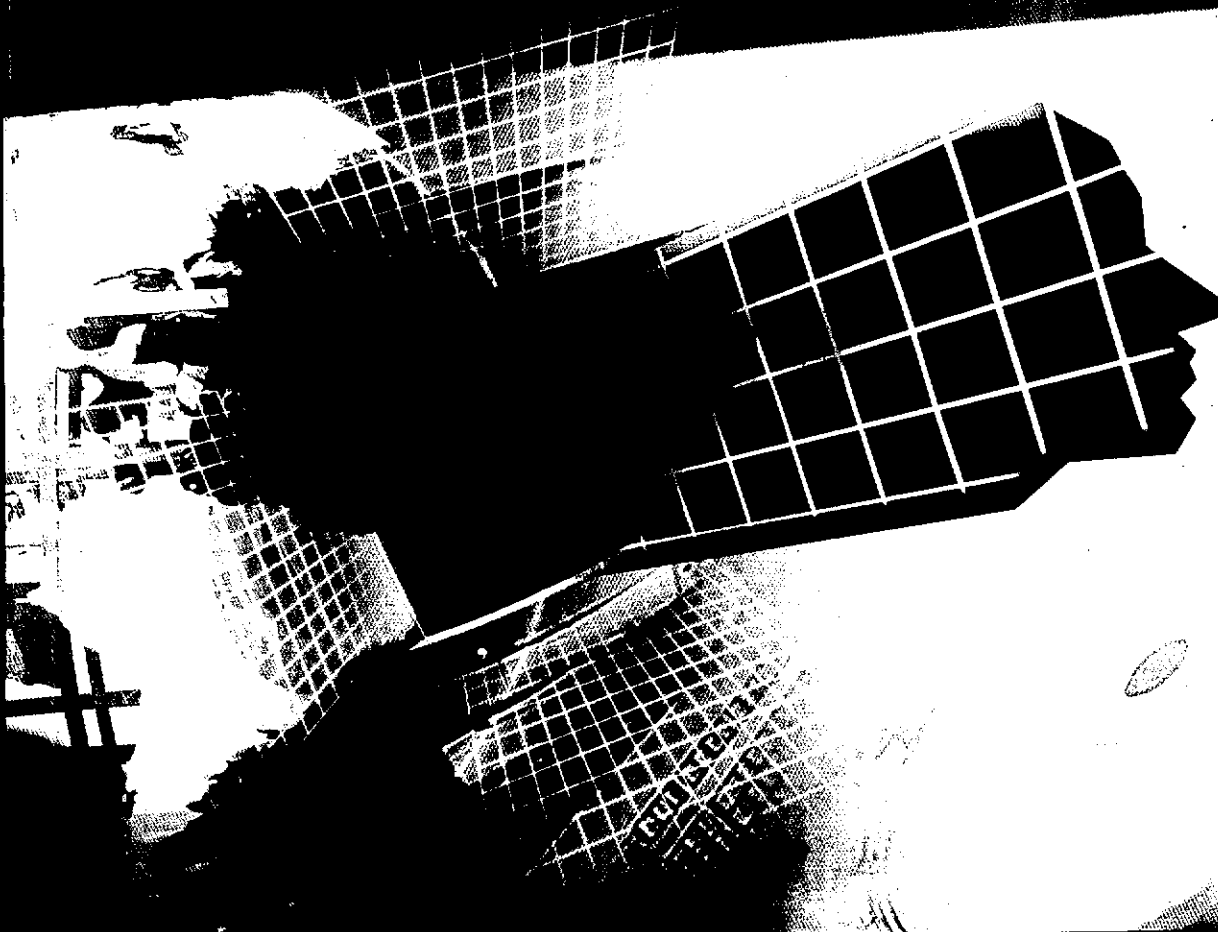


VI Jornadas Iberoamericanas

de Ingeniería del Software
e Ingeniería del Conocimiento

DEL 31 DE ENERO AL 2 DE FEBRERO
LIMA - PERÚ



ISBN 978-9972-2885-1-7



JIISIC'07

VI Jornadas Iberoamericanas de
Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento

Lima-Perú
31 de enero al 2 de febrero de 2007

Editado y Compilado por:

Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Ingeniería

Maynard Kong
José Antonio Pow-Sang
Manuel Francisco Tupia
Luis Alberto Flores



90
AÑOS

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

VI Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento-IIISIC'07

Compilado por:

Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú
Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú

Editado por:

Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú
Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú
Maynard Kong Wong, José Antonio Pow-Sang Portillo, Manuel Francisco Tupia Anticona y Luis Alberto Flores García.

Primera edición: enero de 2007

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2007-00571

ISBN N° 978-9972-2885-1-7

Comité Permanente

Silvia Teresita Acuña, Universidad Autónoma de Madrid, España
 Manoel Mendonça, Universidade Salvador, Brasil
 Oscar Dieste, Universidad Complutense de Madrid, España

Comité Organizador

José Antonio Pow-Sang, Pontificia Universidad Católica del Perú (**chair**)
 Manuel Tupia, Pontificia Universidad Católica del Perú
 Luis Flores, Pontificia Universidad Católica del Perú
 Felipe Solari, Pontificia Universidad Católica del Perú

Comité de Programa

Maynard Kong, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú (**chair**)
 Raul Aguilar, Universidad Autonoma de Yucatán, México
 Idoia Alarcon, Universidad Autónoma de Madrid, España
 Luis Alberto Alvarez, Universidad Austral, Chile
 Marco Alvarez, Utah State University, EEUU
 Pedro Antunes, Universidade de Lisboa, Portugal
 Joao Araujo, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
 Marianela Aveledo, Universidad Simon Bolivar, Venezuela
 Pere Botella, Universitat Politècnica de Catalunya, España
 David Camacho, Universidad Autonoma de Madrid, España
 Francisco Camargo, ITESM, México
 Zalatiel Carranza, Universidad de Lima, Perú
 Dante Carrizo, Universidad Complutense de Madrid, España
 Luca Cernuzzi, Univ. Católica Ntra. Señora de la Asunción, Paraguay
 Sergio Coronado, University of Luxembourg, Luxemburgo
 Ernesto Cuadros-Vargas, Universidad Católica San Pablo, Perú
 Angelica de Antonio, Universidad Politècnica de Madrid, España
 Amador Duran, Universidad de Sevilla, España
 Juan Vicente Echagüe, Universidad de la República, Uruguay
 Yadran Eterovic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
 Mariano Fernandez, Universidad CEU San Pablo, España
 Xavier Ferre, Universidad Politècnica de Madrid, España
 Ramon Garcia, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina
 Francisco Jose Garcia, Universidad de Salamanca, España
 Luis Guerrero, Universidad de Chile, Chile
 Ricardo Imbert, Universidad Politècnica de Madrid, España
 Mario Jino, Universidade Estadual de Campinas, Brasil
 Nora La Serna, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú
 Guillermo Licea, Universidad Autónoma de Baja California, México
 Marta Lopez, Universidad Complutense de Madrid, España
 Jose Antonio Macias, Universidad Autónoma de Madrid, España
 Esperanza Marcos, Universidad Rey Juan Carlos, España
 Victor Hugo Medina, Universidad Distrital Fco. José Caldas, Colombia
 Nelson Medinilla, Universidad Politècnica de Madrid, España
 Ana María Moreno, Universidad Politècnica de Madrid, España
 Jaime Muñoz, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México
 Melvin Perez, CAM Informatica, República Dominicana
 Claudia Pons, Universidad Nacional de la Plata, Argentina
 Angel Puerta, Redwhale Software, EEUU
 Isidro Ramos, Universitat Politècnica de Valencia, España
 Gustavo Rodríguez, INAOE, México
 María Isabel Sanchez Segura, Universidad Carlos III de Madrid, España

Comité de Programa (continuación)

