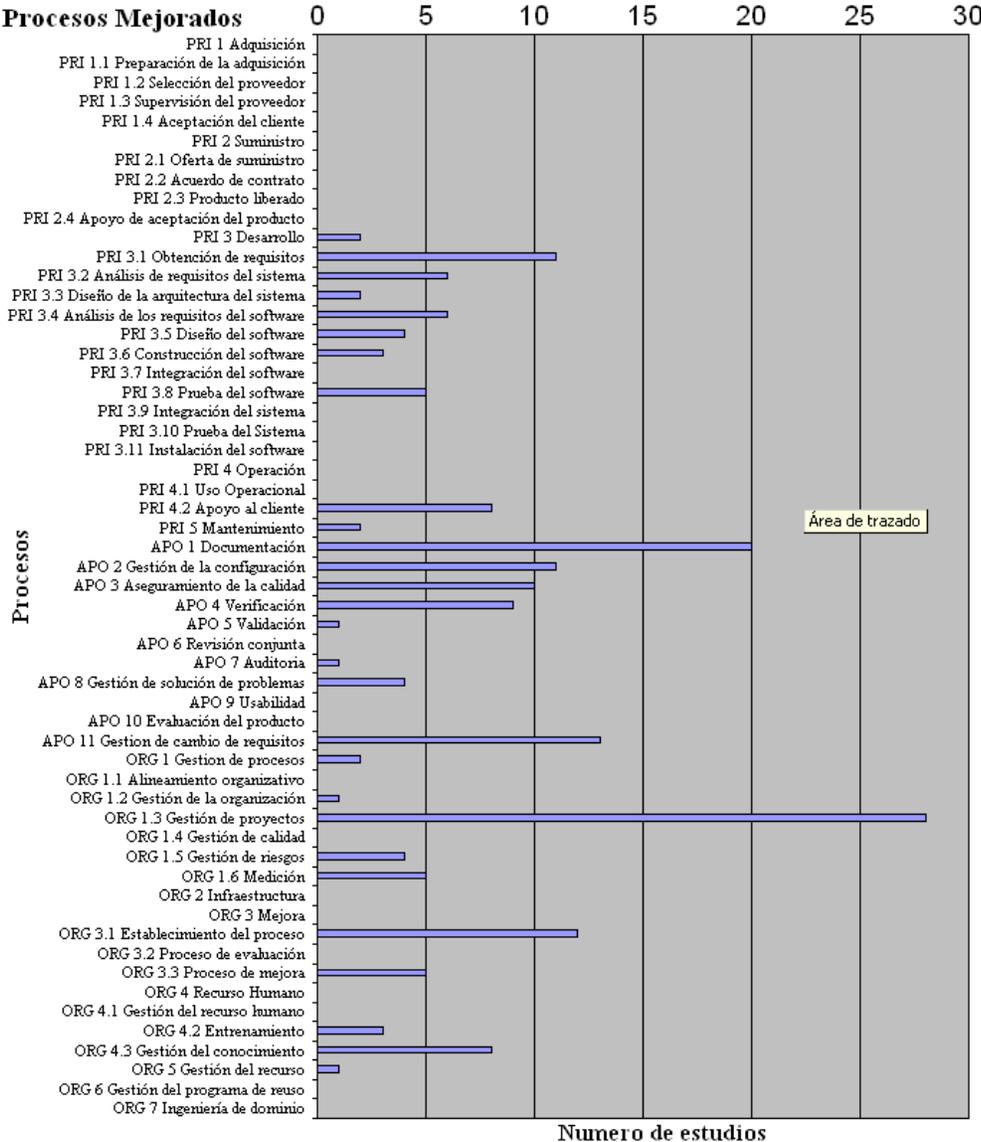


Figura 17. Proceso mejorados en las Pymes_DS con los esfuerzos de mejora

Como se puede apreciar los esfuerzos de mejora apuntan a optimizar procesos como la gestión de proyectos, documentación, gestión de cambio de requisitos, establecimiento de procesos, gestión de la configuración y obtención de requisitos.

Para este estudio se tuvieron en cuenta los procesos que tuvieran una puntuación mayor o igual a 10, a la hora de seleccionar las áreas de proceso que se consideran esenciales en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software. El resultado de esta selección se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Procesos extraídos de la revisión sistemática

Procesos	Prioridad
Gestión de Proyectos	1
Documentación	2
Gestión de Cambios a los requisitos	3
Establecimiento del proceso	4
Obtención de Requisitos	5
Gestión de la configuración	6
Aseguramiento de la calidad	7

En algunos estudios desarrollados por AVOCA, se dedican a analizar la nueva estructura que mantiene el modelo de calidad CMMI, los cambios de las áreas de proceso y las nuevas áreas que aparecen y en especial los pasos que una organización debe tener en cuenta para utilizar CMMI. Este último tema es de gran interés, debido a que permiten conocer un conjunto de áreas de proceso a implementar en una organización cuando esta no tiene ningún proceso de desarrollo de software formalmente establecido. Como resultado entonces presentan la siguiente lista de áreas de procesos CMMI que sugieren implementar siguiendo el orden en el que son nombradas: Gestión de riesgos, Planificación de proyectos, Administración de requisitos, Gestión de la configuración, Verificación, Validación, Entrenamiento organizacional, Medición y análisis.

Teniendo entonces como base principal la investigación desarrollada por el proyecto SIMEP-SW, en la cual se muestra el estado de las MiPYMES del sur occidente colombiano[4] con respecto a lo que realizan en cada disciplina, y como referente los

resultados de los estudios expuestos anteriormente en donde se aconseja desarrollar procesos de mejora en áreas de procesos específicas cuando no se tiene un proceso de desarrollo definido y se muestra las áreas en las que más se concentran procesos de mejora a nivel mundial; se obtuvo la siguiente tabla 4 donde se resume la priorización que se tiene en cada documento, seguidamente a esta tabla se exponen las razones por las cuales se involucran cada área de procesos en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software.

Tabla 4. Resumen de Priorización por cada trabajo

Disciplinas Investigación SIMEP-SW	Revisión sistemática	AVOCA
Gestión de la configuración	Gestión de Proyectos	Gestión de riesgos
Administración de requisitos	Documentación	Planificación de proyectos
Implantación	Gestión de Cambios a los requisitos	Administración de requisitos
Planificación	Establecimiento del proceso	Gestión de la configuración
Aseguramiento de la calidad	Obtención de Requisitos	Verificación
Seguimiento	Gestión de la configuración	Validación
Modelado del negocio		
Pruebas	Aseguramiento de la calidad	Entrenamiento organizacional
Ingeniería de Requisitos		Medición y análisis
Implementación		
Análisis y diseño		

Gestión de Proyectos

Esta área es una de las primeras áreas a tener en cuenta para el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software. Donde se involucran las mejores prácticas en lo referente al proceso de Planificación de proyectos software y al proceso de Monitoreo, seguimiento y control de proyectos.

El grado de implementación de esta área en las MiPYMES del sur occidente colombiano es deficiente, y en la revisión sistemática [35] el proceso de gestión de proyectos es prioritario para la mejora de procesos software, además el área de procesos de

planeación de proyectos es recomendada por el grupo de consultores de AVOCA[33], como alternativa para ser implantada en una empresa que desee mejorar sus procesos. Desarrollar esta área de procesos permitirá brindar pautas para el desarrollo, control y seguimiento de los planes involucrados en un proyecto de desarrollo software, logrando que las empresas además de llevar una planeación acorde a costo, tiempo y recursos involucrados, ganen experiencia en el desarrollo de proyectos que les permitan retroalimentarse y generar una mejora continua.

Administración de Requisitos

La administración de requisitos permite capturar, vigilar y controlar las necesidades del cliente, y encontrar errores o inconsistencias entre los requisitos y los productos de trabajo que se van desarrollando a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Como se puede observar en la tabla 4 según la revisión sistemática hay énfasis en desarrollar mejoras en la obtención de requisitos.

A nivel de las MiPYMES esta área se encuentra escasamente implementada precedida por administración de la configuración. Por esta razón, esta área de proceso es seleccionada para formar parte del modelo liviano para la mejora de procesos de desarrollo software.

Desarrollo de Requisitos

Esta área es complementaria a la de administración de requisitos y en ella se realiza el análisis de requisitos para convertirlos en un vocabulario técnico, comprensible por los desarrolladores del proyecto, se puede decir entonces que esta área es la encargada de obtener unos buenos requisitos los cuales son los que van a ser mapeados a código para la obtención del producto, y si esta área no se desarrolla de manera adecuada la administración de requisitos presentará muchos problemas.

Solución técnica

El área de solución técnica tiene involucrados procesos con respecto a diseño e implementación del software, es decir en esta área se encuentran inmersas las disciplinas de análisis, diseño e implementación de software evaluadas en la investigación SIMEP-SW. El grado de implementación de esta área es alto, por lo que es importante mantener estable la buena implementación de estas áreas en las MiPYMES del sur occidente colombiano, y por formar parte del proceso de desarrollo de software área de proceso es tenida en cuenta para el modelo liviano de calidad.

Gestión de la configuración

Esta área es la encargada de establecer y mantener la integridad de los productos de trabajo a través del ciclo de vida del proceso software, identificando y definiendo elementos del sistema, controlando el cambio de estos elementos, registrando y reportando su estado, las solicitudes de cambio, verificando que los elementos estén completos y que sean los correctos.

Es el área menos implementada en las MiPYMES del sur occidente colombiano, y es tenida en cuenta ya que ésta área permite llevar un control del producto que se va entregando al cliente.

Verificación y Validación

Estas áreas involucran todo el proceso de pruebas que se deben realizar a los productos, es decir que estas áreas velarán por asegurar que el producto que se desarrolle cumpla con sus especificaciones; ayudando a confirmar el buen desarrollo del producto.

Las pruebas en el proceso de desarrollo de software, se encargan de encontrar defectos o errores en los productos de trabajo obtenidos. El área de proceso de Verificación tienen como propósito el encontrar defectos en los productos de trabajo realizados y de comprobar que el producto cumple con los requisitos especificados por el cliente.

Es de gran importancia involucrar esta área de proceso debido a que de una buena gestión de las pruebas de software depende en gran parte la satisfacción del cliente. Además tiene un grado de baja implementación en las pymes, por lo que se hace necesario buscar una forma fácil y sencilla de implementación, para que las MiPYMES puedan involucrarla en sus procesos de desarrollo software.

El área de Validación, es un área complementaria al área de Verificación, debido a que mientras en el área de verificación se comprueba o se prueba que los productos de trabajo obtenidos están bien desarrollados, el área de validación comprueba que estos productos de trabajo son los que realmente necesita el cliente y que el producto en un ambiente de trabajo normal funcionará correctamente. Se considera que esta área debe de ser involucrada en el modelo de calidad debido a la relación que existe entre las áreas de validación y verificación y por la importancia que tiene esta área debido a la ayuda que brinda a una empresa de desarrollo de software para la validación y aceptación de un producto desarrollado por el cliente.

Medición y Análisis

La mejora de los procesos de desarrollo de software es basada en la medición y análisis de los procesos de desarrollo de software ejecutados en algún proyecto de desarrollo de software. Esta área de procesos se considera necesaria para realizar mejora de procesos cuyo propósito es desarrollar y sostener una capacidad de medición, la cual se utilice para apoyar necesidades de información y de decisión de la gerencia.

La institucionalización de un proceso de desarrollo de software, ayuda a la empresa a sostener y mantener un proceso de desarrollo de software global gestionado, organizado y controlado, de tal manera que facilite la mejora en la empresa.

Aseguramiento de la calidad

Esta área se tiene en cuenta ya que permite asegurar que los productos satisfagan los requisitos especificados por el cliente, además de ser ejecutados dentro de un plan establecido en la organización; asimismo asegura que el proceso que se esté realizando sea el adecuado, transfiriendo seguridad en los clientes.

4.5 MODELO LIVIANO DE REFERENCIA PARA LA MEJORA DE PDS

Como se indicó anteriormente el modelo liviano de referencia de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software involucra las mejores prácticas para el proceso de desarrollo de software, logradas a partir de la comparación y contrastación de CMMI y la norma ISO/IEC 12207.

Esta comparación y contrastación se desarrolló después de realizar un estudio minucioso y disciplinado de los modelos seleccionados como base para el desarrollo del modelo de referencia.

Como anteriormente se expuso el modelo de calidad CMMI mantiene una estructura del área de procesos bastante compleja, donde para este estudio se considera la parte de la estructura que nos permita conocer el modelo de referencia. Es decir se tiene en cuenta los siguientes elementos del modelo: Objetivos específicos, Prácticas Específicas, Subprácticas y productos de trabajo. Cabe resaltar que los objetivos específicos están compuestos por un conjunto de prácticas específicas, y las prácticas específicas están compuestas por subprácticas y productos de trabajo; se puede destacar también que

una práctica específica solo pertenece a un objetivo específico (esta regla también cumple para las subprácticas).

Con respecto a la Norma ISO/IEC 12207 se consideró su estructura completa, debido a que este modelo solo contiene el modelo de referencia de procesos. Los elementos que se tomaron en cuenta para este estudio fueron: Procesos, actividades y tareas; donde un proceso está compuesto por actividades y las actividades estas compuestas por tareas.

Debido a que la estructura de CMMI es diferente a la norma ISO/IEC 12207 y a que organizan las prácticas de desarrollo de software de diferente forma, no se pudo desarrollar una comparación uno a uno. Pero las correspondencias que predominaron fueron entre áreas de proceso de CMMI con procesos de ISO/IEC 12207 y entre prácticas específicas y tareas.

Como resultado de esta comparación y contrastación se desarrolló una tabla donde se expresan las relaciones que existen entre las áreas de proceso del modelo de calidad CMMI y los procesos de la Norma internacional ISO/IEC 12207. Para tener un buen producto de trabajo se realizó la comparación de todas las áreas de procesos y procesos de los modelos. Y además se determinaron tres tipos de relación que pueden existir entre las áreas de procesos y los procesos; y entre las prácticas específicas y las tareas:

- Relación fuerte: cuando existe una correspondencia alta entre los elementos comparados.
- Relación media: cuando existe una correspondencia media entre los elementos comparados.
- Relación débil: cuando existe una correspondencia baja entre los elementos comparados.

Como las prácticas específicas en CMMI son varias e igualmente las tareas en ISO/IEC 12207, la relación se establece a nivel de los objetivos específicos de las áreas de proceso de CMMI con respecto a los procesos de ISO/IEC12207 ².

