

Un entorno de aprendizaje activo de ingeniería de software basado en la integración Universidad-Industria

Mg. Diego Rubio Ing. Paula Izaurrealde Mg. Natalia Andriano Ing. Mauricio Silclir

[@sistemas.frc.utn.edu.ar](mailto:drubio:46054;nandriano:47920) }

Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Calidad de Software

<http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/sistemas/lidicalso/>

Departamento de Ing. en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional

Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina

(X5016ZAA) Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

Tel. +54 (351) 468-6385

Resumen.

En la actualidad los equipos de Ingeniería de Software necesitan tener acceso permanente a una amplia gama de información. En este contexto las organizaciones y universidades se encuentran con el desafío constante de generar entrenamientos que permitan reflejar las últimas prácticas existentes. Por ello, el presente trabajo propone un entorno de aprendizaje activo que, utilizando la información actualizada del entorno, genera *e-learning*s basados en simulaciones permitiendo que la información se encuentre disponible en el momento que el estudiante la necesita, personalizada a su contexto de aplicación (proceso de su compañía) y actualizada tanto con la información disponible en la empresa como en la industria circundante y en los modelos y estándares aplicables. Para ello se presentan los resultados obtenidos en los primeros 3 años de investigación, la experiencia piloto de aplicación del entorno propuesto y los trabajos futuros planeados para los restantes 2 años del proyecto.

Palabras clave: *e-learning*s, *learning by doing* (aprendizaje activo), simulación, Software

1. Contexto

A lo largo de la industria del software se han identificado una importante cantidad de grandes ideas y conocimientos disponibles acerca de cómo desarrollar efectivamente software, partiendo de la programación estructurada tradicional (Dahl et al: 1972) hasta llegar a las actuales tecnologías de desarrollo (Ambler: 2009).

Hoy en día, los equipos de desarrollo necesitan tener acceso a una amplia gama de información. No sólo es necesario adquirir información detallada sobre tecnologías de desarrollo específicas, tales como Java, Java EE (Java: 2009), Eclipse (Eclipse: 2009), las tecnologías SOA (SOA: 2009), .NET (.NET: 2009), así como diversas herramientas y ambientes de desarrollo, sino que también es necesario averiguar la forma de organizar el trabajo a través de las mejores prácticas de desarrollo modernas, tales como metodologías ágiles (Ambler: 2009), modelos iterativos (SoftPanorama: 2009), y desarrollo de software dirigido por el riesgo y la calidad (SPeM: 2008).

En este contexto tanto las organizaciones como las universidades se encuentran con el permanente desafío de brindar los conocimientos actualizados necesarios para el correcto desempeño de los profesionales de esta industria. Asimismo, la cantidad de conocimiento disponible y necesario para desarrollar y mejorar la calidad del software generado, plantea un desafío extra hacia las metodologías de enseñanzas a utilizar, requiriendo cada vez más de metodologías que no sólo puedan presentar el conocimiento al estudiante en el momento que lo necesita sino también simulando las situaciones reales que el mismo deberá enfrentar permitiéndole construir su conocimiento a partir del entendimiento actualizado pre existente en las diversas organizaciones.

Es por ello que en el presente trabajo se presenta una alternativa de entorno de generación de entrenamiento que cumpla con las siguientes características:

1. Disponible en el momento que el estudiante lo necesita.
2. Actualizado (con el menor esfuerzo y costo posible) tanto con la información disponible en la empresa como en la industria circundante.
3. Contextualizado a la situación actualmente enfrentada por el estudiante mediante una simulación de la misma.

A continuación se detallan las secciones:

- La sección 2 presenta una introducción general al trabajo realizado y en curso describiendo el marco de trabajo general.
- La sección 3 presenta una breve descripción del modelo utilizado para la recolección y procesamiento de datos relevantes de la industria local, tomando como nexo principal a la Universidad, y su incorporación al marco general.
- La sección 4 describe el meta modelo a utilizar para la incorporación automática del proceso actualizado de cada organización al marco general.
- La sección 5 plantea el modelo de *e-learning* seleccionado para el desarrollo del entrenamiento propiamente dicho.
- Por último, se presentan las conclusiones y futuros trabajos relacionados.

2. Introducción

En el año 2007 y con el objetivo de generar “Un entorno de aprendizaje activo de ingeniería de software basado en la integración Universidad-Industria” se comenzó a trabajar en un programa de investigación y desarrollo que generará los elementos necesarios para la implementación del mismo.

Debido al tamaño y cantidad de esfuerzo asociado, se dividió el trabajo en 3 etapas que a la vez fueron asociadas a respectivos proyectos de investigación encarados como parte del programa. Cada proyecto se planeo inicialmente con una duración de 2 años con 11, 7 y 8 investigadores participando en ellos respectivamente.

La figura 1 presenta una visión general del entorno planteado y las etapas necesarias para su construcción:

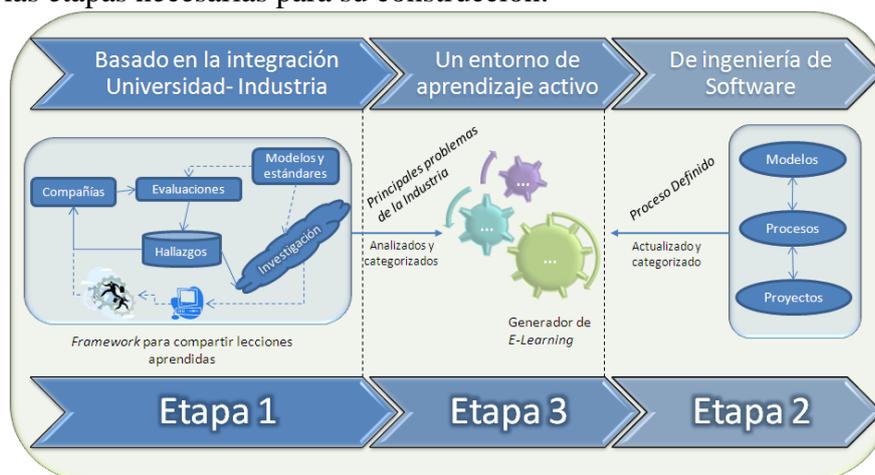


Figura 1: Resumen del entorno propuesto

① **Etapa 1:** En la primera etapa se trabajó en la confección de un marco de trabajo que permitiera obtener la información más relevante de la industria y de la universidad a modo de integrar esta en los entrenamientos propuestos. Para ello se trabajó en el desarrollo de un modelo integrado de colección de información relevante (Rubio et al: 2008;) (Gonzalez et at: 2009).

② **Etapa 2:** Debido a la necesidad de personalizar y contextualizar los contenidos del entrenamiento propuesto, en la segunda etapa se trabajó en el desarrollo de un meta modelo que permitiera, no sólo interpretar el proceso de desarrollo de Software de una organización, sino también mantenerlo permanentemente actualizado con las últimas incorporaciones en los modelos de calidad y procesos de referencia, tal como CMMI® (CMMI: 2008) o la norma ISO9001:2008 (ISO9001: 2008) entre otros. A su vez, también se trabajó para obtener un mapeo automático o de mínimo mantenimiento entre la información obtenida en la etapa 1 con la información particular de los procesos sobre los cuales se generaría el entrenamiento (Szyrko et at: 2009).

③ **Etapa 3:** Por último, se planeó una tercera etapa encargada de definir tanto los criterios para la generación de un entorno de aprendizaje activo que utilice las mejoras prácticas de *e-learning* disponibles (Goldschneider: 2009) como las interfaces y desarrollos necesarios para integrar los contenidos obtenidos en las dos etapas iniciales; generando, como consecuencia de ello, “Un entorno de aprendizaje activo de ingeniería de software basado en la integración Universidad-Industria”.