René Santaolaya Salgado, CENIDET, México
Miguel Angel Serrano, CIMAT, México
Almudena Sierra, Universidad Rey Juan Carlos, España
Enrique Sierra, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina
Francisco Tirado, Universidad Complutense de Madrid, España
Ambrosio Toval, Universidad de Murcia, España
Jorge Triñanes, Universidad de la República, Uruguay
Raimundo Vega, Universidad Austral, Chile
Sira Vegas, Universidad Politécnica de Madrid, España
Silvia Regina Vergilio, Universidade Federal do Paraná, Brasil
Monica Villavicencio, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
Marcello Visconti, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile
Aurora Vizcaino Barceló, Universidad de Castilla-La Mancha, España

Colaboradores en el Proceso de Revisión

Abel Gómez
Alejandro Hossian
Alex Bustos
Aurora Pozo
César J. Acuña
Enrique Fernandez
Fernando Molina
Fuensanta Medina Domínguez
Jaime Navón
Jennifer Pérez
Joaquín Nicolás
José Ángel Olivas
Jose Arturo Mora Soto
Jose Carsí
José María Cavero
Luis Flores
Manuel Tupia
Maria Alejandra Ochoa
Marisa Cogliati
Miguel Ángel Martínez Aguilar
Nelly Condori-Fernandez
Norberto Millo
Paola Britos
Percy Pari Salas
Sonia Pamplona

Prólogo

Este volumen contiene los trabajos aceptados y presentados en las VI Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (JIISIC'07) celebradas en Lima, Perú, del 31 de enero al 2 de febrero de 2007. Desde su edición inicial en 2001, las JIISIC han demostrado ser el foro de reunión más importante, a nivel Iberoamericano, de investigadores y profesionales interesados en ambas disciplinas.

El evento actual es la continuación de la labor iniciada en las JIISIC'01, celebrada en Buenos Aires (Argentina), JIISIC'02 en Salvador de Bahía (Brasil), JIISIC'03 en Valdivia (Chile), JIISIC'04 en Madrid (España) y JIISIC'06 en Puebla (México).

En la presente convocatoria se han recibido 88 artículos de calidad científica para su evaluación. Cada trabajo ha sido evaluado por al menos 2 revisores y se ha contemplado la resolución de divergencias, que por cierto han sido muy pocas. Finalmente fueron aceptados 54 artículos de autores procedentes de Argentina, Brasil, Colombia, Corea del Sur, Cuba, Chile, Ecuador, España, Estados Unidos de América, México, Perú y Uruguay. Además de las sesiones técnicas, se aceptaron cuatro tutoriales.

Es preciso indicar que todo esto no hubiera sido posible sin la colaboración de muchas personas. Por ello queremos agradecer especialmente a los miembros del Comité de Programa por su excelente y desinteresada labor, necesaria para renovar la calidad y prestigio ganado. También queremos destacar el enorme esfuerzo de Manuel Tupia, Luis Flores y Felipe Solari, miembros del Comité Organizador, sin cuyo trabajo no hubieran podido celebrarse estas Jornadas. Nuestro agradecimiento al Ing. Eduardo Ismodes, decano de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, y al Ing. Kurt Paulsen, jefe del Departamento de Ingeniería, por el gran apoyo que nos han brindado. Por último, pero no al final, expresamos nuestro sincero agradecimiento a todos los autores que aportaron sus contribuciones al evento.

Maynard Kong
Presidente del Comité de Programa

José Antonio Pow-Sang
Presidente del Comité Organizador

ÍNDICE

ARTÍCULOS	1
Sesión 1a: Bases de datos y Minería de Datos	
Un Modelo de Proceso para Educación de Requisitos en Proyectos de Data Mining <i>José Gallardo Arancibia, Óscar Marbán Gallego, Claudio Meneses Villegas</i>	3
Optimizing Lies in State Oriented Domains based on Genetic Algorithms <i>A. Zylberberg, E. Calot, J. Iervache, H. Merlino, P. Britos, R. Garcia-Martinez</i>	11
Extension del Lenguaje SQL con Nuevas Primitivas SQL para el Descubrimiento de Reglas de Clasificación <i>Ricardo Timarán Pereira</i>	19
Sesión 1b: Pruebas de Software, Validación y Verificación. Prop. de Inteligencia Artificial a IS	
Certificación de Propiedades Usando Distintos Probadores de Teoremas: Un Caso de Estudio <i>J. Santiago Jorge, Victor M. Gulias, Laura M. Castro</i>	27
GraspKM en la Recuperación de la Estructura de Software <i>Erick Vicente, Manuel Tupia, Luis Rivera</i>	35
Testing Exploratorio en la Práctica <i>Beatriz Pérez, Amparo Pittier, Mariana Travieso, Mónica Wodzislawski</i>	43
Sesión 1c: Ingeniería de Requerimientos	
Una Propuesta para la Elicitación de Requerimientos de Seguridad Basada en Preguntas <i>Vianca Vega Z., Gloria Gasca H., Edmundo Tovar C., José Carrillo V.</i>	51
Um Processo de Engenharia de Requisitos Baseado em Reutilização de Ontologias e Padrões de Análise <i>Ricardo de Almeida Falbo, Aline Freitas Martins, Bruno Marques Segrini, Gleison Baiôco, Rodrigo Dal Moro, Julio Cesar Nardi</i>	59
Elicitación de Requisitos Empleando UN-Lencep y Esquemas Preconceptuales <i>Carlos Mario Zapata J., Fernando Arango I.</i>	69
Sesión 2a: Ingeniería del Conocimiento, Bases de Datos y Minería de Datos	
Onto-DOM: A Question-Answering Ontology-Based Strategy for Heterogeneous Knowledge Sources <i>Mariel Alejandra Ale, Cristian Gerarduzzi, Omar Chionti, Maria Rosa Galli</i>	79
Knowledge Engineering for a Fuzzy Power Plant Process Controller <i>Youngchul Bae, MalRey Lee, Sang Doo Shin, Thomas Gatton, Yigon Kim</i>	87
Un Acercamiento a los Modelos Multidimensionales Espacio Temporales <i>Francisco Javier Moreno Arboleda, Fernando Arango Isaza</i>	93

Sesión 2b: Ontologías, Metodologías, Patrones y Frameworks

Asynchronous Merging of Software Ontologies: An Experience <i>Nicolas Anquetil, Aurora Vizcaíno, Francisco Ruiz, Kathia Oliveira, Mario Piattini</i>	99
Hacia una Metodología Orientada al Conocimiento para la Educación de Requisitos en Ingeniería del Software <i>Alejandro Hossian, Enrique Sierra, Ramón García-Martínez, María Alejandra Ochoa, Paola Britos</i>	107
Casos de (Re)Uso: Uma Abordagem para Reuso de Software Interativo Dirigida por Casos de Uso e Padrões Concretos de Interação, <i>Augusto Abelin Moreira, Marcelo Soares Pimenta</i>	115

Sesión 2c: Ingeniería de Requerimientos, Arquitecturas y Diseño de Software

Modelado de Aplicaciones con Procesos Concurrentes y Distribuidos <i>Daniel A. Giulianelli, Rocio A. Rodriguez, Pablo M. Vera</i>	123
Requisitos No Funcionales: Evaluando el Impacto de Decisiones <i>Marcela Quispe-Cruz, Nelly Condori-Fernández</i>	133
Atributos Contextuales Relevantes para la Selección de Técnicas de Educación de Requisitos <i>Dante Carrizo, Oscar Dieste</i>	143

Sesión 3a: Arquitecturas y Diseño de Software

Evaluación de Arquitecturas de Software con ATAM (Architecture Tradeoff Analysis Method): Un Caso de estudio <i>Andrea Delgado, Alberto Castro, Martín Germán</i>	151
Transformación de Vistas Arquitectónicas Orientada por Modelos <i>Rogelio Limón Cordero, Isidro Ramos Salavert, Arturo Aragon Sorroza</i>	161
Analyzing and Designing Software Architecture Views driven by their Relationships <i>Rogelio Limón Cordero, Isidro Ramos Salavert, Maricela Morales Hernández, Jorge Zuráte Perez</i>	171

