

# *Soporte de Dependencias en Modelado Computacional de Unidades Didácticas en base a la Propuesta Gráfica PoEML\**

**Manuel Caeiro, Jorge Fontenla, Martín Llamas, Luis Anido**

Universidad de Vigo  
Departamento de Enxeñería Telemática, E.T.S.E. de Telecomunicación  
{mcaeiro; jfontenla; martin; lanido}@det.uvigo.es

**Resumen:** Este artículo trata sobre un lenguaje, PoEML (*Perspective-oriented EML*), y una herramienta de autoría gráfica para soportar la creación de modelos computacionales de unidades didácticas. Los EMLs (*Educational Modelling Languages*) están destinados a permitir la creación de modelos de unidades didácticas. La idea principal que subyace a PoEML es descomponer dicho modelado en partes separadas que puedan ser especificadas como entidades independientes. En correspondencia, el modelo de cada una de las partes puede ser representado mediante una notación diferente, involucrando elementos y relaciones específicas. Un punto clave en la aproximación de PoEML es la gestión de dependencias entre las partes identificadas, dada que una separación completa entre partes no ha sido posible. Para ello se han identificado las posibles dependencias y se propone la distinción entre dos tipos de partes: perspectivas y aspectos. En el artículo se indica como la herramienta de autoría gráfica, denominada JPoEML, permite la autoría de modelos en base a la utilización de varios diagramas y facilita el control de dependencias entre partes.

**Palabras clave:** EML, Modelado, Unidades Didácticas, Separación de Asuntos, Dependencias.

**Abstract:** This paper is about a language, PoEML (*Perspective-oriented EML*), and a graphical authoring tool to support the creation of computational models of educational units. EMLs (*Educational Modelling Languages*) are devoted to support the modelling of educational units. The main idea underlying PoEML is to break down this modelling into separate parts that can be specified as independent entities. In correspondence, the model of each part can be represented by a different notation, involving specific elements and relations. A key point in the PoEML approach is the management of dependencies among the identified parts, as a perfect separation between the different parts have not achieved. This problem has been solved through the identification of the possible dependencies among parts and the proposal of two different types of parts: perspectives and aspects. This paper introduces how the graphic authoring tool, named as JPoEML, supports the authoring of models through the use of several diagrams and facilitates the control of dependencies among perspectives.

**Key words:** EML, Modelling, Learning Units, Separation of Concerns, Dependencies.

## 1. Introducción

Cuando un arquitecto tiene que diseñar un nuevo edificio suele empezar con algún boceto sobre las

partes y estructura del mismo. Después irá refinando y elaborando este primer boceto trabajando con un modelo gráfico que irá refinando a partir del boceto inicial. Este modelo debe ser entendible por el cliente

---

\* Artículo seleccionado del IX Simposio Internacional de Informática Educativa SIIE, celebrado del 14 al 16 de Noviembre de 2007, (Oporto, Portugal 2007), extendido y revisado para su publicación en IE Comunicaciones.

de forma que pueda discutir con el arquitecto sobre las características de su propuesta hasta llegar a un diseño definitivo. Después, el mismo u otro modelo gráfico será utilizado durante la construcción del edificio. Como se puede reconocer la utilización de modelos gráficos es una parte principal de los distintos trabajos que se requieren para la construcción de edificios. Se podría realizar un análisis similar en otros dominios: construcción naval, composición e interpretación musical, desarrollo de software, etc. En cualquiera de ellos los modelos gráficos son utilizados de tres formas principales: (i) durante la realización del **diseño** de soluciones; (ii) para permitir la **comunicación** entre las partes interesadas; y (iii) durante el **desarrollo** efectivo de la solución.

También en el dominio educativo se están planteando la utilización de modelos gráficos [Botturi et al. 06]. La mayor utilización de las *Tecnologías de la Información y la Comunicación* (TICs), junto con el interés por distintas aproximaciones pedagógicas (e.g., basadas en la colaboración, basadas en la práctica) plantea requisitos cada vez más complejos para el desarrollo de unidades didácticas (e.g., un curso con una parte teórica y otras prácticas, un seminario con presentaciones y debates, unas prácticas de desarrollos de proyectos en grupo).

Para permitir la consecución de unidades didácticas de calidad se han planteado varias propuestas basadas en la utilización de modelos. En particular, los *Lenguajes de Modelado Educativo* (EMLs: *Educational Modeling Languages*) [Koper 01] han sido propuestos para permitir el modelado computacional de unidades didácticas, aunque no específicamente centrados en facilitar los procesos de diseño y desarrollo de las mismas, sino principalmente para permitir el intercambio (comunicación) de modelos entre herramientas de autoría y ejecución. Actualmente, existe un estándar de facto de estos lenguajes: IMS-LD (*IMS Learning Design*). La finalidad principal de IMS-LD [Koper et al. 03] es permitir la creación de modelos de unidades didácticas computacionales, de forma que el desarrollo de unidades didácticas pueda ser controlado y soportado a través de sistemas TICs. Este estándar no realiza ninguna propuesta de representación gráfica para dichos modelos.

En este artículo se presenta la utilización de una herramienta de autoría basada en un nuevo EML para permitir la creación de modelos computacionales y gráficos de unidades didácticas. La característica más peculiar del lenguaje propuesto es su aproximación basada en la “separación-de-asuntos” [Caeiro-Rodríguez et al. 06]. Las necesidades de modelado se han dividido en un conjunto de partes, denominadas como **perspectivas** y **aspectos**, que pueden ser abordadas por separado. Las **perspectivas** permiten una aproximación similar a la utilización de distintos planos en el diseño de edificios (e.g., planos estructurales, de división plantas, de las instalaciones eléctricas, etc.). De forma transversal con las perspectivas se proponen otras partes, denominadas como **aspectos**, que se ocupan de cuestiones que afectan a las perspectivas. Mediante la separación en perspectivas y aspectos se controla la complejidad del modelado, pues cada uno de ellos se centra en un conjunto de problemas concreto. El EML así propuesto se denomina PoEML (*Perspective-oriented EML*). Este lenguaje presenta una notación gráfica que permite la creación de modelos en base a la descomposición en perspectivas y aspectos, utilizando diagramas propios con elementos y relaciones particulares para cada una de estos asuntos. Para facilitar la utilización del lenguaje se ha desarrollado una herramienta de autoría denominada JPoEML, con la que se permite la creación gráfica de modelos de unidades didácticas utilizando esta notación.

