

Argentina



Apoya



XII Conferencia
Iberoamericana
de Ingeniería de Requisitos
y Ambientes de Software



Co
a
del
amb

2009

IDEAS

IDEAS 2009

Memorias

XII Conferencia Iberoamericana de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software

Editores

Antonio Brogi, João Araújo, Raquel Anaya.

Medellín, Colombia
Abril 13 - 17, 2009

Memorias

**XIII Conferencia Iberoamericana de
Ingeniería de Requisitos
y Ambientes de Software**

.....
PRESIDENCIA DEL COMITÉ ORGANIZADOR
.....

Raquel Anaya
Universidad EAFIT, Colombia

.....
PRESIDENCIA DEL COMITÉ DE PROGRAMA
.....

João Araújo
Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Antonio Brogi
Università di Pisa, Italy

Ficha Técnica
Memorias de la XII Conferencia Iberoamericana de Ingeniería
de Requisitos y Ambientes de Software (IDEAS '09)
Editores: Antonio Brogi, João Araújo, Raquel Anaya.
Abril, 2009 - Medellín, Colombia

Copyright © 2009 by IDEAS '09
Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,
por cualquier medio, sin la autorización de sus editores.

ISBN: 978-958-44-5028-9

MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO

Alejandra Cechich
Alessandro García
Álvaro Arenas
Amador Duran
Antonio Brogi
Antonio Vallecillo
Carla Reis
Carla Silva
Claudia Pons
César Acuña
Coral Calero
Dan Hirsch
Daniel Riesco
Daniela Godoy
Demetrio Ovalle
Elena Navarro
Ernest Teniente
Ernesto Pimentel
Fernanda Alencar
Francisco Pinheiro
Francisco Ruíz
Gaston Mousques
Geneveva Vargas
Guilherme Travassos
Gustavo Rossi
Hernan Melgratti
Isabel Díaz
Isabel Brito
Jaelson Castro
Jaime Muñoz
Jesús García Molina

João Arajú
João Falcão e Cunha
Jonás Montilva
Jorge Trifianes
José Pow-Sang
José Maldonado
Juan Carlos Trujillo
Juan Hernández
Júlio Leite
Luca Cernuzzi
Luis Guerrero
Luis Olsina
Lyrene Silva
Marcello Visconti
Márcio Delamaro
Márcio Barros
María Lencastre
Miguel Katrib
Oscar Dieste
Oscar Pastor
Rafael Calvo
Raquel Anaya
Regina Braga
Renata Guizzardi
Ricardo Falbo
Ruby Casallas
Sandra Fabbri
Silvia Gordillo
Vicente Pelechano
Victor Santander
Xavier Franch

ORGANIZACIÓN LOCAL

Alberto Restrepo
Mónica Henao
Lucas Macías Franco
Isabel Morales

PREFACIO

Bienvenidos a la décimo segunda versión de la Conferencia de Ingeniería de Requisitos y Ambientes Software (IDEAS 2009) que va ser realizado en Medellín Colombia y es organizado por el Departamento de Informática y Sistemas de la Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT, del 13 al 17 de abril del 2009.

Desde su primera edición en 1.998, IDEAS fue concebido como un espacio para estimular y facilitar el intercambio de conocimiento y experiencias y para orientar las relaciones entre grupos de investigación iberoamericanos que trabajan en diversas áreas de la Ingeniería de Software. IDEAS provee un foro que permite que investigadores, educadores y profesionales presenten y discutan los desarrollos más recientes en ingeniería de software.

El primer evento de IDEAS fue realizado en 1.998 en Torres, Brasil, como un workshop. Desde entonces, el evento se ha realizado de manera exitosa en diversos países de Latinoamérica: San José-Costa Rica (IDEAS'99), Cancún-México (IDEAS'00), Heredia-Costa Rica (IDEAS'01), La Habana-Cuba (IDEAS'02), Asunción-Paraguay (IDEAS'03), Arequipa-Perú (IDEAS'04), Valparaíso-Chile (IDEAS'05), La Plata-Argentina (IDEAS'06), Isla de Margarita-Venezuela (IDEAS'07), Recife-Brasil (IDEAS'08), y Medellín-Colombia (IDEAS'09). Vale la pena destacar que este año se aprueba oficialmente el cambio de nombre del evento de Workshop a Conferencia, teniendo en cuenta su evolución en número de trabajos presentados y participantes inscritos.

La agenda académica de IDEAS'09 cuenta con tres conferencias plenarias, dos meses redondas, cuatro tutoriales y la presentación de los trabajos aceptados. Los tres conferencistas invitados son Jorge Villalobos (Universidad de los Andes, Colombia) quien discutirá las tendencias recientes y retos en el desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios, Guilherme Travassos (Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil) quien presentará el estado de la ingeniería de software experimental, y Ernesto Pimentel (Universidad de Málaga, España) quien analizará la aplicación de los métodos formales para coordinar y adaptar servicios y componentes. Los dos paneles estarán orientados a abrir espacios de discusión alrededor de las iniciativas de la academia para responder a las demandas del mercado laboral y el papel de la industria de software latinoamericana en el mercado mundial, respectivamente. La conferencia estará precedida por dos días de tutoriales que estarán orientados a los temas de la ingeniería de requisitos orientada a aspectos, proyectos de desarrollo centrados en la arquitectura, modelado de sistemas multi-agente y calidad de evaluación de aplicaciones Web 2.0, respectivamente.

IDEAS siempre ha recibido artículos en español, portugués e inglés. Para esta edición hemos recibido un total de 82 trabajos de 18 países distintos. Cada trabajo

fue revisado por al menos tres miembros del Comité de Programa. Después de un riguroso proceso de revisión, fueron aceptados 19 artículos completos y 19 artículos cortos.

El trabajo del Comité de Programa y de los revisores adicionales que colaboraron en el proceso de evaluación de artículos es sobresaliente. Todos los autores recibieron comentarios detallados de los evaluadores. Agradecemos a todos los revisores por su excelente trabajo y agradecemos también a todos los autores que enviaron sus trabajos a la conferencia. Agradecemos a la Universidad EAFIT por el patrocinio de IDEAS'09, así mismo al Comité de Organización local que hizo posible la realización de esta conferencia.

Finalmente, extendemos una cordial bienvenida a conferencistas, autores, estudiantes y profesionales que nos acompañaran en IDEAS'09. Esperamos que puedan disfrutar del evento y además tengan la oportunidad de disfrutar de la cultura de Medellín y de la amabilidad de su gente.

Antonio Brogi
João Araújo
Raquel Anaya

Abril 2009

PREFÁCIO

Bem-vindos à 12ª Conferência Ibero-americana em Engenharia de Requisitos e Ambientes de Software (IDEAS 2009) que tem lugar em Medellín, Colômbia, organizada pelo Departamento de Informática e Sistemas, Escola de Engenharia da Universidade EAFIT, de 13 a 17 de Abril de 2009.

Desde a sua primeira edição em 1998, IDEAS foi concebida para estimular e facilitar o intercâmbio de conhecimento e de experiências, além de estreitar as relações entre grupos de pesquisa ibero-americanos trabalhando em diversas áreas da Engenharia de Software. IDEAS proporciona um fórum que tem como objetivo permitir que investigadores, educadores e profissionais apresentem e discutam os mais recentes desenvolvimentos em Engenharia de Software.

O primeiro evento de IDEAS teve lugar em 1998 em Torres, Brasil, como um workshop. Desde então, o evento foi realizado com sucesso em San Jose-Costa Rica (IDEAS'99), Cancun-México (IDEAS'00), Herédia-Costa Rica (IDEAS'01), La Habana-Cuba (IDEAS'02), Asuncion-Paraguai (IDEAS'03), Arequipa-Peru (IDEAS'04), Valparaiso-Chile (IDEAS'05), La Plata-Argentina (IDEAS'06), Isla de Margarita-Venezuela (IDEAS'07), Recife-Brasil (IDEAS'08), e Medellín, Colômbia (IDEAS'09). Vale a pena salientar que este ano o Workshop evoluiu para Conferência, uma vez que o seu tamanho, em termos de submissões e participantes, justifica esta promoção.

IDEAS'09 inclui três palestras convidadas, dois painéis de discussão, quarto tutoriais e as apresentações dos artigos. Os três palestrantes convidados são Jorge Villalobos (Universidade de Los Andes, Colômbia) que discutirá as tendências em arquiteturas orientadas a serviços, Guilherme Travassos (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil) que discutirá os desafios em engenharia de software experimental, e Ernesto Pimentel (Universidade de Málaga, Espanha) que discutirá a aplicação de métodos formais para coordenar e adaptar serviços e componentes. Os dois painéis serão voltados ao análise das iniciativas do mundo acadêmico para responder às demandas do mercado de trabalho, e discutir o papel da indústria de software latino-americana no mercado mundial, respectivamente. A conferência será precedida por dois dias de tutoriais, que enfatizarão engenharia de requisitos orientada a aspectos, projetos orientados a arquiteturas, modelação de sistemas multi-agentes, e avaliação de qualidade de aplicações Web 2.0.