Sesión 3b: Métodos de Diseño, Modelado de Dominio y Meta-Modelado

Aplicando MDA al Diseño de un Datawarehouse Temporal <i>Carlos Neil, Claudia Pons</i>	181
Estrategias de Detección de "Feature Envy" en Aplicaciones Java <i>Carlos Angarita Márquez, Silvia Takahashi Rodriguez</i>	191
Un Caso Práctico en MDA para Construir Aplicaciones JEE5 y .NET <i>Andres Yie, Juan Bohórquez, Rubby Casallas</i>	201

Sesión 3c: Calidad en el Software

Evolução de um Processo Ágil de Desenvolvimento baseado em framework, <i>Franciene Duarte Gomes, Maria Istela Cognin</i>	211
Desarrollo de un Código de Métricas para Pequeñas Empresas Ecuatorianas Desarrolladoras de Software <i>Raúl González Carrión, Henry Hernandez Rendón, Mónica Villavicencio Cabezas</i>	221

A Organização de uma Máquina de Processo e a Melhoria do Processo de Produção de Software em um Ambiente de Fábrica <i>José A. Fabri, André L.P. Trindade, Alexandre L'Erário, Marcelo S. de P. Pessoa</i>	229
---	-----

Sesión 4a: Modelado de Procesos

A Minimal OCL-based Profile for Model Transformation <i>Roxana Giandini, Gabriela Pérez, Claudia Pons</i>	237
Extensión MDA (Model Driven Architecture) para Proceso Basado en RUP (Rational Unified Process), <i>Andrea Delgado, Natacha Carballal, Catalina Rapetti</i>	247
Organización de Conocimientos en Procesos de Ingeniería de Software por Medio de Modelado de Procesos: una Adaptación de SPEM <i>Oscar M. Rodríguez-Elias, Ana I. Martínez-García, Aurora Vizcaino, Jesús Favela, Mario Piattini</i>	257

Sesión 4b: Ing. del Software basada en Componentes, Usabilidad e Interacción Persona-Computadora

Un modelo de Componentes para el Diseño y Ejecución de Procesos de Colaboración basado en ThinkLets <i>Víctor Alberto Hermida, Carlos Hernán Tobar, Julio Ariel Hurtado, César A. Collazos</i>	267
Monitoreo del Desempeño de los Factores de Seguridad de una Transacción Web a través de la Interfaz de Usuario <i>R. Mendoza González, J. Muñoz Arteaga, F. J. Álvarez Rodríguez, M. Vargas Martín</i>	275

Sesión 4c: Métricas e Ingeniería del Software Empírica

Experimento Exploratorio para la Validación de Medidas para Modelos de Procesos de Negocio <i>Elvira Rolón, Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini</i>	283
Estudio Experimental en Equipos de Desarrollo de Software sobre las Relaciones entre Personalidad, Satisfacción y Calidad del Producto <i>Marta Gómez, Silvia T. Acuña, Ramón Rico</i>	293
Estimación basada en Escenarios Principales, <i>José Cao, Enrique Fernández, Hernán Merlino, Alejandro Hossian, Enrique Sierra, Eduardo Diez, Paola Britos, Ramón García-Martínez</i>	301

Sesión 5a: Modelos de Calidad

RevisionCASE, Herramienta para Gestionar Revisiones a Proyectos de Software Empleando Razonamiento Basado en Casos <i>Martha Delgado Dapena, Sofía Álvarez Cardenas, Josué Carralero Enaga, Javier Travieso Arencibia, Iren Lorenzo Fonseca, Alejandro Rosete Suárez</i>	309
Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software <i>Carmen J. Sánchez, María E. Solís, Francisco J. Pino, Julio A. Hurtado</i>	315
Diseño y Desarrollo de un Entorno Integrado para Simuladores de Entrenamiento de Procesos Industriales <i>Pedro A. Corcuera</i>	325

Sesión 5b: Métricas e Ingeniería del Software Empírica

Avaliando a Relação entre Tamanho-Complexidade e Número de Defeitos de Software em Nível de Módulo <i>Waldo Luis de Lucca, Plínio R. S. Vilela, Mario Jino</i>	333
---	-----

<i>Empirically Evaluating the Usefulness of Software Visualization Techniques in Program Comprehension Activities</i> <i>Glanco de F. Carneiro, Angelo C. Araujo Orrico, Manoel G. de Mendonça Neto</i>	341
--	-----

Sesion 5c: Modelado y Mejora de Procesos

Un método de Evaluación Ágil del Proceso Software: Agile SPI - Process Assessment Method <i>Julio Ariel Hurtado, César Pardo, Luis Fernández, Juan Carlos Vidal</i>	349
--	-----

MUM - Proceso de Desarrollo de Software Modularizado, Unificado y Medible <i>Beatriz Pérez, Lucía Pedrana, Marcelo Bellini</i>	359
---	-----

Enfoque de Metamodelado y Multiformalismo Aplicado al Proceso Software usando ATOM3 <i>Mabel del V. Sosa, Silvia T. Acuña, Juan de Lara</i>	367
--	-----

<i>O Papel do CMMI na Configuração de um Meta-Processo de Produção de Software com Características Fabris: Um Estudo de Caso</i> <i>José Augusto Fabri, André Luiz Presende Trindade, Márcio Silveira, Marcelo S. de Paula Pessoa</i>	375
--	-----

Sesión 6a: Modelos de Calidad

Utilización de un Método ad hoc para el Mejoramiento de Procesos con MoProSoft <i>Verónica Martínez, Yessica Gómez, Hanna Oktaba, Angélica Urrutia, Rodolfo Villarroel</i>	385
---	-----

Perfil UML 2.0 para Aplicaciones de Monitoreo Ambiental <i>Adriana B. Urciuolo, Rodolfo J. Iturraspe, Ezequiel Moyano</i>	393
--	-----

Una Abstracción Posible del Toyotismo Subtensa en un Modelo Concurrente de Ciclo de Vida de Software <i>Alejandro Estayno, Marcelo Estayno, Alicia Mon</i>	403
---	-----

Sesión 6b: Aplicaciones Industriales y Cómputo Móvil

Aplicación de la Tecnología Bluetooth Orientada a la Integración de Servicios de Internet en Dispositivos Móviles <i>Juan Guillermo Torres Hurtado, Álvaro Bernal Noreña</i>	411
---	-----

Modelo Multiagente en Sistemas de Misión Crítica Aplicado al Control de Tráfico Aéreo Bajo el Concepto de Free Flight <i>Victor Battista, Jorge Ierache, Paola Britos, Darío Rodríguez, Ramón García-Martínez</i>	419
--	-----

El Problema Cinemático en Manipuladores Robóticos Industriales un Abordaje de Solución mediante Redes Neuronales Artificiales <i>Alejandro Hossian, Enrique Sierra, Enrique Fernández, Paola Britos, Ramón García-Martínez</i>	427
---	-----

Sesión 6c: Educación en Ing. de Software e Ing. del Conocimiento, Informática Educativa

Estudio, Implantación y Resultados de la Adaptación Espacio Europeo de Educación Superior en las Asignaturas de Programación de la Titulación de Informática de la Universidad de Málaga <i>Jose Luis Pastrana, Maria Victoria Belmonte, Carlos Cotta, Antonio Fernández, Enrique Soler, Maria Inmaculada Yague</i>	435
--	-----

Ontologías en el Desarrollo de Entornos Virtuales para Entrenamiento <i>Raúl A. Aguilar, Angélica de Antonio, Fidel Rojas-Toledo</i>	445
---	-----

Sesión 6d: Mejora de Procesos

Experiencia en Team Software Process (TSP) y Mejoras de Estimación, Calidad y Productividad de los Equipos en la Gestión del Software 451
Gonzalo Cuevas, José Calvo Manzano, Tomas San Felu, Sussy Bayona

Aprendizaje por Refuerzos en Problemas de Planeamiento con Restricciones 459
Pedro E. Colla, Ernesto Martínez

Tutoriales

Uso de Esquemas Preconceptuales para la Generación Automática de Diagramas de Clases, Comunicación y Máquina de Estados 469
Carlos Mario Zapata J.