Una cuestión importante de PoEML es que no se ha conseguido independencia total entre todas las perspectivas y aspectos. Por el contrario, se reconocen dependencias que surgen de la enorme variedad de combinaciones que se pueden desarrollar en las unidades didácticas (de acuerdo a distintas aproximaciones pedagógicas y a la utilización de diferentes tecnologías). Estas dependencias conducen a que las especificaciones que se pueden realizar en una perspectiva se vean restringidas o condicionadas a las especificaciones que se han hecho en otras perspectivas. En particular, la identificación de los aspectos se realiza para facilitar la gestión de dependencias cruzadas entre las distintas perspectivas, dependientes del valor de las propiedades de los elementos o de los eventos que se puedan producir. De forma adicional, se tienen en cuenta otras dependencias remanentes que han sido

identificadas y descritas en el desarrollo del lenguaje [Caeiro 07b]. En JPoEML se ha intentado facilitar en la medida de lo posible el control de estas dependencias. Este control se consigue a través de representaciones gráficas específicas de las perspectivas con dependencias.

El resto del artículo se organiza como sigue. A continuación se introducen los EMLs en general. Después, en la sección 3, se presenta PoEML, prestando especial atención a su separación en perspectivas y aspectos. En la Sección 4 se presenta la herramienta de autoría gráfica JPoEML, centrandó la descripción en el soporte de las dependencias entre perspectivas. Para finalizar se incluyen algunas conclusiones.

## 2. Lenguajes de Modelado Educativo

Los EMLs han sido propuestos con el propósito de soportar el modelado de unidades didácticas con independencia de su aproximación pedagógica y de la tecnología utilizada. Para ello, estos lenguajes se basan en la caracterización de actividades: el modelo de cualquier unidad didáctica se desarrolla en base a las actividades que hay que realizar en la misma. Sobre cada actividad se tienen en cuenta los elementos que participan y la coordinación que debe realizarse entre ellos para que se produzcan determinadas interacciones, con las que se espera que finalmente se consiga aprendizaje. De esta forma, abstrayéndose de la pedagogía y la tecnología para centrarse en las actividades, es posible modelar distintas unidades didácticas permitiendo el desarrollo de distintas aproximaciones pedagógicas y utilizando distintas tecnologías.

Los EMLs se presentan de acuerdo a un meta-modelo formal de elementos y relaciones que determinan su sintaxis y semántica<sup>1</sup>. En el caso concreto de IMS-LD, considerado actualmente como el EML estándar, el meta-modelo se organiza en torno a un **esquema básico de Actividad** en el que están involucrados tres componentes principales: (i) los **Objetivos** que tienen que ser alcanzados en cada Actividad, que normalmente están asociados con un

resultado (e.g., la solución a un problema, la memoria de un trabajo); (ii) el(los) **Participante(s)** que tienen que realizar la Actividad (e.g., alumnos y docentes); y (iii) el **Entorno** compuesto por artefactos, aplicaciones y servicios (e.g., objetos de aprendizaje) en el que la Actividad tiene que ser realizada. Estos tres elementos constituyen la estructura básica de los EMLs existentes y en concreto de IMS-LD. Ahora bien, la mayoría de las unidades didácticas no incluyen una sola Actividad, sino varias Actividades, cada una de ellas con Objetivos, Participantes y Entornos específicos. En este contexto, además de los tres elementos que forman la estructura básica de las Actividades de la unidad didáctica, también se tiene en cuenta el **Orden** en que estas Actividades tienen que realizarse y la **Asignación** de Participantes a Actividades.

En IMS-LD se sigue una metáfora teatral para permitir modelar el Orden entre Actividades y la Asignación de participantes. Una unidad didáctica puede incluir una o varias **Obras**, que se desarrollan en paralelo; cada Obra se compone de uno o varios **Actos**, que se desarrollan en secuencia; y cada Acto de una o varias **Partes-de-Rol** en las que se asigna un Participante a una Actividad y que pueden ser realizadas en paralelo. Mediante este esquema, IMS-LD permite crear modelos de distintas unidades didácticas a través de una metáfora ampliamente comprensible. Sin embargo, este esquema es muy poco flexible, ya que no se considera la posibilidad de modelar alternativas o variaciones a la especificación realizada. Para ello IMS-LD también considera **propiedades, condiciones** y **notificaciones**, con las que se permite la variación del plan prescrito según la evaluación de condiciones y/o eventos.

Los elementos y relaciones consideradas en este esquema IMS-LD proporcionan una notación para permitir el modelado de unidades didácticas. En la práctica dicha notación se representa utilizando etiquetas XML de acuerdo a un Esquema XML en correspondencia con el meta-modelo de IMS-LD. En este sentido cabe destacar que el propósito principal de este lenguaje es permitir y facilitar el intercambio de modelos entre distintas herramientas TICs. Con el meta-modelo se permite el desarrollo de aplicaciones basadas en las TICs pero IMS-LD no realiza propuestas sobre las interfaces y funcionalidades que

<sup>1</sup> Se denomina meta-modelo porque los elementos y relaciones incluidos en los meta-modelos de EMLs permiten construir otros modelos, los modelos de unidades didácticas.

tienen que proporcionar dichas herramientas. Es en este sentido en el que esta propuesta no atiende a las necesidades de creación y realización de modelos de unidades didácticas.

Siguiendo estas mismos principios se han propuesto otros EMLs. En general se distingue entre lenguajes cuyo interés principal se encuentra en el soporte computacional de los mismos, es decir, su realización, como en Xedu [Buendía 03], CPM [Buendía 03] o la formalización de guiones CSCL [Miao et al. 05] ; y lenguajes que se preocupan por facilitar el diseño, como E2ML [Botturi 03] y MISA-MOT [Paquette 03]. Solamente estos últimos proponen una representación gráfica de los modelos, pero no son procesables computacionalmente.

### 3. PoEML

PoEML (*Perspective-oriented EML*) [Caeiro-Rodríguez et al. 06, Caeiro07a, Caeiro07b] es una propuesta de EML desarrollada siguiendo el principio de **separación-de-asuntos** (*separation-of-concerns*) en el que se tiene en cuenta tanto el soporte computacional (para facilitar realización) como la representación gráfica (para facilitar el diseño). De acuerdo a la aproximación común de los EMLs, se plantea el modelado de unidades didácticas en base a la caracterización de las actividades. La contribución original de esta propuesta se encuentra en que la caracterización de cada actividad, sus elementos y las relaciones entre las distintas actividades se abordan desde el principio de separación-de-asuntos. De esta forma, el modelado se distribuye en varias partes, incluyendo en cada parte elementos y relaciones específicos que se pueden modelar como entidades independientes.

