

Tutoría Adaptativa Mediante Manipulación del Contexto de Aprendizaje en Ambientes TIC

Clara I. Peña de Carrillo¹ y Christophe Choquet²

Resumen

Este artículo presenta un caso de estudio relacionado con el modelado del contexto de aprendizaje en un entorno educativo soportado por Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), con el fin de influenciar la toma de decisiones tutoriales e implicar directamente a los tutores/profesores en procesos de ingeniería y reingeniería de sus escenarios pedagógicos. Como producto de investigación se considera la adaptatividad de entornos educativos mediados por TIC como el resultado de la transformación iterativa de escenarios pedagógicos predefinidos con base en la manipulación de variables del contexto de aprendizaje tales como el estilo de aprendizaje de los participantes, su nivel de conocimiento, su desempeño durante el desarrollo de las actividades, sus preferencias, sus habilidades e inhabilidades, el idioma, el medio de acceso, etc.

Aspectos del lenguaje UTL (Usage Tracking Language) utilizado para el cálculo de indicadores que soportan la toma de decisiones durante la acción tutorial, son introducidos para dar a conocer los usos observados del escenario pedagógico descriptivo y su semántica, incluyendo la definición de las necesidades de monitorización y los medios requeridos para la adquisición de datos. La actividad de aprendizaje está centrada en la estrategia de resolución de problemas para desarrollar en los estudiantes casos de buenas prácticas en la programación orientada a objetos utilizando el lenguaje Java.

Palabras clave: Modelado del contexto educativo, tutoría adaptativa, escenario pedagógico, Usage Tracking Language, estilos de aprendizaje, entornos de aprendizaje adaptativos.

¹ Universidad Industrial de Santander, Colombia. (57)+76454959. clarenes@uis.edu.co

² Université du Maine, Francia. (33)+2 43594927. christophe.choquet@univ-lemans.fr

ADAPTIVE TUTORING BY CONTEXT MANIPULATION IN TEL SYSTEMS

ABSTRACT

The aim of this work is to introduce a case study to test a context modeling process proposed to help teachers/tutors make an adaptive tutorial decision when acting by TEL (Technology Enhanced Learning) environments. It attempts also to involve teachers as designers in the engineering process of a TEL system development and to support their activity of auto regulation regarding students' guidance and assistance. This intention leads to improve teaching strategies as well as to enhance the quality of the learning objects and the learning scenario itself. In fact if the TEL system is already adaptive, by means of this approach its improvement is fostered. If it is not, the process will support its iterative transformation from predefined to adaptive. Aspects of the language UTL (Usage Tracking Language) used for the calculation of indicators that support the decision making during the tutorial action, are introduced to reveal the observed uses of the descriptive pedagogic scenario and their semantics, including the definition of the observation needs and the means used for data acquisition. The Problem Based Learning strategy is applied to develop in students, best practices in Java programming.

Keywords: Context modeling in education, adaptive tutoring, pedagogical scenario, Usage Tracking Language, learning styles, adaptive TEL environments.

Tutoría Adaptativa Mediante Manipulación del Contexto de Aprendizaje en Ambientes TIC

Clara I. Peña de Carrillo³ y Christophe Choquet

Introducción

Hoy en día, algunos entornos de aprendizaje soportados en TIC delegan el proceso de toma y adaptación de decisiones a los usuarios humanos como el tutor o profesor o al propio estudiante, mientras que otros le ofrecen directamente al sistema la posibilidad de adaptar dinámicamente su configuración y funcionamiento de acuerdo a las necesidades de sus usuarios. En cualquiera de los casos, lo que se está haciendo es interpretar el contexto de aprendizaje para facilitar la toma de decisiones.

Esa interpretación entonces, podría dar respuesta a los siguientes interrogantes de los profesores/instructores/tutores/entrenadores que participan en esta modalidad educativa: *Quiénes* son sus estudiantes, *Cómo* se están desempeñando, *Qué* necesidades tienen, *Quién* debe ser atendido en un momento determinado, *Cómo* debe ser atendida esa necesidad, etc., e igualmente a los interrogantes de los estudiantes: *Qué* aprender, *Cuándo* hacerlo, *Cómo* hacerlo, *Por qué* hacerlo, etc. En resumen, tanto los humanos como el sistema requieren información de la situación de aprendizaje (contexto) para tomar una decisión efectiva de funcionamiento.

Este documento presenta un caso de estudio enfocado al proceso de adaptación de acciones tutoriales sincrónicas con base en la manipulación del contexto de aprendizaje de los estudiantes. El dominio de aprendizaje considerado es la programación orientada a objetos mediante el lenguaje Java. La estrategia de aprendizaje es la resolución de problemas a través de un editor de programación en Java (Hop3X), en sesiones prácticas de 3 horas de duración. Las trazas de la actividad son identificadas y modeladas a través del lenguaje UTL con el fin de generar indicadores de comportamiento que orienten la toma de decisiones tutoriales y el conocimiento de la situación de aprendizaje por parte de los estudiantes.

La información contextual tenida en cuenta para el caso es de dos tipos: aquella que puede ser capturada directamente mediante la *aplicación de cuestionarios* (antes, durante y después de la

³ Universidad Industrial de Santander, Colombia. (57)+76454959. clarenes@uis.edu.co

sesión de aprendizaje, según el caso), como por ejemplo, el estilo de aprendizaje, con el instrumento ILS (ILS) del modelo de estilos de aprendizaje de Felder (Felder, 1996); el nivel de conocimiento, preguntas sobre contenidos del dominio de aprendizaje; las preferencias, preguntas sobre gustos subjetivos, etc. Y aquella que es identificada o calculada de las acciones llevadas a cabo por los estudiantes en el ambiente de aprendizaje (contexto interactivo), como por ejemplo, la infraestructura tecnológica de acceso que puede definir el formato y el medio de distribución de la acción tutorial y, *los indicadores*, que permiten la definición de las competencias, habilidades y destrezas desarrolladas durante la actividad y que condicionan el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, el secuenciamiento del currículo, la actualización del nivel de conocimiento, del estilo de aprendizaje, etc.

Para la formalización de técnicas de minería y análisis de datos así como para su capitalización como patrones de diseño y análisis del contexto interactivo, se introducen características del lenguaje UTL (Choquet and Iksal, 2007) que permite expresar de manera declarativa y genérica los métodos automáticos para la recolección de datos y el cálculo de indicadores significativos (Harrer et. al., 2009) para los usuarios (investigadores, diseñadores de software educativo, profesores y estudiantes) que pueden ser interpretados por técnicas de minería de trazas (Pham Thi Ngoc D. et. al., 2010.) desde cualquier ambiente de aprendizaje basado en TIC.