Como Organizar um Processo Fabril de Produção de Software 473
José Augusto Fabri, Marcelo S. de Paula Pessoa

El Uso de la Incertidumbre como Herramienta en la Ingeniería de Software 477
Nelson Medinilla Martínez

Aplicación de Técnicas de Aprendizaje Cooperativo en la Enseñanza del Desarrollo de Software 481
Pedro Campos, Luis Alberto Flores, José Antonio Pow-Sang, Claudia Zapata

Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo de Software

Carmen J. Sánchez¹, Maria E. Solís¹, Francisco J. Pino^{1,2}, Julio A. Hurtado^{1,3}

¹Grupo IDIS, Universidad del Cauca, Colombia

²Grupo Alarcos, Universidad Castilla – La Mancha, España

³Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile, Chile
{cjsanchez, msolis, fjpino, ahurtado}@unicauca.edu.co

Resumen

En la comunidad de Ingeniería del Software existe una tendencia generalizada de plantear estrategias que permitan elevar el nivel de competitividad de las empresas de software. Dada la dificultad de implantar modelos de calidad de estándares internacionales en las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) desarrolladoras de software, actualmente una estrategia adecuada es la definición de modelos adaptadores que faciliten la adopción e implantación de los estándares de organizaciones internacionales como el SEI e ISO, entre otros. Este artículo presenta un modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software, denominado MLCal-PDS, ajustado a las necesidades de la industria del software colombiana compuesta en su gran parte por MiPyMES. El modelo adopta las mejores prácticas de los modelos de calidad más reconocidos internacionalmente, además integra algunas de las características del manifiesto ágil y define dos componentes fundamentales: un modelo liviano de referencia (MLRef-PDS) y un modelo liviano de evaluación (MLEva-PDS). El modelo es una guía con la cual se intenta orientar a las empresas desarrolladoras de software para que mejoren la calidad en sus procesos y además pretende que su aplicación en una MiPyME sea fácil de implantar y gestionar.

1. Introducción

La industria de software de Colombia está compuesta principalmente por micro, pequeñas y medianas empresas – MiPyMES [18], estas empresas de software tienen serios problemas de madurez en sus procesos de desarrollo y en la mayoría de los casos los procesos son caóticos en su operación y afectan a toda la empresa [9]. 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 ó ISO [6]. Sin embargo, la preparación previa a la acreditación es larga y costosa, porque los modelos de mejora, proceso y evaluación de las organizaciones como el SEI e ISO están estructurados (y han sido construidos) para ser aplicables a grandes empresas, por lo que la aplicación de éstos es difícil en las 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 [9, 11, 16, 26].

Así pues dada la dificultad de implantar modelos de calidad de estándares internacionales (tales como CMMI [3], SCAMPI[2], ISO/IEC 12207[4], ISO/IEC 15504:2004 [5], IDEAL [20]) en las MiPyMES desarrolladoras de software, actualmente una estrategia adecuada es la definición de modelos adaptadores que faciliten la adopción e implantación de éstos estándares creados por organizaciones internacionales como el SEI e ISO. En el presente artículo se presenta un “Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software” (denominado MLCal-PDS) el cual es un modelo que esta cimentado en algunos de los estándares de mejora de procesos más reconocidos internacionalmente como son CMMI, ISO/IEC 12207 y el ISO/IEC 15504. El modelo define dos componentes fundamentales: un modelo liviano de referencia (MLRef-PDS) y un modelo liviano de evaluación (MLEva-PDS), además es una guía con la cual se intenta orientar a las empresas desarrolladoras de software para que mejoren la calidad en sus procesos. El modelo pretende que su aplicación en una MiPyME sea de fácil implantación y gestión.

Para la construcción de éste modelo se ha analizado y sintetizado los componentes de procesos descritos en los estándares nombrados anteriormente, luego se han factorizado y adaptado algunos elementos (mejores

prácticas) para luego ajustarlos a las características propias de la industria del software colombiana. Estas características se han extraído mediante una investigación realizada en algunas empresas desarrolladoras de software del sur occidente colombiano [18]. Además el modelo recopila algunas características del manifiesto ágil [10] para que el modelo sea liviano y este acorde a las características del contexto socio-económico del país y pueda ser aplicado a su industria de software, sirviendo como guía para que las empresas del sector aseguren calidad en su proceso de desarrollo a través de la mejora de procesos software.

Además de la presente introducción el artículo presenta en la sección 2 el estado del arte y trabajos relacionados. En la sección 3 se muestra la definición del modelo liviano de calidad MLCal-PDS. La sección 4 muestra la estructura y características del modelo y la sección 5 muestra las conclusiones y futuros trabajos.

2. Estado del Arte y Trabajos Relacionados

En el mundo existe una preocupación por la calidad de los procesos de desarrollo de software como elemento para incrementar la competitividad de las diferentes industrias nacionales, actualmente una estrategia muy utilizada para este propósito es la mejora de los procesos software - SPI (Software Process Improvement). SPI involucra diferentes tipos de modelos, conocidos comúnmente como modelos de calidad de procesos software, entre los cuales están un modelo que conduce la mejora (por ejemplo IDEAL ó ISO/IEC 15504-4), un método de evaluación de procesos (por ejemplo ISO/IEC 15504-2 ó SCAMPI) y un modelo de procesos de referencia a seguir (por ejemplo CMMI ó ISO/IEC 12207). Además es importante tener en cuenta que la familia de normas ISO 9001:2000 [1] también se ha utilizado en el ámbito de SPI. Hoy por hoy los modelos de calidad más aceptados por la industria del software a nivel mundial son: CMMI, ISO 9001:2000 e ISO/IEC 15504:2004.

Sin embargo estos modelos y estándares normalmente están sobredimensionados al momento de ser aplicados en contextos más pequeños, lo cual ha conducido a iniciativas enfocadas hacia su aplicación PyMES.

La Unión Europea ha impulsado iniciativas como ESSI (European Software and System Initiative) que han promovido diferentes proyectos para fortalecer SPI en Pymes_DS, como por ejemplo SPIRE (Software Process Improvement in Regions of Europe)[1], TOPS (Toward Organised Software Processes in SMEs) [3] ó PROCESSUS [17], entre otros.

En Europa se han realizado investigaciones en donde se realizan ajustes de modelos de mejora como IDEAL para ser aplicados a PyMES, el estudio presentado en [13] es un buen ejemplo de esto. También MESOPYME [12] ha sido creado en España para guiar la mejora en pequeñas empresas y en Australia el proyecto IMPACT [28] también persigue este objetivo.

En el caso de México, se ha desarrollado el modelo MoProSoft [21] - Modelo de Procesos para la Industria de Software en México, el cual tiene como propósito fomentar la estandarización de su operación a través de la incorporación de las mejores prácticas en gestión e ingeniería de software.

En el caso de Brasil, se ha desarrollado el proyecto mps Br [29], cuyo objetivo principal es definir e implementar un modelo para la mejora de procesos de software orientado a las micro, pequeñas y medianas empresas de forma que estas obtengan un nivel de madurez 2 o 3 de CMMI a un costo accesible. El proyecto propone 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, define los elementos e interacciones involucrados para la certificación de la empresa a través de la implementación de MR de dos maneras: personalizada para una empresa o conjunta entre un grupo de empresas, logrando así costos más accesibles para las empresas micro, pequeñas ó medianas.