La separación-de-asuntos es un principio básico de diseño para la resolución de problemas complejos que se aplica en numerosos dominios, tales como la arquitectura o el desarrollo software [Parnas 72; Dijkstra 76]. En general la separación-de-asuntos se utiliza para permitir superar las limitaciones de la capacidad cognitiva humana, facilitando el entendimiento de los problemas y su resolución. La aplicación de este principio a los EMLs se traduce en la división de los elementos y relaciones involucrados en las unidades didácticas en varios asuntos, que se

denominan **perspectivas** y **aspectos**, abordando el modelado de cada una de ellos por separado. En cada perspectiva se considera el modelado de un conjunto de elementos y relaciones a través de construcciones particulares y como entidades independientes. En correspondencia también se dispone de una representación gráfica distinta para cada perspectiva y aspecto. En cuanto a los aspectos cabe destacar que tratan de cuestiones que afectan o pueden afectar a distintas perspectivas. Con todo ello las personas involucradas en el diseño y el desarrollo de unidades didácticas pueden realizar su trabajo centrando la atención en cada asunto por separado.

La aplicación del principio de separación-de-asuntos en un escenario ideal debería permitir considerar cada asunto con total independencia de los demás. Sin embargo, las cuestiones involucradas en el modelado de unidades didácticas no han permitido alcanzar una separación total. De forma similar a como en los planos de un edificio pueden existir dependencias entre la instalación eléctrica y las conducciones de gas (por ejemplo, debe haber una separación mínima entre ambas), también existen dependencias entre los asuntos de PoEML debido a las necesidades de modelado de unidades didácticas. El objetivo en este punto ha sido conseguir una separación de asuntos que minimizase las dependencias e identificase con claridad las restantes.

A continuación se presentan en las secciones siguientes la separación en perspectivas de PoEML, la separación en aspectos y las dependencias remanentes entre perspectivas y aspectos. Para finalizar esta sección se presenta la estructura de paquetes principal de PoEML, en el que se pueden observar con claridad las perspectivas y aspectos propuestos.

#### 3.1. Perspectivas

PoEML separa el modelado de unidades didácticas en las siguientes 13 perspectivas: Estructural, Funcional, de Participantes, de Entornos, de Organización, de Herramientas, de Datos, de Autorización, de Percepción, de Interacción, de Orden, Temporal y Causal. Para obtener información sobre todas las perspectivas se recomienda ver [Caeiro-Rodríguez et al. 06, Caeiro 07a, Caeiro 07b]. El interés de este

artículo se centra especialmente en las perspectivas entre las que se producen dependencias: Funcional, de Participantes, de Datos, de Orden y Temporal:

- La **perspectiva Funcional** se ocupa de los Objetivos Funcionales que tienen que realizarse en cada Actividad. Los Objetivos Funcionales permiten indicar a los Participantes qué es lo que tienen que hacer en cada Actividad. Para la caracterización de los Objetivos Funcionales se consideran cuestiones estáticas, como los Parámetros de Entrada y Salida, el carácter obligatorio u optativo; y cuestiones de comportamiento, como las condiciones para poder intentar o completar un Objetivo Funcional. Para los Objetivos Funcionales de una Actividad estas características pueden depender de: (i) los Objetivos Funcionales de sus Sub-actividades (e.g., la parte práctica de una asignatura requiere la realización de dos tercios de las prácticas propuestas); (ii) los Objetivos Funcionales de otras Actividades al mismo nivel (e.g., para poder intentar el cuestionario es necesario haber visto antes todas las lecciones); o (iii) de otros elementos (e.g., los alumnos que vienen de Formación profesional no tienen porque realizar las 3 primeras prácticas).
- La **perspectiva de Participantes** se ocupa de los Participantes que deben involucrarse en cada Actividad. Sin embargo, no se caracterizan personas concretas, sino los Roles que indican el papel que deben desempeñar los participantes asignados a la Actividad. Debido a la estructuración en Actividades de las unidades didácticas y teniendo en cuenta que cada Actividad puede requerir la participación de distintos Roles es necesario considerar la forma en que los participantes de una Actividad se transfieren a los Roles de cada una de sus Sub-actividades. Por tanto, en esta perspectiva se considera la caracterización de cuestiones estáticas, como la estructura de Roles compuestos (es decir, grupos), o los Atributos que se deben mantener de cada Rol (e.g., datos personales, calificaciones); y cuestiones dinámicas, como la transferencia de participantes entre Roles (por ejemplo: la asignación de alumnos a grupos de laboratorio).
- La **perspectiva de Datos** se ocupa de la caracterización de los Elementos de Datos y de la

transferencia de datos entre dichos elementos. Hay varios elementos que pueden incluir Elementos de Datos en una unidad didáctica: las Actividades tienen Variables, los Objetivos Funcionales tienen Parámetros de Entrada y de Salida, los Roles tienen Atributos y los Entornos Artefactos. Tanto las Variables, como los Parámetros, como los Atributos y los Artefactos son finalmente Elementos de Datos. En esta perspectiva se considera el modelado de las características estáticas de estos Elementos de Datos, como el tipo o los valores iniciales, así como la transferencia de datos entre Elementos. Por ejemplo: transferencia de las respuestas de un Objetivo de realización de un examen, en donde son un Parámetro de salida, a un Objetivo de evaluación, en las que se requieren como Parámetro de Entrada.

- La **perspectiva de Orden** se ocupa del orden en qué deben realizarse las Sub-actividades de una Actividad. Hasta esta perspectiva solo la Perspectiva Funcional permite indicar qué Objetivos Funcionales pueden intentarse. Estas restricciones de intento pueden utilizarse para fijar un cierto orden entre Actividades. Sin embargo, aún no se ha considerado la posibilidad de establecer un orden determinado entre Actividades que permita considerar ordenaciones alternativas o formas más complejas de orden como bucles. La finalidad de la Perspectiva de Orden es permitir considerar estas formas de orden complejas, complementarias de la restricción de acceso que da lugar a la secuenciación entre actividades, y permitir indicar especificaciones de orden alternativas para una misma unidad didáctica. Un ejemplo de esta perspectiva son los distintos itinerarios que se suelen plantear en algunos libros docentes.
- La **perspectiva Temporal** considera el momento de inicio y finalización de las Sub-actividades de una Actividad. De esta forma se complementa la Perspectiva de Orden en las que se considera el inicio de Sub-actividades en relación con el inicio y la finalización de otras Sub-actividades. En esta perspectiva se permite señalar el inicio y la finalización de Actividades en relación con instantes temporales absolutos o relativos al acontecimiento de ciertos eventos.