Este documento está organizado de la siguiente manera: la sección 2 ofrece características del modelado del contexto aplicado al caso de estudio. En la sección 3 se presenta el desarrollo del caso con actividades de aprendizaje llevadas a cabo mediante la estrategia de resolución de problemas y finalmente la sección 4 cierra el documento con las conclusiones más relevantes y propuestas de trabajo futuro.

Modelado del contexto

Generalidades

El contexto en escenarios de enseñanza/aprendizaje basados en TIC juega un papel importante para la definición de los servicios educativos a ofrecer. Su identificación, representación y modelado son fundamentales para condicionar la manera de actuar de sus usuarios finales (profesores, tutores y estudiantes). El contexto educativo para el caso presentado en este trabajo tiene una dimensión global que es el *escenario pedagógico* considerado en sus dos niveles de

funcionamiento: el nivel del diseño instruccional y el nivel de aprendizaje/tutoría (escenario interactivo). Modelar este contexto implica encontrar coincidencia entre el contexto del usuario (situación del tutor o del estudiante) y el contexto del servicio (por ejemplo, tutoría y aprendizaje) con el fin de ofrecer el servicio apropiado al usuario (Ariza, 2006).

La Figura 1 resume a nivel de fórmula la idea del modelado del contexto propuesta para llevar a cabo procesos de tutoría adaptativa en sistemas de aprendizaje basados en TIC. Con esta se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta abierta sobre diseño instruccional: ¿Cómo involucrar a los profesores/tutores en la función del diseño de su escenario pedagógico durante el desarrollo del proceso de ingeniería de un ambiente de aprendizaje basado en TIC? Básicamente los actuales entornos se clasifican en dos categorías:

1. Sistemas que han sido diseñados por expertos en Tecnologías de Información (IT), como los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS), por ejemplo, principalmente sin la participación de los usuarios finales. Luego, estos sistemas son propuestos a los profesores para su apropiación.
2. Sistemas que han sido diseñados para plataformas genéricas, como los LMS (Learning Management Systems) donde los usuarios finales (por ejemplo, los profesores) pueden organizar recursos y servicios para definir una actividad de aprendizaje.

Estos sistemas son generalmente simples en términos de escenarios pedagógicos porque: a) los profesores no tienen oportunidad de desarrollar/adaptar recursos efectivos para su actividad y b) los profesores tienen grandes dificultades para *predecir* diferentes alternativas en el escenario de su actividad de aprendizaje. En muchos de estos casos ellos se sienten frustrados y por lo tanto desmotivados a utilizar efectivamente el sistema.



Figura 1. Descripción formal de la acción tutorial basada en el modelado del contexto

Este trabajo trata de ofrecer un puente entre las dos situaciones identificadas. Considerando las dificultades para definir un escenario pedagógico predictivo consistente, el modelado del contexto estimula la definición de la acción tutorial sobre la marcha y ofrece posibilidades para su capitalización, con la ayuda de patrones UTL. Luego, este conocimiento se puede utilizar de dos maneras:

1. Durante la sesión de aprendizaje mediante el reconocimiento y coincidencia de patrones entre contextos capitalizados y efectivos, el sistema puede proponer posibilidades de tutoría al profesor.
2. Después de la sesión de aprendizaje, el conocimiento capitalizado puede ser utilizado por *los profesores*, para enriquecer el escenario predictivo con la definición de nuevas alternativas (esto es posible también durante una sesión de tutoría sincrónica); por *los desarrolladores de software* para mejorar el escenario de aprendizaje propiamente dicho (interfaces, presentación de los objetos de aprendizaje, medios de acceso, etc.) o por *la administración institucional* para ayudar en el diseño de programas de entrenamiento/cualificación para profesores en el mejoramiento de sus habilidades pedagógicas y digitales.

En la Figura 2 se puede observar cómo el proceso de modelado del contexto se puede articular con las fases de diseño, implementación y explotación de un escenario pedagógico.

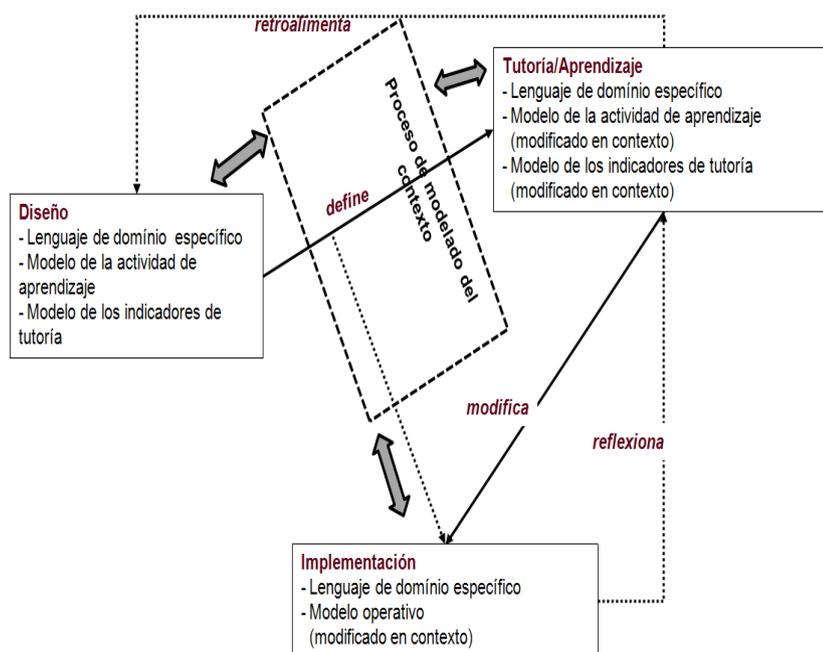


Figura 2. Articulación del modelado del contexto en el ciclo de vida de un escenario pedagógico

Metamodelo

El metamodelo que representa el proceso de modelado del contexto para el caso de estudio, involucra y enlaza información de: un diseño de aprendizaje particular (para facilitar el aprendizaje adaptativo); los estudiantes que llevarán a cabo las actividades de aprendizaje; los profesores/tutores o entrenadores quienes ofrecerán apoyo a estas actividades (teniendo en cuenta no solo su experticia a nivel de contenidos sino también en la cultura digital) y el contexto interactivo (hardware, software, conectividad, políticas institucionales, etc.). Todo esto como medio para motivar y asegurar el ciclo de vida del aprendizaje (ver Figura 3.).