El proyecto SIMEP-SW desarrollado en Colombia cuyo principal resultado es el marco de trabajo Agile SPI [19], basa su estrategia de mejora en proporcionar a la organización un proceso ágil que guía un programa SPI, el cual cuenta con los elementos básicos para hacer posible que una MiPyME pueda adelantar esfuerzos de mejora acorde a sus necesidades.

Una iniciativa integradora de las diferentes propuestas creadas para Iberoamérica nace con el proyecto CompetiSoft [8] cuyo objetivo es el de incrementar el nivel de competitividad de las PyMES Iberoamericanas productoras de software mediante la creación y difusión de un marco metodológico común que, ajustado a sus necesidades específicas, pueda llegar a ser la base sobre la cual establecer un mecanismo de evaluación y certificación de la industria del software reconocido en toda Iberoamérica.

El "Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software - MLCal-PDS" ha sido desarrollado en el marco de los proyectos SIMEP-SW y Competisoft. MLCal-PDS se diferencia con respecto a otros modelos propuestos en estos aspectos:

- Esta integrado a un framework de mejora ágil, en cuyo contexto aprovecha las metodologías y

herramientas (conceptuales y software) para su aplicación y gestión.

- Es un modelo de calidad adaptado a las necesidades actuales de la industria del software del suroccidente colombiano, configurado a este contexto y por tanto tiende a ser un modelo prescriptivo más que descriptivo.
- Introduce tres elementos claves: (i) Gestión de conocimiento como disciplina de proceso; (ii) Agilidad como atributo de medida para determinar cuando la disciplina vuelve inmanejable un proceso en una MiPyME y (iii) Innovación como atributo para no descargar toda la responsabilidad de madurez en el proceso, sino ayudarle con elementos innovadores que simplifiquen o automaticen tareas en el desarrollo de software.

3. Visión general del Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software

El resultado del proyecto SIMEP-SW es Agile SPI, que sigue la premisa que los modelos desarrollados sean ligeros y basados en estándares internacionales, acordes a las características, idiosincrasia y realidad socio- económica de la naciente industria del software en el sur occidente Colombiano. La arquitectura de Agile SPI, se presenta en la siguiente figura.

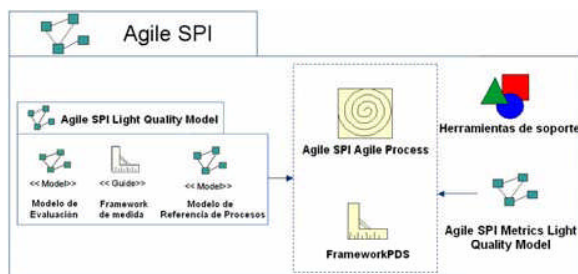


Figura 1. Componentes de Agile SPI

El “Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software – MLCal-PDS” es una concreción del componente Agile SPI Light Quality Model. Algunas características generales son:

- Diferencia entre el modelo de referencia de procesos y el modelo de evaluación para facilitar su comprensión y utilización, proporcionando a las empresas facilidad para orientarse adecuadamente hacia un modelo u otro según la necesidad que requiera implementar.
- Conserva una estructura sencilla buscando una adecuada comprensión de las áreas de procesos que lo componen y adiciona a esta estructura algunos elementos para facilitar su utilización,

tratando de guiar la forma adecuada para la implementación de los procesos en la organización.

- Mantiene un conjunto de áreas de proceso para facilitar la implementación y evaluación de procesos individuales. No los liga a ningún nivel de madurez, intentando proporcionar de esta manera flexibilidad a las empresas para elegir los procesos en los que quiere establecer la mejora.
- Proporciona un marco definido de evaluación, adquiriendo los elementos necesarios del modelo de referencia para la evaluación, adicionando medidas para el rendimiento y gestión de los procesos y dando la oportunidad de conocer la agilidad e innovación de los procesos que la MiPyME lleva a cabo.

MLCal-PDS esta compuesto por dos modelos: un modelo liviano de referencia de procesos (MLRef-PDS) y un modelo liviano de evaluación (MLEva-PDS) para tener de una forma más organizada y separada la guía de referencia de implementación de procesos de la guía de evaluación de procesos.

El modelo liviano de referencia de procesos (MLRef-PDS), presenta las mejores prácticas (extraídas de modelos internacionales) para el desarrollo de software. Se organizan en áreas de proceso y se definen los roles necesarios en cada área y los productos de trabajo que se deben obtener en la implementación de estas prácticas.

MLRef-PDS es una guía que le permite a la empresa conocer los procesos que debe adoptar para iniciar una cultura de calidad basada en las prácticas iniciales que se deben adoptar para un determinado proceso o para los procesos que tenga una organización. Teniendo en cuenta que muchas MiPyMEs 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. Esto permite que se comiencen 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. De esta manera la MiPyME comienza a adoptar características de los modelos de calidad internacionales, lo cual le permite escalar a un nivel más alto en la capacidad de sus procesos y a futuro buscar una certificación.

El modelo liviano de evaluación (MLEva-PDS), permite valorar los procesos de una organización con respecto al modelo de referencia de procesos. 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: (i) subprácticas realizadas en cada proceso y (ii) productos de trabajo obtenidos en el proceso. Estos indicadores se toman del modelo de referencia de procesos, siguiendo la estructura presentada en la norma ISO/15504-5:2006 [7].

MLEva-PDS se basa en Light MECPDS [23, 24] y adicionalmente presenta dos atributos de calidad:

- Uno para valorar la agilidad con que se desarrollan los procesos teniendo en cuenta los principios y valores del manifiesto ágil. Este atributo intenta verificar que los procesos que se implantan en una MiPyME sean ágiles pero con responsabilidad.
- El otro para valorar la innovación que intenta verificar el grado de apalancamiento tecnológico que la empresa introducir para mejorar sus procesos.

Mediante la realización de este modelo se busca motivar a las empresas a que inicien una cultura hacia el mejoramiento continuo, implantando en primera instancia el MLCal-PDS, 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 la mejora de una empresa.

4. Componentes del MLCal-PDS

El interés del MLCal-PDS se centra en proponer un conjunto de procesos de desarrollo de software que consideramos son mas prioritarias para las MiPyMEs, que les pueda permitir visualizar y establecer sus propios procesos de desarrollo de software, alineados con la mejores prácticas propuestas por estándares internacionales. El “Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software” presenta la siguiente estructura (ver figura 2):

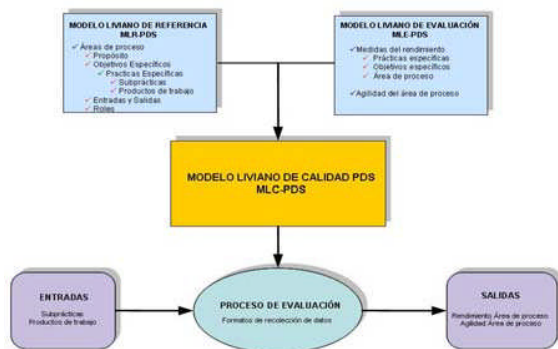


Figura 2. Estructura del MLCal-PDS

Antes de presentar los componentes fundamentales, se presenta una visión general de los elementos utilizados para seleccionar los procesos del modelo.

4.1. Escogencia de las áreas de proceso del MLCal-PDS.

Para la priorización, selección y definición de los procesos que contiene el modelo liviano de referencia se tuvo en cuenta varios elementos:

- Una contrastaron las mejores prácticas presentadas en los estándares CMMI e ISO/IEC 12207.
- Una revisión sistemática acerca de los esfuerzos de mejora de procesos software (SPI) llevados a cabo en PYMES desarrolladoras de software [22] cuyo objetivo es conocer lo que se ha realizado y logrado sobre SPI en este tipo de empresas.
- Una investigación sobre el estado de la práctica de los procesos de desarrollo de software en la región del suroccidente de Colombia [18].
- Revisión de la literatura de trabajos relacionados con SPI en MiPyMEs.