Es importante señalar que estas cinco perspectivas permiten considerar cuatro flujos de elementos muy importantes en las unidades didácticas:

- El **flujo funcional** entre Objetivos Funcionales, en el que se determina la posibilidad de intentar cada uno de los Objetivos funcionales en función del estado de los otros Objetivos.
- El **flujo de participantes**, en el que se determina el Participante o Participantes asignados a cada Rol en cada Actividad a través de la transferencia de participantes entre Roles de Actividades.
- El **flujo de datos**, en el que se determina la transferencia de datos entre Elementos de Datos. Estos Elementos de Datos pueden representar Variables, Atributos, Propiedades o Artefactos.
- El **flujo de control**, en el que se determina la Actividad que puede/tiene realizarse en cada momento. Esta determinación se realiza a través de las perspectivas de Orden y Temporal.

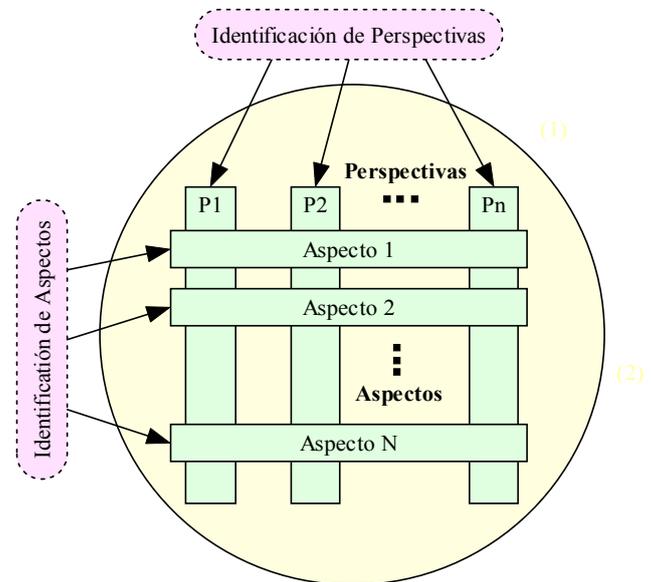
Como se verá en la Sección 3.3, estos flujos son los responsables de que existan algunas dependencias entre algunas perspectivas.

### 3.2. Aspectos

Además de plantear la separación en 13 perspectivas, PoEML propone también la separación del modelado de unidades didácticas en 4 **aspectos**. Se trata de una separación en la que se reconocen distintas formas de control. Los aspectos involucran cuestiones que afectan a las características estáticas y/o de comportamiento de otros asuntos, bien perspectivas o aspectos, ver Figura 1. En este sentido se trata de cuestiones similares a los asuntos entrecruzados (*cross-cutting concerns*) de la *Programación Orientada a Aspectos* (AOP) [Elrad et al. 01]. Por ello se han denominado aspectos.

Cada aspecto se relaciona con una posibilidad de **control** durante la realización de la unidad didáctica, en base a las posibles alternativas incluidas en el mismo durante el diseño. En este sentido los aspectos se utilizan para decidir la realización de adaptaciones o cambios. Los cuatro aspectos identificados, ver Figura 2, se plantean desde una posibilidad de cambio nulo (Aspecto de Constantes) a otra que se considera

máxima, en la que se requiere la actuación de participantes (Aspecto de Toma de Decisiones).



**Figura 1.** Relación entre perspectivas (en vertical) y aspectos (en horizontal) en PoEML

A continuación se describen los cuatro aspectos de PoEML:

1. El **Aspecto de Constantes** es el aspecto más básico en cuanto a las posibilidades de realizar cambios. Este aspecto es necesario para permitir la especificación de cuestiones que no cambian ni deben cambiar en los modelos de unidades didácticas durante su realización. El reconocimiento explícito de estas expresiones facilitará su modelado y la realización de cambios en los modelos de unidades didácticas durante el tiempo de diseño. Un ejemplo: la indicación del número mínimo y máximo de alumnos para la realización de una unidad didáctica. Estos dos valores se pueden indicar en sendas Expresiones Constantes que serán referenciadas desde las partes del modelo donde sea necesario conocer su valor.
2. El **Aspecto de Condiciones** trata sobre la posibilidad de determinar cuestiones estáticas o de comportamiento de las unidades didácticas en base al contenido de Elementos de Datos. Las características que se pueden determinar en base a expresiones de condición son muy variadas. Por ejemplo: las restricciones de entrada y de salida de

los Objetivos Funcionales en función de los datos del perfil de los participantes; el número de alumnos por grupo de laboratorio en función del número total de alumnos de un curso, la aplicación de una especificación de orden o no en base a los resultados obtenidos por los alumnos, etc. Este aspecto permite tener en cuenta todas las dependencias cruzadas que se puedan considerar entre elementos de distintas perspectivas en las que se tengan que evaluar Elementos de Datos.

3. El **Aspecto de Señales** trata sobre la posibilidad de determinar cuestiones estáticas o de comportamiento de las unidades didácticas en base a señales que se producen durante el tiempo de ejecución. En este aspecto se considera la posibilidad de definir Expresiones de Señalización en las que se indica un momento temporal o una restricción sobre un periodo temporal en base a una señal que se produce durante el tiempo de ejecución. Un ejemplo de este aspecto es: cada vez que un alumno cause un fallo crítico en la operación de un simulador debe invitársele a iniciar una tutoría. A diferencia del Aspecto de Condición en el que las expresiones se pueden evaluar en momentos concretos, por ejemplo, los requisitos de entrada a un Objetivo Funcional en el momento en el que se intenta iniciar dicho Objetivo, en el caso de las señales no es posible prever cuando se van a producir y por tanto evaluar.
4. El **Aspecto de Toma de Decisiones** trata sobre la posibilidad de determinar cuestiones estáticas o de comportamiento de las unidades didácticas en base a decisiones que tienen que ser tomadas por determinados participantes en tiempo de ejecución. Las tomas de decisión se pueden aplicar a distintas cuestiones, desde el contenido de un Elemento de Datos (e.g., la calificación de un alumno), pasando por la generación de una señal (e.g., para finalizar una actividad), hasta la elección de un participante de entre varios (e.g., asignar alumnos a grupos de laboratorio). Mediante esta posibilidad se mejoran las posibilidades de adaptación de las unidades didácticas y su utilización por participantes no expertos, ya que los posibles puntos de control se reconocen de forma explícita. Por ejemplo: en un curso se incluye una sección de repaso que el profesor puede decidir incluir o no si lo considera oportuno.