²Consultar información en el Anexo B

4.5.1 Estructura de las áreas de proceso para el modelo liviano de referencia

Después del estudio de las estructuras propuestas por los modelos de calidad estudiados, y de los trabajos similares desarrollados como Moprosoft y MR-MPS se desarrolló la siguiente estructura, en la cual se trató de colocar los elementos más importantes de todos los modelos de referencia, y teniendo en cuenta la facilidad de manejo que este necesita.

A continuación se describen los componentes de la estructura de las áreas de proceso del modelo de referencia:

Nombre del área de proceso: Nombre que se da a un conjunto de prácticas relacionadas, que cuando se desarrollan colectivamente, satisfacen un objetivo específico que asegura el establecimiento de la mejora.

Propósito: Objetivos generales medibles y resultados esperados de la implantación efectiva el área de proceso.

Descripción: Descripción general del área de proceso y de las actividades que componen el flujo de trabajo del área de proceso.

Rol responsable y ejecutor: Roles involucrados en la implementación del área de proceso. El rol responsable es el rol principal de validar y vigilar la ejecución de las prácticas involucradas en el área de proceso; y el rol ejecutor es el responsable de la ejecución de las actividades de las áreas de proceso.

Entradas: Productos de trabajo que sirven como insumo al área de proceso y a su vez a las prácticas específicas. Estos productos de trabajo mantienen un identificador numérico que será utilizado para su identificación, cuando sea utilizado en las subprácticas. Ejemplo: 1e hará referencia a la entrada 1.

Salidas: Productos de trabajo que son el resultado de la implementación del área de proceso y a su vez de la realización de las prácticas específicas. Estos productos de trabajo mantienen un identificador numérico que será utilizado para su identificación, cuando sea utilizado en las subprácticas. Ejemplo: 2e hará referencia a la salida 1.

Objetivos Específicos: Objetivo cuya finalidad es asegurar el cumplimiento del propósito del área de proceso. Estos objetivos mantendrán un identificador, para su posterior utilización en el modelo de evaluación. Ejemplo: **OE2** hará referencia al Objetivo Específico 2.

Nota: Descripción corta de la finalidad del objetivo específico, para un entendimiento general del área de proceso de una manera clara y concisa.

Prácticas Específicas: Prácticas de las cuales está compuesto el objetivo específico, y que tienen como finalidad asegurar el cumplimiento del objetivo al que pertenecen. Estas prácticas mantendrán un identificador, que facilite su ubicación en el modelo de evaluación. Ejemplo: **PE2** hará referencia a la práctica específica 2.

Productos de trabajo: Productos generados por la práctica específica a la que se encuentran asociados. Estos productos de trabajo formarán parte de las entradas y salidas del área de proceso a la que pertenecen dichas prácticas específicas. Mantendrán el identificador numérico que se les asignó en la lista de entradas y salidas.

Subprácticas: Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas. Tienen como finalidad asegurar el cumplimiento de la práctica específica a la que se encuentran asociadas. Tendrán también cada una de ellas, productos de trabajo asociados (entradas y/o salidas) con el fin de establecer mayor claridad para la implementación del área de proceso. Ejemplo: subpráctica A [11e] [12s] hará referencia a que la subpráctica A tiene como entrada el producto de trabajo 11 y como salida el producto de trabajo 12.

4.5.2 Extracto del modelo liviano de referencia

A continuación se presenta un extracto de las áreas de proceso involucradas en el modelo liviano de referencia de calidad³ para la mejora de procesos de desarrollo software, para facilitar la comprensión de cada una de las áreas de proceso involucradas en este.

Las áreas de proceso que contiene el modelo, están organizadas de tal forma que las empresas puedan observar claramente el ciclo de vida de desarrollo software y luego se presentan las áreas que se encuentran altamente relacionadas con este proceso.

³ Consultar Anexo C: Modelo Liviano de Calidad para la mejora de procesos de desarrollo software

ADMINISTRACION DE REQUISITOS

Propósito

El propósito de Administración de Requisitos es organizar, supervisar, controlar y manejar los requisitos del producto y de los componentes del producto e identificar las inconsistencias entre los requisitos, los planes desarrollados y los productos de trabajo que pueden generar cambios en los requisitos del proyecto.

Descripción

Los procesos de administración de requisitos manejan todos los requisitos recibidos o generados en el proyecto, incluyendo los requisitos funcionales, no funcionales, así como los requisitos estimados por la organización.

En el proyecto se toman los pasos apropiados para asegurar que el conjunto de requisitos manejados apoyarán la planificación y la ejecución que necesita el proyecto. Cuando se obtienen los requisitos del Cliente o Proveedor de requisitos en este caso, se debe realizar una revisión junto con él para resolver posibles problemas y prevenir equivocaciones antes de que los requisitos sean incorporados en los planes del proyecto. Una vez que se haya realizado la revisión de los requisitos junto con el Cliente o Proveedor de requisitos y se llegue a un acuerdo formal, cada uno de los participantes del proyecto adquiere un compromiso con los requisitos del proyecto.

El proyecto administra los cambios a los requisitos a medida que ellos evolucionan en el transcurso del proyecto o cuando se identifica cualquier inconsistencia entre los requisitos, planes y productos de trabajo del proyecto.

Parte fundamental de la administración de requisitos es documentar los requisitos del proyecto, los cambios que estos pueden presentar en el transcurso del proyecto de tal manera que se pueda mantener la trazabilidad bidireccional entre los requisitos del cliente y los requisitos del producto o componentes del producto.

Rol Responsable y ejecutor

Responsable de la Administración de Requisitos: es el encargado de administrar los requisitos (planes y ejecución), administrar el cambio de estos y evaluar continuamente el estado de los requisitos con respecto a los planes y recursos.

Cliente: persona que represente al cliente en el grupo de desarrollo y que tenga la suficiente disponibilidad de tiempo para participar en las áreas asociadas a los requisitos.

Analistas y desarrolladores: son los responsables del análisis de requisitos y del desarrollo del producto; ellos interactúan directamente con el cliente.

Objetivos Específicos y Prácticas específicas

OE1 Administrar los requisitos e identificar las inconsistencias entre los planes del proyecto y los productos de trabajo.

PE1 Entender los requisitos

PE2 Obtener un compromiso con los requisitos

PE3 Manejar los cambios a los requisitos

PE4 Mantener trazabilidad bidireccional de los requisitos

PE5 Identificar inconsistencias entre los productos de trabajo y los requisitos

Productos de trabajo

- Requisitos del cliente.
- Criterios de evaluación y aceptación de requisitos
- Acuerdos que expresen responsabilidades y compromisos del personal del proyecto.
- Matriz de trazabilidad de los requisitos
- Petición de cambios
- Sistema de control y seguimiento del estado de los requisitos
- Documento soporte a las acciones correctivas.
- Resultados de análisis contra criterios.
- Evaluación del impacto de los requisitos
- Lista de criterios para distinguir los requisitos apropiados del cliente

Subprácticas

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas⁴ del área de proceso de Administración de requisitos.

⁴ Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Administración de Requisitos

DESARROLLO DE REQUISITOS

Propósito

El propósito del área de Desarrollo de Requisitos es desarrollar y analizar los requisitos del cliente, del producto, y de los componentes del producto.

Descripción

Esta área de proceso describe tres tipos de requisitos: los requisitos del cliente, requisitos del producto, y requisitos de los componentes del producto. Estos requisitos manejan las necesidades de los participantes del proyecto, incluyendo aquellos requisitos pertinentes a las fases del ciclo de vida del producto (por ejemplo, aceptación de criterios de prueba) y los requisitos que el producto atribuye (por ejemplo, seguridad, fiabilidad, mantenimiento, etc.). Los requisitos también manejan las restricciones causadas por el diseño seleccionado para la solución.

Esta área de proceso se dirige a todos los requisitos del cliente en lugar de sólo requisitos a nivel del producto, ya que el cliente también puede proporcionar requisitos específicos de diseño. Los requisitos del cliente serán refinados en requisitos del producto y requisitos de los componentes del producto. Debido al diseño seleccionado para la solución, se generan o derivan otros requisitos, además de los requisitos del cliente, del producto y de los componentes del producto.

Los requisitos son identificados y se refinan a lo largo de las fases del ciclo de vida del producto. Las decisiones de diseño, las acciones correctivas subsecuentes, y el feedback durante cada fase del ciclo de vida del producto se analizan para conocer el impacto en los requisitos derivados y asignados.

Rol Responsable y ejecutor

Analista: persona encargada de analizar si los requisitos indicados en un comienzo cumplen con las necesidades, expectativas y restricciones impuestas por el cliente.

Objetivos específicos y prácticas específicas

OE1 Analizar y desarrollar los requisitos del cliente.

PE1 Analizar y desarrollar de los requisitos del cliente (visión del usuario)

OE2 Analizar y desarrollar los requisitos del producto

PE1 Establecer los requisitos del producto y de los componentes del producto

PE2 Asignar requisitos a los componentes del Producto

PE3 Identificar los requisitos de interfaz

PE4 Establecer y definir requisitos de funcionalidad

PE5 Identificar otros requisitos

OE 3 Analizar y validar los requisitos

PE1 Establecer el ambiente operacional y escenarios

PE2 Analisar requisitos

PE3 Validar requisitos

Productos de Trabajo

- Requisitos del Producto
- Requisitos derivados.
- Requisitos de los componentes del producto.
- Documento de asignación de requisitos.
- Documento de restricciones de diseño y ensamble.
- Documento que soporta la relación existente entre los requisitos
- Diseño de la arquitectura funcional
- Diagramas de actividades
- Diagrama de casos de uso
- Artefactos que faciliten la identificación de funcionalidades
- Documento de requisitos con respecto a seguridad física, seguridad de acceso, bases de datos u otros.
- Ambiente operacional detallado
- Petición de cambios.
- Reportes de requisitos defectuosos
- Documento soporte a las acciones correctivas
- Requisitos clave
- Registros de comunicación
- Sistema de control y seguimiento del estado de los requisitos
- Resultados de análisis
- Requisitos del cliente
- Registros de trazabilidad

- Requisito de interfaz
- Diseño de la arquitectura
- Resultados de la validación de requisitos

Subprácticas

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas⁵ del área de proceso de Desarrollo de requisitos.

⁵ Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Desarrollo de requisitos

SOLUCION TÉCNICA

Propósito

El propósito del área de solución técnica es diseñar, desarrollar, e implementar la solución a los requisitos para generar un producto. Las soluciones, los diseños y las implementaciones abarcan los productos, los componentes del producto, y el ciclo de vida del producto con relación a procesos o en combinaciones de ellos.

Descripción

Esta área es aplicable a cualquier nivel de la arquitectura del producto, para cada producto, componente del producto y proceso del ciclo de vida del producto.

Esta área de proceso se enfoca en lo siguiente:

Evaluación y selección de soluciones (basándose en el diseño propuesto, el diseño de conceptos o en diseños preliminares) que potencialmente satisfacen apropiadamente al conjunto de requisitos establecidos.

Desarrollo del diseño detallado para las soluciones seleccionadas (detalles en cuanto al contexto de contener toda la información necesaria para fabricar, codificar, o por otra parte implementar el diseño del producto o componentes del producto)

Implementación y pruebas del diseño como un producto o componente del producto

Estas actividades nos apoyan interactivamente. Un cierto nivel de diseño, a veces con bastante detalle, puede ser necesario para seleccionar soluciones. Los componentes del producto pueden usarse como medios para ganar conocimiento suficiente para desarrollar un paquete técnico de datos o un sistema completo de requisitos.

Rol Responsable y ejecutor

Arquitecto de software: Responsable de la arquitectura del software, que incluye las decisiones técnicas más importante en cuanto a las restricciones del diseño global e implementación del proyecto.

Diseñador: Responsable del diseño de parte del sistema, dentro de los límites de: los requisitos, la arquitectura, y el proceso de desarrollo del proyecto.

Diseñador de la interfaz de usuario: Coordina el diseño de la interfaz de usuario, utiliza los requisitos de usabilidad y crea prototipos candidatos de interfaz de usuario de acuerdo a ellos.

Diseñador de bases de datos: Responsable del diseño del almacén de datos persistentes utilizado por el sistema.

Desarrollador: Responsable de la implementación y pruebas de los componentes.

Integrador: Responsable de planificar y llevar a cabo la integración de elementos de implementación para producir versiones compiladas.

Objetivos específicos y prácticas específicas

OE1 Desarrollar el diseño del producto

- PE1 Diseñar la arquitectura del software
- PE2 Establecer un paquete de datos técnicos
- PE3 Establecer descripciones de Interfaz
- PE4 Diseñar interfaces usando criterios
- PE5 Diseñar detalladamente el producto

OE2 Codificar y realizar pruebas de software

- PE1 Implementar el software
- PE2 Desarrollar la documentación de apoyo del producto

OE3 Integrar el producto

- PE1 Determinar la secuencia de la integración
- PE2 Establecer el ambiente de integración del producto
- PE3 Desarrollar procedimientos y criterios de integración del producto
- PE4 Integrar los componentes del producto
- PE5 Evaluar la integración de los componentes del producto

OE4 Realizar pruebas de software

- PE1 Probar el producto software

Producto de trabajo

- Componentes del producto
- Arquitectura del producto
- Diseño de los componentes del producto e interfaces

- Paquete de datos técnico
- Diseño de la base de datos.
- Requisitos de prueba
- Criterios de especificación de interfaz
- Especificaciones del diseño de interfaz
- Documento de control de interfaz
- Criterios de evaluación de diseño
- diseño del software
- Implementación del software
- Procedimientos y datos de prueba
- Plan para la integración de
- Manuales y ayudas necesarias
- Secuencia de integración del producto
- Análisis razonado para seleccionar o rechazar secuencias de integración
- Ambiente para la integración del producto
- Procedimientos y criterios para la integración y entrega del producto
- Producto o Componentes del producto integrados
- Reportes de la integración del producto
- Pruebas de verificación
- Documento de los resultados de las pruebas

Subprácticas

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas⁶ del área de proceso de Solución técnica.

⁶ Anexo C Modelo Liviano de Referencia - Área de Solución técnica

VERIFICACIÓN

Propósito

El propósito del área de verificación es comprobar que los productos de trabajo seleccionados reúnen los requisitos especificados.

Descripción

La verificación incluye la verificación del producto y de los productos de trabajo frente a todos requisitos seleccionados, incluyendo los requisitos del cliente, del producto, y de los componentes del producto.