La investigación sobre el estado de la práctica de los procesos de desarrollo de software en la región del suroccidente de Colombia se realizó en el proyecto SIMEP-SW. La investigación involucró una muestra de 20 empresas ubicadas en las ciudades de Cali, Popayán y Pasto, algunas de las consideraciones sobre las MiPyMEs, se presentan a continuación:

- El perfil general de las empresas es que un 70% son micro y un 30% son pequeñas, con una trayectoria en su mayoría de menos de 5 años, y una minoría de 10 o más años; con un alcance o proyección de mercado casi en su totalidad del ámbito nacional.
- Se caracterizan además por adoptar metodologías de desarrollo diferentes dependiendo de la naturaleza del proyecto que realice. Algunas manejan un proceso de desarrollo propio.
- Existe una gran falencia con respecto al proceso de desarrollo que se maneja, la mayoría de las empresas no tienen la capacidad de adaptar procesos de desarrollo a su entorno, sino que prefieren adaptarse a los procesos existentes.
- Presentan el “síndrome de la programación extrema (XP)”, 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 XP. 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”.

Entre otras cosas, la investigación recopiló a través de una encuesta, a las empresas involucradas, información sobre las técnicas y prácticas que se utilizan en algunas disciplinas o áreas de proceso para el desarrollo de software. 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 y Aseguramiento de calidad. Para cada disciplina se indagó por una serie de artefactos, técnicas y prácticas para determinar cuales son utilizadas por las MiPyMEs. Con esta información recolectada se generó un perfil sobre el estado de las prácticas para el desarrollo del software de las MiPyMEs del sur occidente Colombiano.

Realizando un análisis de la información recogida sobre los artefactos, técnicas y prácticas utilizadas en cada disciplina se determinó el grado de implementación promedio de cada de éstas (ver figura 3). En esta figura se ilustra la cantidad de artefactos utilizados para la implementación de cada disciplina.

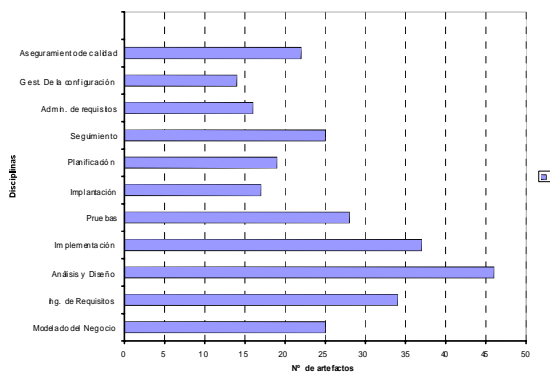


Figura 3. No. Artefactos por cada disciplina

Además, se aprecia en la “Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas” presentada en [22] que los esfuerzos de mejora apuntan a mejorar procesos como la gestión del proyecto, documentación, gestión de cambio de requisitos, establecimiento de procesos, gestión de la configuración y obtención de requisitos. Hay otros procesos como por ejemplo el de revisión conjunta, adquisición, suministro, entre otros, sobre los cuales no se reporta ningún tipo de mejora.

Después del estudio, análisis y síntesis de todos trabajos tomados en cuenta, las disciplinas consideradas prioritarias por MLCal-PDS en relación con las prácticas a establecer primero cuando inicien un programa a SPI son:

- Gestión de proyectos
- Administración de requisitos
- Desarrollo de requisitos
- Solución técnica
- Gestión de la configuración
- Validación y Verificación
- Medición y análisis
- Aseguramiento de calidad
- Gestión del conocimiento.

La medición y análisis se ha propuesto porque es una responsabilidad clave en la gestión y mejora de procesos software. Las medidas son la base para detectar desviaciones del funcionamiento aceptable del proceso, además son también la base para identificar las oportunidades para la mejora de proceso [15].

La gestión de conocimiento surge de la tesis 6 de Conradi-Fugetta [14] donde expresa que la mejora del proceso software es aprendizaje no control y de la connotación de industria de conocimiento de la misma industria de software. Este modelo encapsula todo lo referente al aprendizaje en la disciplina de gestión del conocimiento.

4.2. Modelo Liviano de Referencia (MLRef-PDS)

Como se indicó anteriormente el modelo liviano de referencia involucra las mejores prácticas para el proceso de desarrollo 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.

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. Sin embargo las correspondencias que predominaron fueron entre áreas de proceso y prácticas específicas de CMMI con procesos y tareas de ISO/IEC 12207.

4.2.1. Componentes del MLRef-PDS. Este modelo esta compuesto por Áreas de proceso y estas a su vez contienen los elementos más importantes de los modelos de referencia estudiados. El patrón de procesos trata de disminuir la complejidad facilitando su manejo; como se muestra a continuación:

- *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 del 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.
- *Objetivos Específicos*: Objetivo cuya finalidad es asegurar el cumplimiento del propósito del área de proceso.
- *Prácticas Específicas*: Prácticas de las cuales esta compuesto el objetivo específico, y que tienen como finalidad asegurar el cumplimiento del objetivo al que pertenecen.
- *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.
- *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.

Los productos de trabajo, objetivos específicos y prácticas específicas mantienen un identificador para su posterior utilización en el modelo de evaluación.

A continuación se presenta un ejemplo de un área de procesos definida por el modelo (por efectos de espacio solo se muestra un resumen).

- *Nombre del área de proceso*: 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: (i) Evaluar objetivamente los procesos realizados, los productos de trabajo contra las descripciones, estándares, y procedimientos. (ii) Identificar y documentar los problemas no cumplidos. (iii) Proporcionar una retroalimentación al personal y a los encargados del proyecto en cuanto a los resultados de las actividades de aseguramiento de calidad. (iv) Asegurar que los problemas no resueltos sean manejados. (v) El aseguramiento de calidad puede hacer uso del resultado de otros procesos, tales como verificación y validación.

- *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: (i) Identificar las posibles desviaciones en los estándares aplicados, así como en los requisitos y procedimientos especificados. (ii) 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 asegurarse 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 específicas del área de proceso de aseguramiento de calidad.

4.3. Modelo Liviano de Evaluación (MLEva-PDS)

Hay que tener en cuenta que además del modelo de referencia de procesos, otro elemento importante de un programa SPI es el modelo de evaluación de procesos. La evaluación de los procesos software tiene como objetivo detectar aspectos de un proceso software que se pueden mejorar. Para esto es preciso contar con un modelo de evaluación ya que, para poder comenzar la mejora de los procesos software, es muy importante establecer previamente un marco de evaluación para conocer los puntos fuertes y débiles de los procesos de una organización. Es necesario entonces la definición del modelo liviano de evaluación, el cual considere una forma ágil y confiable de evaluar procesos.

4.3.1. Estructura del MLEva-PDS. El modelo liviano de evaluación MLEva-PDS se basa en Light MECPDS [23, 24]. Light MECPDS es una concreción y adaptación (del inglés tailoring) de la norma ISO/IEC 15504 [5, 7] para la valoración de procesos en MiPyMEs. Los propósitos de Light MECPDS, son:

- Establecer los elementos necesarios para evaluar el cumplimiento y capacidad de los procesos de una organización, con respecto a un modelo de referencia de procesos.
- Fomentar la evaluación en las MiPyMEs de desarrollo de software del sur occidente Colombiano, con el objetivo de conocer sus puntos fuertes y débiles, para que sirvan de guía en la mejora de los procesos de desarrollo de software de la organización.
- Aportar un modelo de evaluación ligero para que sea aplicable a las MiPyMEs, de manera fácil y económica, con pocos recursos y en poco tiempo.