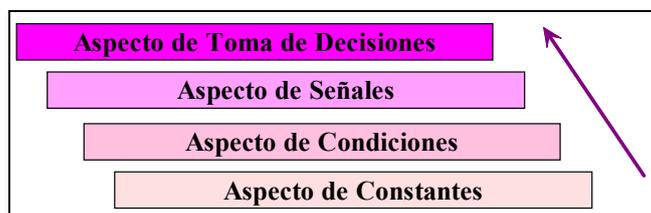


Figura 2. Aspectos identificados en PoEML ordenados de menor a mayor posibilidad de cambio

### 3.3. Dependencias entre Perspectivas

A pesar del intento de separación para que en cada perspectiva y aspecto se considerasen cuestiones independientes de las de otras perspectivas y aspectos, ha sido inevitable la persistencia de algunas dependencias. Estas dependencias entre asuntos provocan que en el modelado de algunas perspectivas se deba tener en cuenta el modelado realizado en otras.

En PoEML se identifican tres tipos de posibles dependencias entre perspectivas:

- **Dependencias de estructura.** Se refieren a las dependencias derivadas de la inclusión en los componentes de un elemento de un asunto elementos de otro asunto. Estas dependencias muestran las relaciones de composición que se establecen entre los elementos de distintos asuntos. Para cada asunto se indican los otros asuntos que se requieren para su especificación.
- **Dependencias de referencia.** Estas dependencias indican las relaciones de referencia que se pueden incluir en elementos de cada asunto de una fila sobre elementos los asuntos señalados en las columnas. Estas relaciones de referencia solo afectan al comportamiento de los asuntos.
- **Dependencias de comportamiento.** Estas dependencias se presentan en aquellas perspectivas cuyo comportamiento depende del comportamiento de otras perspectivas.

Sólo las dependencias de comportamiento pueden implicar un riesgo en la utilización de los modelos de unidades didácticas puesto que es posible que durante la ejecución se produzcan situaciones de bloqueo. El resto de dependencias se trata de cuestiones inherentes a la separación en partes del modelado de unidades didácticas. Además, las dependencias de

comportamiento resultan especialmente problemáticas las dependencias de comportamiento dado que su detección no es sencilla y por tanto las ayudas computacionales que se pueden presentar para su gestión involucran una gran complejidad.

En la Tabla 1 muestra las dependencias de comportamiento de un asunto respecto al comportamiento de otro asunto. El comportamiento del asunto en cada fila se ve afectado por el comportamiento del asunto en cada columna. Como se puede comprobar hay cuatro perspectivas (mostradas en gris) que no tienen ningún tipo de dependencia de comportamiento, dado que se ocupan exclusivamente de cuestiones estáticas. Para el resto de perspectivas también es curioso señalar como cada perspectiva depende de sí misma, en el sentido de que en un momento dado su comportamiento anterior

influirá en los sucesos siguientes que se produzcan en la misma. Las dependencias que han centrado el interés de este artículo son:

- El **flujo funcional** y el **flujo de control** presentan una fuerte dependencia entre sí. Su causa principal es que se pueden realizar modelos contradictorios en cada una de las perspectivas, de forma que se produzcan situaciones de bloqueo durante la ejecución. Por ejemplo: dadas dos Actividades A y B, en la Perspectiva Funcional se puede requerir la realización de los Objetivos Funcionales de A antes que se puedan intentar los de B, mientras que en la Perspectiva de Orden se puede requerir la realización de B antes que A. Lo mismo se puede producir con la Perspectiva Funcional y la Perspectiva Temporal.

		Perspectivas											Aspectos					
		Estructural	Funcional	De Participantes	De Entornos	De Organización	De Herramientas	De Datos	De Autorización	De Percepción	De Interacción	De Orden	Temporal	Causal	De Constantes	De Condiciones	De Señales	De Toma de Dec.
Perspectivas	Estructural																	
	Funcional		X								X	X			X	X	X	
	De Participantes			X											X		X	
	De Entornos				X													
	De Organización																	
	De Herramientas																	
	De Datos		X	X				X		X	X	X			X	X	X	
	De Autorización			X					X						X	X	X	
	De Percepción			X						X					X	X	X	
	De Interacción			X							X				X	X	X	
	De Orden		X									X	X		X	X	X	
	Temporal		X									X	X		X	X	X	
	Causal																	
Aspectos	De Constantes																	
	De Condiciones							X		X					X		X	
	De Señales								X						X	X	X	
	De Toma de Decisiones			X											X	X	X	

Tabla 1. Dependencias de comportamiento de PoEML

- El **flujo de datos** depende del **flujo funcional** y **de control**. Estas dependencias se deben a que es posible la transferencia de datos entre Elementos

de Datos incluidos en distintos Objetivos Funcionales. Sin embargo, dicha transferencia debe producirse en relación con el flujo funcional

y el del control. Por ejemplo, si el flujo del control establece que una Actividad A tiene que realizarse antes que otra B, podrán transferirse datos de A hacia B, pero no al revés.

- El **flujo de datos** también depende del **flujo de participantes**. Es posible la transferencia de datos entre Elementos de Datos incluidos en Roles de distintas Actividades. Sin embargo, dicha transferencia debe producirse en relación al flujo de participantes. Por ejemplo, si un alumno en una Actividad pasa a formar parte de un grupo en otra Actividad, las calificaciones asignadas al grupo deben poder trasladarse al alumno.
- Todos los asuntos en los que se consideran cuestiones de comportamiento dependen de su propio comportamiento, por ello presentan dependencias consigo mismos.
- Las dependencias de los aspectos se deben a cuestiones propias de su definición y no plantean dependencias críticas.