El área de procesos de verificación y el área de procesos de validación son similares, pero en cada área se gestionan los problemas de manera diferente. La validación demuestra que el producto, como tal, cumplirá su uso intencional, considerando que la verificación se dirige a comprobar que el producto de trabajo obtenido refleja los requisitos especificados propiamente. En otros términos, la verificación asegura que "lo que se construyó esta bien hecho", y la validación asegura que "lo que se construyó es lo que realmente el cliente necesita."

Las revisiones par o revisiones conjuntas son una parte importante de la verificación; es un mecanismo probado para el levantamiento de defectos eficazmente. Las revisiones par involucran un examen metódico de los productos de trabajo por parejas de productores para identificar defectos y otros cambios que se necesitan. Una conclusión importante es desarrollar un entendimiento bueno de los productos de trabajo y los procesos que los produjeron para que puedan ser prevenidos los defectos y puedan identificarse las oportunidades del proceso de mejora.

Rol Responsable y ejecutor

Ingeniero de verificación: Una vez se hayan terminado las pruebas del software, y éste esté casi preparado para ser entregado a los usuarios finales el ingeniero encargado de la verificación desarrolla una serie de actividades que garanticen la calidad tanto del proceso como del producto, desarrolla cálculos alternativos para revisiones matemáticas, realiza la comparación de productos de trabajo desarrollados con especificaciones aprobadas, desarrolla ensayos/pruebas, demostraciones y realiza los reportes de defectos, asegura que se haya generado los documentos internos adecuados y que la documentación es de alta calidad. Puede ser un programador en tiempo parcial, o un equipo de varias personas.

Objetivos Específicos y prácticas específicas

OE1 Preparar la verificación

PE1 Preparar el ambiente, criterios y procedimientos para la verificación

OE2 Desarrollar la verificación

PE1 Verificar procesos

PE2 Verificar requisitos

PE3 Verificar el diseño

PE4 Verificar el código

PE5 Verificar la integración

PE6 Verificar la documentación

OE3 Realizar revisiones par

PE1 Preparar las revisiones par

PE2 Manejar las revisiones par

PE3 Analizar los datos de las revisiones par

Productos de trabajo

- Lista de los productos de trabajo a ser verificados
- Métodos de verificación seleccionados
- Equipos y herramientas de verificación
- Procedimientos, criterios y estrategias de verificación
- Plan de verificación
- Reportes de verificación de procesos
- Reporte de verificación de requisitos
- Reporte de verificación del diseño
- Reporte de verificación de código
- Reporte de verificación de la integración
- Reporte de verificación de la documentación
- Criterios de entrada y salida de productos de trabajo
- Criterios que requieran otra revisión par
- Lista de chequeo de revisiones par
- Cronograma de revisiones par
- Material de capacitación para las revisiones par

- Productos de trabajo seleccionados para ser revisados
- Resultados de las revisiones par
- Problemas de las revisiones par
- Ítems de acción de las revisiones par
- Reportes de comunicación
- Documentación de las revisiones par

Subprácticas

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas⁷ del área de proceso de Verificación.

⁷ Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Verificación

VALIDACIÓN

Propósito

El propósito del área de validación es demostrar que un producto o componentes del producto construidos cumplen con su uso específico cuando está operando en su ambiente previsto.

Descripción

Las actividades de validación pueden ser aplicadas a todos los aspectos del producto en cualquiera de sus ambientes previstos, tales como operación, capacitación, producción, mantenimiento, y servicios de apoyo. Los métodos empleados para lograr la validación pueden ser aplicados al producto como a los componentes del producto. Los productos de trabajo (ej., requisitos, diseños, prototipos) se deben seleccionar con base a las mejores predicciones de como el producto y los componentes del producto satisfarán necesidades del usuario.

La validación demuestra que el producto según lo previsto, satisfecerá su uso previsto; mientras que la verificación trata si el producto de trabajo refleja correctamente los requisitos especificados. Es decir la verificación se asegura de "construcción derecha;" mientras que la validación se asegura de que "construyeras la cosa derecha." Las actividades de validación usan actividades similares a las de verificación (ej., prueba, análisis, inspección, demostración, o simulación). A menudo, los usuarios finales son involucrados en las actividades de validación. Las actividades de validación y de verificación funcionan a menudo concurrentemente y pueden utilizar partes del mismo ambiente.

Rol Responsable y ejecutor

Ingeniero de Validación: La validación del software se da al final del proceso de desarrollo y es donde el ingeniero determina su conformidad con los requisitos. Durante la validación, el ingeniero debe tomar en cuenta las especificaciones tales como la de requisitos, la documentación del diseño, diversos principios generales de estilo, estándares del lenguaje de instrumentación, estándares de proyecto, estándares organizacionales y expectativas del usuario.

Además debe examinar los requisitos para asegurarse que concuerden con las necesidades del usuario, así como con las restricciones del ambiente y los estándares de notación.

Objetivos Específicos y prácticas específicas

OE1 Preparar la validación

PE1 Seleccionar los productos a validar

PE2 Preparar el ambiente, criterios y procedimientos para la validación

OE2 Realizar la validación a los productos o componentes del producto

PE1 Realizar la validación

PE2 Analizar los resultados de validación

Productos de trabajo

- Listas de productos y de componentes del producto seleccionados para la validación.
- Métodos de validación para cada producto o componente del producto.
- Requisitos para realizar la validación de cada producto o componente del producto.
- Restricciones de validación para cada producto o componente del producto
- Plan de validación
- Procedimientos, criterios y estrategias de validación
- Reportes de validación
- Registros de los procedimientos de funcionamiento
- Demostraciones operacionales
- Problemas de la validación
- Reportes de la deficiencia de la validación
- Petición de cambios
- Registros y criterios de calidad
- Registros de comunicación

Subprácticas:

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas⁸ del área de proceso de Validación.

⁸ Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Validación

GESTIÓN DEL PROYECTO

Propósito

El propósito de Gestión del Proyecto es establecer y mantener los planes que definen las actividades, tareas y recursos necesarios para desarrollar un producto.

Descripción

Esta área involucra la planeación, la cual comienza con los requisitos que definen el producto y el proyecto.

La planeación incluye la estimación de los atributos de los productos de trabajo y tareas, determinar los recursos necesarios, la negociación de los compromisos, elaborar un cronograma, y la identificación y análisis de los riesgos del proyecto.

La interacción entre estas actividades es necesaria para establecer el plan del proyecto. El plan del proyecto proporciona la base para desarrollar y controlar las actividades del proyecto que manejan los compromisos con el cliente del proyecto.

El plan del proyecto generalmente necesita ser revisado y contrastado con respecto al grado de progreso real del proyecto, para manejar los cambios de los requisitos y compromisos, estimaciones incorrectas, acciones correctivas, y cambios en los procesos. El termino "plan del proyecto" se utilizara para referirse al plan total que controla el proyecto.

Rol Responsable y ejecutor

Gerente del proyecto: La gerencia del proyecto es un cargo que ocupa el director del proyecto, el cual tiene dentro de sus múltiples funciones, establecer y coordinar todas las actividades, tareas, tiempo y recursos necesarios para el desarrollo del proyecto a través del proceso de planeación, organización, dirección y control a fin de lograr objetivos establecidos al inicio del proyecto.

Un buen gerente del proyecto de software tiene que poseer conocimiento en: ingeniería del software (aproximación conceptual al desarrollo, mejores prácticas, metodologías, etc) y en gerencia de proyectos. Como todo líder, un gerente de proyectos requiere la capacidad para analizar y resolver problemas.

Personal del proyecto: Los administradores, los miembros del personal de trabajo, los clientes, los usuarios externos, los proveedores, y otro personal dentro de la organización son incluidos en las revisiones apropiadas para asegurar que el plan del

proyecto sigue el curso indicado, cumple los compromisos adquiridos, controla que los puntos de verificación estén acorde con la planeación de tal manera que se controlen desviaciones del proyecto.

Objetivos Específicos y prácticas específicas

OE1 Establecer estimaciones para la planeación del proyecto.

PE1 Estimar el alcance del proyecto

PE2 Establecer estimaciones de atributos de los productos de trabajo

PE3 Definir el ciclo de vida del proyecto

PE4 Determinar estimaciones de esfuerzo y costo

OE2 Desarrollar el plan del proyecto

PE1 Establecer el presupuesto y cronograma del proyecto

PE2 Identificar los riesgos del proyecto

PE3 Planear la administración de datos

PE4 Planear los recursos del proyecto

PE5 Establecer el plan del proyecto

OB3 Obtener compromiso con el plan

PE1 Revisar los planes que afectan el proyecto

PE2 Obtener el compromiso con el plan

OE4 Monitorear y controlar el proyecto

PE1 Monitorear el proyecto

PE2 Revisar el progreso del proyecto

OE5 Gestionar las acciones correctivas del proyecto

PE1 Analizar de problemas

PE2 Identificar y monitorear las acciones correctivas

Productos de trabajo

- Descripciones de paquetes de trabajo
- WBS (work breakdown structure)
- Aproximación técnica

- Tamaño y complejidad de tareas y productos de trabajo
- Estimaciones de atributos
- Estimaciones iniciales
- Fases del ciclo de vida del proyecto
- Estimaciones del esfuerzo del proyecto
- Estimaciones del costo del proyecto
- Cronograma del proyecto
- Presupuesto del proyecto
- Plan de administración de riesgos
- Plan de administración de datos
- Políticas de la empresa
- Paquetes de trabajo del WBS
- Diccionario de tareas del WBS
- Plan de administración de recursos humanos
- Plan de recursos, equipos y requisitos de componentes
- Plan del proyecto
- Registro de las revisiones de los planes que afectan el proyecto
- Compromisos documentados
- Registros del desempeño del proyecto
- Registros de las desviaciones significativas
- Registros de la revisión de compromisos
- Documento de seguimiento y control de entregables
- Petición de cambios
- Plan de acciones correctivas
- Resultados de las acciones correctivas

Subprácticas

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas⁹ del área de proceso de Gestión del proyecto.

⁹ Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Gestión del Proyecto

GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

Propósito

Su propósito es establecer y mantener la integridad de los productos de trabajo a través del ciclo de vida del proceso software, identificando y definiendo elementos en el sistema, controlando el cambio de estos elementos, registrando y reportando su estado, las solicitudes de cambio, verificando que los elementos estén completos y que sean los correctos.

Descripción

A lo largo del ciclo de vida del proceso de software, los productos software evolucionan. Desde la concepción del producto y la captura de requisitos inicial hasta la puesta en producción^o del mismo, y posteriormente desde el inicio del mantenimiento hasta su retiro, se van realizando una serie de cambios, tanto en el código como en la documentación asociada.

Durante el proceso de construcción de un software, los cambios son inevitables. Los cambios provocan confusión e incertidumbre, sobre todo cuando no se han analizado o pronosticado correctamente. Es importante considerar ciertas modificaciones que pueden ocurrirle al software dentro de todo el proceso de ingeniería.

La Gestión de Configuración del Software es una disciplina encargada del control de la evolución de los productos de software, la cual implica lo siguiente:

Identificar la configuración de los productos de trabajo seleccionados que componen las líneas base de los puntos dados en un tiempo

Controlar los cambios en los ítems de configuración

Construir o proveer especificaciones para construir productos de trabajo del sistema de gestión de la configuración.

Mantener la integridad de las líneas base.

Proveer el estado exacto y actual de la configuración de datos a los desarrolladores, usuarios finales y clientes.

Rol Responsable y ejecutor

Soporte: Son aquellos roles que no están directamente vinculados a la definición, gestión, desarrollo, o pruebas del software pero que son necesarios como soporte del proceso de desarrollo del software, para producir materiales adicionales que requiere el producto final. Está formado por los roles:

Escritor técnico: Responsable de producir los materiales de soporte a los usuarios finales como por ejemplo: guías de usuarios, textos de la ayuda, notas asociadas a la salida del software, etc.

Administrador del sistema: Encargado de mantener el ambiente de desarrollo tanto de hardware como de software, de la administración del sistema, realización de copias de respaldo, etc.

Especialista en herramientas: Responsable de la selección, obtención y gestión de las herramientas que se utilizarán en el proyecto. También debe instalar, configurar y asegurar que estas herramientas funcionan como se espera.

Desarrollador de cursos: Responsable del desarrollo de material de entrenamiento que permita enseñar a los usuarios a utilizar el sistema.

Artista gráfico: Encargado de realizar el trabajo artístico que requiera el proyecto (iconos, pantalla de splash, gráficos, etc.).

Objetivos Específicos y prácticas específicas

OE1 Establecer una línea base

PE1 Identificar ítems de configuración

PE2 Crear o relacionar las líneas base

OE 2 Controlar la configuración

PE1 Conservar la trazabilidad de las peticiones de cambios

PE2 Controlar la configuración de ítems

PE3 Utilizar el sistema de gestión de configuración

OE3 Establecer integridad

PE1 Establecer registros de la gestión de la configuración

PE2 Realizar auditorías de configuración

PE3 Gestionar las liberaciones y entrega

Productos de trabajo

- Estrategias para la identificación de los elementos software
- Ítems de configuración identificados
- Plan de gestión de la configuración
- Acuerdos que expresen responsabilidades y compromisos del personal del proyecto
- Sistema de gestión de la configuración
- Líneas base
- Descripción de las líneas base
- Registros de gestión de la configuración
- Registros de cambios a las líneas base
- Registros del estado de la configuración
- Revisión histórica de los ítems de configuración
- Procedimientos del control de acceso al sistema de gestión de la configuración
- Petición de cambios
- Resultados de auditorías de configuración
- Documentación de entrega
- Guías de manejo y almacenamiento
- Producto o componentes del producto empaquetados

Subprácticas

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas¹⁰ del área de proceso de Gestión de la configuración.

¹⁰ Modelo Liviano de Referencia – Área de Gestión de la configuración

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Propósito

El propósito del aseguramiento de calidad del proceso y del producto es el de proveer y administrar con una visión objetiva los procesos asociados a los productos de trabajo proporcionando así la seguridad apropiada de que los productos y procesos software del ciclo de vida del proyecto son conformes a los requisitos especificados y se adhieren a los planes del proyecto.

Descripción

El aseguramiento de la calidad del proceso y del producto permite la entrega de productos de alta calidad suministrando al personal y a los encargados del proyecto una apropiada visibilidad y una retroalimentación de los procesos y productos asociados al trabajo a través del ciclo de vida del proyecto.

Este proceso implica lo siguiente:

Evaluar objetivamente los procesos realizados, los productos de trabajo contra las descripciones, estándares, y procedimientos.