3. Etapa 1 – Modelo de integración Universidad-Industria

En la actualidad las organizaciones invierten una cantidad significativa de tiempo y esfuerzo para mejorar sus resultados basándose en un entendimiento claro de las fortalezas y debilidades que poseen. Es por ello que es particularmente crítico, contar con un marco de trabajo en el cual las organizaciones puedan hacer re-uso

del conocimiento generado por ellas mismas y por otras organizaciones para evitar y mitigar errores redundantes (Proyecta: 2008).

En consecuencia, la primera etapa del programa de investigación estuvo apuntada a la generación de un modelo de recolección de problemas frecuentes de empresas de software de la industria a partir de un enfoque tradicional de mejora de procesos utilizado por dichas organizaciones de manera tal que dicho entendimiento pueda ser re-utilizado por ellas y por otras organizaciones dentro de la industria. El modelo fue desarrollado teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

1. proveer una base que permita a las organizaciones y a la universidad aprender sobre experiencias propias o de terceros; y
2. expandir a la industria información disponible sobre la integración y el análisis de los resultados de evaluaciones de procesos y auditorías realizados teniendo en cuenta modelos de referencias y métodos de evaluaciones utilizados.

Debido a la alta actividad en la industria local en actividades de evaluación y/o certificación en modelos de calidad (particularmente en la utilización de modelos de madurez) y la información al respecto, se trabajó en la creación de un modelo de integración que nos proveyera de la información necesaria para los objetivos propuestos.

A continuación la figura 2 muestra, el enfoque tradicional de mejora de procesos en el cual los conocimientos adquiridos por la organización quedan aislados sin poder tomar ventajas de los errores comunes, falencias y de las soluciones propuestas que otras han empleado.

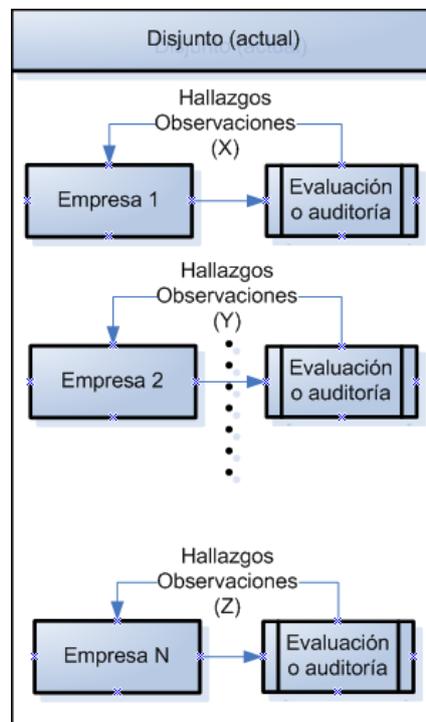


Figura 2 - Marco de trabajo de mejora tradicional de procesos

Por otro lado en la figura 3 se muestra el modelo propuesto que permite a las organizaciones aprender de otras experiencias organizacionales como así también hacer un *benchmark* de sus prácticas actuales contra los datos disponibles de la industria. En particular el modelo propuesto utiliza a la universidad como el principal enlace, consolidando, validando y analizando de manera independiente los datos disponibles de la industria con el objetivo de generar entrenamientos y materiales de implementación para asegurar que las mejores prácticas sean compartidas entre las organizaciones y que los errores comunes sean atacados.

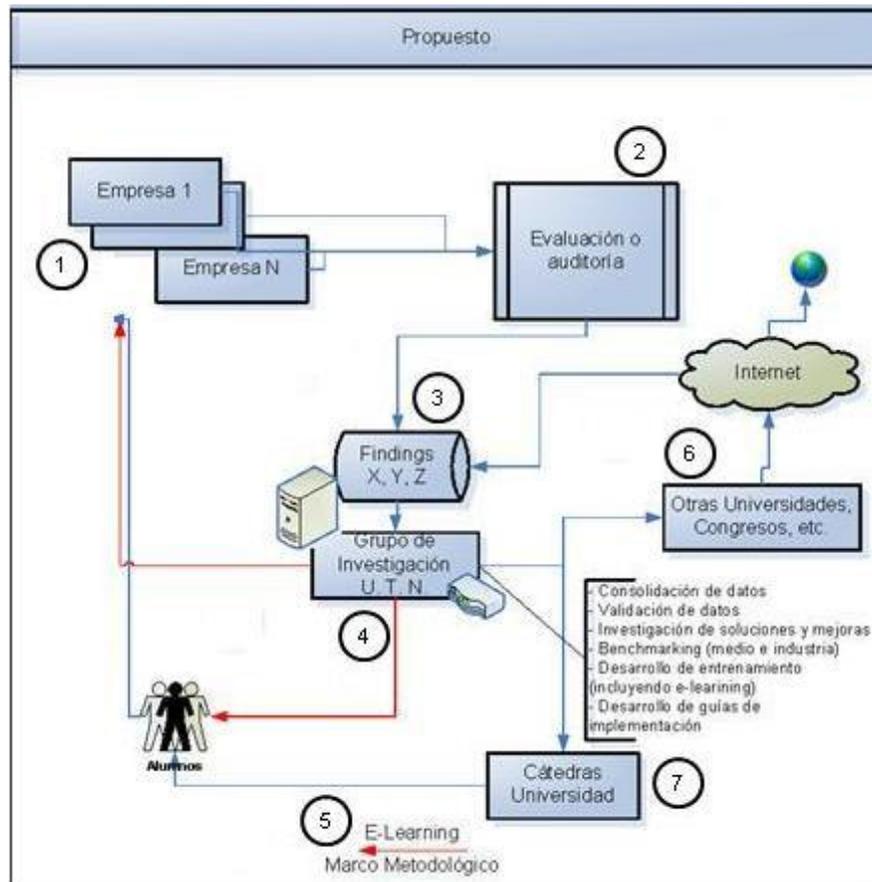


Figura 3 - Marco de trabajo de mejora de procesos propuesto

3.1 Componentes del marco de trabajo de mejora de procesos

El marco de trabajo está formando por los siguientes componentes:

- ① **Empresas/industria:** Las distintas empresas participantes cumplen un rol dual en el modelo. En primer medida como proveedores de experiencias y de información de implementación. En segundo lugar, son cliente de la información procesada, ya que todos los resultados generados impactarán en forma directa - entrenamientos dentro de la compañía, guías de implementación - o indirecta - provisión de recursos mejor entrenados por la Universidad con experiencia práctica – en las mismas.

- ② **Evaluaciones:** Este componente provee la base del trabajo. Durante esta etapa, se reúnen datos en términos de hallazgos para ser luego consolidados en una base de datos.
- ③ **Base de datos de hallazgos:** Con el objetivo de almacenar toda la información reunida por las evaluaciones, una base de datos orientada a hallazgos fue diseñada. Esta base permite ejecutar todos los análisis y reportes necesarios de una manera óptima y práctica.
- ④ **Grupo de investigación en la universidad:** este grupo posee todas las habilidades y los conocimientos necesarios para ejecutar las actividades antes mencionadas. El principal rol de la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Córdoba) dentro de este contexto es el de brindar un ambiente objetivo donde toda la información recolectada pueda ser analizada en forma anónima y proveer retroalimentación a las organizaciones y a los estudiantes.
- ⑤ **E-learning:** Debido al alto alcance de entrenamiento deseado y los atributos necesarios para el entrenamiento (ejemplo: facilidad de personalización y contextualización) el uso de tecnologías de información que automaticen el proceso es de vital importancia para la ejecución del modelo propuesto.
- ⑥ **Fuentes adicionales de información:** Información actualizada sobre el estado del arte de las áreas de conocimiento relevantes. En particular, otros programas de universidades (por ejemplo: *Carnegie Mellon University*), congresos y simposios recientes, organizaciones internacionales (por ejemplo: IEEE, ISO), son permanentemente analizados en busca de cualquier actualización relevante.
- ⑦ **Universidades y alumnos:** Los resultados obtenidos en los pasos anteriores proveen a la universidad con información actualizada con el objeto de mejorar la currícula y el material de entrenamiento de las materias relacionadas. También permiten al personal de la universidad (incluyendo a profesores y alumnos) beneficiarse directamente con solo estar involucrados en el análisis realizado y la creación de dicho material. Finalmente, la disponibilidad del *e-learning* amplía las alternativas de entrenamiento a aquellos estudiantes en la búsqueda de un conocimiento más profundo en algunas de las áreas de conocimiento.