Como se ha indicado estas dependencias pueden conducir a situaciones contradictorias y en último término provocar bloqueo. En PoEML se han considerado algunos mecanismos con los que solucionar dichos bloqueos. Algunos de estos mecanismos tratan sobre cuestiones propias de la creación de los modelos y se han llevado a la práctica en la herramienta de autoría gráfica JPoEML.

### 3.4. Estructura de paquetes

PoEML se encuentra estructurado en varios paquetes principales, en los que se incluyen sub-paquetes con elementos específicos. Esta estructuración en paquetes es el reflejo de la aplicación del principio de separación-de-asuntos. En los paquetes principales se dispone un conjunto de elementos comunes que sirven de base para la caracterización de los otros elementos. Dicha caracterización se realiza a través de relaciones de especialización, de acuerdo a una aproximación orientada a objetos.

PoEML se estructura en los siguientes cuatro paquetes principales (ver Figura 3):

- El paquete **Common** agrupa elementos comunes que son utilizados por elementos pertenecientes a

los otros paquetes de PoEML. Por ello, los restantes paquetes presentan dependencias con éste. El paquete Common incluye tres sub-paquetes; entre ellos se encuentra el sub-paquete **Data**, en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de datos.

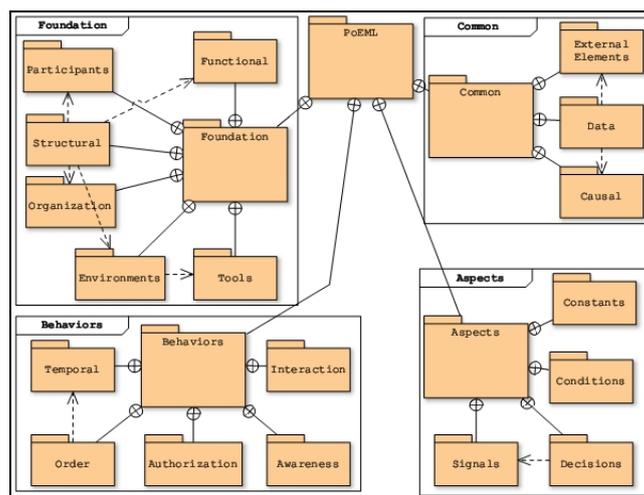


Figura 3. Estructuración en paquetes de PoEML

- El paquete **Aspects** agrupa los elementos relativos al modelado de los aspectos indicados en la sección anterior. Los elementos de este paquete dependen para su definición del paquete Common. El paquete Aspects agrupa cuatro sub-paquetes: el sub-paquete **Constants** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de expresiones constantes, el sub-paquete **Conditions** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de expresiones de condición, el sub-paquete **Signals** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de Expresiones de Señalización, y el sub-paquete **Decisions** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de expresiones de toma de decisión.
- El paquete **Behaviors** agrupa los elementos relativos al modelado de las perspectivas que se ocupan exclusivamente de cuestiones de comportamiento. Los elementos de este paquete dependen para su definición de elementos considerados en los dos anteriores. Este paquete posee cinco sub-paquetes, entre los que mencionamos el sub-paquete **Temporal** en el que

se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de especificaciones temporales, y el sub-paquete **Order** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de especificaciones de orden.

- El paquete **Foundation** agrupa los elementos principales del modelado de unidades didácticas. En este paquete se incluye el modelado del resto de las perspectivas que son consideradas como fundacionales. En este paquete se realiza la integración de las cuestiones modeladas en los otros paquetes por lo que presenta dependencias para su definición con ellos. En este paquete hay incluidos seis sub-paquetes, pero para los propósitos de este artículo destacamos el sub-paquete **Functional** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de objetivos funcionales y relaciones entre objetivos funcionales, el sub-paquete **Participants** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de roles y relaciones entre roles, y el sub-paquete **Structural** en el que se incluyen elementos y relaciones para permitir el modelado de escenarios educativos.

#### 4. JPoEML: Herramienta de Autoría Gráfica

JPoEML (Java-PoEML) es una aplicación de autoría que permite la creación de modelos gráficos de unidades didácticas de acuerdo a PoEML. En su concepción se ha tenido en cuenta la separación en perspectivas y aspectos propuesta en el lenguaje, considerando para cada uno de ellos una interfaz apropiada, con elementos y relaciones específicos. El desarrollo de JPoEML se ha realizado utilizando Netbeans con varias librerías gráficas (jGraph, Swing, L2FProd). Puede encontrarse más información en <http://www.poeml.com>.

En la Figura 4 se muestra la interfaz general de la aplicación. Se distinguen tres paneles. Un panel principal que se sitúa en el centro y dos paneles secundarios situados en el lado derecho. En el panel central se realiza la representación gráfica de cada una de las perspectivas. Mediante las pestañas disponibles en la parte inferior de este panel se permite cambiar entre cada una de las perspectivas. En la parte izquierda de este panel se dispone de otras

pestañas con las que se puede cambiar entre cada uno de los aspectos. Al lado de estas pestañas verticales se dispone el panel de herramientas gráficas específico para cada perspectiva. El usuario de la herramienta puede utilizar estos elementos para crear el modelo gráfico en la perspectiva que tenga seleccionada. El panel superior del lado derecho proporciona una representación en árbol de la estructura del modelo de la unidad didáctica. En este árbol se incluyen todos los elementos que forman parte de un modelo de la unidad didáctica agrupados en Actividades. El panel inferior del lado derecho es un panel de propiedades y se utiliza para mostrar información relativa al elemento que se tenga seleccionado. En la figura se muestra la representación gráfica de la perspectiva Estructural. Para cada Actividad de una unidad didáctica se incluye un diagrama de este tipo con los elementos que se agrupan en la misma. En el árbol del panel superior derecho también se muestra una representación de la perspectiva estructural, incluyendo todas las Actividades del curso.

El propósito de este artículo no es mostrar la representación gráfica de PoEML en las distintas perspectivas. Para ello se recomienda el capítulo indicado en [Caeiro 07b]. En su lugar en este artículo se presenta la herramienta JPoEML que facilita la utilización de dicha representación. Un punto clave ha sido el modelado de las perspectivas con dependencias.

##### 4.1. Perspectiva de Datos en Relación al Flujo Funcional

Para la creación de modelos en la Perspectiva de Datos se tiene en cuenta la especificación del modelo en la Perspectiva Funcional, en concreto la especificación del flujo funcional. El flujo funcional permite representar las dependencias entre Objetivos Funcionales. Hay dos tipos de dependencias:

- Las **dependencias de Intento** se pueden establecer entre un Objetivo Funcional y otros Objetivos Funcionales al mismo nivel. Estas dependencias permiten señalar las condiciones que es necesario satisfacer para poder intentar un Objetivo. En particular se puede requerir que para intentar un Objetivo sea necesario haber intentado y/o completado otro Objetivo.