IDEAS sempre recebeu artigos em espanhol, português ou inglês, a fim de fomentar a interação entre pesquisadores de diferentes países ibero-americanos. Para esta edição de IDEAS, recebemos um total de 82 submissões de 18 países distintos. Cada artigo foi revisado por pelo menos três membros do Comitê de Programa. Depois de um processo de avaliação rigoroso, 19 artigos foram aceites como artigos completos

e 19 foram aceites como artigos curtos.

O trabalho do Comité de Programa e dos outros avaliadores que colaboraram no processo de avaliação foi de altíssimo nível. Todos os autores receberam comentários detalhados dos avaliadores. Nós gostaríamos de agradecer a todos os avaliadores pelo seu excelente trabalho. Gostaríamos também de agradecer a todos os autores por submeter as suas valiosas contribuições.

Agradecemos a Universidade EAFIT pelo patrocínio de IDEAS'09, assim como o Comité de Organização local que tornou esta conferência possível.

Finalmente, desejamos que todos os conferencistas, autores, estudantes e profissionais que nos acompanharão em IDEAS'09 sejam muito bem-vindos. Esperamos que possam desfrutar do evento e que tenham a oportunidade de conhecer a cultura de Medellín e da amabilidade de sua gente.

Antonio Brogi
João Araújo
Raquel Anaya

Abril 2009

PREFACE

Welcome to the 12th Ibero-american Conference on Requirements Engineering and Software Environments (IDEAS 2009) to be held in Medellín, Colombia, which is organised by the Department of Informatics and Systems, of Eafit University's Engineering School, from April 13 to 17, 2009.

Since its first edition in 1998, IDEAS was conceived as a space to stimulate and facilitate the exchange of knowledge and experiences, and to direct the relations among Ibero-american research groups working in diverse areas of Software Engineering. IDEAS provides a forum that allows that researchers, educators and professionals present and discuss the most recent developments in software engineering.

The first IDEAS event was held in 1998 in Torres, Brazil, as a workshop. Since then, the event has successfully taken place in San Jose - Costa Rica (IDEAS-99), Cancun-Mexico (IDEAS -00), Heredia - Costa Rica (IDEAS-01), La Habana-Cuba (IDEAS-02), Asuncion-Paraguay (IDEAS-03), Arequipa-Peru (IDEAS-04), Valparaiso-Chile (IDEAS-05), La Plata-Argentina (IDEAS-06), Isla Margarita-Venezuela (IDEAS-07), Recife-Brazil (IDEAS-08), and Medellín, Colombia (IDEAS-09). It is worth pointing out that this year a change of the name of the event is going to be approved from "Workshop" to "Conference", having into count its evolution in terms of the number of papers presented, and the number of signed participants.

IDEAS-09 features three plenary sessions, two panels, four tutorials, and the presentations of contributed papers. The three invited speakers are Jorge Villalobos (Los Andes University, Colombia) who will discuss recent trends and challenges in developing service-oriented architectures; Guilherme Travassos (Federal University of Rio de Janeiro, Brazil) who will talk about the current state of experimental software engineering; and Ernesto Pimentel (University of Malaga, Spain) who will analyze the application of formal methods to coordinate and adapt services and components. The two panels will be devoted to open discussion spaces around the initiatives of the academic world to respond to the demand from the labour market, and the role of the Latin-American software industry in the world market, respectively. The conference will be preceded by two days of tutorials, which will be oriented towards requirements engineering topics, particularly to architecture-driven projects, multi-agent systems modelling, and quality evaluation of web 2.0 applications.

IDEAS has always welcomed articles in Portuguese, Spanish, and English. For this edition of IDEAS, we received a total of 82 submissions from 18 different countries. Each paper was reviewed by at least three members of the Program Committee. After a rigorous reviewing process, 19 papers were accepted as full papers and 19 were accepted as short papers.

The work of the Program Committee and that of the extra reviewers who collaborated in the paper evaluation process was outstanding. All authors received detailed comments from the referees. We would like to thank all reviewers for their great job. We would also like to thank all authors for submitting valuable contributions. We would like to thank EAFIT University for sponsoring IDEAS-09, as well as the local Organizing Committee that made it possible to run this conference.

Finally, we cordially welcome all the conference participants, authors, students and professionals that will join IDEAS-09. We do hope that you will enjoy the event and will also have the chance to experience the culture of Medellín and its people's hospitality.

Antonio Brogi
 João Aratijo
 Raquel Anaya

April 2009

TABLA DE CONTENIDO

CHARLAS INVITADAS

Tendencias y retos en el diseño de arquitecturas orientadas a servicios.
Jorge Villalobos

Ingeniería de Software Experimental: Logros y perspectivas
Guilherme Travassos

Integración de software: métodos formales para coordinar y adaptar componentes y servicios
Ernesto Pimentel

SESIÓN 1. MODELADO DEL NEGOCIO

Desarrollo de software orientado a servicios..... 1
Andrea Delgado, Ignacio García, Francisco Ruiz.

Modelado de Negocio Interorganizacional: Una Aproximación para la Trazabilidad entre Objetivos, Modelos Organizacionales y Procesos de Negocio.
José Bocanegra, Joaquín Peña, Antonio Ruiz-Cortés. 15

LIS2BP: Una propuesta para obtener Procesos de Negocio a partir de los Sistemas Heredados.
Alfonso Rodríguez, Angélica Caro. 29

Modelado de Requisitos de Datos para Sistemas de Información basados en Procesos de Negocio.
José Luis de la Vara, Michel H. Fortuna, Juan Sánchez, Cláudia M. L. Werner, Marcos R. S. Borges. 43

SESIÓN 2. DESARROLLO DIRIGIDO POR MODELOS

Product Derivation in a Model-Driven Software Product Line using Decision Models.
Hugo Arboleda, Andrés Romero, Rubby Casallas, Jean-Claude Royer. 57

A two-level formal semantics for the QVT language
Roxana Giandini, Claudia Pons, Gabriela Pérez. 73

Extending Visual Modeling Languages with Timed Behavior Specifications. <i>Jose E. Rivera, Cristina Vicente-Chicote, Antonio Vallecillo.</i>	87	Aplicación del marco metodológico de COMPETISOFT a través de Investigación-Acción y Casos de estudio. <i>Francisco J. Pino, Félix García, Mario Piattini.</i>	167
SESIÓN 3. DESARROLLO DIRIGIDO POR MODELOS (SHORT PAPERS)			
Integración de UML y DSMLs en Entornos de Desarrollo Dirigido por Modelos. <i>Giovanni Giachetti, Beatriz Marín, Oscar Pastor López.</i>	101	SMML: Lenguaje para la Representación de Modelos de Medición del Software. <i>Beatriz Mora, Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini.</i>	181
Identificación de Defectos en Modelos Conceptuales utilizados en Entornos MDA. <i>Beatriz Marín, Giovanni Giachetti, Oscar Pastor López, Alain Abran.</i>	109	Modelado de Líneas de Procesos mediante SPEM v2.0 (Presentado en sesión 5). <i>Tomas Martínez-Ruiz, Félix García, Mario Piattini.</i>	195
SESIÓN 5. ASPECTOS Y REQUISITOS			
A Service-Oriented Approach for Model Management. <i>Jorge Pérez Medina, Dominique Rieu, Sophie Dupuy-Chessa.</i>	115	Constructing Measurement Repositories in Software Organizations: a real experience. <i>Solange Araujo, Adriano Albuquerque, Arnaldo Belchior, Nabor Mendonça.</i>	209
Uso de Modelos de Anotación para Automatizar el Desarrollo Dirigido por Modelos de Esquemas XML. <i>Ferónica Andrea Bollati, Juan Manuel Vara, Belén Vela, Esperanza Marcos.</i>	121	An Aspect-Oriented Framework for Software Documentation: An Example on Testing. <i>Elisa Y. Nakagawa, Mariela M. F. Sasaki, Jose C. Maldonado.</i>	225
Estrategias para la Definición de una Técnica de Modelado para Arquitecturas de Referencia. <i>Javier Pérez, Juan Bernardo Quintero.</i>	127	Una Ontología de Aspectos para la Ingeniería de Requerimientos. <i>Gladis Errecalde, Claudia Marcos.</i>	239
La influencia de ODM sobre la colaboración entre la Arquitectura Dirigida por Modelos y las Ontologías. <i>Diana Marcela Sánchez Fiquene, José María Cervero, Esperanza Marcos.</i>	133	Derivación de casos de uso con aspectos a partir de modelos organizacionales i*. <i>Karin Andrea Lizana Rojas, Victor Araya Santander, Fernanda Alencar, Jaelson Castro, Juan Sánchez Díaz.</i>	253
SESIÓN 6. MEJORA DEL PROCESO SOFTWARE (SHORT PAPERS)			
A Domain Specific Language to Generate Web Applications. <i>Juan José Cadavid, Juan Bernardo Quintero, David Esteban Lopez, Jesus Andrés Hincapié.</i>	139	Integrando Proceso y Marco de Medición y Evaluación. <i>Pablo Becker, Hernan Molina and Luis Olsina.</i>	259
Achieving Consistency and Completeness of Business Process Models throughout the Lifecycle. <i>Marta S. Tabares, Fernando Arango.</i>	145	Apoyo Automatizado à Elaboração de Planos de Gerência de Conhecimento para Processos de Software. <i>Jadelly Oliveira and Carla Reis.</i>	267
SESIÓN 4. MEJORA DEL PROCESO SOFTWARE			
Homogenización de marcos en ambientes de mejora de procesos multimarco. <i>César Jesús Pardo Cabvache, Francisco J. Pino, Félix García, Mario Piattini.</i>	151	Estado del Arte de las Pruebas en Líneas de Producto Software. <i>Beatriz Pérez Lamancha, Macario Polo Usaola and Mario Piattini Velthuis.</i>	273
		Um Estudo dos Critérios para Adoção de Metodologias Ágeis. <i>Cleviton Monteiro, Daniel F. Arcoverde, Raoni O. S. Franco and Fabio Q. B. da Silva.</i>	279