Identificar y documentar los problemas no cumplidos.

Proporcionar una retroalimentación al personal y a los encargados del proyecto en cuanto a los resultados de las actividades de aseguramiento de calidad.

Asegurar que los problemas no resueltos sean manejados.

El aseguramiento de calidad puede hacer uso del resultado de otros procesos, tales como el de verificación, validación, revisión conjunta.

Rol Responsable y ejecutor

Grupo de aseguramiento de calidad: participa en la revisión de los productos seleccionados para determinar si son conformes o no a los procedimientos, estándares o criterios especificados, siendo totalmente independiente del equipo de desarrollo. Sus funciones están dirigidas a:

Identificar las posibles desviaciones en los estándares aplicados, así como en los requisitos y procedimientos especificados.

Comprobar que se han llevado a cabo las medidas preventivas o correctoras necesarias.

Objetivos Específicos y prácticas específicas

OE1 Evaluar los procesos y productos de trabajo objetivamente

PE1 Establecer un proceso de aseguramiento de calidad

PE2 Evaluar procesos y productos de trabajo objetivamente

OE2 Identificar y registrar problemas

PE1 Comunicar problemas encontrados y asegure que sean resueltos

PE2 Establecer registros

Productos de trabajo

- Plan de aseguramiento de calidad
- Objetivos de calidad
- Reportes de evaluación
- Reportes de problemas no resueltos
- Reportes de acciones correctivas
- Registros de trazabilidad
- Reportes de aseguramiento de calidad
- Criterios de evaluación
- Lista de los productos de trabajo para evaluación
- Reportes de análisis
- Registros de comunicación

Subprácticas:

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas¹¹ del área de proceso de Aseguramiento de calidad

¹¹ Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Aseguramiento de calidad

MEDICIÓN Y ANÁLISIS

Propósito

El propósito de esta área de procesos es desarrollar y sostener una capacidad de medida que se utilice para apoyar necesidades de información de la gerencia. En esta área se recopila y analiza datos que relaciona al producto desarrollado y los procesos implementados en la organización y el proyecto para apoyar la gestión efectiva de los procesos y demostrar objetivamente la calidad del producto.

Descripción

En el área de medición y análisis se recogen y analizan datos referentes al desarrollo de los productos y a la implementación de procesos dentro de la organización en sus proyectos, para apoyar la gestión eficaz de los procesos y poder demostrar objetivamente la calidad de los productos.

El área de proceso de medición y análisis implica lo siguiente:

Especificar los objetivos de medida y de análisis tales que estén alineados con la necesidad de información y objetivos identificados.

Especificar las medidas, los mecanismos de almacenamiento, la recolección de datos, las técnicas de análisis y los mecanismos de reportes para retroalimentación.

Implementar la recolección, almacenamiento, reportes y análisis de los datos.

Proveer resultados objetivos que puedan ser usados en la toma de decisiones de la forma mas adecuada y así tomar las acciones correctivas mas apropiadas.

El personal requerido para implementar una capacidad de medida mayor o no debe ser empleado dentro de la organización en un programa especial. La capacidad de medida se puede integrar en proyectos individuales u en otras funciones de la organización (ej., aseguramiento de calidad).

Rol Responsable y ejecutor

Gerente del proyecto: en esta área de proceso es el encargado de planear los procesos a seguir en la medición y análisis. Planeando las tareas para iniciar, guiar, hacer seguimiento y evaluar la recopilación de los datos, análisis, interpretación y tareas de almacenamiento de datos.

El gerente del proyecto es el encargado directo de la realización de la medición definida. Produciendo información de los productos y medidas de acuerdo a las tareas de medición planeadas, con el fin de asegurar que los datos serán correctamente recopilados, y

guardados de forma conveniente para su subsecuente recuperación y análisis para producir información de los productos que serán comunicados al personal del proyecto. Es también el directamente encargado de evaluar la medición. Evaluando las medidas y actividades de medición realizadas y sacando las lecciones aprendidas de estas actividades, para mantener un proceso de mejora incremental.

Personal del proyecto: Los administradores, los miembros del personal de trabajo, y otro personal dentro de la organización son incluidos en las actividades de medición y análisis apropiadas para asegurar que el proyecto sigue el curso indicado, cumple los compromisos adquiridos, de tal manera que se conozca la efectividad de los procesos implantados en el proceso de desarrollo y se mejore para futuros proyectos teniendo en cuenta las lecciones aprendidas del proyecto.

Objetivos Específicos y prácticas específicas

OE1 Alinear las actividades de medición y análisis.

PE1 Establecer objetivos de medida

PE2 Especificar medidas

PE3 Especificar procedimientos de colección y almacenamiento de datos

PE4 Especificar procedimientos de análisis

OE2 Proporcionar los resultados de medición

PE1 Recolectar los datos de medición

PE2 Analizar los datos de medición

PE3 Almacenar los datos y resultados

PE4 Comunicar los resultados

Productos de trabajo

- Objetivos de medida
- Registros de trazabilidad
- Especificación de las medidas
- Procedimientos de colección y almacenamiento de datos
- Herramientas de colección de datos
- Métodos y herramientas para análisis de datos
- Procedimientos de análisis

- Reportes de análisis
- Criterios de evaluación
- Conjunto de medidas
- Resultados de pruebas de integridad de datos
- Análisis de resultados y reportes revisados
- Inventario de datos almacenados
- Información contextual o guías que ayuden a interpretar el análisis de resultados.

Subprácticas:

Actividades o tareas asociadas a las prácticas específicas¹² del área de proceso de Medición y análisis

¹² Anexo C Modelo Liviano de Referencia – Área de Medición y análisis

4.6 MODELO LIVIANO DE EVALUACIÓN PARA LA MEJORA DE PDS

El modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software por su carácter conceptual, deja un entorno ambiguo e insuficiente para la ejecución del proceso de evaluación. Es decir, este modelo puede ser considerado una guía que indica que debe ser hecho, pero por la falta de atributos e indicadores medibles no es suficiente para determinar como se debe hacer un proceso de evaluación. Es necesario entonces la definición del modelo liviano de evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software, el cual considere una forma ágil y confiable de evaluar procesos.

4.6.1 Estructura de las áreas de proceso del modelo de evaluación

La parte 5 de la norma ISO/IEC 15504 contiene un conjunto de indicadores, indicadores de rendimiento e indicadores de capacidad, los cuales son compatibles con el modelo de referencia de la norma ISO/IEC 12207 o con cualquier otro modelo de referencia. Estos indicadores pueden ser usados al implementar un programa de mejora de procesos o para ayudar a evaluar el rendimiento de un proceso.

Debido al contexto en el que se envuelve el modelo liviano de evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software, la prioridad de este trabajo es ayudar a establecer o mejorar procesos de desarrollo teniendo como base las mejores prácticas para desarrollo de software. Se considerará la norma ISO/IEC 15504 enfocándonos en la evaluación de procesos (parte 5). Utilizando indicadores de proceso y se deja como trabajo futuro la implementación de la evaluación de capacidad de procesos.

La estructura de procesos que maneja la norma ISO/IEC 15504 es muy completa, de la cual extraemos algunos componentes, con el fin de seguir ampliando el estándar de esta norma y poder así presentar una estructura sencilla de estudiar y entender. Los elementos de esta estructura que fueron extraídos de la norma ISO/IEC 15504 para ser utilizados en el modelo liviano de evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software, dependen de la estructura que mantiene el modelo de referencia.

Cada área de proceso del modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo de software es mapeada a una estructura similar la que utiliza la norma ISO/IEC 15504 para presentar los procesos que extrae de la norma ISO/IEC 12207, en donde por cada práctica específica asociada al área de proceso en cuestión se desarrolla un formulario de recolección de información para facilitar su evaluación y se agrega a este formulario el conjunto de productos de trabajo involucrados en la practica especifica.

Otra característica importante que se tubo en cuenta de la norma ISO/IEC 15504 son los "atributos de proceso", los cuales según su definición representan una característica medible de cualquier proceso. Y son utilizados en la medida de capacidad del proceso donde, los atributos de capacidad del proceso son los elementos básicos del esquema de evaluación y en el modelo liviano de evaluación serán utilizados para medir el rendimiento y agilidad de procesos.

Cada atributo se evalúa entre un rango de cuatro puntos, los cuales se consideran en la evaluación del modelo:

N: No implementado (0% a 15%), hay muy poco o incluso ninguna evidencia de cumplimiento del atributo definido.

P: Parcialmente implementado (mayor a 15% hasta 50%), hay alguna evidencia de una aproximación sistemática al cumplimiento del atributo. Algunos aspectos de éste cumplimiento son o pueden ser impredecibles.

L: Ampliamente implementado (mayor a 50% hasta 85%), hay evidencias claras de una aproximación sistemática al cumplimiento significativo del atributo. La ejecución del proceso puede variar en algunas áreas o unidades de trabajo.

F: Totalmente implementado (mayor a 85% hasta 100%), hay evidencias claras de una aproximación sistemática para el cumplimiento total del atributo. No hay debilidades significativas a lo largo de las unidades de trabajo

El nivel de capacidad se deriva de los valores de los atributos de proceso, que para este caso no es importante resaltar.

Bajo la dimensión de evaluar el rendimiento del proceso, el modelo liviano de evaluación utiliza el atributo de proceso **AP 1.1 Atributo de rendimiento del área de proceso** de la norma ISO/IEC 15504, en donde este atributo es completamente implementado cuando: El proceso obtiene los resultados definidos.

Posteriormente se muestra la estructura (figura 18) que se obtuvo debido a que los ítems de estudio que se mencionan a continuación adicionan componentes a esta estructura.

Además de adoptar partes de la estructura de la ISO/IEC 15504-5, se considera necesario brindar a las MiPYMES una forma de evaluar sus procesos de desarrollo software contra el modelo liviano de referencia, de una forma confiable y comprensible para las empresas.

4.6.2 Medida para estimar el atributo del rendimiento del área de proceso

La parte 5 de la norma ISO/IEC 15504 no expresa una forma de cómo llevar a cabo un proceso de evaluación, presenta la definición de indicadores de proceso y de capacidad; sin involucrar la forma de cómo evaluar los procesos. Por esta razón se han considerado las métricas, como un punto de partida para aclarar la forma de como se evalúan los procesos.

Las métricas o medidas, se pueden ver como un soporte efectivo a la mejora de procesos, ya que son esenciales para entender, definir, gestionar y controlar los procesos de desarrollo. Por lo tanto, con el fin de obtener una base cuantitativa para la mejora de procesos software es necesario medir, basándose en elementos necesarios expresados en un modelo de referencia de procesos.

Considerando esta necesidad, se desarrollaron un conjunto de métricas, basadas en el trabajo "Medidas para estimar el rendimiento y capacidad de los procesos software de conformidad con ISO/IEC 15504"[22], en donde se expone una metodología de definición de métricas de capacidad y rendimiento de procesos soportadas en la norma ISO/IEC 15504.

4.6.2.1 Definición de medidas para estimar el rendimiento de los procesos

Como se expresa en[22], para la realización de una evaluación de procesos en una empresa es necesario seguir un método de evaluación que produzca resultados cuantitativos que determinen el rendimiento del proceso, estos resultados ofrecen información que permite establecer el estado actual de los procesos software para

encontrar fortalezas y debilidades que sirven para definir estrategias para la ejecución de la mejora de procesos.

4.6.2.1.1 Objetivo

Obtener información relevante en la evaluación rápida de áreas de procesos acerca del rendimiento del proceso software de conformidad con el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software.

4.6.2.1.2 Esquema para la definición de la medida de rendimiento de un proceso

Para definir las métricas de rendimiento de procesos se analiza el esquema que mantienen las áreas de proceso del modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software (ver figura 18). Como todas las áreas de proceso del modelo liviano de referencia tienen la misma estructura, se pueden definir las métricas de todas las áreas de proceso del modelo liviano de referencia en general.

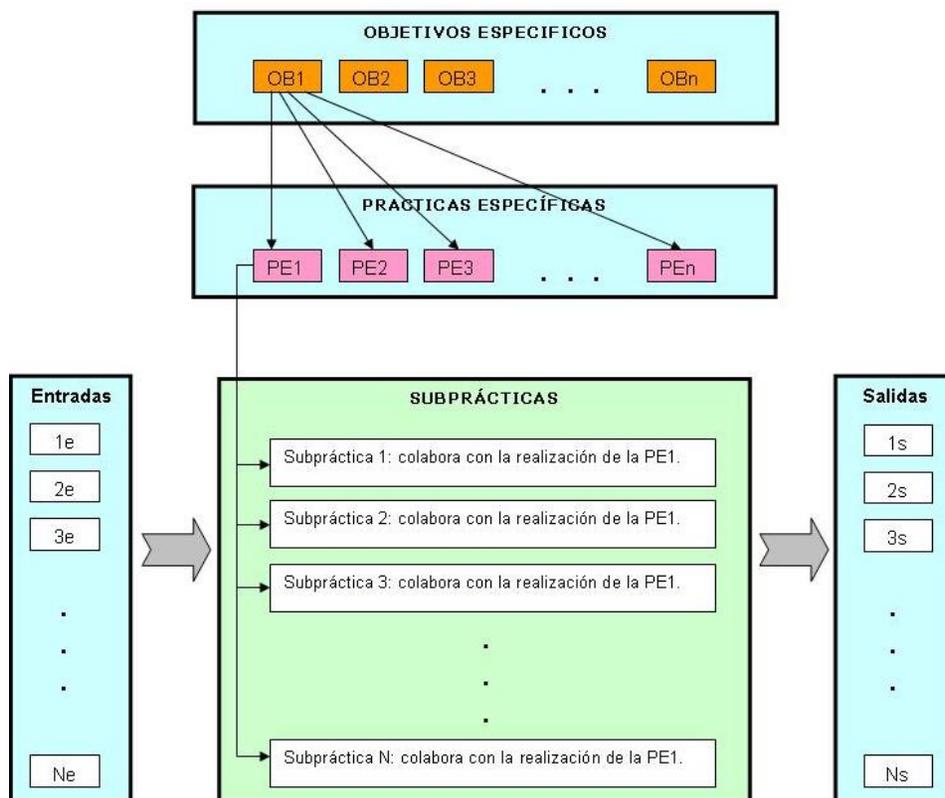


Figura 18. Estructura de las áreas del modelo liviano de referencia

Como se puede observar de la figura las áreas de proceso están compuestas por los siguientes elementos:

- Objetivos específicos
- Prácticas específicas
- Subprácticas: actividades que se deben realizar para cumplir con la práctica específica
- Entradas: productos de trabajo que se relacionan con las subprácticas.
- Salidas: productos de trabajo que se relacionan con las subprácticas.