El escenario pedagógico permite la definición de escenarios descriptivos y predictivos para aprendizaje adaptativo apoyados por el contexto de objetos de aprendizaje estructurados según premisas del modelo de estilos de aprendizaje de Felder (Felder, 1996) y utilizados según (Peña, 2008) para favorecer la personalización de contenidos, retroalimentación y recomendaciones. Este

contexto ofrece actividades a los estudiantes para el logro de uno o más objetivos de aprendizaje interrelacionados, lo cual significa, que una unidad de aprendizaje según las especificaciones de (Koper, 2001) no puede ser separada de sus componentes sin considerar su significado semántico y pragmático y su efectividad frente al logro de los objetivos de aprendizaje. Se pretende además, que este contexto sea mejorado o refinado tomando como base patrones tutoriales resultantes del análisis de trazas (en el escenario de aprendizaje/tutoría en tiempo de ejecución). Las dimensiones, variables y relaciones entre elementos de este escenario pedagógico se describen como sigue:

1. La dimensión principal se maneja como una Unidad de Aprendizaje soportada por el contexto de modelos de aprendizaje, modelos del dominio y teorías de modelos de enseñanza/aprendizaje.
2. El contexto del modelo de aprendizaje involucra elementos del *Cómo* los estudiantes aprenden de acuerdo a las teorías de aprendizaje propuestas. Las características del contexto de la situación de aprendizaje pueden determinar en un momento dado la filosofía educativa, el modelo instruccional o un diseño más práctico de Unidades de Aprendizaje. Por ejemplo, un contexto detallado de este modelo podría estar relacionado con el *Qué* aprende un estudiante o grupo de estudiantes; en *Cuál* dominio describen, analizan, experimentan, estudian, resuelven problemas, exploran o responden preguntas; *Cómo* ocurre el aprendizaje y los procesos de transferencia de conocimiento; *Cómo* están los estudiantes motivados a llevar a cabo las actividades; *Cómo* se recolecta el resultado del aprendizaje; *Cuales* medios (hardware, software, infraestructura física, políticas institucionales, etc.) hacen posible el desarrollo de las actividades; *Cómo* es monitorizada y asistida por los tutores la actividad de aprendizaje, etc. En resumen, el modelo de aprendizaje incluye las actividades de aprendizaje propiamente dichas y su contexto.

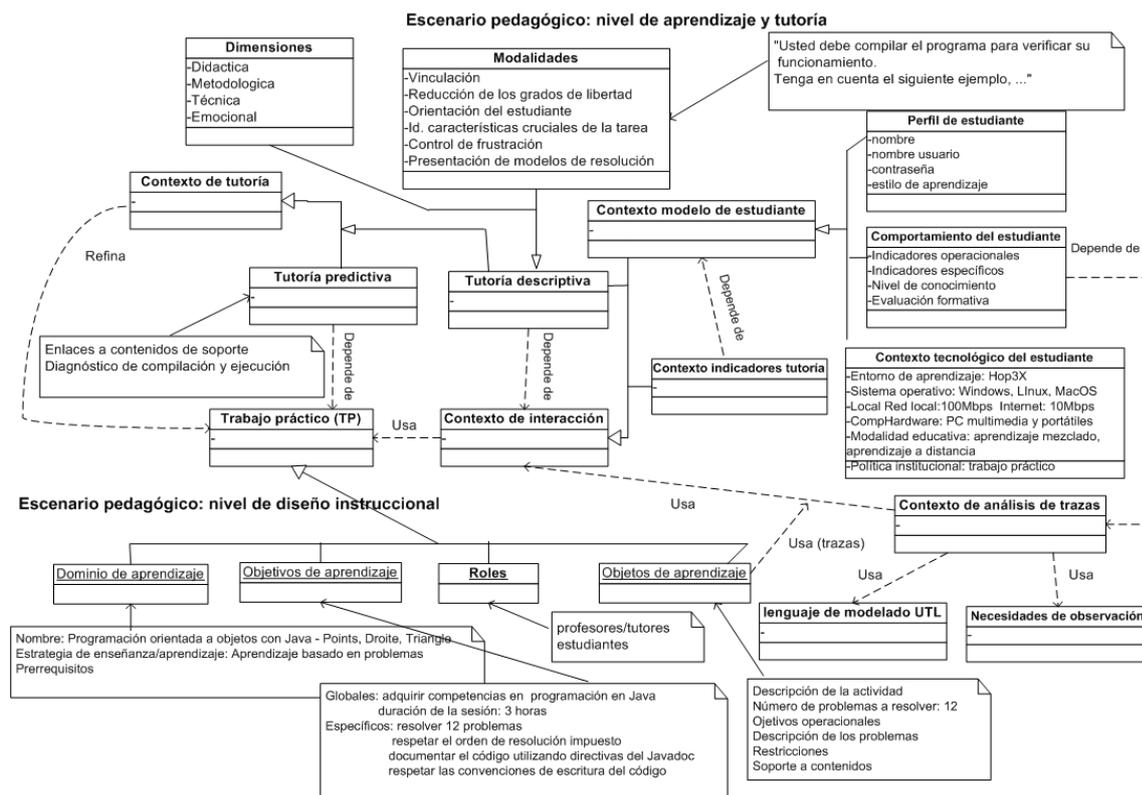


Figura 3. Metamodelo del proceso de modelado del contexto para el caso de estudio.

3. El modelo del dominio, describe el tipo de contenido y su organización utilizado para apoyar la actividad (por ejemplo, temática, objetos de aprendizaje, reglas de secuenciamiento del currículo, etc.).
4. En el modelo del estudiante se tienen en cuenta características de los estudiantes participantes como su identificación, objetivos, estilo de aprendizaje, competencias, evaluación formativa, intereses, preferencias, nivel de conocimiento, etc. Normalmente varios de estos valores pueden definir patrones para adaptación de las acciones tutoriales. Parte de esta información se está actualizando continuamente con elementos del contexto de interactividad.
5. El contexto de análisis de trazas, utiliza el lenguaje UTL para modelar los indicadores de tutoría y aprendizaje con el fin de capitalizarlos como patrones de diseño para la creación de métodos y herramientas que ayuden a los profesores/tutores en los procesos de monitorización y análisis del progreso de la situación de aprendizaje del estudiante. Esto permite orientar la acción tutorial y los procesos de reingeniería de los escenarios pedagógicos utilizados según como se requiera. Un indicador en este contexto se define según (Interaction Analysis supporting participants in

Technology-Based Learning activities, 2005) como una variable que describe características relacionadas con: (a) la calidad de la actividad de aprendizaje desde el punto de vista de proceso cognitivo, b) la calidad del proceso de interacción o, (c) la calidad del proceso de colaboración, si la actividad se ha llevado a cabo en un contexto social de aprendizaje soportado por TIC.