3.2 Principales resultados de la etapa 1

Además de la confección del modelo, durante esta etapa se realizó trabajos de campo y análisis necesarios para la iniciación del modelo. Como resultado, se recolectó 40 evaluaciones a diversas empresas correspondientes al período 2007-2009.

La tabla 1 presenta los principales datos obtenidos a partir de las evaluaciones realizadas.

Evaluaciones				
Cantidad de evaluaciones	40			
CBA IPI ¹	6			
SCAMPI ²	9			
Informales	25			
Modelos de referencia	SW-CMM: 21	CMMI: 19		
Niveles	2: 17	3: 11	4: 2	5: 11
Organizaciones				
Cantidad de organizaciones	14			
Tamaño mínimo (personas)	17			
Tamaño máximo (personas)	250			
Resultados				
Hallazgos	461			
Top 3	PP ³ : 74	CM ⁴ :55	PPQA ⁵ :52	
Promedio por PA	20			
Promedio por evaluación	11.5			
Fortalezas	530			
Oportunidades de mejoras	66			
Observaciones	54			
Recomendaciones	186			

Tabla 1 – Resumen de datos

Se realizaron variados análisis sobre los datos obtenidos a modo de categorizar (utilizando CMMI como referencia de categorización) y depurar la información relevante. En base a los mismos, se seleccionó la categoría “Obtener compromiso con el plan”⁶ para realizar un piloto de *e-learning* basado en la metodología de aprendizaje activo para este proyecto. Además se realizaron estudios complementarios, incluyendo entrevistas a especialistas en los distintos temas, análisis de causas e investigaciones exploratorias sobre potenciales soluciones con el objetivo de obtener toda la información relevante para el planteo de las diversas situaciones a presentar al estudiante y sus potenciales problemas y soluciones.

La sección 5 describe en detalle el proyecto piloto de *e-learning* realizado y presentado a los principales clientes del modelo junto con el estado actual de evolución del mismo.

Por último, y con los resultados obtenidos de los análisis realizados, se actualizó las currículas de materias de grado y postgrado en la carrera de Ingeniería y Maestría de Sistemas de Información de la universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Como parte de esta actualización se generó una nueva versión del material didáctico utilizado con el objetivo de

¹ CBA IPI: : (CBA IPI: 2001) CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement

² SCAMPI: (SCAMPI: 2006) Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement

³ PP: Planeación de Proyecto

⁴ CM: Administración de la Configuración

⁵ PPQA: Aseguramiento de la calidad del proceso y producto.

⁶ A pesar de no haber sido identificada como la meta más crítica, la principal razón para su selección fue que esta meta presenta un tópico bien definido y encapsulado y un alcance claro en el cual se podía focalizar el *e-learning*.

incluir ejemplos prácticos e información relevante de la implementación de las prácticas enseñadas en la industria local.

4. Etapa 2 – Meta modelo de procesos de Ingeniería de Software

Una de las características básicas identificadas para el entorno de generación de entrenamientos es la de mantenerlo actualizado con el menor esfuerzo y costo posibles, tanto con la información disponible en la empresa como en la industria.

Este requisito implica que, para cada entrenamiento a crear, el generador de entrenamientos debe tener la capacidad de personalizar y contextualizar su contenido, de manera que se adapte al proceso de desarrollo de software particular de cada organización. Por otra parte, es necesario que los contenidos generados estén actualizados con los últimos cambios y revisiones de modelos de calidad y procesos de referencia ampliamente utilizados en la industria.

Esta necesidad de relacionar las normas y estándares de desarrollo de software presentes en la industria con las implementaciones particulares en cada organización es la que da inicio al estudio e investigación para la creación de un meta modelo que facilite esa tarea.

4.1 Modelos, estándares y normas

Diversos modelos, estándares y normas han sido creados con el objetivo de asistir a las organizaciones en la definición y mejora de sus procesos. La premisa fundamental subyacente es que la calidad de un producto es determinada en gran medida por la calidad del proceso utilizado para desarrollarlo y mantenerlo (Chrissis:2004). Existe además un consenso mundial relacionado a la validez de dicha premisa en las organizaciones relacionadas a la mejora de la calidad tal como lo evidencia el conjunto de estándares desarrollados por ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) (Chrissis:2003). Si bien estos modelos se actualizan permanentemente para reflejar las mejores prácticas de ingeniería de software disponibles, las organizaciones enfrentan permanentemente la dificultad de asegurar que sus procesos cumplen con dichas prácticas (SPEM: 2008):

Entre los problemas que las empresas enfrentan al pensar cómo definir el proceso de desarrollo en una organización podemos citar:

1. Los miembros del equipo no tienen un acceso fácil y centralizado al mismo cuerpo de información para la ejecución del proceso cuando lo necesitan
2. Se deben combinar e integrar contenidos y procesos de desarrollo que están disponibles en formato propietario, junto

con las diferencias en los estilos y formas de presentación de cada uno de ellos

3. Cada organización debe definir un enfoque sistemático y organizado que sea apropiado para sus necesidades

4.2 Los procesos de desarrollo en una organización

A partir de estos problemas se desarrollaron meta modelos que proveen los conceptos necesarios para modelar, documentar, presentar, administrar, intercambiar y publicar métodos y procesos de desarrollo (SPEM: 2008). Además representan procesos de ingeniería de negocios y software que ayuda a implementar un proceso de desarrollo de software efectivo (MSF:2002).

Cada organización que desarrolla software tiene definido un proceso de desarrollo, basado generalmente en alguna metodología estándar de la industria (Pfleeger:2002). Como una consecuencia de esta situación, se han creado diferentes herramientas que facilitan el modelado de dichos procesos de desarrollo, teniendo cada uno de ellas ventajas y limitaciones.

Paralelamente, el gran crecimiento de la industria del Software a nivel global ha estado sustentado, entre otros componentes, por la aplicación de modelos vinculados a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), y, entre ellos, los orientados a la Gestión de la Calidad. Esto implica que las organizaciones definen sus procesos de desarrollo en pos de cumplir con la aplicación de múltiples modelos (Siviy et al: 2008), pudiendo utilizar para ello las herramientas previamente explicadas.

La figura 4 proporciona un mayor entendimiento de la problemática que representa la definición e implementación de procesos de desarrollo de software.