4.6.2.1.2.1 Hipótesis

- Los productos de trabajo de un área de proceso influyen en el rendimiento del área de proceso software.
- La realización de las subprácticas influye en el desarrollo de los productos de trabajo de un área de proceso software.
- Los productos de trabajo de entrada influyen en el rendimiento del área de proceso software.
- Los productos de trabajo de salida influyen en el rendimiento del área de proceso software.

4.6.2.1.2.2 Preguntas

- ¿Cómo influyen los productos de trabajo de un área de proceso en el rendimiento del área de proceso software?
- ¿Como influye la realización de las subprácticas en el desarrollo de los productos de trabajo de un área de proceso software?
- ¿Cómo influyen los productos de trabajo de entrada en el rendimiento del área de proceso software?
- ¿Cómo influyen los productos de trabajo de salida en el rendimiento del área de proceso software?

4.6.2.1.2.3 Definición de la métrica

Las métricas a nivel del rendimiento del área de procesos han sido definidas con el objetivo de evaluar el grado de cumplimiento de un proceso en relación con un área de proceso definida en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software. La definición de estas métricas se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Métricas de rendimiento del área de procesos

Métricas de rendimiento de las prácticas específicas	
En función de las prácticas específicas	
Métrica	Definición
NPT_PE	Número de productos de trabajo de la práctica específica a evaluar definidos en el modelo liviano de calidad.
NSP_PE	Número de subprácticas de la práctica específica a evaluar definidas en el modelo liviano de calidad.
NSP_PT _i	Número de subprácticas que contribuyen al logro del producto de trabajo <i>i</i> .
PPT_SP	Peso de cada uno de los productos de trabajo a evaluar. $PPT_SP = 1 / NPT_PE$
VSP_PT _i	Valor de las subprácticas realizadas o llevadas a cabo por la organización. <i>Se obtiene a partir de un instrumento de recolección de información.</i>
GCPT _i (SP)	Grado de cumplimiento del producto de trabajo <i>i</i> en función de la subpráctica. $GCPT_i (SP) = VSP_PT_i / NSP_PT_i$
MRPE (SP)	Medida de rendimiento de la práctica específica en función de las subprácticas $MRPE (SP) = \sum (PPT_SP * GCPT_i (SP))$
En función de los productos de trabajo	
NPTE_PE	Número de productos de trabajo de entrada de la práctica específica, definidos en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software MLR-PDS
NPTS_PE	Número de productos de trabajo de salida de la práctica específica, definidos en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software MLR-PDS
NPTE_S _{Pi}	Número de productos de trabajo de entrada de la subpráctica <i>i</i> , definidos en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software MLR-PDS
NPTS_S _{Pi}	Número de productos de trabajo de salida de la subpráctica <i>i</i> , definidos en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software MLR-PDS
NTPT_S _{Pi}	Número total de productos de trabajo de la subpráctica <i>i</i> . $NTPT_SP_i = NPTE_SP_i + NPTS_SP_i$
NPTR_S _{Pi}	Número de productos de trabajo realizados por la empresa para cada subpráctica <i>i</i> . <i>Se obtiene a partir de un instrumento de recolección de información.</i>
GCSP (PT)	Grado de cumplimiento de la subpráctica <i>i</i> en función de los productos de trabajo. $GCSP (PT) = (NPTR_SP_i / NTPT_SP_i)$
MRPE (PT)	Medida de rendimiento de la práctica específica en función de los productos de trabajo. $MRPE (PT) = \sum GCSP (PT)$

Rendimiento en función de las subprácticas y de los productos de trabajo	
MRPE	Medida de rendimiento en función de subprácticas y productos de trabajo de las prácticas específicas. MRPE = 0.5 * MRPE (SP) + 0.5 * MRPE (PT)
PEi	Medida de rendimiento de la práctica específica i multiplicado por porcentaje de peso de la práctica específica i. PEi = (MRPE * Peso de cada PE) / 100 <i>El peso de cada práctica específica (PE) esta definido por el número de prácticas específicas que tiene asociado un objetivo específico (OE), definidas en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software</i> MLR-PDS
TPE	Sumatoria de las medidas de rendimiento de las prácticas específicas. TPE = Σ PEi
Medida de rendimiento de los objetivos específicos	
ROEi	Medida de rendimiento del objetivo específico i multiplicado por el porcentaje de peso del objetivo específico i. ROEi = (TPE * Peso de cada OE) / 100 <i>El peso de cada objetivo específico (OE) esta definido por el número de objetivo específicos que tiene asociado un área de proceso, definido en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software</i> MLR-PDS
Medida de rendimiento del área de procesos	
TROE	Sumatoria de las medidas de rendimiento de los objetivos específicos. Medida de rendimiento del área de proceso. TPOE = Σ ROEi

4.6.2.1.2.4 Formulario de recolección de información

Para obtener el VSP_PTi (Valor de las subprácticas realizadas o llevadas a cabo por la organización) y NPTR_SPi (Número de productos de trabajo realizados por la empresa para cada subpráctica i), se debe tener un formulario de recolección de información por cada una de las prácticas específicas de las áreas de proceso que se desean evaluar del modelo liviano de referencia. A modo de ejemplo en la figura 19 se presenta el instrumento de recolección de información de la práctica específica **PE1** Análisis y desarrollo de los requisitos del cliente (visión del usuario) que pertenece al objetivo específico **OE1**, del área de procesos de Desarrollo de requisitos del modelo liviano de calidad.

Como se puede observar éste formulario tiene una estructura sencilla. El valor de la métrica VSP_PTi (Valor de las subprácticas realizadas o llevadas a cabo por la

organización), se obtiene a partir de éste instrumento de recolección de información (ver figura 19).

Cada subpráctica tiene un grado de realización, al cual se le asigna un valor así:

- **Nunca experimentada.** A este grado de realización se le asigna el valor de 0
- **Parcialmente experimentada.** A este grado de realización se le asigna el valor de 0.33
- **Considerablemente experimentada.** A este grado de realización se le asigna el valor de 0.67
- **Siempre experimentada.** A este grado de realización se le asigna el valor de 1.

OE1	PE1 Análisis y desarrollo de los requisitos del cliente (visión del usuario)			
Subprácticas	Grado de Realización			
	NE	PE	CE	SE
Recolectar las necesidades del personal del proyecto involucrado. [4e][20s]				
Seleccionar los objetivos de acuerdo a las necesidades (Elicitación) del personal del proyecto involucrado.[4e,] [20s]				
Desarrollar y documentar los requisitos del cliente.[4e][20s]				
Definir las restricciones con respecto a la verificación y validación.[4e,] [20s,2s]				
Productos de trabajo				
Entradas		Salidas		
4. Peticiones del personal del proyecto		20. Requisitos del Cliente		
		2. Requisitos derivados		

Figura 19. Instrumento de recolección de información para la PE1

Como soporte para la utilización de las métricas, se adicionan los elementos consignados en la tabla 6 por cada práctica específica evaluada, en este caso a modo de ejemplo de la **PE1** Análisis y desarrollo de los requisitos del cliente (visión del usuario), del objetivo específico 1 **OB1** del área de procesos Desarrollo de requisitos para consignar los valores de las métricas.

Tabla 6. Valor de las métricas para la subpráctica PE1

En función de las subprácticas					
NPT_PE = 2			NSP_PE = 4		
PT	NSP_PTi		VSP_PTi		GCPTi (SP) = (VSP_PTi / NSP_PTi)
1 [20s]	4				
2 [2s]	1				
MRPE (SP) = $\sum (PPT_SP * GCPTi (SP))$					
En función de los productos de trabajo					
NPTE_PE= 1			NPTS_PE= 2		
PT	NPTE_SPi	NPTS_SPi	NTPT_SPi	NPTR_SPi	GCSP (PT) = (NPTR_SPi/NTPT_SPi)
SP1	1	1	2		
SP2	1	1	2		
SP3	1	1	2		
SP4	1	2	3		
Sumatoria de productos de trabajo					
\sum NTPT_SPi		9		\sum NPTR_SPi	
MRPE (PT) = $(\sum NPTR_SPi / \sum NTPT_SPi)$					
Rendimiento en función de las subprácticas y de los productos de trabajo					
MRPE = $0.5 * MRPE(SP) + 0.5 * MRPE(PT)$					
PE1 = $(MRPE * \text{Peso de cada PE}) / 100$					

Al obtener la medida de rendimiento en función de subprácticas y productos de trabajo de las prácticas específicas i (**MRPEi**), (para el ejemplo la MRPE1) procedemos a obtener la medida de rendimiento del objetivo específico al cual están asociadas cada una de las prácticas específicas evaluadas.

Donde el primer paso es calcular el porcentaje que aporta cada práctica específica al rendimiento del área de procesos **PE1**. Es decir multiplicamos la medida de rendimiento de cada práctica específica por el valor porcentual o peso que cada una tiene en relación al objetivo específico al cual se encuentran asociadas. El peso que cada práctica específica tiene con respecto al objetivo específico al cual pertenece, esta ligado a la cantidad de prácticas específicas que tenga el objetivo, ya que la realización de cada práctica específica aporta un valor igual a la obtención del objetivo específico al cual pertenecen.

Continuando con el ejemplo, en la tabla 7 se observa el procedimiento para calcular el rendimiento del objetivo específico 1 **OE1** del área de procesos de Desarrollo de requisitos el cual tiene asociada solo una práctica específica **PE1**.

Tabla 7. Rendimiento del objetivo específico OE1

Rendimiento del Objetivo específico 1 OE1	
TPE	ΣPE_i Sumatoria de las medidas de rendimiento de las prácticas específicas
TPE = PE1	
ROE1 = (TPE * Peso de cada OE) / 100	

Al obtener la medida de rendimiento de todos los objetivos específicos, asociados al área de procesos evaluada, calculamos el valor porcentual o peso que aporta cada objetivo específico al rendimiento del área de proceso. De igual manera el peso que cada objetivo específico tiene con respecto al área de proceso al cual pertenece, esta ligado a la cantidad de objetivos específicos que tenga el área de procesos evaluada, ya que la realización de cada objetivo específico aporta un valor igual a la obtención del área de proceso a la cual pertenecen.

En el ejemplo, el área de proceso de Desarrollo de requisitos tiene asociados 3 objetivos específicos por lo tanto, en la tabla 8 se observa el procedimiento para calcular el rendimiento del área de proceso de Desarrollo de requisitos.

Tabla 8. Rendimiento del área de proceso Desarrollo de requisitos

Rendimiento del área de proceso Desarrollo de Requisitos	
TROE	ΣROE_i Sumatoria de las medidas de rendimiento de los objetivos específicos. Medida de rendimiento del área de procesos
TROE = ROE1 + ROE2 + ROE3	
Medida de rendimiento del área:	

Luego de obtener la medida de rendimiento podemos observar el grado de cumplimiento del atributo de procesos **P1.1 Atributo del rendimiento del área de proceso** (adoptado de la norma ISO/IEC 15504-5) del área de procesos evaluada, según la escala

del grado de cumplimiento. De esta manera se presenta la evaluación de cada una de las áreas del modelo liviano de referencia¹³.

4.6.3 Atributo de agilidad del área de proceso

En ésta sección se presenta la definición de un atributo de calidad de procesos software denominado Agilidad del Proceso. Éste atributo permite que una pequeña organización desarrolladora de software evalúe el nivel de agilidad de los procesos utilizados por ella, para el desarrollo de sus productos software.

Al obtener información de las prácticas y técnicas utilizadas en el desarrollo de software por las MiPyMES del sur occidente colombiano[4] y de la experiencia obtenida en la realización de ésta visita a empresas pequeñas desarrolladoras de software, se puede observar que éstas presentan el "síndrome de la programación extrema". Es decir a un proceso caótico, sin una definición clara de entradas y salidas, responsables, recursos, centrado en la generación de código, entre otros, se le denomina Programación Extrema. Hay un desconocimiento claro que la programación extrema no es solo generar código fuente, sino que involucra una serie de compromisos, que la organización debe asumir, para garantizar que el proceso sea ágil y no "frágil".

Es importante que las MiPyMES desarrolladoras de software asuman la agilidad con responsabilidad. Es decir que si los procesos ágiles les aportan una ventaja competitiva debido a su estructura interna, estos procesos al menos deben tener un mínimo de elementos que sustenten que sus procesos son ágiles porque siguen los lineamientos del manifiesto ágil.

Por lo descrito anteriormente, para las MiPyMES desarrolladoras de software es importante poder evaluar la agilidad de sus procesos. Es por esto que se propone la definición de un atributo de proceso que permita medir el nivel de agilidad del mismo. El atributo de proceso propuesto es adicional al atributo definido anteriormente. De esta forma este modelo evalúa además de la realización del proceso, si el proceso se realiza de manera ágil (siguiendo los lineamientos del manifiesto ágil).

¹³ Anexo D Modelo liviano de Evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software

Este atributo de procesos es aplicable a cualquier área de proceso del modelo liviano de referencia, adquiriendo así las características que tienen los atributos de capacidad de la norma ISO/IEC 15504. Puede ser aplicado por cualquier organización que quiera evaluar la agilidad de sus procesos.

4.6.3.1 Definición del atributo de agilidad del área de procesos

En [30] se hace un análisis de los valores y principios y se presenta a continuación. El Manifiesto comienza enumerando los principales valores del desarrollo ágil. Se valora:

Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas. La gente es el principal factor de éxito de un proyecto software. Si se sigue un buen proceso de desarrollo, pero el equipo falla, el éxito no está asegurado; sin embargo, si el equipo funciona, es más fácil conseguir el objetivo final, aunque no se tenga un proceso bien definido. No se necesitan desarrolladores brillantes, sino desarrolladores que se adapten bien al trabajo en equipo. Así mismo, las herramientas (compiladores, depuradores, control de versiones, etc.) son importantes para mejorar el rendimiento del equipo, pero el disponer más recursos que los estrictamente necesarios también pueden afectar negativamente. En resumen, es más importante construir un buen equipo que construir el entorno. Muchas veces se comete el error de construir primero el entorno y esperar que el equipo se adapte automáticamente. Es mejor crear el equipo y que éste configure su propio entorno de desarrollo en base a sus necesidades.