El UTL fue diseñado como un lenguaje genérico para describir trazas y su semántica, incluyendo la definición de las necesidades de observación y los medios requeridos para la adquisición de datos. Este lenguaje también permite la estructuración de las trazas con base en datos *crudos o en bruto* adquiridos o generados en un contexto interactivo, con el fin de facilitar el cálculo de indicadores que ayuden a los profesores/tutores a modelar su acción tutorial y a los estudiantes conocer su progreso en el aprendizaje.

Gracias a la evolución en el tiempo de estos indicadores, los profesores/tutores pueden observar el impacto de sus intervenciones (Interaction and collaboration analysis supporting teachers' and students' self-regulation, 2004) en el aprendizaje del estudiante e igualmente reconsiderar una intervención mediante la selección de una nueva estrategia remedial. Este proceso se conoce como el de auto-regulación de la acción tutorial en donde los indicadores juegan el papel de *testigos* de los efectos de las intervenciones tutoriales a través de su positiva o negativa evolución. En la Figura 4 se puede observar bajo el modelo conceptual del UTL, la estructuración del modelado del contexto propuesto para el caso de estudio objetivo de este trabajo.

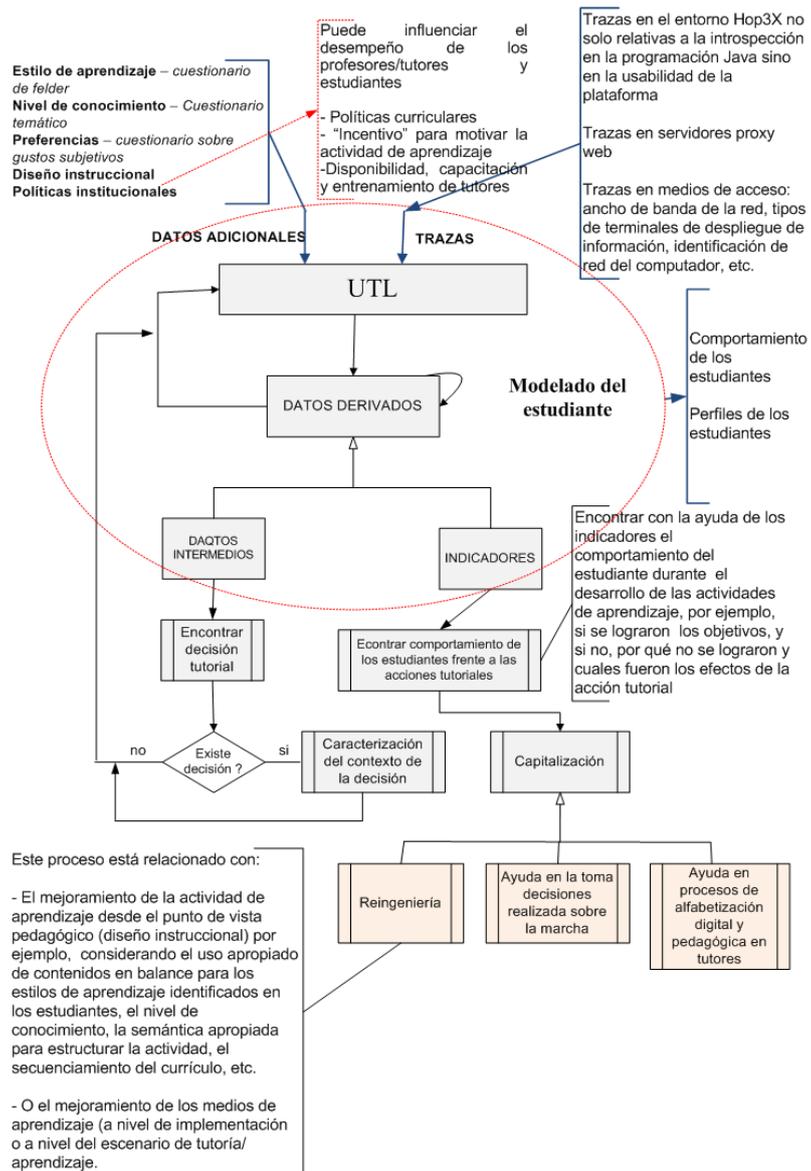


Figura 4. Modelado del contexto de tutoría con base en el modelo conceptual del UTL

Desarrollo del caso

Objetivos

1. Monitorizar el comportamiento de los estudiantes cuando resuelven problemas de programación en lenguaje Java con el fin de ofrecer acciones tutoriales adaptadas al contexto de aprendizaje.

2. identificar y describir dimensiones para procesos de reingeniería del escenario pedagógico.

3. Probar el desempeño del lenguaje UTL y su efectividad en el cálculo de indicadores determinantes de la acción tutorial.

Contexto Global Estudiantes/Profesores

Dos experimentos se llevaron a cabo en modalidades de aprendizaje mezclado y educación a distancia. Para el caso de aprendizaje mezclado se desarrollaron 4 sesiones de prácticas en las aulas de informática de la universidad (computadores personales multimedia; sistemas operativos Windows, Linux y MacOS; red local de 100 Mbps sin acceso a Internet, plataforma Hop3X – editor de programación Java – interfaces estudiante y profesor respectivamente), para grupos independientes de 15 estudiantes supervisados y atendidos por 1 tutor. El estilo de aprendizaje predominante según la clasificación dicotómica de Felder fue: en la dimensión de procesamiento – neutral; en la dimensión de percepción – sensitivo; en la dimensión del formato de entrada – visual y en la dimensión de progreso – neutral. El nivel de conocimiento general de inicio fue catalogado como *básico* dentro de la escala: *básico, normal, experto*.

Para el aprendizaje a distancia, se realizaron 6 sesiones igualmente independientes para grupos de 15 estudiantes supervisados y atendidos por un tutor. El contexto tecnológico fue similar al utilizado para el aprendizaje mezclado pero con el tutor actuando desde su oficina a través de la red local. A los estudiantes se les habilitó el acceso a Internet con el fin de que pudieran consultar objetos de aprendizaje ubicados fuera del dominio de la red institucional. El estilo de aprendizaje predominante considerando la clasificación de Felder fue: en la dimensión de procesamiento – Activo; en la dimensión de percepción – neutral; en la dimensión del formato de entrada – visual y en la dimensión de progreso – neutral. El nivel de conocimiento general de inicio fue catalogado como *básico* en la misma escala de *básico, normal y experto*.