Para aligerar el modelo de evaluación, Light MECPDS describe la evaluación con respecto al nivel dos de madurez de ISO/IEC 15504, y su correspondiente framework de medida.

El framework de medida es tomado de la norma ISO/IEC 15504 [5] y especifica varios niveles de capacidad definidos por una escala jerárquica de tres niveles: (i) Nivel 0. Proceso Incompleto, (ii) Nivel 1. Proceso Realizado y (iii) Nivel 2. Proceso Gestionado. El alcanzar un nivel se demuestra por el cumplimiento de atributos de proceso, que son elementos que permiten determinar las capacidades y habilidades de un proceso y están compuestos por prácticas de gestión. Los atributos de proceso definidos son: PA 1.1 Realización del proceso, PA 2.1 Gestión de la realización y PA 2.2. Gestión del producto de trabajo.

El framework de medida de Light MECPDS se define para dos dimensiones: *capacidad del proceso* y *cumplimiento del proceso*.

En la *dimensión del cumplimiento del proceso* Light MECPDS utiliza el mapeo de los propósitos y descripción además de los objetivos y prácticas específicas seleccionados del modelo de referencia de procesos (MLRef-PDS) como indicadores de evaluación. En ésta dimensión se evalúa el atributo de proceso PA 1.1 Realización del proceso, que pertenece al Nivel de capacidad 1: Proceso Realizado.

En la *dimensión de la capacidad del proceso* utiliza el mapeo de los atributos de calidad PA 2.1 Gestión de la realización y PA 2.2. Gestión del producto de trabajo, del framework de medida, como indicadores de evaluación. Esta dimensión se evalúa por los atributos de proceso descritos anteriormente, los cuales pertenecen al Nivel de capacidad 2: Procesos Gestionado.

El modelo liviano de evaluación MLEva-PDS adicionalmente propone dos atributos de calidad, que no están definidos en la norma, pero que se consideran importantes en el entorno de la evaluación de procesos en un MiPyME, estos son: (i) PA 1.2 Agilidad del proceso, (ii) PA 2.3 Innovación del proceso.

4.3.2. Atributo 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. Es adicional a los atributos definidos anteriormente y pertenece al Nivel de capacidad 1: Procesos Realizado. Es importante que las PyMES 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. De esta forma se evalúa, además de la realización del proceso, si el proceso se realiza de manera ágil. El atributo de proceso PA 1.2 se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1. Atributo PA 1.2 Agilidad del proceso

Id. Atributo	Descripción del atributo: Agilidad del proceso		Escala
PA 1.2	El atributo agilidad de proceso es una medida del nivel de agilidad de un proceso.		NI, PI, AI, CI
Nivel	Id. Practica	Descripción de la practica de gestión	NI, PI, AI, CI
1. Realizado	MP 1.2.1	Tomar acciones para que los responsables tengan la autonomía de organizar el equipo y su comunicación, y las actividades del proceso.	
	MP 1.2.2	Identificar los productos de trabajo que sirvan para tomar decisiones y que aporten valor al cliente en el proceso	
	MP 1.2.3	Definir la colaboración del cliente en el proceso.	
	MP 1.2.4	Definir una estrategia para responder a los cambios de los productos de trabajo que los clientes desean en el proceso.	

Este atributo 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. Este atributo mide el grado de cumplimiento de algunos de los principios del manifiesto ágil (tres principios no encajaron de manera natural en la definición del atributo de calidad y por ello quedan fuera de la tabla anterior).

4.3.3. Atributo de innovación del proceso. Éste atributo permite que una pequeña organización desarrolladora de software evalúe el nivel de innovación de los procesos utilizados por ella para el desarrollo de sus productos software. Es adicional a los atributos definidos anteriormente y pertenece al Nivel de capacidad 2: Procesos Gestionado. La mejora desde la perspectiva de la innovación de los procesos tiene un retorno a la inversión mucho rápido (si esta es llevado cabo exitosamente) que la mejora desde la perspectiva de gestión de la organización (sin embargo su desventaja es que es más costoso). Se pretende con este atributo que las MiPyMEs tomen consciencia de la importancia que el apalancamiento tecnológico tiene para mejorar sus procesos software y por tanto la calidad de sus productos. El atributo de proceso PA 2.3 se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Atributo PA 2.3 Innovación del proceso

Id. Atributo	Descripción del atributo: Innovación del proceso		Escala
PA 2.3	El atributo innovación de proceso es una medida del nivel de innovación de un proceso.		NI, PI, AI, CI
Nivel	Id. Practica	Descripción de la practica de gestión	NI, PI, AI, CI
2. Gestionado	MP 2.3.1	Tomar acciones para que los responsables tengan el liderazgo de organizar actividades de I+D asociadas a las componentes del proceso.	
	MP 2.3.2	Velar porque los componentes del proceso sean diseñados de manera efectiva a partir de enfoques novedosos provistos por la investigación académica e industrial accesible a la organización.	
	MP 2.3.3	Identificar a través de medidas si la introducción de un enfoque novedoso impacta al proceso en términos de simplicidad, tiempo y costo.	
	MP 2.3.4	Introducir enfoques novedosos y tradicionales que son apalancados por herramientas de soporte que permiten minimizar trabajo repetitivo del proceso.	

Este atributo de proceso 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 innovación de sus procesos. Este atributo mide el grado de apalancamiento tecnológico del área (la adopción de estrategias conceptuales, técnicas de reuso de software, de aprendizaje, de trabajo colaborativo, de gestión, etc.) de tal forma que la empresa pueda introducir mejoras que se vean reflejadas en la simplificación de procesos, métodos y

técnicas, para que las disciplinas sean más simples de aplicar y de gestionar.

4.3.4. Definición de niveles de capacidad. El framework de medida específica una escala jerárquica de tres niveles para definir los niveles de capacidad: Proceso Incompleto (nivel 0), Proceso Realizado (nivel 1) y Proceso Gestionado (nivel 2).

La tabla 3 define el nivel de capacidad asociado a un proceso, el cual permite medir el grado de calidad de un producto de software generado por el mismo. Hay una relación entre niveles de capacidad y el grado de cumplimiento de los atributos de proceso evaluados.

Tabla 3. Cumplimiento de niveles de capacidad

Nivel de Capacidad	Atributos del proceso	Grado de cumplimiento esperado
Nivel 1. Realizado	Realización del proceso	AI o CI
	Agilidad del proceso	AI o CI
Nivel 2. Gestionado	Realización del proceso	CI
	Agilidad del proceso	CI
	Gestión de la realización	AI o CI
	Gestión de los productos	AI o CI
	Innovación del proceso	AI ó CI

4.3.5. Definición de medidas del área de proceso. Las métricas o medidas, se pueden ver como un soporte efectivo a la mejora de procesos, debido a 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 los elementos expresados en un modelo de referencia de procesos. Considerando esta necesidad, se han definido un conjunto de medidas, basadas en el trabajo presentado en [25], en donde se expone una metodología para la definición de métricas de rendimiento y capacidad de procesos conforme a la norma ISO/IEC 15504.

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 MLCaI-PDS. Las métricas a nivel de la capacidad del área de procesos han sido definidas con el objetivo de evaluar el grado de capacidad de un proceso en relación con un atributo de proceso definida en MLCaI-PDS. Toda la información de las métricas se encuentran en [27]

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

Es necesario tener presente el hecho de que en la mayoría de organizaciones existe un factor de resistencia al cambio, por eso el proceso de mejora depende del compromiso de todas las personas de la organización, del convencimiento y la credibilidad que

tengan sobre en el modelo de calidad utilizado con el fin de lograr los objetivos SPI propuestos por la empresa. Consideramos que si el modelo es sencillo pero a la vez robusto, sería de gran ayuda para que sea aceptado e implementado por las personas involucradas en la organización. El modelo presentado en este trabajo pretende ayudar a las MiPyMEs a implantar un programa de mejora que se ajuste a sus necesidades, pero que a la vez sea el primer paso hacia la mejora alineado con modelos internacionales.