Desarrollar software que funciona más que conseguir una buena documentación. Aunque se parte de la base de que el software sin documentación es un desastre, la regla a seguir es “no producir documentos a menos que sean necesarios de forma inmediata para tomar una decisión importante”. Estos documentos deben ser cortos y centrarse en lo fundamental. Si una vez iniciado el proyecto, un nuevo miembro se incorpora al equipo de desarrollo, se considera que los dos elementos que más le van a servir para ponerse al día son: el propio código y la interacción con el equipo de trabajo.

La colaboración con el cliente más que la negociación de un contrato. Las características particulares del desarrollo de software hacen que muchos proyectos hayan fracasado por intentar cumplir unos plazos y unos costos preestablecidos al inicio del mismo, según los

requisitos que el cliente manifestaba en ese momento. Por ello, se propone que exista una interacción constante entre el cliente y el equipo de desarrollo. Esta colaboración entre ambos será la que marque la marcha del proyecto y asegure su éxito.

Responder a los cambios más que seguir estrictamente un plan. La habilidad de responder a los cambios que puedan surgir a lo largo del proyecto (cambios en los requisitos, en la tecnología, en el equipo, etc.) determina también el éxito o fracaso del mismo. Por lo tanto, la planificación no debe ser estricta puesto que hay muchas variables en juego, debe ser flexible para poder adaptarse a los cambios que puedan surgir. Una buena estrategia es hacer planificaciones detalladas para unas pocas semanas y planificaciones mucho más abiertas para unos pocos meses.

Los valores anteriores inspiran los doce principios del manifiesto. Estos principios son las características que diferencian un proceso ágil de uno tradicional. Los dos primeros son generales y resumen gran parte del espíritu ágil:

La prioridad es satisfacer al cliente mediante tempranas y continuas entregas de software que le aporte un valor. Un proceso es ágil si a las pocas semanas de empezar ya entrega software que funcione aunque sea rudimentario. El cliente decide si pone en marcha dicho software con la funcionalidad que ahora le proporciona o simplemente lo revisa e informa de posibles cambios a realizar.

Dar la bienvenida a los cambios. Se capturan los cambios para que el cliente tenga una ventaja competitiva. Este principio es una actitud que deben adoptar los miembros del equipo de desarrollo. Los cambios en los requisitos deben verse como algo positivo. Les va a permitir aprender más, a la vez que logran una mayor satisfacción del cliente. Este principio implica además que la estructura del software debe ser flexible para poder incorporar los cambios sin demasiado costo añadido. El paradigma orientado a objetos puede ayudar a conseguir esta flexibilidad.

Luego existen una serie de principios que tienen que ver directamente con el proceso de desarrollo de software a seguir.

Entregar frecuentemente software que funcione desde un par de semanas a un par de meses, con el menor intervalo de tiempo posible entre entregas. Las entregas al cliente

se insiste en que sean software, no planificaciones, ni documentación de análisis o de diseño.

La gente del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos a lo largo del proyecto. El proceso de desarrollo necesita ser guiado por el cliente, por lo que la interacción con el equipo es muy frecuente.

Construir el proyecto en torno a individuos motivados. Darles el entorno y el apoyo que necesitan y confiar en ellos para conseguir finalizar el trabajo. La gente es el principal factor de éxito, todo lo demás (proceso, entorno, gestión, etc.) queda en segundo plano.

Si cualquiera de ellos tiene un efecto negativo sobre los individuos debe ser cambiado.

El diálogo cara a cara es el método más eficiente y efectivo para comunicar información dentro de un equipo de desarrollo. Los miembros de equipo deben hablar entre ellos, éste es el principal modo de comunicación. Se pueden crear documentos pero no todo estará en ellos, no es lo que el equipo espera.

El software que funciona es la medida principal de progreso. El estado de un proyecto no viene dado por la documentación generada o la fase en la que se encuentre, sino por el código generado y en funcionamiento. Por ejemplo, un proyecto se encuentra al 50% si el 50% de los requisitos ya están en funcionamiento.

Los procesos ágiles promueven un desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios deberían ser capaces de mantener una paz constante. No se trata de desarrollar lo más rápido posible, sino de mantener el ritmo de desarrollo durante toda la duración del proyecto, asegurando en todo momento que la calidad de lo producido es máxima.

Finalmente los últimos principios están más directamente relacionados con el equipo de desarrollo, en cuanto metas a seguir y organización del mismo.

La atención continua a la calidad técnica y al buen diseño mejora la agilidad. Producir código claro y robusto es la clave para avanzar más rápidamente en el proyecto.

La simplicidad es esencial. Tomar los caminos más simples que sean consistentes con los objetivos perseguidos. Si el código producido es simple y de alta calidad será más sencillo adaptarlo a los cambios que puedan surgir.

Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de los equipos organizados por sí mismos. Todo el equipo es informado de las responsabilidades y éstas recaen sobre todos sus miembros. Es el propio equipo el que decide la mejor forma de organizarse, de acuerdo a los objetivos que se persigan.

En intervalos regulares, el equipo reflexiona respecto a cómo llegar a ser más efectivo, y según esto ajusta su comportamiento. Puesto que el entorno está cambiando continuamente, el equipo también debe ajustarse al nuevo escenario de forma continua. Puede cambiar su organización, sus reglas, sus convenciones, sus relaciones, etc., para seguir siendo ágil.

A partir de estos elementos se estructuran las siguientes tablas donde se expresan los valores del manifiesto ágil, comentarios de los valores y cuales valores están naturalmente soportados por los principios del manifiesto ágil.

Tabla 9. Valor 1 del Manifiesto Ágil

Valores del manifiesto ágil	1. Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.
Comentarios de los valores	1. La gente es el principal factor de éxito de un proyecto software 2. Es más importante construir un buen equipo que construir el entorno 3. Es mejor crear el equipo y que éste configure su propio entorno de desarrollo en base a sus necesidades 4. Si una vez iniciado el proyecto, un nuevo miembro se incorpora al equipo de desarrollo, se considera que los dos elementos que más le van a servir para ponerse al día son: el propio código y la interacción con el equipo.
Principios del manifiesto ágil	5. Construir el proyecto en torno a individuos motivados 6. El diálogo cara a cara es el método más eficiente y efectivo para comunicar información dentro de un equipo de desarrollo. 11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de los equipos organizados por sí mismos. 12. En intervalos regulares, el equipo reflexiona respecto a cómo llegar a ser más efectivo, y según esto ajusta su comportamiento.
Prácticas de gestión	Tomar acciones para que los Responsables tengan la autonomía de organizar el equipo y su comunicación, y las actividades del proceso.
Atributo de calidad	El atributo agilidad de proceso es una medida del nivel de agilidad de un proceso.

Tabla 10. Valor 2 del Manifiesto Ágil

Valores del manifiesto ágil	2. Desarrollar software que funciona más que conseguir una buena documentación.
Comentarios de los valores	1. "No producir documentos a menos que sean necesarios de forma inmediata para tomar una decisión importante".
Principios del manifiesto ágil	1. La prioridad es satisfacer al cliente mediante tempranas y continuas entregas de software que le aporte un valor 3. Entregar frecuentemente software que funcione desde un par de semanas a un par de meses, con el menor intervalo de tiempo posible entre entregas. 7. El software que funciona es la medida principal de progreso.
Prácticas de gestión	Identificar los productos de trabajo que sirvan para tomar decisiones y que aporten valor al cliente en el proceso.
Atributo de calidad	El atributo agilidad de proceso es una medida del nivel de agilidad de un proceso.

Tabla 11. Valor 3 del Manifiesto Ágil

Valores del manifiesto ágil	3. La colaboración con el cliente más que la negociación de un contrato.
Comentarios de los valores	1. Se propone que exista una interacción constante entre el cliente y el equipo de desarrollo.
Principios del manifiesto ágil	4. La gente del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos a lo largo del proyecto.
Prácticas de gestión	Definir la colaboración del cliente en el proceso.
Atributo de calidad	El atributo agilidad de proceso es una medida del nivel de agilidad de un proceso.

Tabla 12. Valor 4 del Manifiesto Ágil

Valores del manifiesto ágil	4. Responder a los cambios más que seguir estrictamente un plan.
Comentarios de los valores	1. Por lo tanto, la planificación no debe ser estricta puesto que hay muchas variables en juego, debe ser flexible para poder adaptarse a los cambios que puedan surgir
Principios del manifiesto ágil	2. Dar la bienvenida a los cambios.
Prácticas de gestión	Definir una estrategia para responder a los cambios de los productos de trabajo que los clientes desean en el proceso.
Atributo de calidad	El atributo agilidad de proceso es una medida del nivel de agilidad de un proceso.

En el análisis realizado 3 principios no encajaron en ningún valor y por ello quedan fuera de la tabla, estos son:

- 8. Los procesos ágiles promueven un desarrollo sostenible.
- 9. La atención continua a la calidad técnica y al buen diseño mejora la agilidad.
- 10. La simplicidad es esencial.

Junto con las prácticas definidas anteriormente se estableció un conjunto de productos de trabajo asociados a ellas, los cuales permiten verificar el cumplimiento de este atributo de proceso.

El atributo de proceso **P1.2 Atributo de agilidad del área del proceso** que se obtuvo está descrito en la siguiente tabla.

Tabla 13. Atributo de proceso Agilidad del área de proceso

Atributo de proceso Agilidad del área de proceso					
Descripción del atributo de proceso El atributo agilidad del área de proceso es una medida del nivel de agilidad de un área de proceso.					
Prácticas		Grado de Realización			
		NE	PE	CE	SE
P1	Tomar acciones para que los responsables tengan la autonomía de organizar el equipo y su comunicación, y las actividades del proceso [1e, 2e, 3e] [1s, 4s].				
P2	Identificar los productos de trabajo que sirvan para tomar decisiones y que aporten valor al cliente en el proceso [5e] [2s].				
P3	Definir la colaboración del cliente en el proceso [1e, 6e] [3s, 5s].				
P4	Definir una estrategia para responder a los cambios de los productos de trabajo que los clientes desean en el proceso [4e, 7e] [1s].				
Productos de trabajo					
Entradas		Salidas			
1. Plan del proyecto		1. Estrategias			
2. Reportes de avances		2. Lista de los productos de trabajo para toma de decisiones			
3. Políticas de la empresa		3. Cronograma del proyecto			
4. Estrategias		4. Reportes de avances			
5. Productos de trabajo		5. Actas de reuniones			
6. Cronograma del proyecto					
7. Petición de cambios					

4.6.3.2 Evaluación del atributo de agilidad del área de procesos

Para evaluar la agilidad del área de procesos evaluada, se define un conjunto de métricas similares a las anteriormente expuestas para la evaluación del rendimiento de las áreas de proceso y se utiliza la misma escala de valores que se utilizó en la evaluación de las prácticas específicas en cada área de proceso. Para este atributo de proceso cada práctica asociada a éste, aporta el mismo valor porcentual para obtener el grado de

implementación de este atributo por cada área de procesos. Es decir que cada práctica asociada a este atributo aportará un 25% a la obtención de este atributo.

4.6.3.2.1 Esquema para la definición de la medida de agilidad del área de proceso

Para definir las métricas de agilidad del área de proceso se analiza el esquema que mantiene el atributo de proceso **P1.2 Agilidad del área de proceso**. Este atributo de proceso esta compuesto por un conjunto de 4 prácticas (ver tabla 13), a las cuales se le asocian productos de trabajo, los cuales contribuyen al igual que las prácticas al cumplimiento de este atributo de proceso de agilidad del área de proceso.

4.6.3.2.1.1 Hipótesis

- Los productos de trabajo influyen en la agilidad del área de proceso software.
- La realización de las prácticas influye en los productos de trabajo de un área de proceso software.
- Los productos de trabajo de entrada influyen en la agilidad del área de proceso software.
- Los productos de trabajo de salida influyen en la agilidad del área de proceso software.

4.6.3.2.1.2 Preguntas

- ¿Cómo influyen los productos de trabajo en la agilidad del área de proceso software?
- ¿Como influye la realización de las prácticas en la agilidad de un área de proceso software?
- ¿Cómo influyen los productos de trabajo de entrada en la agilidad del área de proceso software?
- ¿Cómo influyen los productos de trabajo de salida en la agilidad del área de proceso software?

4.6.3.2.1.3 Definición de la métrica

Las métricas a nivel de la agilidad del área de procesos han sido definidas con el objetivo de evaluar el grado de agilidad y respuesta al cambio de un proceso, en relación con un área de proceso definida en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software. La definición de estas métricas se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 14. Agilidad del área de proceso en función de las prácticas

En función de las prácticas específicas	
Métrica	Definición
NPT_P	Número de productos de trabajo de la práctica a evaluar definidos en el modelo liviano de calidad.
NP_AP	Número de prácticas del atributo de proceso Agilidad del área de proceso definidas en el modelo liviano de calidad.
NP_PTi	Número de prácticas que contribuyen al logro del producto de trabajo i.
PPT_P	Peso de cada uno de los productos de trabajo según la práctica $PPT_P = 1 / NP_{AP}$
VP_PTi	Valor de las prácticas realizadas o llevadas a cabo por la organización. <i>Se obtiene a partir de un instrumento de recolección de información.</i>
GCPTi (P)	Grado de cumplimiento del producto de trabajo i en función de la práctica i. $GCPTi (SP) = VP_{PTi} / NP_{PTi}$
MA_AP (P)	Medida de agilidad del área de proceso en función de las prácticas $MA_{AP} (P) = \sum (PPT_P * GCPTi (P))$

Tabla 15. Agilidad del área de proceso en función de los PT

En función de los productos de trabajo	
NPTE _AP	Número de productos de trabajo de entrada del atributo de proceso, definidos en el modelo liviano de evaluación MLE-PDS
NPTS _AP	Número de productos de trabajo de salida del atributo de proceso, definidos en el modelo liviano de evaluación MLE-PDS
NPTE_Pi	Número de productos de trabajo de entrada de la práctica i, definidos en el modelo liviano de evaluación MLE-PDS
NPTS_Pi	Número de productos de trabajo de salida de la práctica i, definidos en el modelo liviano de evaluación MLE-PDS
NTPT_Pi	Número total de productos de trabajo de la práctica i. NTPT_Pi = NPTE_Pi + NPTS_Pi
NPTR_Pi	Número de productos de trabajo realizados por la empresa para cada práctica i. <i>Se obtiene a partir de un instrumento de recolección de información.</i>
GCP (PT)	Grado de cumplimiento de la práctica i en función de los productos de trabajo. GCP (PT) = (NPTR_Pi / NTPT_Pi)
MA_AP (PT)	Medida de agilidad del área de proceso en función de los productos de trabajo. MA_AP (PT) = Σ GCP (PT)
Rendimiento en función de las subprácticas y de los productos de trabajo	
MA_AP	Medida de agilidad en función de las prácticas y productos de trabajo. MA_AP = 0.5 * MA_AP (P) + 0.5 * MA_AP (PT)

Como soporte para la utilización de las métricas, se adicionan al modelo liviano de evaluación los elementos consignados en la tabla 16 para el atributo de proceso **P1.2 agilidad del área de proceso**, el cual puede ser evaluado por cualquier área de proceso definida en el modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software.