- Las **dependencias de Completitud** se pueden establecer entre un Objetivo Funcional y otro Objetivo Funcional a nivel superior. Estas dependencias permite señalar las condiciones que es necesario satisfacer para poder completar el

Objetivo de nivel superior. En particular se puede requerir que para que se complete un Objetivo sea necesario haber intentado y/o completado otros Objetivos.

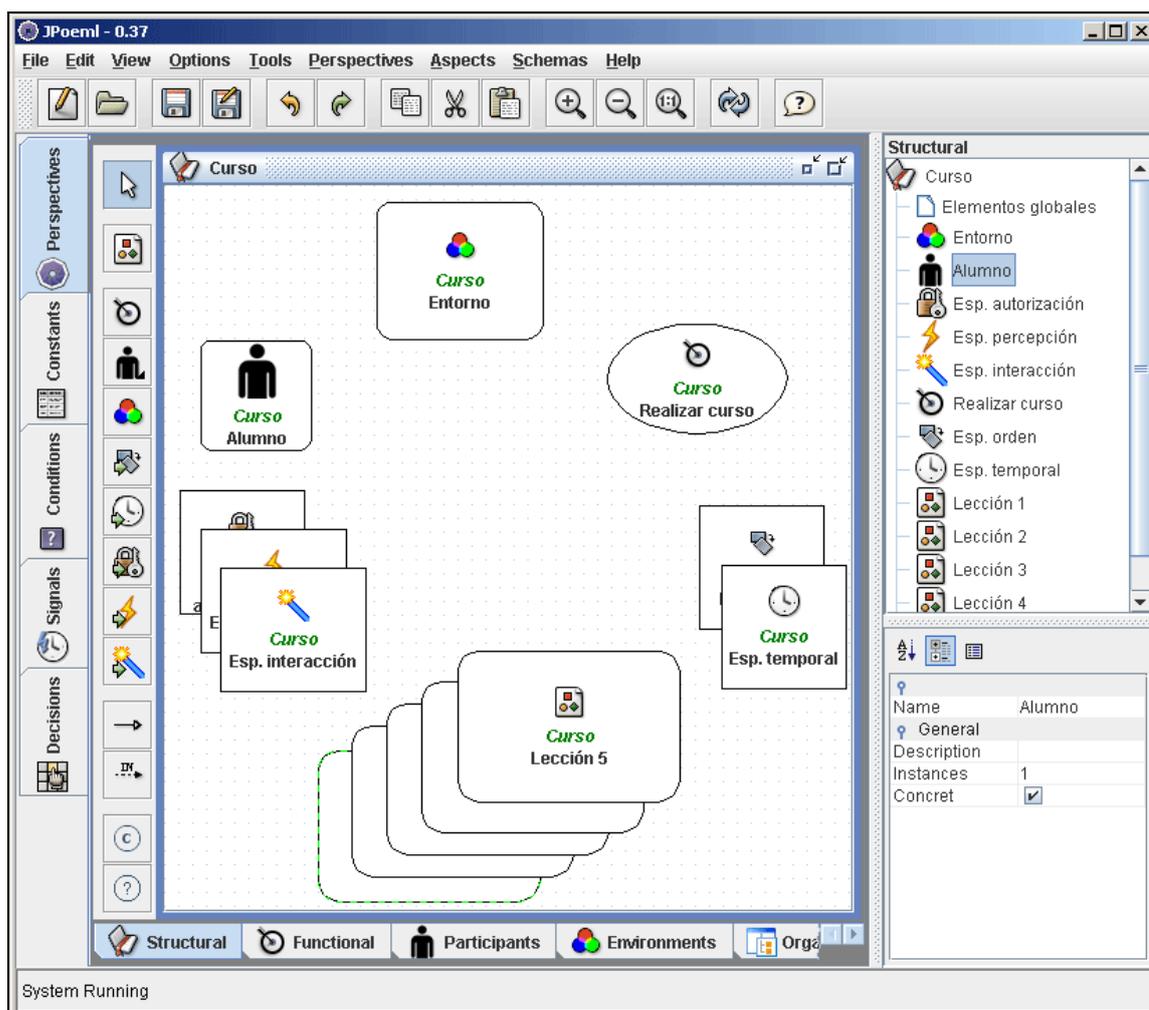


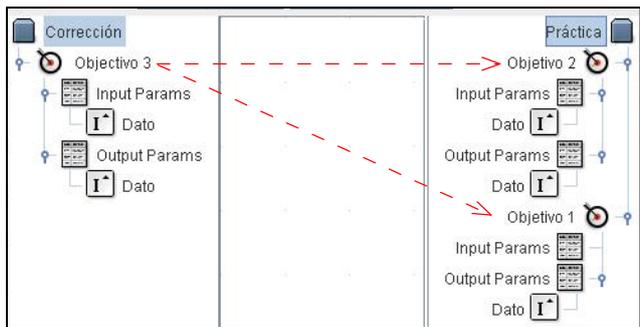
Figura 4. Interfaz gráfica de JPoEML

Pues bien, la Perspectiva de Datos permite realizar transferencias de datos entre los Parámetros (Elementos de Datos) de los Objetivos. Ahora bien, dichas transferencias tienen que ser realizadas respetando las dependencias de Intento. Es decir, no se pueden realizar transferencias de datos de un Objetivo A a otro Objetivo B del que A depende.

Para indicar que la transferencia de datos entre Objetivos con dependencias de Intento no es posible se introduce una línea discontinua señalando las

mismas en la representación de la Perspectiva de Datos. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de la representación de la Perspectiva de Datos con dicha notación. En la parte izquierda se dispone el elemento del que se toman los datos para realizar la transferencia, es decir, la fuente. En la parte derecha se disponen los elementos a los cuales se pueden transferir los datos, es decir, el destino. En la figura se muestra que el Objetivo 3, situado en una Actividad de corrección, depende para su intento de los Objetivos 1 y 2, situados en una Actividad de

práctica. Esta dependencia indica que la corrección tiene que realizarse una vez se hayan completado las prácticas. En consecuencia no es posible transferir datos del Objetivo 3 a los Objetivos 1 y 2. A la inversa sí sería posible.