El modelo liviano de calidad se construyó bajo un soporte teórico y metodológico estructurado y muy bien definido, basado en modelos y normas internacionales conocidas. El objetivo del modelo es ayudar a definir y evaluar los procesos de desarrollo del software en MiPyMEs cuando inicien un programa de mejora de procesos. SPI tiene como fin optimizar recursos, tiempo y costo en los procesos de la organización para incrementar la satisfacción de sus clientes, generar productos de excelente calidad y lograr un perfil de mayor competitividad.

El modelo liviano de calidad proporciona un conjunto de procesos definidos a partir de las mejores prácticas para mantener y desarrollar un mejor software, teniendo en cuenta la realidad de las MiPyMEs del suroccidente Colombiano. Define una forma sencilla de evaluar rendimiento y gestión de los procesos cuando son implantados en una organización. Además propone dos atributos de proceso adicionales a los presentados en la norma ISO/IEC 15504, para evaluar la agilidad y la innovación del proceso.

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.

En estos momentos se están documentando cada una de las disciplinas y se están estableciendo los indicadores de medición de las disciplinas de acuerdo al modelo de evaluación. En el contexto de SIMEP-SW se han desarrollado herramientas complementarias que se esperan orquestar en varios proyectos de mejora ya establecidos a través del proyecto y de los cuales también se ha extraído realimentado con información relevante para el desarrollo del modelo. Esta experimentación permitirá validar y ajustar el modelo de calidad a fin de tener una primera versión. La

experiencia en el desarrollo y aplicación del modelo, es un insumo valioso para la construcción del modelo iberoamericano propuesto por el proyecto CompetiSoft.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos: MECENAS (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Educación y Ciencia, PBI06-0024), COMPETISOFT (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED -, 506PI0287) y ESFINGE (Dirección General de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia, TIN2006-15175-C05-05).

Referencias

- [1]. *ISO 9001:2000. Quality management systems - Requirements*. 2000, International Organization for Standardization: Geneva.
- [2]. *Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI), Version 1.1: Method Definition Document (CMU/SEI-2001-HB-001)*. 2001, Software Engineering Institute (SEI): Pittsburgh.
- [3]. *CMMI for Systems Engineering/Software Engineering, Version 1.1*. 2002, Software Engineering Institute (SEI): Pittsburgh.
- [4]. *ISO/IEC 12207:2002/FDAM 2. Information technology - Software life cycle processes*. 2004, International Organization for Standardization: Geneva.
- [5]. *ISO/IEC 15504-2:2003/Cor.1:2004(E). Information technology - Process assessment - Part 2: Performing an assessment*. 2004, International Organization for Standardization: Geneva.
- [6]. *Panorama de la Industria del Software en Latinoamérica*. 2004, Mayer & Bunge Informática LTDA: Brasil. p. 97.
- [7]. *ISO/IEC 15504-5:2006(E). Information technology - Process assessment - Part 5: An exemplar Process Assessment Model*. 2006, International Organization for Standardization: Geneva.
- [8]. *Mejora de procesos para fomentar la competitividad de la pequeña y mediana industria de software Iberoamericana - COMPETISOFT*. 2006. Available on: <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/Competisoft>. Accessed: November, 2006.
- [9]. Batista, J. and A. Figueiredo, *SPI in a very small team: a case with CMM*. Software Process: Improvement and Practice, 2000. Vol. 5(4) December pp. 243-250.
- [10]. Beck, K. *Manifesto for Agile Software Development*. 2003. Available. Accessed: October, 2006.
- [11]. Calvo-Manzano, J.A., *Métodos de mejora del proceso de desarrollo de sistemas de información en la pequeña y mediana empresa*. 1999, Universidad de Vigo: Vigo.
- [12]. Calvo-Manzano, J.A., G. Cuevas, T. San Feliu, A. De Amescua, and M. Pérez, *Experiences in the Application*

- of Software Process Improvement in SMES. *Software Quality Journal*, 2002. Vol. 10(3) November pp. 261-273.
- [13]. Casey, V. and I. Richardson, *A practical application of the IDEAL model*. *Software Process: Improvement and Practice*, 2004. Vol. 9(3) July/September pp. 123-132.
- [14]. Conradi, R. and A. Fuggetta, *Improving Software Process Improvement*. *IEEE Software*, 2002. Vol. 19(4) July/August pp. 92-99.
- [15]. Florac, W.A., R.E. Park, and A.D. Carleton, *Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement*. 1997, Pittsburgh, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University pp. 1-12.
- [16]. Hareton, L. and Y. Terence, *A process framework for small projects*. *Software Process: Improvement and Practice*, 2001. Vol. 6(2) Juny pp. 67-83.
- [17]. Horvat, R.V., I. Rozman, and J. Györkös, *Managing the complexity of SPI in small companies*. *Software Process: Improvement and Practice.*, 2000. Vol. 5(1) March pp. 45-54.
- [18]. Hurtado, J., F. Pino, and J. Vidal, *Estado de la práctica del proceso software en el suroccidente colombiano*. 2006, Universidad del Cauca - Colciencias: Popayán, Colombia.
- [19]. Hurtado, J., F. Pino, and J. Vidal, *Software Process Improvement Integral Model: Agile SPI. Technical Report SIMEP-SW-O&A-RT-6-V1.0. 2005*. 2006, Universidad del Cauca - Colciencias.: Popayán, Colombia.
- [20]. McFeeley, R., *IDEAL: A Users Guide for Software Process Improvement, Handbook CMU/SEI-96-HB-001*. 1996, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University: Pittsburgh, USA.
- [21]. Oktaba, H. *MoProSoft®: A Software Process Model for Small Enterprises*. 2006. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings. Pittsburgh, Carnegie Mellon University. pp. 93-101.
- [22]. Pino, F., F. Garcia, and M. Piattini, *Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas*. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software (REICIS)*, 2006. Vol. 2(1) Abril pp. 6-23.
- [23]. Pino, F., F. Garcia, F. Ruiz, and M. Piattini, *Adaptación de las normas ISO/IEC 12207:2002 e ISO/IEC 15504:2003 para la evaluación de la madurez de procesos software en países en desarrollo*. *IEEE Latin America Transactions*, 2006. Vol. 4(2) April pp. 16-23.
- [24]. Pino, F., F. Garcia, F. Ruiz, and M. Piattini. *A Lightweight Model for the Assessment of Software Processes*. 2006. *European Systems & Software Process Improvement and Innovation (EuroSPI 2006)*. Joensuu, Finland. pp. in press.
- [25]. Pino, F., F. Garcia, M. Serrano, and M. Piattini. *Estimating the Performance and Capacity of Software Processes according to ISO/IEC 15504*. 2006. Proceedings of the International Conference on Software Process and Product Masurement - Mensura 2006. Cádiz, Spain. pp. 171-180.
- [26]. Saiedian, H. and N. Carr *Characterizing a software process maturity model for small organizations*. *ACM SIGICE Bulletin*, 1997. Vol. 23(1) July pp. 2-11.
- [27]. Sanchez, J. and M. Solis, *Modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo de software*, in *Departamento de Sistemas*. 2006, Universidad del Cauca: Popayán.
- [28]. Scott, L., R. Jeffery, L. Carvalho, J. D'Ambra, and P. Rutherford. *Practical Software Process Improvement -The IMPACT Project*. 2001. Proceedings of the Australian Software Engineering Conference. pp. 182-189.
- [29]. Weber, K., E. Araújo, A. Rocha, Machado, D. Scalet, and C. Salviano, *Brazilian Software Process Reference Model and Assessment Method*, in *Computer and Information Sciences*. 2005, Springer Berlin / Heidelberg. p. 402-411.