Disfunção dos Sistemas de Medição em Organizações de Software..... 285
Gibeon Aquino, Felipe Furtado, Renata Alchorne, Suzana Sampato and Silvio Meira.

MPS.BR – A Experiência de Um Gap Analysis nos Processos..... 291
de Verificação e Validação de uma Organização Brasileira.
Adriano Albuquerque and Lauro Oliveira Neto.

Performance Models to Predict the Productivity..... 297
of Projects: a Practical Application.
Carla Bezerra, Ciro Coelho, Giovano Pires and Adriano Albuquerque.

Utilização de Práticas Genéricas do CMMI para..... 303
apoiar a utilização de Metodologias Ágeis.
Célio Santana, Cristine Gusmão, Ana Rouiller and Alexandre Vasconcelos.

SESIÓN 7. CALIDAD Y COMPONENTES

Análisis de Desajustes Respecto los Requisitos..... 309
en la Selección de Componentes OTS.
Juan Pablo Carvallo and Xavier Franch.

Gestión Sistemática de la Calidad de la Información en los..... 325
Procesos de Selección de Componentes de Software.
Claudia Ayala and Xavier Franch.

SPL-OOWS: Uma extensão do método OOWS..... 339
utilizando linha de produto de software.
Bruno Miguel Nogueira de Souza, Itana M. S. Gimenes and Thelma Elita Colanzi

An Embedded software component..... 353
Quality Maturity Model (EQM2)
Fernando Carvalho, Silvio Meira and Jefferson Silveira.

SESIÓN 8. APLICACIONES

VisAr3D: Uma abordagem baseada em Realidade..... 359
Aumentada para o Ensino de Arquitetura de Software.
Claudia S. Rodrigues and Cláudia M. L. Werner.

Enfoque Integrado para el Procesamiento de..... 374
Flujos de Datos: Un Escenario de Uso.
Mario José Diván and Luis Olsina.

Reutilización de Casos de Uso en el Desarrollo de..... 388
Sistemas Grid seguros.
David G. Rosado, Eduardo Fernandez-Medina and Javier López.

CHARLAS INVITADAS

- Piscataway, NJ, United States): p. 74-83.
23. Jalote, P., *CMM in Practice: Processes for Executing Software Projects at Infosys*, ed. Addison-Wesley, 1999.
 24. Mutafelija, B. and H. Stromber. *Architecting Standard Processes with SWEBOOK and CMMI. Systems and Software Consortium*. in SEPG 2006. 2006.
 25. Mutafelija, B. and H. Stromber, *ISO 9001:2000 - CMMI V1.1 Mappings*. 2003, Software Engineering Institute. p. 31.
 26. Mutafelija, B. and H. Stromber. *Exploring CMMI-ISO 9001:2000 Synergy when Developing a Process Improvement Strategy*. BearingPoint, Inc. & Hughes Network Systems. in SEPG 2003. 2003. Boston, MA.
 27. Mutafelija, B. and H. Stromber, *Systematic Process Improvement Using ISO 9001:2000 and CMMI*, ed. A. House. 2003. 324.
 28. Rout, T.P., *SPICE and the CMM: is the CMM compatible with ISO/IEC 15504?* AquIS, Venecia, Italy, 1998: p. 12.
 29. Rout, T.P. and A. Tuffley, *Harmonizing ISO-IEC 15504 and CMMI*. Vol. 12. 2007, Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltda. 361-371.
 30. Wangenheim, C.G.v. and M. Thiry, *Analyzing the Integration of ISO/IEC 15504 and CMMI-SE/SW*. 2005, LQPS - Laboratorio de Qualidade e Productividade de Software. Universidad do Vale do Itajaí - UNIVALI: San José, Brasil. p. 28.
 31. Lepasaar, M., T. Mäkinen, and T. Varkoi. *Structural comparison of SPICE and continuous CMMI*. in *In the Proceedings of SPICE 2002*. 2002. Venecia, Italia.
 32. Foegen, M. and J. Richter, *CMM, CMMI and ISO 15504 (SPICE)*. 2003., IT Maturity Services. p. 52.
 33. Fuggetta, A. *Software process: A Roadmap*. in *International Conference on Software Engineering (ICSE)*. 2000: ACM Press.
 34. Demame, J.-C., A.B. Kaba, and B. Warboys, *The Software Process: Modelling and Technology*, in *Software process: principles, methodology, and Technology*, C. Montenegro, Editor. 1999, Springer: Germany. p. 1-12.
 35. Cugola, G. and C. Ghezzi, *Software Processes: a Retrospective and a Path to the Future*. Software Process: Improvement and Practice, 1998. 4(3): p. 101-123.
 36. Benali, K. and J.C. Demame, *Software process modeling: What, who and when*. Software Process Technology, Lecture Notes in Computer Science, 1992.
 37. Finkelstein, A., J. Kramer, and B. Nuseibeh, *Software process modelling and technology*. Advanced Software Development Series, 1994. 3.
 38. Fuggetta, A. and A.L. Wolf, *Software process*. Trends in Software, 1996. 4: p. 89-100.
 39. McChesney, I., *Toward a classification scheme for software process modelling approaches*. Information and Software Technology, 1995. 37(7): p. 363-374.
 40. Huff, K., *Software process modeling*. Trends in Software: Software Process, 1996.
 41. OMG, *Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification. SPEM 2.0*. 2008.
 42. Acuña, S.T., A.D. Antonio, X. Ferré, M. López, and L. Maté, *The Software Process: Modelling, Evaluation and Improvement*, in *Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering*, I.S.K. Chang, Editor. 2001, World Scientific: New Jersey (EE.UU). p. 193-237.
 43. ISO, *ISO 9001:2000. Quality management systems -Requirements*. 2000, International Organization for Standardization: Ginebra.

Aplicación del marco metodológico de COMPETISOFT a través de Investigación-Acción y Casos de estudio

Francisco J. Pino^{1,2}, Félix García² y Mario Piattini²

¹ Grupo IDIS

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Universidad del Cauca

Calle 5 No. 4 - 70. Popayán, Cauca, Colombia.

fjpino@unicauca.edu.co. Web: <http://www.unicauca.edu.co/idis/>

² Grupo Alarcos

Escuela Superior de Informática

Universidad Castilla-La Mancha

Paseo de la Universidad 4, Ciudad Real, España.

{Felix.Garcia, Mario.Piattini}@uclm.es. Web: <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/>

Resumen. Aplicar métodos de investigación en ingeniería del software es necesario para profundizar en el conocimiento y validez de las propuestas teóricas desarrolladas. En este artículo se describe la utilización integrada de los métodos de investigación Investigación-Acción y Casos de estudio para la aplicación sistemática y rigurosa del marco metodológico de COMPETISOFT en ocho pequeñas empresa software. Además se presentan los resultados obtenidos de la aplicación, destacando que el marco metodológico desarrollado en el proyecto COMPETISOFT es adecuado para las pequeñas organizaciones.