Tabla 16. Valor de las métricas para el atributo de proceso P1.2

En función de las prácticas					
NPT_P = 5			NP_AP = 4		
PT	NP_PTi		VP_PTi		GCPTi (P) = (VP_PTi / NP_PTi)
1 [1s]					
2 [2s]					
3 [3s]					
4 [4s]					
5 [5s]					
MA_AP(P) = $\sum (PPT_P * GCPTi (P))$					
En función de los productos de trabajo					
NPTE_AP= 7			NPTS_AP= 5		
P	NPTE_Pi	NPTS_Pi	NTPT_Pi	NPTR_Pi	GCP (PT) = (NPTR_Pi/NTPT_Pi)
P1					
P2					
P3					
P4					
Sumatoria de productos de trabajo					
\sum NTPT_Pi			\sum NPTR_Pi		
MA_AP(PT) = (\sum NPTR_Pi / \sum NTPT_Pi)					
Rendimiento en función de las subprácticas y de los productos de trabajo					
MA_AP = 0.5*MA_AP(P) + 0.5*MA_AP(PT)					

Luego de obtener la medida de agilidad **MA_AP**, podemos observar el grado de cumplimiento del atributo de proceso **P1.2 Agilidad del área de proceso**, con relación al área de proceso evaluada, según la escala del grado de cumplimiento. De esta manera se presenta la evaluación de la agilidad de cada una de las áreas del modelo liviano de referencia¹⁴.

Para entender de una forma más sencilla el modelo de evaluación se presenta un ejemplo de la obtención del valor de las métricas en una empresa hipotética¹⁵.

¹⁴ Anexo D Modelo liviano de Evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software.

¹⁵ Anexo E Ejemplo de la aplicación de las métricas.

5. CASO DE ESTUDIO DEL MODELO LIVIANO DE CALIDAD

En este capítulo se considera el caso de estudio realizado en la empresa piloto SIDEM Ltda., grupo empresarial dedicado a la producción, integración, mantenimiento, respaldo y asesoría de sistemas de información, con diseño multiplataforma estructurado para soportar los constantes retos de renovación de los procesos productivos de las organizaciones modernas.

Esta empresa solicitó ayuda al grupo IDIS para implantar la mejora de sus procesos de desarrollo, debido a que conoció el proyecto SIMEP-SW en el I Seminario de calidad de software – Mejora de procesos de desarrollo, interesándose por los proyectos involucrados, como alternativa para subsanar sus necesidades.

Este acercamiento entre academia-industria, permite formar una alianza estratégica la cual contribuye al crecimiento de ambos sectores con el enriquecimiento y la retroalimentación en todas sus áreas, favoreciendo de esta manera al desarrollo de la industria de software colombiana y en general, al desarrollo del País.

5.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología a seguir para el desarrollado de trabajo en la empresa SIDEM Ltda. está enmarcada dentro del proceso ágil para la mejora de procesos de software AGILE-SPI Process[36], el cual describe un proceso de mejoramiento de procesos en cinco fases (ver tabla 17). Las actividades sombreadas en la tabla indican el trabajo desarrollado.

Fase 1. Instalación del programa

Fase 2. Diagnóstico

Fase 3. Formulación

Fase 4. Mejora

Fase 5. Revisión del programa

Tabla 17 . Fases del trabajo realizado en SIDEM. Ltda

Actividad	Actividades Ágile SPI – Process
FI. Fase de Instalación	
FI.A1	Empezar Instalación
FI.A2	<i>Capacitación Ágile SPI-Process</i>
FI.A3	Identificar necesidades del negocio
FI.A4	<i>Capacitación Modelo de Calidad</i>
FI.A5	Construir propuesta de mejora
FI.A6	Obtener aprobación
FI.A7	Lanzar el programa
FI.A8	<i>Creación de Infraestructura</i>
FD. Fase de Diagnóstico	
FD.A1	<i>Preparación de la valoración</i>
FD.A2	Valorar
FD.A3	<i>Análisis de resultados</i>
FD.A4	Priorizar
FD.A5	<i>Priorización según necesidades del negocio</i>
FD.A6	<i>Capacitación Área de Proceso</i>
FD.A7	Construir plan general de mejora
FD.A8	Comunicar plan general de mejora
FF. Fase de Formulación	
FF.A1	<i>Preparación de la evaluación</i>
FF.A2	Evaluar área
FF.A3	<i>Análisis de resultados</i>
FF.A4	Formular caso de mejora
FF.A4,1	<i>Preparación del diseño</i>
FF.A4,2	<i>Diseño</i>
FF.A4,3	<i>Implementación</i>
FF.A5	Ejecutar Plan Piloto de Mejora
FF.A5.1	<i>Capacitación en Área de Proceso</i>
FF.A5.2	<i>Implantación</i>
FF.A6	<i>Capacitación Global en Área de Proceso</i>
FF.A7	Institucionalizar Área
FF.A8	Documentar Caso de Mejora
FM. Fase de Mejora	
FM.A1	Evaluar área
FM.A2	Formular caso de mejora
FM.A3	Ejecutar Plan Piloto de Mejora
FM.A4	Institucionalizar Área
FM.A5	Documentar Caso de Mejora
FR. Fase de Revisión	
FR.A1	Realizar Retroalimentación
FR.A2	Crear/Actualizar Base de Conocimiento
FR.A3	Analizar Impacto de la Mejora
FR.A4	Analizar Compromiso y Patrocinio para el siguiente ciclo
FR.A5	Preparar Siguiente Ciclo

5.1.1 Fase de instalación: conocimiento de SIDEM Ltda.

5.1.1.1 Identificación de necesidades

Esta fase comienza con la identificación de las necesidades de la empresa, mediante la realización de entrevistas informales, realizando un diálogo con el personal clave de los diferentes procesos de la empresa, a quienes se les hicieron preguntas dirigidas para capturar la información necesaria para conocer y posteriormente definir los procesos de tal forma que fueran los mismos funcionarios los que identificaran las áreas críticas en el funcionamiento de la organización.

Como resultado la empresa SIDEM Ltda. manifiesta la necesidad de mejorar los procesos de su empresa, específicamente los procesos relacionados con las áreas de Producción y Servicio al Cliente, áreas clave e importantes para el mantenimiento de la empresa.

Se definieron entonces los siguientes objetivos:

Objetivo General

Aplicación del Proceso de Mejora de procesos de Software Agile SPI – Process, junto con el Modelo de liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software.

Objetivos Específicos

- Realizar un Diagnostico de los Procesos de Producción y Servicio al Cliente con respecto a CMMI nivel II.
- Generar una propuesta de mejora basada en el diagnóstico donde se aplica el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software.
- Ejecución, seguimiento y control de la propuesta de mejora.

5.1.1.2 Capacitación

Como actividad siguiente a la identificación de las necesidades de la empresa, se realizó una capacitación del modelo Ágil SPI-Process[36], el cual es una guía para la mejora de procesos de desarrollo, este modelo incorpora al modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo.

Es importante que una empresa desarrolladora de software al tomar la iniciativa de mejorar sus procesos de desarrollo conozca y utilice normas, modelos o guías que le ayuden en la mejora de sus procesos de desarrollo software, entre los cuales encontramos CMMI y las normas ISO.

A petición de la empresa, los desarrolladores del modelo liviano de calidad realizaron una capacitación en el modelo de calidad CMMI, haciendo énfasis en las áreas del nivel II, para obtener un concepto global de cual es el estado de la empresa con respecto a este modelo.

5.1.1.2.1 Capacitación del modelo de calidad CMMI

En la capacitación se dio a conocer la estructura del Modelo de Calidad CMMI, algunos de sus conceptos básicos, las áreas de proceso que están involucradas en el nivel II de CMMI para que la empresa tenga un conocimiento más amplio de las áreas de proceso.

La capacitación se realizó a 11 miembros de SIDEM Ltda. y las áreas expuestas son:

Administración de requerimientos.

Planeación de proyectos software

Seguimiento del proyecto software

Aseguramiento de la calidad

Administración de la configuración

Administración de subcontratos

Medición y análisis

5.1.2 Fase de diagnóstico

5.1.2.1 Valoración en la empresa SIDEM Ltda.

A partir de la capacitación del modelo CMMI nivel II, se desarrolló una valoración de la empresa con respecto a este modelo, la cual consiste en una encuesta que ayuda a detectar fortalezas y debilidades que la empresa tiene en sus procesos.

Esta valoración se hizo con la ayuda de una herramienta Web llamada SPQA.Web, la cual fue desarrollada para realizar la valoración de una forma más sencilla. Se explicó al

personal de la empresa SIDEM Ltda. el funcionamiento de la herramienta Web, la cual se encuentra disponible en la dirección:

<http://spar.unicauca.edu.co/websqa/interface/default.aspx>, realizando una sencilla demostración, del funcionamiento de la herramienta y como cada usuario debería diligenciar la encuesta.

5.1.2.1.1 Resultados de la valoración

Las áreas de proceso se evalúan teniendo en cuenta el grado de cumplimiento de cada una de las prácticas, a través de las actividades realizadas. El grado de cumplimiento de un área de proceso se lleva a cabo mediante una escala discreta, que consiste de los siguientes valores:

CI - Completamente implementado. Mayor a 80% hasta 100%.

AI - Ampliamente implementado. Mayor a 50% hasta 80%

PI - Parcialmente implementado. Mayor a 15% hasta 50 %

NI - No implementado. De 0 % a 15 %

Obteniendo los siguientes resultados para las áreas del nivel II de CMMI (ver tabla 18):

Tabla 18. Resultados de valoración en SIDEM Ltda.

Área de Proceso	No. de preguntas	Promedio respuestas Afirmativas	Grado de cumplimiento
Administración de Requisitos	7	5	AI
Planeación de proyectos	22	8	PI
seguimiento de proyectos Software	14	5	PI
Aseguramiento de calidad	17	1	NI
Administración de la configuración	12	0	NI
Administración de subcontratos	18	6	PI
Medición y análisis	15	0	NI

El total de preguntas para esta valoración fue de 105.

Con los resultados obtenidos de la valoración efectuada por cada miembro del equipo de SIDEM Ltda. se saca un reporte general del estado de la empresa con respecto al nivel 2 de CMMI; del cual podemos observar que en general un 74% de las prácticas a realizar en este nivel no se desarrollan en la empresa; lo cual nos indica que la empresa necesita

desarrollar un proceso de mejora, con modelos livianos que le garanticen establecer procesos de desarrollo y mejorar las falencias que presenta la empresa.

Según los datos obtenidos en la valoración del nivel 2 de calidad CMMI, se puede deducir que la empresa SIDEM Ltda. mantiene una aceptable administración de requerimientos de forma general, por lo que se le recomienda que exista una mejora de esta área de proceso ya que esta permite recolectar, controlar los requisitos del cliente para evitar desviaciones a lo largo del desarrollo del producto y de esta manera lograr la satisfacción del cliente.

Las áreas de: planeación de proyectos, seguimiento de proyectos software y administración de subcontratos se encuentran en un bajo grado de implementación, obteniendo como consecuencia que la empresa no pueda tener un control definido y monitoreado de sus procesos de desarrollo, si se logra implementar estas áreas de proceso la empresa logrará una mayor organización y control de sus procesos para poder ganar experiencia para futuros proyectos.

Las áreas de: aseguramiento de calidad, administración de la configuración y medición y análisis no se encuentran implementadas en la empresa.

5.1.2.2 Priorización

Según los resultados arrojados por la valoración, las entrevistas realizadas por los integrantes del grupo SIMEP-SW y las necesidades de la empresa se desarrolló un plan general de mejora por parte del grupo SIMEP-SW en donde se llegó a la conclusión de que la empresa debe mejorar en los procesos de desarrollo. Basándose en la estructura del modelo CMMI continuo y en su categoría de ingeniería, en las que trata las áreas del proceso más cercanas al proceso de producción (Análisis y Diseño, Desarrollo y Pruebas).

Las áreas pertenecientes al grupo de Ingeniería son: administración de requisitos, desarrollo de requisitos, solución técnica, integración del producto, verificación y validación.

Como se puede notar el proceso de producción visualizado para SIDEM Ltda., tiene su correspondencia con las áreas de proceso de la siguiente manera: Análisis y Diseño (*Administración de Requisitos, Desarrollo de Requisitos y parte del área de proceso de*

Solución Técnica), Desarrollo (*parte del área de proceso Solución Técnica e Integración del producto*) y Pruebas (*Verificación y Validación*).

Es necesario entender y notar que el proceso de mejora para la totalidad de las áreas según la necesidad del proceso de producción de la empresa es bastante arduo y complejo, por lo que el grupo de mejora aconseja realizar una primera iteración de mejora en donde se adelanten trabajos de mejoramiento de procesos de software en las áreas de proceso correspondientes al Análisis y Diseño y ciclos de mejora posteriores al Desarrollo y Pruebas. Por la sencilla razón de que el buen desarrollo en estas dos áreas es factor clave y determinante para la buena implementación de un producto software y por ende la satisfacción del cliente, además que en el proceso de producción visualizado en reuniones anteriores el área de Análisis junto al Diseño son las iniciales antes del desarrollo y el Testing (Validación y Verificación) y es pertinente en este sentido adelantar mejoras ordenadas.

5.1.2.3 Capacitación de las áreas de proceso

Después de la concertación con la Empresa SIDEM Ltda. del plan general de mejora, en el cual se expresa que la mejor alternativa después del análisis de los resultados arrojados por la valoración del modelo de calidad CMMI-SW en la empresa, y de la necesidad de la empresa de mejorar sus procesos se decidió realizar un primer ciclo de mejora de las áreas de procesos que inicia con la capacitación de las áreas de Administración de Requisitos y Desarrollo de Requisitos correspondientes al modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software, que además de mantener correspondencia con el modelo de calidad CMMI proporciona otros elementos que le permiten a la empresa implantar procesos de desarrollo definidos.