Los estudiantes eran principiantes programadores en Java pero conocían la programación orientada a objetos porque habían visto un curso introductorio de la misma en el cual se trataron conceptos básicos y habían hecho prácticas programando en lenguaje Ruby.

Contexto del Dominio de Aprendizaje

El dominio de aprendizaje se definió como *Programación orientada a Objetos con Java* soportado en temáticas relacionadas con Clases, Objetos, Instancias, Paso de Mensajes, Herencia, Encapsulación, Sobrecarga de Métodos, Redefinición de Métodos y Polimorfismo.

Cómo objetos de aprendizaje se identificaron *acciones tutoriales prescriptivas y del sistema* como: instrucciones para el desarrollo de la actividad, mensajes personalizados del compilador de Java (se amplió su descripción y se incluyeron ejemplos de tal manera que el estudiante pudiera tener una explicación más amplia del porqué del evento cuando éste se sucediera), enlace a documentos de soporte a las convenciones de programación en Java (java.sun.com/docs/codeconv), apuntes de clase, etc. Y, *acciones tutoriales reactivas o proactivas* generadas durante la sesión o consultadas a través del repositorio existente mediante el suministro de *patrones clave* (por ejemplo, se podía buscar por temáticas tutorizadas, por estilo de aprendizaje, por tipo de acción tutorial, por dimensión, modalidad o combinaciones de todas las variables del contexto tenidas en cuenta en la decisión).

La estrategia de aprendizaje fue definida como *aprendizaje basado en problemas* (no colaborativo), durante el cual los profesores/tutores fueron llamados a dar soporte al estudiante en el logro de los objetivos y en el logro de buenas prácticas en programación con el lenguaje Java.

El dominio fue estructurado con la propuesta de 12 problemas de programación, secuenciados estáticamente con niveles incrementales de dificultad y tipo de competencia, lo cual significaba que las respuestas o logros de los problemas precedentes eran requeridos como prerrequisito para continuar resolviendo la totalidad de los problemas, sin embargo, los estudiantes tenían libertad de navegación entre los diferentes problemas.

La Figura 5 presenta el esquema XML de la estructura de este dominio.

```
<QUESTION NUMBER="1">
<MAINSUBJECT>Definición de Clases</MAINSUBJECT>
<SPECIFICSUBJECT>Tipo de campos</SPECIFICSUBJECT>
<LEVELOFDIFFICULTY>1</LEVELOFDIFFICULTY>
<COMPETENCE>Interpretativa</COMPETENCE>
<DESCRIPTION>Escribir la Clase Point con dos campos reales que representen las
coordenadas de un punto en X y Y.
</DESCRIPTION>
</QUESTION>
<QUESTION NUMBER="2">
<MAINSUBJECT>Definición de Clases</MAINSUBJECT>
<SPECIFICSUBJECT>Métodos</SPECIFICSUBJECT>
<LEVELOFDIFFICULTY>1</LEVELOFDIFFICULTY>
<COMPETENCE>Propositiva</COMPETENCE>
<DESCRIPTION>Redefinir el método Equals para la Clase Point.
</DESCRIPTION>
</QUESTION>
...
```

Figura 5. Estructura del dominio de aprendizaje

Contexto del Entorno de Aprendizaje y Tutoría

Profesores y estudiantes fueron llamados a realizar sus actividades correspondientes utilizando el entorno Hop3x, un editor de programación orientada a objetos programado en lenguaje Java, funcionando en arquitectura cliente-servidor independiente del sistema operativo. En este entorno, cada acción realizada a través de sus interfaces cliente generaba un evento *XML Hop3x* (o traza, ver ejemplo en Figura 6.) que era enviado al servidor para ser utilizado posteriormente en tareas de soporte a tutorías sincrónicas o asincrónicas como: observación, recarga, re-ejecución, simulación y cálculo de indicadores.

Los indicadores fueron diseñados previamente por el UTL de acuerdo a las necesidades de observación propuestas por los tutores y se calcularon y clasificaron en tiempo de ejecución en dos categorías: *Específicos* los que estaban directamente relacionados con el rendimiento del estudiante durante el desarrollo de tareas específicas de programación en Java de acuerdo a lo planteado en los problemas. Por ejemplo, indicadores a cerca del conocimiento del estudiante sobre la diferencia entre *sobrecarga y redefinición de métodos*; acerca de la existencia o ausencia de parámetros específicos, etc. Y, *transversales*, los que no tenían relación directa con el objetivo de la práctica pero si con la manera como se desarrollaban las tareas para lograr los objetivos. Por ejemplo, indicadores a cerca del uso de una estructura correcta para el programa, o