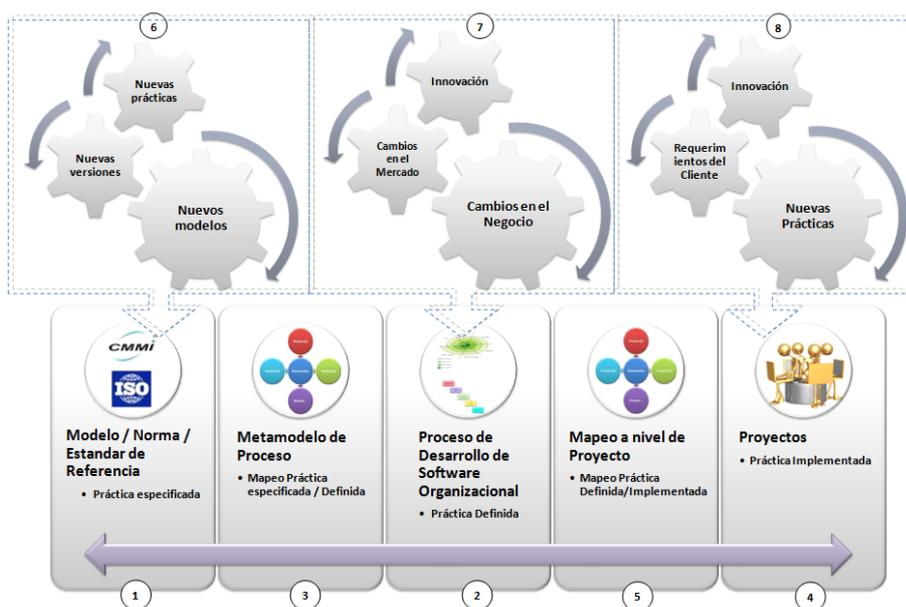


Figura 4 – Definición e implementación de procesos

- ① Cada modelo define un conjunto de prácticas, las cuales son la referencia para aquellas organizaciones que desean que su proceso de desarrollo esté conforme a dichos modelos.
- ② Al momento de establecer el proceso de desarrollo de software se establecen aquellas prácticas específicas definidas para la organización, tomando como base las prácticas de referencia.
- ③ De esta forma se establece una relación directa entre la práctica de referencia y la práctica definida, denominada Mapeo. El grado en que las prácticas específicas estén mapeadas a las prácticas definidas determinará si el proceso es conforme a la norma, modelo o estándar.
- ④ Los proyectos que se desarrollan en la organización implementan las prácticas establecidas en el proceso de desarrollo de software especificado.
- ⑤ Nuevamente se establece un Mapeo, pero en este caso entre las prácticas definidas como estándar a nivel organizacional y las prácticas implementadas en un proyecto particular. El grado en que las prácticas del proyecto se mapean con las prácticas del proceso de desarrollo estándar determina si el proyecto está en conformidad con dicho proceso estándar.
- ⑥ El dinamismo, el cambio constante, es un factor clave al momento de analizar los procesos de desarrollo en una organización. Diversos factores determinan que los modelos de referencia evolucionen a lo largo del tiempo.
- ⑦ Paralelamente la definición del proceso de desarrollo de software a nivel organizacional también sufre cambios.
- ⑧ De la misma forma, los proyectos no son ajenos a esta realidad, determinando que las prácticas implementadas sean modificadas constantemente.

4.3 Validación de procesos automatizados

En la actualidad las validaciones y evaluaciones de la definición del proceso de desarrollo de software en término de mapeo con lo especificado en los modelos son realizadas manualmente por un especialista (y en general distintos especialistas y tareas de evaluación por cada modelo utilizado).

El primer paso fue determinar y seleccionar un lenguaje de meta modelos conveniente, que nos permita describir nuestro meta modelo. El lenguaje seleccionado fue SPEM ((SPEM: 2008)), un estándar de modelado para la representación de procesos de ingeniería de software, debido, entre otras ventajas, a su facilidad de comprensión y comunicación humana, capacidad de reutilización y soporte a la gestión y mejora de procesos.

Otro factor importante considerado a la hora de seleccionar este lenguaje es su utilización en herramientas como Eclipse Process Framework (EPF) (EPF:2009) para la definición de procesos,

utilizadas hoy en día en muchas de las organizaciones de la industria del software.

Dado que se utilizó CMMI como modelo de referencia para la categorización de los hallazgos en la etapa 1, actualmente se está confeccionando una representación del modelo en lenguaje SPEM de modo de automatizar el mapeo de cualquier proceso definido en una organización utilizando herramientas de definición de proceso basadas en dicho lenguaje.

Cabe destacar que si bien el mapeo con el modelo CMMI es el usado para la generación del *e-learning*, uno de los objetivos del proyecto de validación de procesos es que la herramienta en desarrollo (y por ende el meta modelo subyacente) sean lo suficientemente flexible como para representar con él otros estándares de la industria, tales como ISO 9001:2008 o ITIL, pudiendo luego mapear los entrenamientos a cualquiera de ellos a muy bajo costo.

Finalmente, se está trabajando en una interfaz consistente en los diversos niveles (modelo, proceso, proyecto) para facilitar la generación y mantenimiento de *e-learning*s aplicables a los distintos niveles organizacionales.

5. Etapa 3 – Modelo *e-learning*

En trabajos previos se estudiaron las investigaciones efectuadas (van Dam: 2004) acerca de las tasas de retención, memoria y aprendizaje de las personas cuando utilizan *e-learning*s (Figura 5), las cuales han permitido concluir que el ejercicio o práctica de una actividad es fundamental para garantizar la mayor retención posible durante el aprendizaje. Por otra parte, la metodología de “*Learning by Doing*” (aprender haciendo) impulsada por Roger Schank (Schank: 2002) recomienda sumergir al alumno en un ambiente de situaciones controladas, una simulación interactiva, sin ningún tipo de castigos ni reprobaciones, haciendo evidente las consecuencias de los errores y cómo prevenirlos, dándole a las personas la posibilidad de aprender de sus aciertos pero especialmente de los fracasos. Esta metodología resalta la importancia de aprender de excepciones o errores, ya que el impacto que estos provocan en el alumno es mayor al que ocurre cuando las cosas siguen su curso normal. Contar con un ambiente simulado es de vital importancia para poder aplicar esta metodología, ya que dejar que un alumno falle en la realidad podría tener consecuencias indeseadas.

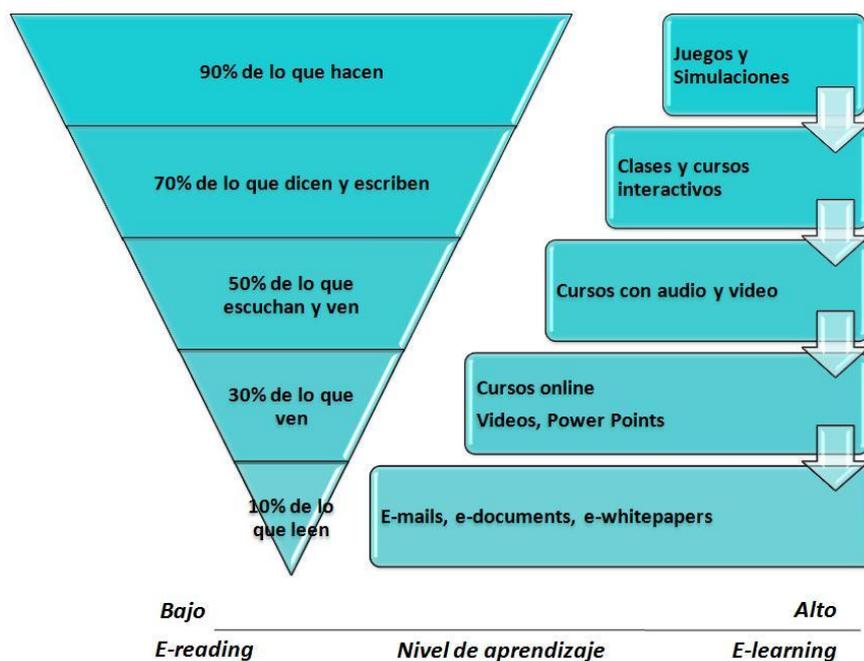


Figura 5: Niveles de aprendizaje (van Dam: 2004)

El término *e-learning* posee diferentes significados para diferentes personas. Pero todas las definiciones convergen en una sola: capacitación provista por medio de la web u otros medios digitales. Muchas personas concuerdan en el hecho de que los *e-learning*s poseen algún componente electrónico para asistir al proceso de aprendizaje (Munro: 2005).