Palabras clave: Mejora de procesos software, Pequeñas organizaciones, SPI, Proyecto COMPETISOFT, Casos de estudio, Investigación-Acción

1 Introducción

Incorporar prácticas de ingeniería de software y de mejora de procesos software en su quehacer diario, es una actividad de creciente interés por las pequeñas empresas [15]. En Iberoamérica para apoyar éste interés se ha desarrollado el proyecto COMPETISOFT [12], el cual busca incrementar el nivel de competitividad de las pequeñas empresas software de la región mediante la creación y difusión de un marco metodológico común para la mejora de procesos. Sin embargo, llevar a cabo las prácticas de mejora de procesos y de ingeniería de software en las pequeñas empresas involucra un proceso continuo de relaciones entre sus personas, colectivos y tecnologías. De allí que la implementación de estas prácticas sean actividades complejas, en las cuales el éxito o fracaso depende de muchos factores interrelacionados, por lo que no pueden ser completamente estudiadas de manera aislada, siendo necesarios los estudios empíricos en entornos reales para profundizar en su conocimiento y validez [8].

Actualmente, la aplicación de métodos cualitativos y empíricos de investigación para evaluar las propuestas teóricas desarrolladas para ingeniería del software se ha incrementado [1, 24]. Algunos métodos de investigación que están siendo usados en el área de ingeniería de software son, entre otros: Investigación-Acción (cualitativo) y Casos de Estudio (empírico).

De la utilización de estos métodos de investigación en ingeniería del software, se ha observado algunas dificultades para su aplicación, por ejemplo:

- El método de Investigación-Acción en ingeniería del software sirve a dos entidades diferentes: el cliente de la investigación y la comunidad científica de ingeniería del software. Las necesidades de ambos suelen ser muy diferentes y, a veces, opuestas entre sí. Así que, intentar satisfacer ambas demandas es el principal desafío que todos los investigadores que utilizan Investigación-Acción en ingeniería del software tienen que enfrentar.
- En [3] se expone que el método de investigación de casos de estudio es muy útil para ingeniería del software, pero al mismo tiempo es bastante difícil de aplicar rigurosamente. Además en el trabajo sobre el éxito de los estudios empíricos en ingeniería de software presentado en [23] se describe que el término casos de estudio es frecuentemente usado incorrectamente y que los casos de estudio carecen de hipótesis y/o un caso real de estudio.

Según [24] el método empírico más utilizado actualmente en ingeniería de software es el de casos de estudio, sin embargo la gran mayoría de sus aplicaciones adolecen de no seguir una estructura sistemática y rigurosa para su ejecución [23]. Esto conlleva el problema que los resultados obtenidos no están soportados por datos recolectados sistemáticamente mediante la aplicación coherente del método de investigación empírico, perdiendo peso científico. Además, como se describe en [20] es necesario más aproximaciones científicas en ingeniería del software, que incluyan medición y empirismo.

Considerando este panorama, los métodos de investigación Investigación-Acción y Casos de estudio fueron la estrategia empleada en el proyecto COMPETISOFT para aplicar los componentes que hacen parte de su marco metodológico en pequeñas empresas, con el fin de validarlos y refinarlos. Así pues en este artículo se presenta la aplicación, en ocho pequeñas empresa software, del marco metodológico desarrollado en COMPETISOFT mediante la utilización integrada del método cualitativo Investigación-Acción y del método empírico Casos de estudio. Además un objetivo subyacente es mostrar que a pesar de las dificultades descritas anteriormente es viable la utilización sistemática de estos métodos de investigación en el contexto de la mejora de procesos software en pequeñas organizaciones.

El resto del artículo se estructura así: la sección 2 describe brevemente el marco metodológico, la sección 3 muestra la aplicación del marco mediante los métodos de investigación descriptos, y finalmente se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2 Marco metodológico de COMPETISOFT

El Marco Metodológico de COMPETISOFT, describe tres componentes: el Modelo de Referencia de Procesos, el Modelo de Mejora de Procesos y el Modelo de Evaluación

de Procesos (ver Fig. 1). Una descripción en detalle de estos componentes se pueden encontrar en [13].

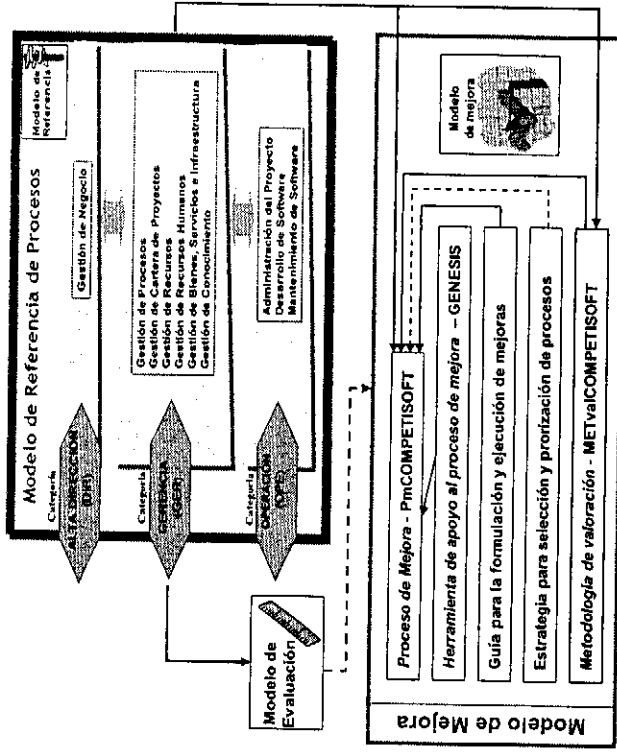


Fig. 1. Diagrama general del Marco Metodológico de COMPETISOFT

El Modelo de Referencia agrupa los procesos en tres categorías: Alta dirección, Gestión y Operación. La categoría de Alta Dirección incluye un proceso que engloba las prácticas relacionadas con la gestión de la empresa. La Categoría de Gerencia, compuesta por seis procesos, incluye las prácticas necesarias para la gestión de procesos, proyectos y recursos en función de las directrices establecidas desde la Alta Dirección. En la Categoría de Operación se incluyen las prácticas de los proyectos de desarrollo y mantenimiento de software.

En el Modelo de Referencia las actividades relacionadas con la mejora de procesos están descritas de forma general en el proceso de Gestión de Procesos. Sin embargo para guiar de manera explícita y detallada la implementación de estas prácticas en el contexto de las pequeñas organizaciones, se desarrolló el Modelo de Mejora.

Con el propósito de permitir el reconocimiento mutuo de las evaluaciones formales de COMPETISOFT entre diferentes países se sugiere que cada país defina su propio Modelo de Evaluación, el cual debe ser conforme con la norma internacional ISO/IEC 15504 Information technology - Process assessment.

3 Aplicación del Marco metodológico

La definición, refinamiento y aplicación de los componentes del marco metodológico de COMPETISOFT han sido llevados a cabo a través del uso de los siguientes métodos cualitativos y empíricos de investigación:

- *Investigación-Acción*, el cual esta siendo utilizado para la investigación en ingeniería del software, desde que fue introducido en 1985 por Wood-Harper [21]. Para el método de Investigación-Acción una premisa fundamental es que los procesos sociales complejos (y el uso de tecnologías de la información en pequeñas organizaciones es de este tipo) pueden ser estudiados mejor introduciendo cambios en dichos procesos y observando los efectos de dichos cambios [2].

- *Casos de estudio*, el cual estudia un fenómeno dentro de su contexto real, especialmente cuando las fronteras entre el fenómeno y el contexto no son evidentes claramente [22]. El método de casos de estudio es viable usarlo cuando personas, grupos, organizaciones y fenómenos sociales son investigados [22], de allí que este método es a menudo adecuado para investigaciones en ingeniería del software [9].

A continuación se describe como se han integrado y utilizado cada uno de estos métodos en el desarrollo del proyecto COMPETISOFT.

3.1 Investigación-acción

En [19] se presenta un análisis formal de los elementos a considerar en investigación-acción, los cuales son: (i) el objeto investigado, (ii) investigadores, (iii) grupo crítico de referencia y (iv) beneficiarios de la investigación. La Fig. 2 muestra la identificación de estos elementos en el proyecto COMPETISOFT.