relacionados con el número de objetivos de aprendizaje alcanzados, o acerca del número de veces que compiló o ejecutó el programa, etc. Ver en la Figura 7, un ejemplo del formato en el que se almacenaban los datos de estos indicadores.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<TRACE>
<E K="AP" T="1232439106404"><TP>Java</TP><P>TP1</P></E>
<E K="AP" T="1232439121055"><F>Point java</F><P>TP1</P><TF>Java</TF></E>
<E K="IT" T="1232439121057"><F>Point java</F><T></T><N>0</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439121153"><F>Point java</F><T>***\n* @author Cedrick Beaudoire\n* @version 0.1 :
<E K="IT" T="1232439137937"><F>Point java</F><T>f</T><N>158</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439138074"><F>Point java</F><T>l</T><N>159</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439138298"><F>Point java</F><T>o</T><N>160</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439138490"><F>Point java</F><T>a</T><N>161</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439138682"><F>Point java</F><T>t</T><N>162</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439141994"><F>Point java</F><T></T><N>163</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439143403"><F>Point java</F><T>x</T><N>164</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439143787"><F>Point java</F><T></T><N>165</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439143993"><F>Point java</F><T></T><N>166</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439144330"><F>Point java</F><T>f</T><N>167</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439144473"><F>Point java</F><T>l</T><N>168</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439144651"><F>Point java</F><T>o</T><N>169</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439144810"><F>Point java</F><T>a</T><N>170</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439144969"><F>Point java</F><T>t</T><N>171</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439147785"><F>Point java</F><T></T><N>172</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439149065"><F>Point java</F><T>y</T><N>173</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439163961"><F>Point java</F><T>p</T><N>112</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439164105"><F>Point java</F><T>r</T><N>113</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439164282"><F>Point java</F><T>i</T><N>114</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439164569"><F>Point java</F><T>v</T><N>115</N><P>TP1</P></E>
<E K="IT" T="1232439164569"><F>Point java</F><T>v</T><N>115</N><P>TP1</P></E>
```

Figura 6. Trazas de acciones de un estudiante

Contexto de la acción tutorial

Los profesores/tutores fueron llamados a realizar su acción tutorial manejando las siguientes variables de decisión:

1. Tipo de intervención: que podría definirse como *reactiva*, si la acción correspondía a una solicitud directa hecha por el estudiante, o, *proactiva* si el tutor decidía llevar a cabo la acción tutorial porque había hecho un análisis previo del contexto de la situación de aprendizaje del estudiante. Por ejemplo, había evaluado sus indicadores de rendimiento en el desarrollo del problema; había analizado las trazas de la actividad realizada hasta el momento, etc. El *Cómo* construir el mensaje de tutoría, *Cuales* objetos de aprendizaje utilizar para complementar la retroalimentación y por qué medio sería distribuido ese mensaje eran resultado del análisis del estilo de aprendizaje del estudiante y de su contexto tecnológico de acceso (ver interface de consulta en Figura 8).
2. Dimensión de la intervención: que de acuerdo con (Després, 2001) debía ser, *didáctica* si la acción tenía que ver con los contenidos enseñados; *metodológica* si la retroalimentación estaba orientada sobre la manera de llevar a cabo la resolución del problema; *técnica* si la acción tutorial estaba encaminada a solucionar un problema técnico relacionado con el hardware y software involucrado o *motivacional*, si el estudiante requería cierta motivación para desarrollar la actividad a gusto. Por ejemplo, varias de estas dimensiones se podían manejar a la vez, ya que si al final se le motivaba al estudiante con mensajes positivos para que continuara su actividad, la dimensión podía ser en todos los casos la directamente relacionada con la situación más la motivacional.

3. Modalidades de la intervención, siguiendo las orientaciones de (Bruner, 1983) que incluían: *vinculación*, si la acción tutorial estaba enfocada sobre los intereses de los estudiantes en torno a los requerimientos de las tareas; *reducción de los grados de libertad*, si la tutoría estaba enfocada en la simplificación de la tarea por medio de la reducción de pasos para llegar a la solución; *orientación al estudiante*, si se trataba de ayudar en el logro de los objetivos conservando la motivación; *identificación de las características cruciales de la tarea*, si esto era apropiado para su desarrollo; *control de frustración*, si la acción tutorial se enfocaba a evitar el abandono de la tarea y finalmente, *presentación de modelos de resolución*, si se consideraban necesarios para ayudar en la resolución del problema pero sin ofrecer completamente la respuesta.
4. Indicadores, que eran calculados de acuerdo a lo descrito en la sección 3.4. Estos valores orientaban la acción tutorial hacia el nivel de conocimiento que tenían los estudiantes sobre el dominio específico de cada problema o a la situación general de aprendizaje de la actividad.
5. Finalmente, el mensaje que acompañaba la acción tutorial en sí, que se podía construir en el formato adecuado dependiendo del contexto tecnológico del estudiante y de su estilo de aprendizaje. Por ejemplo, para los estudiantes visuales se tratarían de seleccionar formatos multimedia y para los estudiantes verbales, formatos textuales o de audio
6. Igualmente si la acción tutorial se empaquetaba en mensajes textuales o multimedia, se podrían incluir enlaces a otros objetos de aprendizaje con el fin de ilustrar mejor las explicaciones. El análisis de las trazas de los estudiantes frente a la visita o no de estos enlaces (logs de servidores proxy) podrían generar indicadores interesantes sobre la efectividad del contenido propuesto.

Resultados

Con relación al desempeño de los profesores

Los profesores estuvieron muy motivados con el desarrollo de la experiencia porque pudieron comprobar la efectividad de sus acciones tutoriales en el aprendizaje del estudiante. Sin embargo, se notó cierta tendencia a su deseo de continuar siendo actores principales del proceso educativo ya que algunas acciones (20%) estuvieron encaminadas a prácticamente darle al estudiante la solución completa del problema.

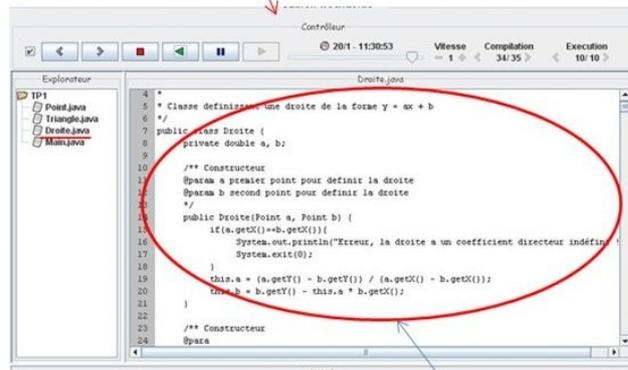
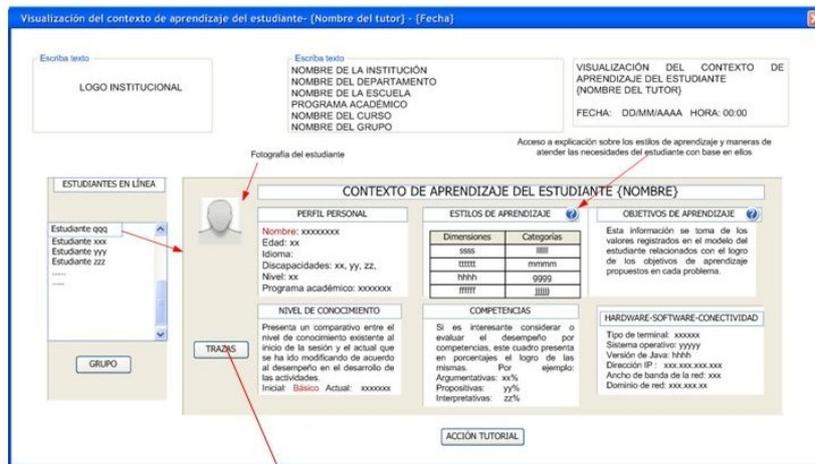
Las acciones tutoriales recopiladas en el repositorio de la experiencia (500 aproximadamente), permitieron al profesor revisar y corregir su desempeño, para realizar procesos de mejoramiento, autorregulación de actividades futuras y reingeniería de los escenarios pedagógicos.