Una de las discusiones ya clásicas en temas de *e-learning*s es la oposición de lo que se ha venido en llamar *e-reading*, en referencia a los cursos *on-line* formados por materiales de lectura, y lo que otros llaman “verdaderos *e-learning*s” que supone el uso de la interacción y la simulación para ofrecer una experiencia de aprendizaje efectiva y estimulante (Gregori: 2003). En general, los cursos que por definición son denominados *e-learning*s ponen al alcance de las personas una gran cantidad de información que difícilmente será recordada. No es conveniente proveerle al alumno una gran cantidad de datos procesados y descripciones de las cosas que deben hacerse en cada circunstancia si no se les da la posibilidad de poner en práctica cada una de esas situaciones.

Por todo esto, uno de los desafíos al que deben enfrentarse los proveedores de *e-learning*s es la elaboración de entornos de aprendizaje que permitan la interacción de los participantes en el proceso de aprendizaje, pero que a su vez posibiliten al alumno ejercitar, fallar, consultar a expertos y aprender de sus equivocaciones.

En el marco de trabajo propuesto durante la primera etapa, se entiende por *e-learning* toda aplicación que posibilita el aprendizaje por medio de la simulación de un entorno real, que permita a su vez la interacción de los alumnos con el sistema.

El conocimiento que las empresas pretenden transferir a los empleados reside dentro de la organización, es el resultado de la experiencia y capacitación de las personas que residen en ellas. Por

este motivo resulta imprescindible definir procesos de trabajo que garanticen la institucionalización de las buenas prácticas. El desafío que se presenta a las empresas es encontrar un modo eficaz y eficiente de transferir todo el conocimiento desarrollado a lo largo del tiempo, que permita a los empleados sentirse partícipes del proceso de aprendizaje y que los motive a seguir aprendiendo.

El desafío es proveerle a la industria del software la posibilidad de generar *e-learning*s adaptados a sus procesos de desarrollo, pero fundamentalmente, transferir conocimientos y buenas prácticas de la industria.

5.1 Modelo de Simulación

Dada la naturaleza de los datos obtenidos y las ventajas de la metodología de aprendizaje analizada, se prosiguió con la implementación de una prueba piloto sobre una de las áreas de proceso de CMMI®. La prueba piloto consistió en una simulación acotada a una práctica específica del modelo CMMI® (Planificación de Proyectos – Meta Específica 3: Obtener compromiso con el plan).

En la figura 6 puede observarse el comienzo de la simulación, en donde se introduce al usuario en un proyecto de desarrollo de software. El alumno será designado como líder del proyecto y se le encomendará el desarrollo de una nueva aplicación.

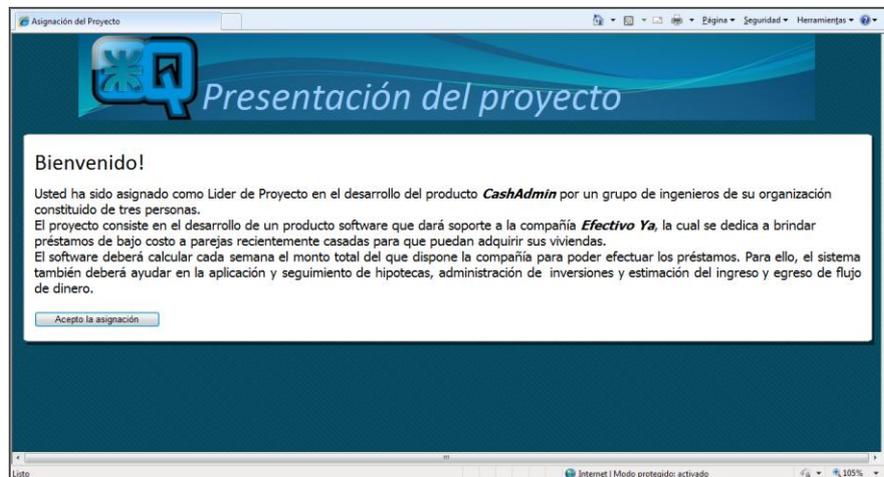


Figura 6 – Presentación del Proyecto

Durante la simulación se presentarán diferentes situaciones que requerirán que se lleven a cabo determinadas acciones. Las decisiones que el usuario podrá tomar estarán condicionadas por los problemas derivados de las acciones efectuadas (o de las que se hayan omitido). En la figura 7 puede verse un ejemplo de las acciones que pueden ejecutarse en el proyecto al comenzar la interacción. Existen dos acciones que permanecerán disponibles a lo largo de toda la simulación. De acuerdo a la metodología de *learning by doing* o aprendizaje activo, es necesario poder consultar a un experto tantas veces como sea necesario. Por este motivo se incorporó una acción que dará soporte al alumno en todo momento.

La acción “Ejecutar Plan” de la simulación representa la finalización del proyecto, simula el avance del mismo hasta que el producto ha sido finalizado y entregado.

El resto de las acciones disponibles (Leer el plan, Modificar el plan – *Stakeholders*, Modificar el plan – Ítems de Configuración, Solicitar el compromiso) se derivaron del análisis de causas efectuado sobre el resultado de las evaluaciones y auditorías de las empresas para la práctica de obtener el compromiso con el plan.

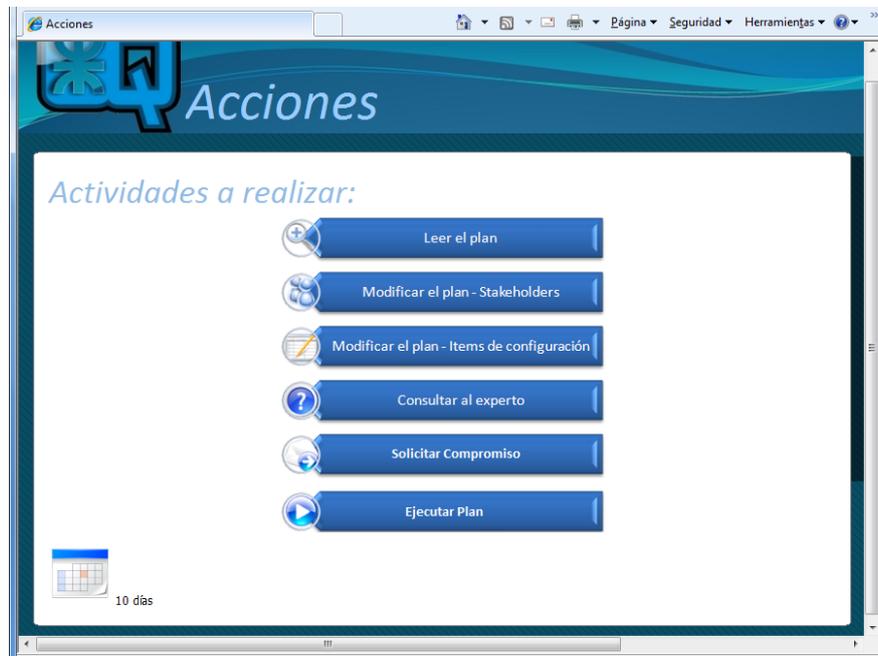


Figura 7 – Menú de acciones

El usuario puede volver al menú de acciones para efectuar los cambios que crea necesario tantas veces como lo desee.