En la capacitación se da una breve explicación de la categoría de INGENIERÍA según CMMI, y de las seis áreas de proceso que conforman la categoría. Posteriormente se realiza la explicación de las dos primeras áreas de procesos para el primer ciclo de mejora: Administración de requisitos y Desarrollo de requisitos. De cada una ellas se presento su respectivo propósito, su(s) objetivo(s) específico(s) y las prácticas específicas y subprácticas asociadas a cada área de procesos. Adicionalmente se presentaron los ítems que adiciona el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software para implantar un proceso de mejora de una forma más sencilla como son: Roles involucrados en el desarrollo de las áreas de proceso, entradas y salidas de las

áreas de proceso, y los productos de trabajo que se obtienen a lo largo del desarrollo o ejecución de las áreas en un proceso de desarrollo de software.

5.1.3 Fase de formulación

5.1.3.1 Evaluación de las áreas a mejorar en la empresa

La evaluación en esta ocasión se centro en las áreas de proceso seleccionadas para el primer ciclo de mejora: Administración de requisitos y desarrollo de requisitos. Esta evaluación consistió en una encuesta a nivel de prácticas específicas y sus respectivas subprácticas para conocer el nivel de implementación de cada una de ellas en la empresa evaluando el estado de los objetivos específicos asociados a cada área de proceso.

La encuesta fue realizada al jefe de producción y a dos analistas de la empresa SIDEM Ltda. Se explico a cada una de las personas involucradas la forma de cómo diligenciar la encuesta y luego se procedió a la solución de dicha encuesta por parte de las personas anteriormente nombradas.

5.1.3.1.1 Resultados de la evaluación

Los resultados obtenidos en la evaluación realizada a la empresa SIDEM Ltda. de las áreas de proceso de Administración de requisitos (ver tabla 19) y Desarrollo de requisitos (ver tabla 20) del modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software arrojan un porcentaje del grado de cumplimiento de la implementación de cada área, teniendo en cuenta la realización de cada una de sus prácticas específicas (PE), las cuales están agrupadas por las objetivos específicos (OE) del área de proceso. El grado de cumplimiento de un área de proceso se lleva a cabo mediante una escala discreta, que consiste de los siguientes valores:

NI - No implementado. Entre 0 % y 15 %

PI - Parcialmente implementado. Mayor a 15% hasta 50 %

AI - Ampliamente implementado. Mayor a 50% hasta 85%

CI - Completamente implementado. Mayor a 85% hasta 100%.

Tabla 19. Evaluación del área de administración de requisitos

Administración de Requisitos					
Objetivos Específicos	Prácticas Específicas	NI	PI	AI	CI
OE1	PE1	0	4	3	0
	PE 2	1	2	0	0
	PE 3	1	3	1	0
	PE 4	1	3	0	0
	PE 5	1	3	1	0
Totales		4	15	5	0

Tabla 20. Evaluación del área de desarrollo de requisitos

Desarrollo de Requisitos					
Objetivos Específicos	Prácticas Específicas	NI	PI	AI	CI
OE1	PE 1	0	0	3	0
OE2	PE 1	2	1	1	0
	PE 2	1	2	0	0
	PE 3	0	0	2	0
	PE 4	1	5	0	0
OE3	PE 1	0	3	1	0
	PE 2	0	6	0	0
	PE 3	1	0	0	0
Totales		6	17	7	0

El total de preguntas realizadas en la evaluación fueron 52. Los valores de la tabla reflejan el promedio de las respuestas de las tres personas evaluadas y el número de subprácticas que contiene cada práctica específica y su calificación. Con estos resultados podemos comenzar a priorizar las prácticas específicas y realizar el plan para la mejora de éstas áreas.

Como se puede observar, la mayoría de las subprácticas están parcialmente implementadas, lo cual concuerda con la valoración realizada previamente.

Estos resultados fueron socializados a la empresa con el fin de definir ciertos criterios para la mejora de las áreas de proceso, el cual esta a cargo del equipo de trabajo de Ágile SPI-Process.

6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

En esta parte final se presentan las conclusiones propias del trabajo de investigación, las conclusiones de la experiencia desarrollada en una empresa piloto y por último se ofrece un compendio de recomendaciones así como sugerencias sobre posibles actividades futuras a desarrollar de tal modo que incentiven a nuevos investigadores en la realización de trabajos en esta área.

CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

El modelo liviano de calidad se construyó bajo un soporte teórico y metodológico estructurado y muy bien definido, basado en el modelo CMMI-SW y en las normas internacionales ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15504, que permiten demostrar que los procesos que se encuentran definidos en el modelo sí contribuyen a la mejora de procesos en una organización.

El modelo liviano de calidad proporciona a las empresas un conjunto de áreas de proceso definidas a partir de las mejores prácticas para mantener y desarrollar un mejor software, apropiadas a la realidad de las MiPYMES y una forma sencilla de evaluar agilidad y rendimiento de los procesos cuando son implantados en una organización, con el fin de optimizar recursos, tiempo y costo en la mejora de procesos logrando para la organización satisfacción de sus clientes, productos de excelente calidad y un perfil de mayor competitividad.

El modelo liviano de referencia proporciona una estructura práctica que permite disminuir la ambigüedad de los procesos ya que facilita una adecuada comprensión de las áreas de procesos que lo componen y adiciona a esta estructura algunos elementos que a diferencia de otros modelos muestra el **"cómo"** se deben desarrollar las prácticas disminuyendo la complejidad de adoptar procesos dejando en claro **"quiénes"** son los que contribuyen a la realización de estas prácticas y **"cuáles"** son productos que se deben desarrollar para el cumplimiento de un proceso garantizando de esta forma la mejora de procesos en una empresa.

CONCLUSIONES DE LA EXPERIENCIA DESARROLLADA EN LA EMPRESA

Puesto que uno de los principales intereses del proyecto SIMEP-SW es promover una cultura de calidad de software para las MiPYMES del sur occidente colombiano, se buscó la forma para que las empresas interesadas en mejorar sus procesos trabajaran conjuntamente con el grupo de investigación con el fin de cumplir el objetivo propuesto.

Esta oportunidad de experimentar, vivenciar y percibir la realidad en que interactúan las empresas desarrolladoras de software, nos permitió ajustar y descubrir muchas ideas y conocimientos que desde la academia no es posible constatar. Es realmente en la experimentación donde se descubre la magnitud del aporte que tiene el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software.

SIDEM Ltda. una empresa desarrolladora de software, tuvo la iniciativa de implantar un programa de mejora de procesos con el fin de buscar una certificación de calidad a largo plazo. Y como alternativa, buscó en el proyecto SIMEP-SW el primer paso para lograr sus objetivos y con ella se logró:

- Aproximar el conocimiento de los modelos de calidad a un entorno empresarial, para disminuir la resistencia ante la perspectiva de establecer un proceso de mejora.
- Aclarar dudas con respecto a la efectividad de instaurar modelos de calidad y las ventajas que estos proporcionan a las organizaciones.
- Disminuir la complejidad de los modelos y normas de calidad de software internacionales, para que su implantación resulte atractiva a las MiPYMES del país.
- Conocer las fortalezas y debilidades de la empresa con respecto a un modelo de calidad por medio de una valoración y posterior propuesta de un plan de mejora de procesos, basado en el modelo liviano de calidad para la optimización de procesos de desarrollo software.

- Proponer una serie de actividades y tareas a mejorar basadas en el modelo liviano de calidad para la mejora de procesos software, de una forma sencilla y agradable evitando impactos negativos para la empresa.

Con la implantación del modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software en la empresa SIDEM Ltda. se logró dar a conocer nuestra propuesta de trabajo encaminada hacia la búsqueda de implantar una cultura de calidad en la industria de software nacional.

Esta clase de investigación permite que exista interacción entre academia y empresas ya que éstas últimas son las que en su diario vivir tienen que establecer y utilizar modelos y solo ellas conocen el difícil y arduo trabajo que se necesita; mientras que la academia solo posee el conocimiento que debe ser aplicado en ellas, y al no estar relacionado directamente con el negocio no se conoce a ciencia cierta todo lo que involucran estos cambios, así que uniendo esfuerzos se complementan y ayudan para iniciar una experiencia de mejora.

TRABAJO FUTURO

Se han visualizado las siguientes líneas de trabajo:

- Para mayor imparcialidad el modelo liviano de evaluación mantiene para sus objetivos específicos y prácticas específicas un mismo porcentaje de aporte al rendimiento del área de proceso, ya que se considera que estos tienen igual importancia en la implementación de cada área de procesos en una empresa. Por lo que se sugiere a grupos de investigación interesados en esta área, desarrollar estudios donde se mida la contribución de cada objetivo y prácticas específicas al rendimiento de cada área de procesos y definir ponderaciones acordes a la contribución.
- Como extensión al modelo liviano de evaluación para la mejora de procesos de desarrollo software, se sugiere desarrollar medidas de capacidad, que permitan calcular un indicador para ubicar a una empresa en un nivel determinado de capacidad y madurez.

- Como extensión al modelo liviano de referencia para la mejora de procesos de desarrollo software, se sugiere desarrollar un conjunto mas amplio de áreas de proceso que enmarque otros ámbitos de las MIPYMES desarrolladoras de software colombianas.

RECOMENDACIONES

El área de calidad de software es muy amplia, por lo que se sugiere a futuros investigadores abordar estas temáticas enmarcadas en la realidad del país, de modo que se contribuya al crecimiento del acervo académico y del desarrollo tecnológico, mediante la generación de productos adecuados al contexto nacional, que promuevan el fortalecimiento de la industria de software ayudándola a ser más competitiva.

7. REFERENCIAS

- [1] HERNÁNDEZ, José L. "Rentabilidad del desarrollo de proyectos de computo" México 2002. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.monografias.com/trabajos13/renta/renta.shtml>
- [2] BUSINESS SOFTWARE ALLIANCE. Promoviendo un mundo digital y seguro. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.bsa.org/colombia/policy>
- [3] Agenda de Conectividad y Comp TIA -Asociación Representativa de la Industria Mundial de las Tecnologías de la Información. Disponible 9 de octubre de 2006 en: http://www.agenda.gov.co/BulletinBoard/view_one.cfm?MenuID=3&ID=94
- [4] Grupo SIMEP-SW (2005). Reporte técnico de la investigación acerca del estado de la práctica del proceso de desarrollo de software en la región suroccidental colombiana. Versión 1.0
- [5] Agenda de Conectividad, Proyecto PRYMEROS. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.agenda.gov.co/>
- [6] Software Engineering Institute (SEI -2002). Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.sei.cmu.edu>
- [7] ISO Organización internacional de estándares. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.iso.org>
- [8] Software Engineering Institute (SEI -2002). Capability Maturity Model Integration (CMMISM), version 1.1. Software Engineering Institute. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.sei.cmu.edu/cmml/models/previous-versions-1-1.html>
- [9] SIMEP-SW (2003) Sistema Integral de Mejoramiento de los Procesos de Desarrollo Software en Colombia. Propuesta de Financiación Unicauca – Sitis – Colciencias.
- [10] AGILE-SPAIN Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.agile-spain.com>
- [11] ISO 9001:2000 Sistema de Gestión de Calidad. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.iso.org>
- [12] ISO/IEC 15504-5:2006, An Exemplar Process Assessment Model - International Organization for Standardization. Licencia UCLM/Mario Piattini.2006
- [13] ISO 12207:2006 Tecnología de la información. Procesos del Ciclo de vida del software. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: www.bvindicopi.gob.pe/normas/isoiec12207.pdf

- [14] Manifiesto Ágil. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.agilemanifiesto.org>
- [15] Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI). Disponible al 9 de octubre de 2006 en: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/appraisals/>
- [16] MOPROSOFT Modelo de Procesos para la Industria de Software en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Versión 1.1 2003.
- [17] MR MPS Modelo de Referencia para Melhoria de Processo de Software: uma abordagem brasileira. Disponible al 9 de octubre de 2006 en: http://www.softex.br/media/MR_MA-MPS.pdf
- [18] MUTAFELIJA, Boris. Systematic Process Improvement Using ISO 9001:2000 and CMMI. Ed. Artech House. 2003.
- [19] LARMAN, Craig. UML y Patrones: Introducción al Análisis y Diseño Orientado a Objetos. Ed. Prentice Hall. Mexico, 1999.
- [20] SÁNCHEZ JUÁREZ, Gabriela. CALYPSO Estudio y aplicación de métodos de valoración de CMM Disponible al 9 de octubre de 2006 en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/juarez_s_g/
- [21] The Standish Group, 2005 Página de Sample Research. Disponible al 9 de octubre de 2006 en <http://standishgroup.com>
- [22] PINO, Francisco José. Medidas para estimar la capacidad del rendimiento y la capacidad de los procesos software de conformidad con ISO/IEC15504. España Junio de 2006.
- [23] II Cumbre Sectorial de entidades relacionadas con las Tecnologías de la Información FEDESOFTE. Mayo 2004. www.fedesoft.org
- [24] Organismo Colombiano encargado de apoyar las exportaciones de las empresas Proexport.: www.proexport.com.co
- [25] Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología, para la investigación en Colombia. Conciencias: www.colciencias.gov.co
- [26] Agenda de conectividad es un programa del Ministerio de Comunicaciones de Colombia: www.mincomunicaciones.gov.co
- [27] Cámara de comercio de Bogota <http://camara.ccb.org.co/>
- [28] Boletín Fedesoft. Febrero 2005. www.fedesoft.org/press_inicio/start.htm
- [29] Programa CYG <http://www.virtualmedia-i.com/cyga/portal/>
- [30] CANÓS, José H. LETELIER Patricio. PENADÉS María Carmen. Metodologías ágiles en el Desarrollo de Software. Universidad Politécnica de Valencia

- [31] DE LA VILLA, Manuel. RUÍZ, Mercedes. RAMOS, Isabel. Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo
www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/DelaVillaadis2004.doc
- [32] HUMPHREY, Watts S. 1989. Managing the software process. Addison-Wesley, USA
- [33] KEEFER, Gerold. LUBECKA, Hanna CMMI Pathfinding in 45 minutes. Publicación: AVOCA Advanced Visioning of Components Architectures <http://www.avoca-vsm.com/Dateien-Download/CMMI45Minutes.pdf>
- [34] AVOCA Advanced Visioning of Components Architectures disponible en: <http://www.avoca-vsm.com>
- [35] PINO, Francisco J. GARCIA, Felix. PIATTINI, Mario. Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas. España 2006.
- [36] HURTADO, Julio A. "El modelo integral de mejoramiento Agile SPI". Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca. Popayán, Agosto de 2004.