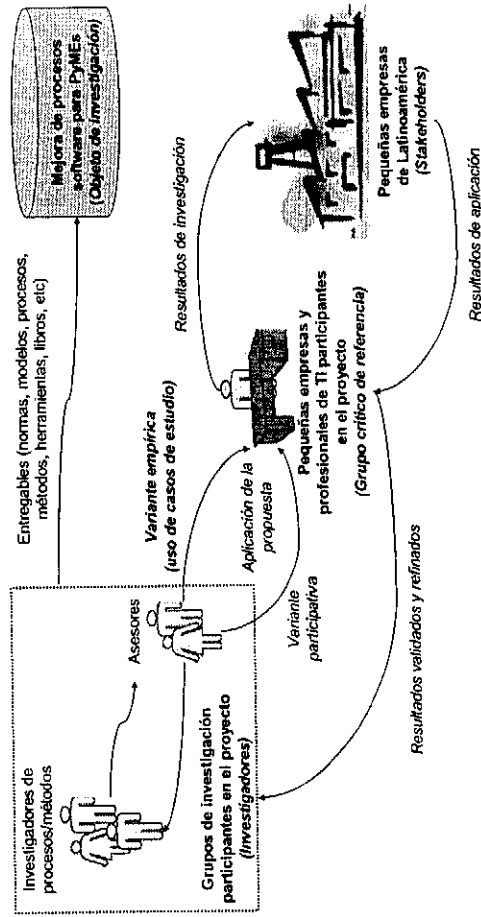


Fig. 2. Aplicación de investigación-acción y casos de estudio en COMPETISOFT

En COMPETISOFT el objeto investigado ó problema a resolver es la mejora de procesos software en el contexto de las pequeñas empresas. Los investigadores que han llevado a cabo de forma activa el proceso investigador, esta conformado por académicos de diferentes universidades participantes del proyecto. Este grupo fue dividido en dos: (i) *investigadores de procesos/métodos*, que fueron los encargados de desarrollar los componentes del marco metodológico de COMPETISOFT, y (ii) *asesores*, que fueron los investigadores de campo encargados de llevar a cabo la

aplicación del marco metodológico en las empresas del grupo crítico de referencia. El grupo crítico de referencia involucra a las pequeñas empresas y sus profesionales de tecnologías de la información participantes del proyecto. En este grupo se aplicaron las propuestas de investigación desarrolladas para abordar el objeto investigado, con el objetivo de tener una realimentación inicial para refinar, mejorar y validar las propuestas. Finalmente, los *beneficiarios de la investigación* (stakeholders) realizada son las pequeñas empresas desarrolladoras de software de Iberoamérica.

En lo que respecta a las actividades empleadas para el método de Investigación-Acción, se siguieron los pasos propuestos en [14]:

- **Planificación.** Según [1] en esta actividad hay que distinguir entre diagnóstico (identificar los problemas iniciales) y la planificación en sí (especificar acciones para resolver dichos problemas). El problema inicial identificado en COMPETISOFT fue que: Actualmente hay mayor interés por parte de las pequeñas empresas en asegurar la calidad de sus productos a través de la mejora de sus procesos usando estándares/modelos propuestos por instituciones como el SEI e ISO, los cuales no son adecuados para este tipo de organizaciones [15]. Para resolver esta situación en COMPETISOFT se asignaron los roles y planificaron las actividades conducentes a desarrollar un marco metodológico para mejora de procesos ajustado a la realidad socio-económica de las pequeñas empresas iberoamericanas, el cual integrara diferentes propuestas desarrolladas previamente en el contexto iberoamericano sobre mejora de procesos.
- **Acción.** En COMPETISOFT los *investigadores* intervinieron en el grupo crítico de referencia mediante la utilización del método de casos de estudio.
- **Observación.** Para documentar lo ocurrido, tomar datos y recolectar información de la intervención realizada en el grupo crítico de referencia se utilizó también el método de casos de estudio.
- **Reflexión.** Fue un proceso continuo, que ocurrió durante toda la ejecución del proyecto, para compartir y analizar los resultados obtenidos con los involucrados en la investigación. Esta actividad permitió reflexionar y profundizar en las prácticas relacionadas con la mejora de procesos software llevadas a cabo en las pequeñas empresas. Además, mediante la realimentación obtenida de las personas involucradas en el proyecto, se logró refinar, mejorar y estabilizar los componentes propuestos por el marco metodológico.

Ahora bien, según [6] hay diferentes formas de aplicar Investigación-Acción. Estas variantes dependen principalmente de las características del proyecto de investigación y pueden ser de diagnóstico, participativa, empírica y experimental [7]. En COMPETISOFT se han utilizado las variantes participativa y empírica. Participativa porque el grupo crítico de referencia puso en práctica con apoyo del asesor los modelos del marco metodológico (productos de investigación) realizados por los *investigadores de procesos/métodos*, compartiendo con ellos sus efectos y resultados; y empírica porque con el apoyo del asesor y mediante la utilización del método de casos de estudio, el grupo crítico de referencia ha realizado un registro amplio y sistemático de sus acciones usando estos modelos.

3.2 Casos de estudio

Como se describe en la sección anterior, el método de casos de estudio se ha utilizado para conducir la aplicación del marco metodológico de COMPETISOFT en el contexto real de ocho pequeñas empresas. Estos casos de estudio han seguido la plantilla protocolo para planeación de casos de estudio descritos en [3]. A continuación se describen los casos de estudio en términos de: antecedentes, diseño, sujetos de investigación, procedimiento de campo, recolección de datos, análisis, validez y limitaciones. La Fig. 3 muestra las actividades, responsables y línea de tiempo de los casos de estudio.

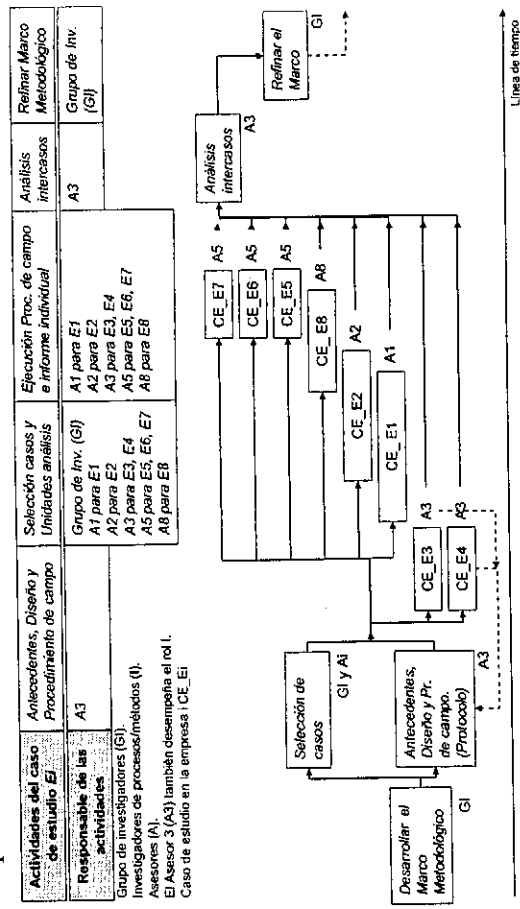


Fig. 3. Visión general de los casos de estudio llevados a cabo en COMPETISOFT

Antecedentes. En [15] se presenta una revisión sistemática de la literatura sobre estudios empíricos publicados relacionados con mejora de procesos en pequeñas empresas, donde se identificaron las *investigaciones previas* sobre el tema. La *pregunta de investigación principal (PP)* y las *preguntas de investigación adicionales (PA)* que dirigen los casos de estudio, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación de los casos de estudio

Preguntas de investigación (principal y adicionales)	
PP	¿Es el marco metodológico de COMPETISOFT adecuado para llevar a cabo esfuerzos de mejora de procesos en pequeñas empresas software?
PA1	¿Es el esfuerzo de aplicar mejora de procesos software siguiendo el marco metodológico de COMPETISOFT apropiado para las pequeñas empresas?
PA2	¿El uso del marco metodológico de COMPETISOFT posibilita incrementar la capacidad de los procesos de las pequeñas organizaciones?

Diseño. Tomando en cuenta el enfoque presentado en [22], el *tipo de diseño* del caso de estudio para este trabajo es de múltiples casos embebidos, ya que el marco metodológico de COMPETISOFT ha sido aplicado en el contexto de ocho diferentes empresas con el objetivo de mejorar uno o varios de los procesos (unidades de

análisis diferentes) descritos por el Modelo de Referencia de COMPETISOFT. El *objeto de estudio* es el marco metodológico para la mejora de procesos software desarrollado en el proyecto COMPETISOFT (específicamente el Modelo de Referencia y el Modelo de Mejora). Las *medidas* usadas para indagar sobre las preguntas de investigación son: (i) el esfuerzo de las actividades realizadas para llevar a cabo la mejora de los procesos seleccionados por las pequeñas empresas (estas actividades están descritas en el proceso PmCOMPETISOFT del Modelo de Mejora), y (ii) el nivel de capacidad de los procesos seleccionados para mejorarlos (este nivel de capacidad se mide utilizando METValCOMPETISOFT del Modelo de Mejora).