Cuando el usuario realice las actividades de la forma esperada el proyecto terminará sin situaciones problemáticas, el sistema mostrará una pantalla con un resumen de los problemas que se presentaron y las lecciones aprendidas a raíz de esos problemas.

El resultado de la prueba piloto fue presentado a diferentes auditorios a modo de experiencia previa a la implementación masiva. Se realizaron pruebas donde participaron líderes de proyecto certificados por el Project Management Institute (PMI: 2009) y otros usuarios con menor experiencia que actualmente trabajan en empresas de la industria. El otro ámbito donde la aplicación se presentó fue en el seminario Universidad-Empresa que se dictó en la Universidad Tecnológica Nacional en Septiembre de 2008, en el cual la aplicación fue presentada a empresas, alumnos y medios de prensa (CanalAR: 2008)(InfoNews: 2008).

Para llevar a cabo la simulación, en primer lugar se identificaron las causas y las consecuencias de no solicitar el compromiso de los involucrados con el plan de proyecto. El paso siguiente fue establecer el modelo a implementar que diera soporte a la simulación descrita previamente (figura 8). Se trabajó en un

modelo que permitiera generar simulación para cualquier tipo de modelos de mejora o estándares. Básicamente, el modelo se alimenta de las buenas prácticas y de las fallas comunes que hacen evidente los problemas de las empresas.

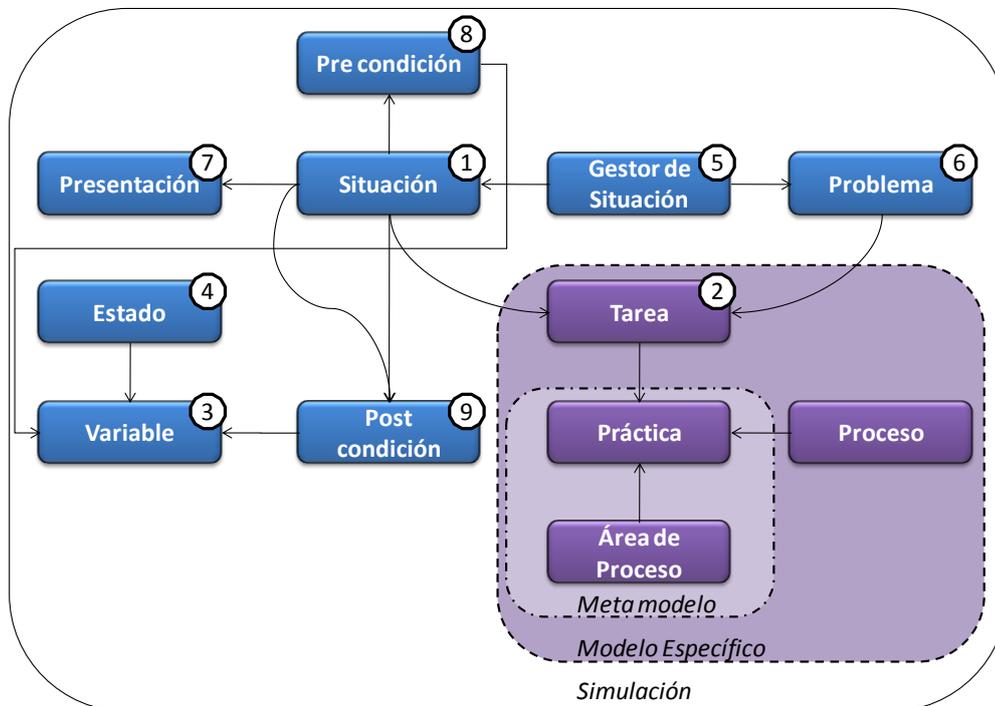


Figura 8 – Modelo para generación de e-learning

A continuación se describen los componentes del modelo planteado:

- ① Con el objeto de hacer que las personas que interactúan durante la simulación puedan incidir en las fallas y aprender de los errores cometidos, se identificaron diferentes escenarios o **situaciones**.
- ② Las **tareas** constituyen las acciones que el usuario puede efectuar. Estarán condicionadas por la interacción del alumno con la aplicación a lo largo de la simulación (en la prueba piloto por ejemplo, las tareas están representadas por cada uno de los ítems del menú de acciones). Estas tareas son además las utilizadas para unir el elearning con los restantes componentes del entorno (a través de las interfaces expuestas en las etapas 1 y 2). Los componentes enmarcados con el nombre de meta modelo, pertenecen a los descriptos en la etapa 2.
- ③ Las **variables** representan una dupla atributo/valor. Con el correr de la simulación y a medida que se vayan ejecutando las tareas, los valores de las variables irán cambiando. La importancia de las variables radica en la necesidad de conocer qué acciones deben habilitarse en cada momento (por ejemplo, no debería ser posible guardar un compromiso sin antes haberlo solicitado).

- ④ Los **estados** están constituidos por un conjunto de variables y sus valores.
- ⑤ El **gestor de estados** es quien conocerá las actividades y situaciones problemáticas que pueden presentarse a raíz del estado actual, por lo tanto, durante la simulación se irán presentando diferentes situaciones y acciones en función del resultado de la interacción del usuario con la aplicación (el orden en el que se llevan a cabo las tareas también tiene un impacto en el conjunto de situaciones que pueden presentarse).
- ⑥ Las **situaciones problemáticas** tienen el propósito de hacer explícita las consecuencias negativas de haber seguido cierto curso de acciones. Cuando surge una situación problemática el alumno deberá tomar acción con el fin de resolverlas.
- ⑦ La **presentación** es la representación al usuario de la situación, es quien interactuará con el alumno durante la simulación. El propósito de este componente en el modelo es disminuir la cantidad de programación necesaria para generar el *e-learning* al separar la lógica de la simulación de la presentación.
- ⑧ Las **pre condiciones** representan el valor de las variables que deben darse para que las situaciones puedan mostrarse.
- ⑨ Las **post condiciones** constituyen el valor que asumirán las variables cuando la situación haya sido resuelta exitosamente o cuando haya fracasado.

La ventaja del modelo diseñado está en la capacidad de incorporar nuevas fallas de prácticas relacionadas a otras áreas de procesos.

Dado que ya se ha avanzado en la recolección y análisis de los principales problemas encontrados en la industria local, se plantea como siguiente paso la ampliación de la simulación para abarcar otros de los aspectos problemáticos encontrados.

La complejidad de una simulación que conecte las diferentes áreas del modelo es, sin dudas, alta y se hace imposible de gestionar sin una arquitectura que la resuelva. Por ello es necesario crear una arquitectura que de soporte al modelo definido (Gonzalez et al.: 2009). La investigación actual está orientada a analizar las arquitecturas de las implementaciones disponibles en el mercado, con el fin de evaluar si es posible reutilizar e integrar nuestro modelo de simulación a las ya existentes. Se han estudiado algunas alternativas, entre las cuales se encuentra una aplicación (un juego) que simula un proceso de ingeniería de software (SimSe: 2009). Con el objetivo de llenar la brecha que existe entre la gran cantidad de información técnica provista a los empleados y lo que sucede durante la ejecución real de los proyectos, se presentan a los jugadores experiencias virtuales que simulan la ejecución de un proyecto verdadero. Las actividades de ingeniería no serán ejecutadas por el usuario sino que serán llevadas a cabo por personajes simulados. El objetivo es que el alumno se involucre en

el proceso de desarrollo de software definido y no en el detalle de las actividades.

A primera vista esta aplicación presenta ciertas desventajas que dificultarían la integración con nuestro modelo, las mismas se describen a continuación:

En primer lugar resulta costoso adaptar la simulación a los procesos de desarrollo de software de una empresa en particular, ya que el modelador deberá definir el modelo del proceso para cada empresa según su interpretación.