```

<indicator type="PEDALO-I-CompilationRate">
  <value time="1232449165087" student="Tao Han" session="String">
    <errors total="7">
      <position class="Triangle" line="35" type="";' expected" >1</position>
      <position class="Droite" line="43" type="'.class' expected" >1</position>
      <position class="Droite" line="43" type="') expected" >1</position>
      <position class="Droite" line="82" type="illegal start of type" >1</position>
      <position class="Droite" line="82" type="&lt;identifier&gt; expected" >1</position>
      <position class="Droite" line="84" type="'.class' or 'interface' expected" >2</position>
    </errors>
  </value>
</indicator>

```

Figura 7. Formato de datos de un indicador



Trazas reconstruidas de datos crudos

Figura 8. Consulta de la situación de aprendizaje

Se observó que el desempeño efectivo del profesor en este tipo de actividades está sujeto a las habilidades y destrezas que tenga frente a la cultura digital y pedagógica requerida. Por ejemplo, cada sesión debe ser preparada previamente en la definición del dominio de aprendizaje, utilizando una semántica clara y acorde con la

manera en la que fueron introducidos los conceptos en clase; en la identificación de los objetivos de aprendizaje; en la identificación de los perfiles de los estudiantes participantes y del nivel de conocimiento con el que ingresan a la práctica, e igualmente y con la misma importancia, en la búsqueda de posibles nuevos objetos de aprendizaje que puedan complementar las acciones durante el tiempo de ejecución de la tutoría, teniendo en cuenta un balance para cubrir todos los estilos de aprendizaje involucrados, con el fin de que esta variable no se convierta en camisa de fuerza a la hora de definir el *mensaje* tutorial.

La efectividad en el uso de los indicadores puede ser mayor si el profesor/tutor ha participado previamente en la definición de las necesidades de observación (diseño de los indicadores) que requiere para su sesión.

Con relación al desempeño de los estudiantes

La motivación para llevar a cabo la experiencia fue relativa e influenciada por variables como el nivel de conocimiento del dominio, las preferencias, la disponibilidad para el uso correcto del tiempo programado, el deseo por adquirir o mejorar las competencias en programación en Java, el estilo de aprendizaje, los medios tecnológicos de acceso, las políticas institucionales para evaluación del curso, etc.

Por ejemplo, como en general la experiencia no tenía más *incentivo* que el deseo individual de cada estudiante por desarrollar buenas prácticas en programación, algunos estudiantes no se responsabilizaron de participar en la actividad completamente porque prefirieron dedicarle más tiempo a aquellas por las que sí recibirían una *calificación*.

Los estudiantes tutorizados en general trabajaron correctamente y trataron de lograr al máximo los objetivos de aprendizaje propuestos.

Con relación al desempeño de la plataforma y del UTL

Se observó que la relevancia de los indicadores debe mejorar. Hubo mucha información generada a través de estos que no fue utilizada por los profesores/tutores debido a que algunos de ellos no participaron directamente en la fase de diseño de las necesidades de observación antes de ejecutar la sesión.

El nivel de conocimiento actualizado con patrones ofrecidos por los indicadores, en un momento dado puede ayudar a determinar factores para el secuenciamiento del currículo de la experiencia, por ejemplo, el nivel de dificultad de los problemas, el tipo de competencia, el número de problemas a resolver, etc.

El *número de problemas resueltos* puede ser un buen indicador resultante de la evaluación del logro de los objetivos de aprendizaje.

El *tiempo de inactividad* en el escenario propio de resolver el problema de programación propuesto, puede ser un buen indicador para determinar las actividades *extra-curriculares* que haya realizado el estudiante para completar el conocimiento requerido. Por ejemplo, si se analizaran las trazas del servidor proxy, se podría determinar si el estudiante estuvo navegando sobre los objetos de aprendizaje propuestos o si realizó una búsqueda por su cuenta de algunos otros, etc. La efectividad de unos u otros en el logro del aprendizaje se podría inferir del número de visitas realizadas o del tiempo de duración de las mismas. Y, si por el contrario, no hay registro de este tipo de navegación, se podría identificar si se estuvieron consultando las ayudas propuestas en el entorno o si simplemente y por descarte, el estudiante o estuvo revisando las notas de clase o estuvo realizando actividades ajenas al caso de estudio.

El número de indicadores por *bajo rendimiento* generados durante la resolución de cada problema, se redujo cuando el estudiante puso en práctica la tutoría recibida. Esta situación pudo ser identificada por los profesores/tutores para comprobar la efectividad de sus acciones.

El rendimiento del UTL en el cálculo de indicadores fue excelente, sin embargo se recomienda el manejo de grupos no mayores a 15 estudiantes en cualquier modalidad educativa y para acciones tutoriales sincrónicas si la cantidad de indicadores a calcular es considerable.

Con respecto a la identificación de elementos para procesos de reingeniería

La definición de los objetivos de aprendizaje se debe mejorar en estructura y claridad. Muchos estudiantes no entendieron por ejemplo, cómo utilizar efectivamente el tiempo asignado para la resolución de cada problema, cómo se evaluaría su desempeño para avanzar en el currículo, en qué consistía exactamente el *resolver el*

problema fuera de obtener unos valores específicos, etc. Esto se pudo deducir de las acciones tutoriales realizadas.

El tiempo de descanso (*coffee break*) para profesores/tutores y estudiantes se debe determinar claramente al comienzo de la sesión, esto permitirá el detener y arrancar el cálculo de los indicadores de acuerdo a la disponibilidad de los participantes.

La descripción de los problemas (estructuración del dominio) se debe mejorar considerando la misma semántica utilizada en las clases para introducir los conceptos, por ejemplo, el problema relacionado con la *redefinición del método Equals* fue muy complicado de entender, la mayoría de las acciones tutoriales estuvieron encaminadas a la explicación del mismo. Se detectaron en los estudiantes ciertas misconcepciones relacionadas con este proceso.

Los problemas se deben poder asignar dinámicamente teniendo en cuenta la evolución de los indicadores relativos al nivel de conocimiento del estudiante. Esto evitará los intentos de *copia y pegue* en las soluciones y orientará la actividad en la definición de caminos de navegación según el índice de desempeño de los estudiantes.

La interface Hop3x del profesor debe permitir la distribución de la información manejada a través de dos monitores con el fin de ofrecer comodidad en la consulta de las variables del contexto en el momento de la construcción y empaquetamiento del mensaje tutorial.