Sujetos de investigación y unidades de análisis. El *criterio para la selección de los casos de estudio* fue: pequeñas empresas participantes del proyecto comprometidas con la realización de un ciclo de mejora de procesos de al menos tres meses. Así que para este caso de estudio se trabajó con ocho empresas de Argentina, Chile, España y Colombia, que hacían parte del grupo crítico de referencia (ver Tabla 2). En cada una de estas empresas, las *unidades de análisis* fueron: (i) los procesos a mejorar seleccionados del Modelo de Referencia (procesos bajo intervención), y (ii) las actividades y estrategias descritas por el Modelo de Mejora para guiar la mejora de procesos en estas empresas.

Tabla 2. Características de las organizaciones involucradas en los casos de estudio

Emp	País	Emple	Exper.	Area principal de mercado
E1	Argentina	8 (7)	16 años / N&I	Desarrollo de productos software a medida mediante tecnología de última generación
E2	Chile	18 (12)	10 años / N&I	Desarrollos de productos software y sistemas para la industria agrícola (vino y alimentos)
E3	España	7 (6)	5 años / N	Desarrollo de aplicaciones WEB
E4	España	21 (15)	13 años / N	Desarrollo de productos software mediante contratos y acuerdos con organizaciones públicas
E5	Colombia	4 (4)	3 años / N	Desarrollo de aplicaciones WEB para gestión y control de sistemas de gestión de calidad
E6	Colombia	6 (6)	3 años / N	Desarrollo de aplicaciones WEB orientadas a servicios agropecuarios
E7	Colombia	4 (4)	2 años / N	Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles
E8	Argentina	12 (5)	4 años / N&I	Desarrollo de productos software a medida en el área de gestión comercial

Emple: Número de empleados en la empresa (Personal en desarrollo y mantenimiento).
Exper: Número de años de existencia de la Empresa/Alicance del mercado de sus productos (Nacional-N/Internacional-I).

Durante la actividad de reflexión de Investigación-Acción, se concensuó que para llevar a cabo el primer ciclo de mejora las empresas debían tener en cuenta las siguientes directrices:

- Seleccionar para mejorar cualquiera de los procesos de la categoría de operación del Modelo de Referencia, con el fin de alinearse con el perfil básico del futuro reporte técnico ISO/IEC 29110 [4]. Es decir, las *unidades de análisis* serían los procesos: Administración del Proyecto (AP), Desarrollo de Software (DS) y/o Mantenimiento de Software (MS).
- Utilizar el proceso PmCOMPETISOFT (otra *unidad de análisis*) y los demás componentes de Modelo de Mejora para guiar la implantación de la mejora de los procesos escogido por las empresas.

Procedimiento de campo. El procedimiento que rige las actividades de campo de los casos de estudio está directa y estrechamente relacionado con las actividades, sub-procesos, roles y productos de trabajo del proceso PmCOMPETISOFT. Una descripción general de este proceso se puede ver en la Fig. 4, la descripción detalla se puede encontrar en [16].

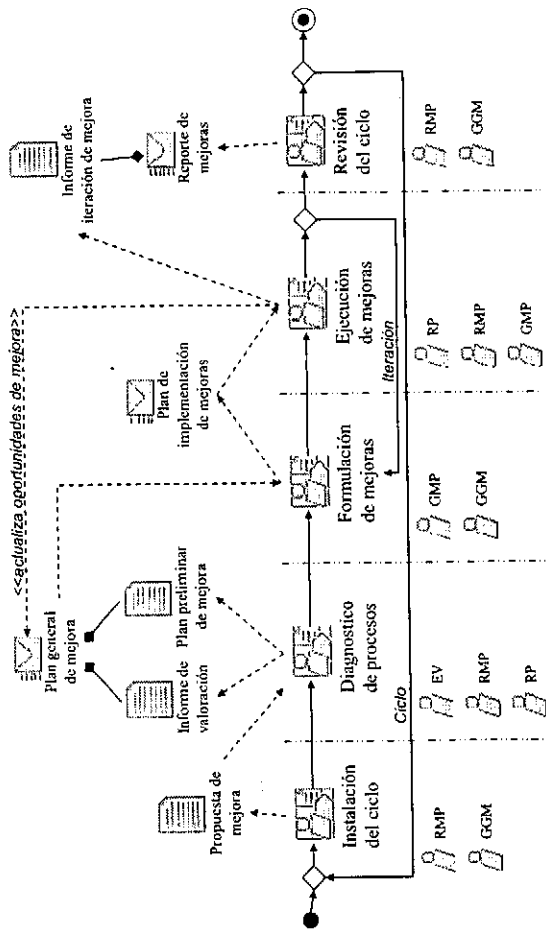


Fig. 4. Procedimiento de campo que rige las actividades de los casos de estudio

En el procedimiento para llevar a cabo las mejoras hay cinco roles: Responsable de mejora de procesos (RMP), Grupo de gestión de mejora (GGM), Evaluador (EV), Responsables del proceso (RP) y Grupo de mejora de procesos (GMP). Cada ciclo de mejora consta de 5 actividades: Instalación, Diagnóstico, Formulación, Ejecución y Revisión (las actividades de Formulación y Ejecución forman la iteración de mejora). Los productos de trabajo son: la propuesta de mejora, el plan general de mejora (formado por el informe de valoración y el plan preliminar de mejora), el plan de implementación de mejoras y el reporte de mejora (formado por los informes de cada iteración realizada). Cada producto de trabajo tiene su propia plantilla auto-contenida.

Cada una de las empresas comenzó el ciclo de mejora de procesos apoyada por un asesor en mejora de procesos del grupo de investigadores de COMPETISOFT. Además, cada empresa asignó de acuerdo a sus características los roles descritos por PmCOMPETISOFT (en algunas empresas una persona desempeña uno ó más roles). El asesor apoyó al GGM en la actividad de instalación, fue el evaluador en la actividad de Diagnóstico, e hizo parte de GMP en la iteración de mejora.

Recolección de datos. La recolección de datos se hizo mediante la utilización de las plantillas auto-contenidas de los productos de trabajo descritos en la Fig. 4, estos productos están directamente relacionados con las actividades del procedimiento de campo. Un ejemplo de una de estas plantillas puede verse en el Apéndice I. A partir de la información registrada en estas plantillas, se ha consolidado: (i) el nivel inicial (al comenzar el ciclo de mejora) y final (después de haber realizado la intervención

mediante los casos de estudio) de la capacidad de los procesos de las empresas (ver Tabla 3), y (ii) el esfuerzo de llevar a cabo la mejora de procesos siguiendo el Modelo de Mejora y teniendo como referente el Modelo de Referencia (ver Tabla 4). Además cada asesor escribió un informe individual de su caso de estudio.

Tabla 3. Capacidad inicial y final de los procesos a mejorar por las empresas

Emp.	Valor.	Nivel de Capacidad de los Procesos									
		OPE					GER				
		DS	AP	MS	DIR	GN	GP	GCP	GRH	GC	GBSI
E1	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E2	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E3	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E4	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E5	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E6	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E7	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*
E8	Inicial	1	2	*	1	1	1	1	1	1	1
	Final	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*

* Nuevas prácticas base de este proceso han sido introducidas
 Categorías del modelo de referencia: OPE: Operación, DIR: Alta Dirección, GER: Gerencia
 Procesos: DS: Desarrollo de Software, AP: Administración del Proyecto, MS: Mantenimiento de Software, GN: Gestión de Negocios, GP: Gestión de Procesos, GCP: Gestión de Cartera de Proyectos, GRH: Gestión de Recursos Humanos, GC: Gestión de Conocimiento, GBSI: Gestión de Bienes, Servicios e Infraestructura

La información relacionada con la capacidad de los procesos se obtuvo después de analizar y sintetizar los datos de los procesos a mejorar con respecto a los atributos de proceso: AP1.1 Realización del proceso, AP2.1 Gestión de la realización y, AP2.2 Gestión de productos de trabajo, definidos en el método de evaluación de METVA/COMPETISOFT (el cual es conforme con la norma ISO 15504-2).

Tabla 4. Esfuerzo involucrado en cada ciclo de mejora de cada empresa

	Empresa							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Esfuerzo (Horas x 1 persona)	40	89	15	41	42	38	65	71
Total	264	255	39	47	27	11	23	16
Duración del ciclo (semanas)	24	20	12	12	10	10	10	16

La información relacionada con el esfuerzo general involucrado en llevar a cabo el primer ciclo de mejora se obtuvo de sintetizar los datos que se tenían individualmente sobre cada una de las actividades del procedimiento de campo.