En segundo lugar, la simulación está orientada a ejercitar prácticas llevadas a cabo por un rol en particular, lo cual limitaría el conjunto de prácticas a incluir en la aplicación.

Finalmente, el proceso de ingeniería de software y por lo tanto las fallas a ejercitar se encuentran establecidas con anticipación. La incorporación de nuevos procesos, prácticas y fallas comunes de la industria no sería posible con la arquitectura establecida.

Se insiste en la importancia de poder incorporar y adaptar el generador de *e-learning*s a los procesos de las empresas, a los diferentes modelos de mejora y estándares y al enriquecimiento del conocimiento a partir de las fallas y fortalezas de las empresas del medio. Dadas las limitaciones identificadas hasta el momento y con el objetivo de aprovechar lo que otras universidades han estudiado sobre la temática, actualmente el proyecto se encuentra evaluando otras alternativas.

6. Conclusiones

A lo largo del presente trabajo se describió el programa de investigación realizado en el contexto del grupo de Investigación en Ingeniería y Calidad de software (GIDICALSO) perteneciente al departamento de sistemas de la UTN-FRC.

El mismo se desarrolló en 3 etapas correspondientes a los años 2007-2011 con un promedio de 13 investigadores. Una de dichas etapas se encuentra completamente terminada y 2 aún se encuentran en curso.

Con el objetivo final de la generación de “Un entorno de aprendizaje activo de ingeniería de software basado en la integración Universidad-Industria” se trabajó en la recolección de los principales problemas presentados en la industria local de modo de proveer a la metodología de enseñanza seleccionada, basada en fallas, situaciones reales en donde los estudiantes puedan ejercitar los problemas presentados en sus labores cotidianas. Para lograr este objetivo se desarrolló un marco de trabajo que, con la Universidad como nexo integrador de conocimiento, provea de las capacidades necesarias para adquirir, procesar y categorizar dichas situaciones relevantes para la industria de la ingeniería de software local.

Asimismo, se recolectó 40 evaluaciones a distintas empresas del medio para permitir hacer un análisis inicial del modelo y validar los resultados esperados a través de un piloto de *e-learning*.

Dicho piloto fue presentado públicamente a todas las empresas participantes a modo de obtener retroalimentación necesaria de acuerdo a los atributos esperados.

En segundo lugar, y con el objetivo de personalizar los distintos módulos de *e-learning* a las características propias de cada organización se desarrolló un meta modelo de procesos que permite interpretar el proceso de la organización y contextualizar el *e-learning* al mismo. Asimismo, dado el alto dinamismo tanto del proceso de las empresas de la industria en cuestión, como de los modelos utilizados por ellos para mejora de dichos procesos, se está trabajando en la generación de mapeo automático de estos componentes de manera de proveer una alternativa de bajo costo a la mantenimiento de los entrenamientos afectados; asegurando de esta manera la capacidad de actualización constante y representatividad del proceso a ser realmente utilizado por los estudiantes.

7. Trabajos actuales y a futuro

Actualmente el grupo se encuentra avocado al perfeccionamiento del software generador de *e-learning*s basado en los datos antes mencionados, analizando distintas alternativas desarrolladas por otras universidades y contrastándolas con los atributos requeridos por los objetivos de este trabajo. Asimismo, se continúa trabajando en el estudio de las distintas características de los *e-learning*s basados en simulaciones y, en particular, aquellos orientados al “aprender haciendo” que permitan mejorar el sistema de cara la implementación planeada.

Finalmente y como trabajo permanente, seguimos colaborando con la industria con el objetivo de mantener permanentemente actualizada la base de hallazgos sobre la cual el sistema desarrolla las distintas situaciones planteadas a los estudiantes. Asimismo, se continúa desarrollando la herramienta que provea un mapeo automatizado de los distintos procesos y modelos a las categorías establecidas para facilitar el mantenimiento de los mismos.

8. Reconocimientos

El trabajo presentado en este artículo fue desarrollado por los miembros del GIDICALSO (Grupo de Investigación en Ingeniería y Calidad de Software) perteneciente al departamento de sistemas de información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Como tal, muchas personas colaboraron a la confección del mismo aparte de los autores. En particular, nos gustaría reconocer a Angeloni, Romina; Bruno, Juan Pablo; Burdino, Maria Fernanda; Cohen, Diego José; Garay Moyano, Marcela; Garcia Favre, Gonzalo; Gonzalez, Claudio; Marzo, Luciano Gabriel; Ruiz de Mendarozqueta, Álvaro y Szyrko, Pablo por sus invaluable colaboraciones con este trabajo.

9. Bibliografía

(.NET: 2009) 2007 Microsoft Corporation.
<http://www.microsoft.com/NET/>

(Ambler: 2009) Ambler, Scott W. Agile Modeling (AM) Home Page Effective Practices for Modeling and Documentation (Fecha consulta: 20-Nov-2009). Ambysoft Copyright 2001-2009
<http://www.agilemodeling.com/>

(CanalAR: 2008) Pablo Comuzzi. La UTN de Córdoba desarrolló un software de *e-learning* para estudiantes. (En Línea). (Fecha Publicación: 8-Sep-2008) <http://www.canalar.com.ar/noticias/noticiamuestra.asp?Id=6361#>

(CBA IPI: 2001) Software Engineering Institute (SEI). CMM®-Based Appraisal for Internal Process Improvement (CBA IPI) Version 1.2 Method Description. CMU/SEI-2001-TR-033, ESC-TR-2001-033. Pittsburgh, USA Software Engineering Process Management Program, SEI, November 2001.

(Chrissis et al: 2003) Chrissis, Mary Beth; Konrad, Mike; Shrum, Sandy; CMMI: Guidelines for Process Integration and Product Improvement; Addison-Wesley. ISBN 0-321-15496-7. (Fecha de Publicacion: Julio 2004). 2004.

(Chrissis et al: 2004) Chrissis, Mary Beth; Konrad, Mike. Shrum, Sandy; Smith, Kenneth; Wemyss, Gian. CMMI Interpretive guidance project: What we learned; CMU/SEI-2004-SR-008; Software Engineering Institute – Carnegie Mellon University; Pittsburgh, USA; (Fecha de Publicacion: Octubre 2004.) (En Linea) <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA453376&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>.

(CMMI: 2008) Software Engineering Institute (SEI). Capability Maturity Model Integration Version 1.1 (CMMI-SE/SW/IPPD/SS, V1.1). CMU/SEI-2002-TR-011 - ESC-TR-2002-011. Pittsburgh, Pennsylvania, USA . CMMI Product Team. Marzo 2002.

(Dahl et al:1972) O.J. Dahl, E. W. Dijkstra, C. A. R. Hoare; Structured Programming; Academic Press; England. ISBN:0-12-200550-3. 1972

(Eclipse: 2009) The Eclipse Foundation. (Fecha de consulta: 20-Nov-2009). <http://www.eclipse.org/>

(EPF: 2009) The Eclipse Process Framework. (Fecha de consulta: 20-Nov-2009). <http://www.eclipse.org/epf/>

(Gonzalez et al.: 2009) Gonzalez, Claudio; Izaurrealde, Paula M.; Marzo, Luciano; Rubio, Diego M. Experiencia de la Aplicación de

Aprendizaje Activo en un Marco Universidad-Empresa. IV Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET'09). La Plata – Argentina. Julio 2009. (En Línea). http://teyet.info.unlp.edu.ar/archivos/Articulos_Aceptados.pdf

(Goldschneider: 2009) Goldschneider, Bob. *e-learning Best Practices*. (En Línea) (Fecha de consulta: 30-Oct-2009). <http://www.syberworks.com/articles/bestpractices.htm>

(Gregori: 2003) Gregori, Alvaro. *E-learning o Formación Online Desarrollo de Contenidos – estrategias para mejorar la retención*. ISSN 1576-9003. (En Línea). (Última actualización 5-Nov-2007). (Fecha Consulta 16-Nov-2009). <http://www.masterdissey.com/master-net/elearning/0010.php3>

(InfoNews: 2008) *E-learning* Industria Nacional: desde Córdoba para todo el país (En línea). (Fecha de publicación: 03-Sep-2008) http://www.infonews.info/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12103&Itemid=269

(ISO9001: 2008) International Organization for Standardization. ISO9001:2008 Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos. s.l. ICS 01.040.03. ISO copyright office. En línea. 2008.