La acción tutorial debe poder reutilizarse en la sesión de manera selectiva por tipo o grupo de estudiantes con patrones de comportamiento similares.

Conclusiones y trabajo futuro

El lenguaje UTL es una herramienta versátil que puede ser utilizada para tareas complejas derivadas del análisis de trazas como el modelado del usuario, modelado del contexto y muchos otros procesos que involucren gran tratamiento de información. En los sistemas de aprendizaje mediados por TIC, se puede utilizar a manera de capa transparente para llevar a cabo procesos de personalización y clasificación considerando información recolectada en trazas. Su arquitectura basada en formatos de datos XML puede ser procesada fácilmente por sistemas de cómputo sin tener que considerar esquemas complejos de bases de datos.

Un caso de estudio relacionado con el modelado del contexto para ofrecer tutoría adaptativa sincrónica en ambientes de aprendizaje mediados por TIC, fue presentado como herramienta para involucrar a profesores/tutores en procesos de reingeniería de sus escenarios pedagógicos. Variables como el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento frente al dominio de aprendizaje de la programación en Java, fueron considerados como elementos básicos para definir las necesidades de observación requeridas en el análisis de trazas y la generación de los indicadores de tutoría.

Los resultados de la experiencia ofrecieron posibilidades de mejoramiento de los productos de investigación relacionados con la construcción de escenarios pedagógicos abiertos y dinámicos para sistemas adaptativos de aprendizaje basados en TIC.

Actualmente se llevan a cabo a través de los proyectos (PEDALO) y (REDiM) acciones para la formalización de este proceso de modelado del contexto con el fin de ofrecer una manera uniforme de especificar modelos, conceptos, subconceptos, relaciones, propiedades y hechos que permitan compartir el conocimiento contextual y reutilizar su información básica.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos de investigación REDiM y PEDALO de la Universidad de Maine (Francia) (Université du Maine) por el soporte financiero a este investigación y a los estudiantes de doctorado y profesores del Laboratoire-d-Informatique (LIUM) que de una u otra manera estuvieron involucrados en los experimentos llevados a cabo para el desarrollo del caso de estudio presentado.

Bibliografía

- Ariza, C. (2006). Application of a context model in context-aware mobile government services. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação. Universidade do Minho, Portugal.
- Bruner, J. S. (1983). *Child's talk*. New York: W. W. Norton.

- Choquet, C. & Iksal, S. (2007). Modeling tracks for the Model Driven Reengineering of a TEL System. *Journal of Interactive Learning Research*, 18 (2), 161-184.
- Després, C. (2001). Modélisation et Conception d'un Environnement de Suivi Pédagogique Synchronique d'Activités d'Apprentissage à Distance, (Thèse de Doctorat), France.
- Felder, R. (1996). Matters of Style. *ASEE Prism*, 6(4), 18-23.
- Felder, R. (2010a). Richard Felder's Education-Related Publications. Recuperado de http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Education_Papers.html#Tests
- Harrer, H., Martinez-Mones A., & Dimitracopoulou A. (2009). Users' data: collaborative and social analysis, *Technology-Enhanced Learning – Principles and Products*. En N. Balacheff, S. Ludvigsen, T.de Jong, A. Lazonder, Sally B., L. Montandon (Eds.), *Dordrecht : Springer Verlag* (pp. 175-193).
- ILS: Index of Learning Styles. Recuperado de <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSpage.html>.
- Interaction and collaboration analysis supporting teachers' and students' self-regulation. (2004). ICALTS JEIRP delivers 1, 2 and 3. Recuperado de <http://www.rhodes.aegean.gr/ltee/kaleidoscope-icalts>.
- Interaction analysis supporting participants in Technology-Based Learning activities. (2005). IA JEIRP delivers 1, 2 and 3. Recuperado de <http://www.rhodes.aegean.gr/ltee/kaleidoscope-ia>.
- Koper, R. (2001). Modeling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical metamodel behind EML. Netherlands: OUNL Technical report, Heerlen.
- LIUM. (s.f). Recuperado de <http://sciences.univ-lemans.fr/L-I-U-M-Laboratoire-d-Informatique>.
- Pedalo. Research project at LIUM lab: support to learning Java programming by the Hop3X environment. France: Université du Maine.
- Peña, C.I. (2008). Adaptive and assisted educational hypermedia. VDM Verlag Dr.Müller e.K.
- Pham, T. N. D.; Iksal, S. & Choquet, C. (2010). Re-engineering of pedagogical scenarios using the Data Combination Language and Usage Tracking Language. The 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.

REDiM: réingénierie des EIAH dirigée par les modèles : research project at LIUM Lab.

Frances: Université du Maine.

Université du Maine. <http://www.univ-lemans.fr/fr/index.html>



Clara Inés PEÑA DE CARRILLO was Co-founder and past Scientific Director of the *Centro de Tecnologías de Información y Comunicación – CENTIC*, of the Universidad Industrial de Santander (Colombia), a pioneer LatinAmerican research center created to support innovation in higher education by Technology Enhanced Learning environments (blended and distance education modalities). She is PhD in Information Technologies and her professional activities have been centered in research, development and innovation in Software Engineering for education, specially topics related to distributed systems, intelligent systems, adaptive and assisted e-learning, context modeling and in general all concerning the instructional engineering. She has published a number of scientific articles in national and international conferences and magazines and participated in many technical and scientific committees.

Full name: Clara Inés PEÑA DE CARRILLO

Postal mail address:

Universidad Industrial de Santander
División de Servicios de Información
Carrera 27 Calle 9 Ciudad Universitaria
Bucaramanga, Colombia

e-mail: clarenes@uis.edu.co

web-site: <http://torcaza.uis.edu.co/~clarenes>



Christophe CHOQUET is PhD and Computer Science Professor. He leads the TEL Engineering research team of the LIUM laboratory of the University of Maine (France). He is specialized in Technology Enhanced Learning Engineering and Reengineering. His research is actually focused on processes for modeling and analyzing users' tracks in TEL system for adaptation, adaptability and reengineering purposes. He is particularly concerned by the support of teachers who are involved in the design of a

TEL system or the tutoring. He is author of more than sixty scientific publications and member of international conferences and journals scientific committees.

Full name: Christophe CHOQUET

Postal mail address:

LIUM – IUT de Laval
52, rue des docteurs Calmette et Guérin
53020 Laval Cedex 9
France

e-mail: christophe.choquet@lium.univ-lemans.fr

web-site: <http://www-lium.univ-lemans.fr/~choquet/>