Análisis. La Tabla 3 muestra que las ocho empresas han incrementado el nivel de capacidad de sus procesos de Desarrollo de Software y/o Administración del Proyecto, entre otros. Este incremento les ha permitido a unas empresas alcanzar el siguiente nivel de capacidad de sus procesos bajo intervención, y a otras incrementar el valor de alguno de sus atributos de proceso AP1.1, AP2.1 ó AP2.2 (aunque no hayan logrado pasar al siguiente nivel). El incremento de capacidad de cada proceso

bajo intervención se observó al encontrar nuevas prácticas base establecidas en estos procesos, las cuales fueron registradas en los reportes de mejora de cada empresa.

Basados en el análisis de los datos presentados en la Tabla 3, hay evidencia que el Marco Metodológico de COMPETISOFT responde favorablemente a la *pregunta de investigación PA2*, es decir: a través de la aplicación del Marco Metodológico de COMPETISOFT en las pequeñas empresas se han introducido nuevas prácticas de desarrollo de software que les permitió incrementar la capacidad de sus procesos.

El esfuerzo presentado en la Tabla 4 tiene sentido considerando las características de cada empresa individualmente. De esta tabla se puede extraer el esfuerzo invertido por semana en horas/persona para llevar a cabo el ciclo de mejora en cada empresa. Este esfuerzo incluyendo el tiempo del asesor es para E1 12.7 h, E2 17.2 h, E3 4.5 h, E4 7.3 h, E5 6.9 h, E6 4.9 h, E7 8.8 h y E8 5.4 h. El grupo de empleados involucrados en el ciclo de mejora de cada una de estas empresas fue capaz de asumir este esfuerzo particular relacionado con las iniciativas de mejora sin generar contratiempos en sus actividades diarias. Esta capacidad de asumir adecuadamente el esfuerzo de llevar a cabo la mejora de procesos es una evidencia de que el Marco Metodológico de COMPETISOFT es apropiado para las pequeñas empresas (*pregunta de investigación PA1*).

Además, las propias empresas han reportado que el trabajo de mejora realizado les ha traído diferentes beneficios, entre los más significativos se encuentran:

- Dar el paso de unos procesos software caóticos e impredecibles a unos tangibles, los cuales son usados actualmente para el desarrollo de sus proyectos. Iniciando el camino de un enfoque de desarrollo de software centrado en procesos.
- Comenzar a generar una base de conocimiento relacionada con: (i) los procesos mejorados y sus productos de trabajo asociados, (ii) la forma como se mejoraron, y (iii) la instanciación de éstos en proyectos de la empresa. Esto permite disponer de información histórica que sirve para tomar decisiones.
- Abordar la cultura de mejora de procesos software al interior de la organización como instrumento para asegurar la calidad de sus productos. Es así como actualmente una empresa esta trabajando para certificarse bajo la norma ISO 9001, y otra para realizar una evaluación formal CMMI nivel 2.

Basado en las experiencias recopiladas de los casos de estudio, el incremento de la capacidad de los procesos, el esfuerzo involucrado para la mejora, y los beneficios descritos por las empresas, nosotros consideramos que el Marco Metodológico de COMPETISOFT es adecuado para llevar a cabo esfuerzos de mejora de procesos en pequeñas empresas (respondiendo así a la *pregunta de investigación principal*).

Plan de validez. Para tratar las amenazas a la validez de los casos de estudio se han considerado diferentes asuntos, los cuales se describen a continuación:

- El *diseño del caso de estudio* y el *plan de colección de datos* fueron confrontados con la lista de chequeo para casos de estudio en ingeniería de software propuesto por [9]. Se observó que el diseño y el plan de colección de datos cumplen los ítems propuestos en un alto porcentaje.
- Para la *validez de constructo* se ha utilizado múltiples fuentes de evidencia: registro de archivos, entrevistas y observación participativa, obtenidas desde diferentes roles participantes en el ciclo de mejora. Además, se ha mantenido una

cadena de evidencia permitiendo la trazabilidad entre preguntas de investigación, tópicos del protocolo, datos almacenados, evidencias y análisis.

- Con respecto a la *validez interna*, se puede determinar que la decisión de utilizar en las empresas el Marco Metodológico ha conducido a que éstas incrementen la capacidad de los procesos que han seleccionado mejorar.
- Para la *validez externa*, inicialmente se aplicó el Marco Metodológico en las empresas E3 y E4 con el apoyo de un único asesor (quien es también parte del grupo de *investigadores de procesos/métodos*). Siempre se realizó primero las actividades del procedimiento de campo en la empresa E4 y a continuación en la E3. Esto permitió revisar, validar y refinar el protocolo y el procedimiento de campo. Luego se distribuyó el material de replicación del caso de estudio a los diferentes asesores para su conducción en las restantes seis empresas.
- Para la *fiabilidad* el *investigador de procesos/métodos* desarrolló el material de replicación del caso de estudio y lo distribuyó entre los asesores. Se observó que siguiendo este material para la conducción de los casos de estudio en las empresas E1, E2, E5, E6, E7 y E8 se llegó a similares hallazgos y conclusiones que los obtenidos en los dos primeros casos de estudio de las empresas E3 y E4.

Limitaciones del estudio. Limitaciones a considerar en los casos de estudio son:

- El tamaño de la población puede limitar el poder de generalización de los resultados obtenidos. Aunque estas empresas son representativas de la industria del software de Iberoamérica, el número de empresas participantes de los casos de estudio son un porcentaje bajo de la población en general.
- Sesgos de los casos de estudio debido: (i) a la manipulación de eventos y datos por parte del asesor, y (ii) al desarrollo no natural porque están siendo observados.

3.3 Discusión

Hay en la literatura artículos que presentan resultados de la aplicación de propuestas de mejora de procesos al interior de pequeñas empresas. En este tipo de artículos es importante el método de investigación utilizado para la aplicación, por ejemplo:

- En [5, 17] se muestra la utilización de Investigación-Acción, pero no aborda su utilización con casos de estudio.
- En [15] se presentan 40 artículos de los cuales un alto porcentaje utiliza el término casos de estudio, sin embargo la gran mayoría de ellos no reportan una estructura sistemática y rigurosa para su ejecución, además ninguno aborda su utilización con el método de Investigación-Acción.
- En [10, 18] se describen estudios observacionales ó reportes de experiencias, los cuales presentan poco control sobre el proceso seguido para aplicar las propuestas teóricas.

El aporte de este trabajo es abordar la integración de los métodos de investigación investigación-Acción y Casos de estudio, para permitir incrementar la rigurosidad en la aplicación de las propuestas teóricas en empresas. El método de Investigación-Acción se fortalece del método de Casos de estudio porque le permite tener mayor control durante la aplicación de las propuestas desarrolladas (ver la actividad de

acción del ítem 3.1). Es decir, los investigadores realizan la intervención con la nueva propuesta en el grupo crítico de referencia siguiendo de manera sistemática el método de investigación de casos de estudio, lo cual permite incrementar la confianza en los resultados obtenidos. Mediante esta integración se ha logrado tener una estructura bien definida, tanto para el desarrollo de los componentes del marco metodológico de COMPETISOFT, como para la aplicación de éstos en algunas pequeñas empresas.

El uso del protocolo para casos de estudio presentado en [3] y la lista de chequeo presentada en [9] ha permitido que los casos de estudio sigan una ejecución sistemática y rigurosa. Utilizar un protocolo permite a los investigadores: (i) especificar detalladamente la forma como ellos intentan responder las preguntas de investigación planteadas, y (ii) respaldar los resultados obtenidos.

El uso de la lista de chequeo presentada en [9] es una buena guía para determinar si se están considerando todos los elementos que se deben tener en cuenta cuando se van a realizar un caso de estudio. Al finalizar cada una de las grandes actividades involucradas en los casos de estudio (diseño, preparación, recolección, análisis y reporte) cada grupo de preguntas deben ser chequeadas, esto permite validar y mejorar cada actividad con el objetivo de incrementar el rigor del caso de estudio.

4 Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se ha presentado la aplicación del Marco metodológico para la mejora de procesos en pequeñas empresas desarrollado en el proyecto COMPETISOFT. Para la aplicación de ésta propuesta se utilizó, satisfactoriamente, de manera integrada los métodos de investigación Investigación-Acción y Casos de estudio (esta integración es descrita en profundidad en este artículo). De la experiencia adquirida al aplicar el Marco metodológico en las ocho pequeñas empresas, y considerando: el incremento en la capacidad de sus procesos, el esfuerzo que han involucrado para la mejora, y los beneficios descritos por ellas mismas, se puede concluir que hay evidencias para considerar que el Marco metodológico es adecuada para este tipo de organizaciones.

Como trabajo futuro se hará seguimiento de la utilización del marco metodológico en nuevos ciclos en estas empresas, el objetivo es hacer un estudio longitudinal y determinar si la mejora de procesos involucra incremento en indicadores de mercado.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos: COMPETISOFT (CYTED, 506PI0287), INGENIO (JCCM, Consejería de Educación y Ciencia, PBI06-0024) y ESFINGE (MEC de España, TIN2006-15175-C05-05).