(Java: 2009) Sun Microsystems, Inc. Binary Code License Agreement for the JAVA SE RUNTIME ENVIRONMENT (JRE) VERSION 6 and JAVAFX RUNTIME VERSION 1. (Fecha de consulta: 20-Nov-2009). <http://www.java.com/en/about/>

(MSF:2002). Microsoft Solution Framework Process Model v.3.1; (En línea); 2002. (Fecha Consulta 16-Nov-2009). <http://download.microsoft.com/download/2/3/f/23f13f70-8e46-4f44-97f6-7dfb45010859/MSF%20Process%20Model%20v.%203.1.pdf>,

(Munro: 2005) Munro, Roderick A. Understanding the Buzz Around *E-learning*: Searching for Faster/Better/Cheaper Learning - Effectiveness of *E-learning* Techniques. Series: ASQ World Conference on Quality and Improvement Proceedings, Seattle, WA, Vol. 59, No. 0, May 2005, pp. 131-143. Copyright: 2005.

(Pfleeger: 2002) J.L.Pfleeger; *Software Engineering – Theory and Practice*; Buenos Aires: Prentice Hall. ISBN-10: 0131469134. ISBN-13: 978-0131469136 2002.

(PMI: 2009) Project Management Institute. © 2009 Project Management Institute, Inc. (En Línea). (Fecha de publicación: 2009). <http://www.pmi.org/Pages/default.aspx>

(Proyecta: 2008) CMMI – Marco de trabajo propuesto para la mejora de procesos basados en resultados de evaluaciones. Revista de ingeniería, tecnología future Proyecta – Colegio Especialista de Córdoba. N°73. Córdoba, 18 de Diciembre 2008.

(Rubio et al: 2008:) Rubio, Diego M; Andriano, Natalia V.; Ruiz de Mendarozqueta, Álvaro; Bartó, Carlos. An integrated improvement framework for sharing assessment lessons learned. Congreso Argentino en Ciencias de la Computación (CACIC) Universidad Nacional de Chilecito. La Rioja – Argentina. (En Línea) <http://cacic2008.undec.edu.ar/>

(SCAMPI: 2006) Software Engineering Institute (SEI). Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) A, Version 1.2: Method Definition Document. HANDBOOK CMU/SEI-2006-HB-002. Pittsburgh, Pennsylvania, USA : Software Engineering Institute, August 2006.

(Schank: 2002) Schank, Roger C. Designing World-Class *E-learning*: How IBM, GE, Harvard Business School and Columbia University Are Succeeding at *e-learning*. s.l. ISBN:0-07-137772-7. McGraw-Hill, 2002.

(SimSe: 2009) An educational, Game Based Software Engineering Simulation Enviroment. SimSE, University of California, Irvine. Copyright ©2009. (En Línea). (Fecha de consulta: 20-Nov-2009). <http://www.ics.uci.edu/~emilyo/SimSE/>

(Siviy et al:2008) Siviy, Jeannine M.; Penn, M. Lynn; Stoddard, Robert. Achieving Success via Multi-Model Process Improvement. SEPG 2008 (En línea). Pittsburgh, Pennsylvania, USA: Carnegie Mellon University, 2008. (Fecha Consulta 16-Nov-2009). http://www.sei.cmu.edu/prime/documents/multimodelSeries_wp4_processArch_052008_v1.pdf

(SOA: 2009) Service Oriented Architecture. IBM. <http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/>

(SoftPanorama: 2009) SoftPanorama – Software Life Cycles Models. (Fecha de consulta: 20-Nov-2009).) http://www.softpanorama.org/SE/software_life_cycle_models.shtml

(SPEM: 2008). Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification; (En Línea), 2008. (Fecha Consulta 16-Nov-2009). <http://www.omg.org/cgi-bin/apps/doc?formal/08-04-01.pdf>

(Szyrko et al: 2009) Szyrko, Pablo; Silclir, Mauricio; García Favre, Gonzalo; Rubio, Diego; Cohen, Diego; Angeloni, Romina. Un modelo de validación automático para la definición y mantenimiento de procesos de desarrollo de software XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC). San Juan – Argentina. Mayo 2009. (En Línea). <http://www.wicc2009.com.ar/>

(van Dam: 2004) van Dam, Nick. Walsum, Sara Van. *The E-learning Fieldbook: Implementation Lessons And Case Studies From Companies That Are Making E-learning Work*. ISBN: 0071418709. ISBN-13: 9780071418706, 978-0071418706. McGraw-Hill, 2004.

10. Acerca de los autores

Diego Rubio es Ingeniero en Sistemas de Información egresado de la UTN-FRC, y obtuvo el título de Magíster en Ingeniería de Software (Universidad Nacional de La Plata).

Actualmente se desempeña como Profesor Adjunto y Director/co-Director de varios proyectos de investigación en la UTN-FRC.

Es Gerente de Calidad, Procesos, Herramientas y Entrenamiento de la unidad de negocios Motorola en Córdoba. Sumando a esas responsabilidades la coordinación de los programas seis sigma para la división.

Entre otras certificaciones, es actualmente *Six Sigma Black Belt* (ASQ y Motorola), *Certified Software Quality Engineer* (ASQ), y se desempeña como Instructor corporativo de Seis Sigma. (drubio@sistemas.frc.utn.edu.ar)

Paula Izaurrealde es Ingeniera en Sistemas de Información egresada de la UTN-FRC.

Actualmente se desempeña como miembro del Grupo de Investigación y desarrollo en Ingeniería y Calidad de Software (GIDICALSO) en la UTN-FRC.

Es ingeniera de calidad en la unidad de negocios Motorola en Córdoba, donde además tiene responsabilidad de coordinación del programa de entrenamiento.

Cuenta con la certificación *Certified Quality Process Analyst* (ASQ). (46054@sistemas.frc.utn.edu.ar)

Natalia Andriano es Ingeniera en Sistemas de Información egresada de la UTN-FRC, y obtuvo el título de Magíster en Ingeniería de Software (Universidad Nacional de La Plata).

Actualmente se desempeña como Profesor Adjunto y miembro de varios proyectos de investigación en la UTN-FRC.

Se desempeña como ingeniera de software y más específicamente como arquitecta de soluciones de la unidad de negocios Motorola en Córdoba.

Entre otras certificaciones, es actualmente *Project Management Professional* (PMI) y *Certified Software Quality Engineer* (ASQ). (nandriano@sistemas.frc.utn.edu.ar)

Mauricio Silclir es Ingeniero en Sistemas de Información egresado de la UTN-FRC.

Actualmente se desempeña como miembro del Grupo de Investigación y desarrollo en Ingeniería y Calidad de Software (GIDICALSO) en la UTN-FRC.

Es ingeniero de software en la unidad de negocios Motorola en Córdoba, liderando proyectos de desarrollos ágiles en tecnología .NET.

(47920@sistemas.frc.utn.edu.ar)