Referencias

1. Baskerville, R., *Distinguishing action research from participative case studies*. J. Syst. Inform. Technol., 1997. Vol. 1(1) pp. 25-45.
2. Baskerville, R., *Investigating Information Systems with Action Research*. Communications of the Association for Information Systems, 1999. Vol. 2(19) pp. 1-32.
3. Brereton, P., B. Kitchenham, D. Budgen, and Z. Li. *Using a protocol template for case study planning*. 2008. Evaluation and assessment in SE. Bari, Italia. pp. 1-8.

4. Calvo-Manzano, J.A., J. Garzán, M. Piattini, F. Pino, J. Salillas, and J. Sanchez. *Perfiles del ciclo de vida del software para Pequeñas Empresas: Los informes técnicos ISO/IEC 29110*. 2008. Revista Española de Innovación Calidad e Ingeniería del Software, REIQIS, v.4, n.2. (Especial X JISC) Septiembre, 2008. p. 96-108.
5. 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.
6. Chein, I., S.W. Cook, and J. Harding, *The field of action research*. American Psychologist, 1948. Vol. 3(2) pp. 43-50.
7. French, W.L. and C.H. Bell, *Organization Development*. Behavioral Science Interventions for Organizational Improvement, 1999//.
8. Höst, M. *Case study research*. 2007. alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/MetoTecnInf/case_study_19_Nov_2007.pdf
9. Höst, M. and P. Runeson. *Checklists for Software Engineering Case Study Research*. 2007. Proceedings of 1st International Symposium on Empirical Software Engineering & Measurement (ESEM). IEEE Computer Society Press. pp. 479-482.
10. Martínez, V., Y. Gómez, H. Oktaba, A. Urrutia, and R. Villarroel. *Utilización de un Método ad hoc para el Mejoramiento de Procesos con MoProSoft*. 2007. VI Jornada Iberoamericana de Ing. del Software e Ing. del Conocimiento (JIISIC'07). pp. 385-392.
11. Montesia, M. and P. Lagob, *Software engineering article types: An analysis of the literature*. Journal of Systems and Software, 2008. Vol. 81(10) October pp. 1694-1714.
12. Oktaba, H., F. Garcia, M. Piattini, F. Pino, C. Alquicira, and F. Ruiz, *Software Process Improvement: The COMPETISOFT Project*. IEEE Computer, 2007. Vol. 40(10) October pp. 21-28.
13. Oktaba, H., M. Piattini, F. Pino, M.J. Orozco, and C. Alquicira, eds. *COMPETISOFT: Mejora de Procesos Software para Pequeñas y Medianas Empresas y Proyectos*. 2008. Ra-Ma: Madrid. Noviembre.
14. Padak, N. and G. Padiak, *Guidelines for planning action research projects*. Enhancing adult literacy in the state of Ohio. Research to Practice., 1994.
15. Pino, F., F. Garcia, and M. Piattini, *Software Process Improvement in Small and Medium Software Enterprises: A Systematic Review*. Software Quality Journal, 2008. Vol. 16(2) June pp. 237-261.
16. Pino, F., J. Vidal, F. Garcia, and M. Piattini. *Modelo para la Implementación de Mejora de Procesos en Pequeñas Organizaciones Software*. 2007. XII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD'2007. pp. 326-335.
17. Richardson, I., *Software process matrix: a small company SPI model*. Software Process: Improvement and Practice, 2001. Vol. 6(3) September pp. 157-165.
18. Vergara, D., G. Sánchez, and A. Dávila. *Experiencia de Implementación de Mejora de Procesos en dos PYMEs Desarrolladoras de Software, que poseen certificación ISO 9001:2000*. 2008. JIISIC'08. pp. 73-80.
19. Wadsworth, Y., *What is participatory Action Research?* Action Research International (Paper 2), 1998.
20. Wohlin, C., *An analysis of the most cited articles in software engineering journals*. Information & Software Technology, 2005. Vol. 47(15) pp. 957-964.
21. Wood-Harper, T. *Research Methods in Information Systems: Using Action Research*. 1985. Research Methods in Information Systems. Amsterdam, North-Holland. pp. 169-191.
22. Yin, R.K., *Case Study Research: Design and Methods*. 2003. Newbury Park, Sage Publications.
23. Zannier, C., G. Melnik, and F. Maurer. *On the success of empirical studies in the international conference on software engineering*. 2006. International Conference on Software Engineering (ICSE 2006). Shanghai, China. pp. 341-350.
24. Zolkowitz, M., *An update to experimental models for validating computer technology*. Journal of Systems and Software, 2008. Vol. Available online July pp. In Press.

SMML: Lenguaje para la Representación de Modelos de Medición del Software

Beatriz Mora, Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini

Dep. de Tecnología y Sistemas de Información Escuela Superior de Informática de Ciudad Real.
 Universidad de Castilla-La Mancha
 {Beatriz.Mora | Felix.Garcia | Francisco.Ruiz | Mario.Piattini}@uclm.es

Resumen. Los Lenguajes de Dominio Específico (DSLs) y la medición del Software son actualmente importantes campos de investigación en la Ingeniería del Software. De hecho, han llegado a ser aspectos importantes en la industria del software. Los lenguajes de dominio facilitan el proceso de desarrollo del software en un dominio específico, y la medición puede ayudar a controlar determinados errores críticos en el desarrollo y mantenimiento del software, facilitando la toma de decisiones. Este trabajo presenta un lenguaje que permite definir modelos de medición del software basados en una Ontología de Medición del Software. Los modelos están sintácticamente bien formados a partir de un metamodelo de medición específico, que está alineado con la ontología mencionada.

Palabras clave: SMML, Medición del Software, DSLs.

1 Introducción

La medición del software se ha convertido en un aspecto fundamental de la Ingeniería del Software [9]. Está demostrando ser muy eficaz en la construcción de sistemas, de predicción de alta calidad para grandes proyectos de bases de datos [22], en la comprensión y mejora de los proyectos de desarrollo y mantenimiento del software [1], en la evaluación y garantía de calidad de sistemas, evidenciando las áreas problemáticas [4], en la determinación de mejores prácticas de trabajo con el fin de ayudar a los usuarios e investigadores en su trabajo [4]. Además, las medidas software son herramientas importantes que ayudan en la evaluación y en la institucionalización de la Mejora del Proceso Software (Software Process Improvement) en las organizaciones que lo desarrollan. De hecho, la medición del software es la pieza clave de iniciativas como SW-CMM (Capability Maturity Model for Software), ISO/IEC 15504 (SPICE, Software Process Improvement and Capability Determination) y CMMI (Capability Maturity Model Integration). El estándar ISO/IEC 9003:2004 [17] también destaca la importancia de la medición en la gestión y garantía de la calidad.

Para llevar a cabo la medición de una forma precisa y sistemática existen distintos métodos y estándares, los más representativos son:

Apéndice I. Plantilla Plan Preliminar de Mejora

Mejora de Procesos para Fomentar la Competitividad de la Pequeña y Mediana Industria del Software de Iberoamérica - Proyecto COMPETISOFT (Financiado por CYTED)

Plan Preliminar de Mejora. Se planifica de manera general las iteraciones a realizar para mejorar los procesos de la organización.

Ciclo de mejora			
Nombre de la empresa			
Nombre del proyecto de mejora			
Nombre del responsable de la empresa			
Nombre del responsable de COMPETISOFT			
Nombre de capacidad actual y esperado de los procesos a mejorar en este ciclo			
Nivel de capacidad actual	Nivel de Capacidad Esperado		
Procesos a mejorar			
Iteraciones del Ciclo de mejora			
Número de iteraciones del ciclo de mejora			
Para llevar a cabo la mejora en los procesos descritos para el primer ciclo de mejora se han definido X iteraciones, de la siguiente forma:			
Iteración	Proceso	Duración	Desde
1			
...			
Planeación general de las iteraciones del ciclo de mejora.			
Plan de manejo de riesgos del Ciclo de mejora			
Plan de capacitación del Ciclo de mejora			
Plan de mediciones del Ciclo de mejora			
Estimación del esfuerzo realizado en esta actividad			
Fecha	Actividad	Nombre ó Rol de las personas involucradas	Horario
			Tiempo Asesor (minutos)
			Tiempo Empresa (minutos)
			Total separado
			Total consolidado
Otra información relevante (Registre aquí otra información que considere relevante)			
Aprobación del Plan Preliminar de Mejora			
Firma del Responsable de Mejora de la Empresa	Firma del asesor de COMPETISOFT	Fdo:	
Fdo:			
Sugerencias de mejora a esta plantilla y la actividad asociada			