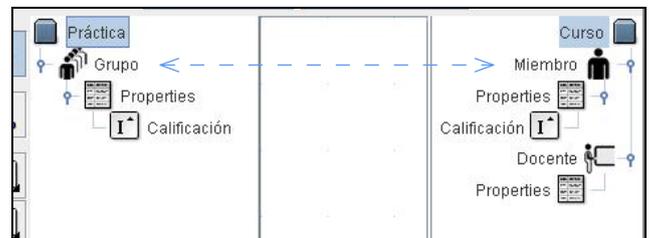
**Figura 5.** Representación de las dependencias de Intento en el modelado de la Perspectiva de Datos

#### 4.2. Perspectiva de Datos en relación al Flujo de Participantes

Para la creación de modelos en la Perspectiva de Datos también se tiene en cuenta la especificación realizada en la Perspectiva de Participantes, en concreto el flujo de participantes. El flujo de participantes permite indicar cómo los participantes que desempeñan un Rol en una Actividad son distribuidos entre los Roles de sus Sub-actividades. Por su parte en la Perspectiva de Datos se permite indicar la transferencia de datos entre Elementos de Datos. En particular, para los Elementos de Datos de cada Rol permite señalar las transferencias de datos con Elementos de Datos incluidos en otros Roles, pero en correspondencia con el flujo de participantes. Es decir, se permite indicar la transferencia de datos entre Elementos de Datos pertenecientes a Roles entre los que se produzca transferencia de participantes. Para ello, cuando se toma como fuente un Elemento de Datos de un Rol en una transferencia de datos, se indican gráficamente mediante una línea discontinua los Roles con los que está relacionado según el flujo de participantes, y por tanto los posibles destinos Elementos de Datos.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de esta dependencia. En un curso se tienen dos tipos de Roles: Alumno y Profesor. Dentro del curso se incluye una Sub-actividad denominada Práctica, en la

que se dispone de un Rol Grupo. El Grupo está formado por un número determinado de Miembros que se deben tomar del Rol Alumno. El modelado de estos datos y relaciones puede realizarse en la Perspectiva de Participantes. Sin embargo, además de lo anterior también puede ser necesario realizar transferencias de datos entre los Roles del Curso y de la Sub-actividad Práctica. Por ejemplo, la nota del Grupo en la Práctica debe trasladarse a cada Alumno del Grupo. Para ello, en la Perspectiva de Datos se permite la transferencia de datos entre Elementos de Datos incluidos en Roles, si bien deben estar relacionados por el flujo de participantes. Eso es lo que se indica en las flechas punteadas en azul.



**Figura 6.** Representación del flujo de participantes en el modelado de la Perspectiva de Datos

#### 4.3. Perspectivas de Orden y Temporal en Relación al Flujo Funcional y de Datos

Tanto el flujo funcional, en el que se considera la posibilidad de intentar un Objetivo en base al estado de otros Objetivos, como el flujo de datos, en el que se pueden indicar transferencias de datos entre los Parámetros de Salida de un Objetivo y los de Entrada de otro, plantean de forma implícita un cierto orden relativo entre Actividades. Sin embargo, en la Perspectiva de Orden se puede establecer de forma explícita el orden entre Sub-actividades. De forma similar, en la Perspectiva Temporal se puede establecer de forma explícita el momento de inicio y finalización de cada Sub-actividad, con lo cual también se puede determinar un orden entre Sub-actividades. Por tanto, pueden presentarse incoherencias en la especificación de cada perspectiva.

Para mostrar las posibles incoherencias de las Perspectivas de Orden y Temporal con el flujo funcional y de datos se utiliza una notación específica en la representación gráfica de las mismas. En estas perspectivas se muestran con flechas punteadas en

rojo las dependencias de Intento entre Objetivos incluidos en las Actividades y las transferencias de datos entre Objetivos. De esta forma el autor puede comprobar con claridad el orden relativo entre Sub-actividades a partir de la especificación de las Perspectivas Funcional y de Datos. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de esta representación de dependencias. En esta figura se muestran dos especificaciones de orden alternativas entre tres Actividades. Estas Actividades plantean una situación como la considerada en el ejemplo de la Sección 4.1. En las dos primeras Actividades se considera la realización de dos Objetivos de prácticas, mientras que en la tercera se propone su Corrección. En la Perspectiva Funcional se puede establecer que el Objetivo incluido en la Actividad de Corrección tenga dependencias de intento con los Objetivos de la Práctica 1 y la Práctica 2. De forma alternativa y/o complementaria, también se puede establecer en la Perspectiva de Datos dos transferencias de datos entre los Parámetros de Salida de los Objetivos de la Práctica 1 y la Práctica 2 y los Parámetros de Entrada del Objetivo de la Actividad de Corrección. En ambos casos, en la representación de las especificaciones de orden dichas dependencias se muestran de la misma manera, con una línea discontinua desde la Actividad de Corrección a las dos Actividades Prácticas. Las especificaciones de orden que se pueden realizar deben respetar estas dependencias. La misma descripción se podría realizar para la Perspectiva Temporal.

Existe una última dependencia entre las perspectivas de Orden y Temporal. Esta dependencia se produce si las especificaciones realizadas en cada una de estas perspectivas son contradictorias entre si. Por ejemplo, en la de orden se indica que la actividad A tiene que realizarse antes que la B, pero en la temporal se indica que A tiene que realizarse de 7 a 8 y B de 5 a 6. Esta dependencia también es considerada, pero no en JPoEML, sino en el propio PoEML indicando si las especificaciones temporales son prioritarias o no con respecto a las de orden.

## 5. Conclusiones

La separación en perspectivas y asuntos de PoEML permite controlar la complejidad requerida en el modelado de unidades didácticas. Sin embargo, ante

la imposibilidad de obtener perspectivas completamente independientes, es necesario minimizar y controlar las dependencias remanentes. La minimización de las dependencias ya se ha considerado en la propia elaboración de PoEML, en parte a través de la identificación de los aspectos. En la herramienta de autoría JPoEML se han desarrollado mecanismos para facilitar al diseñador de unidades didácticas el control de las posibles dependencias. En concreto, se han propuesto cuatro puntos en los que ofrecer información que facilite el control de las dependencias entre perspectivas: dos en la Perspectiva de Datos, una en la Perspectiva de Orden y otra en la Perspectiva Temporal.

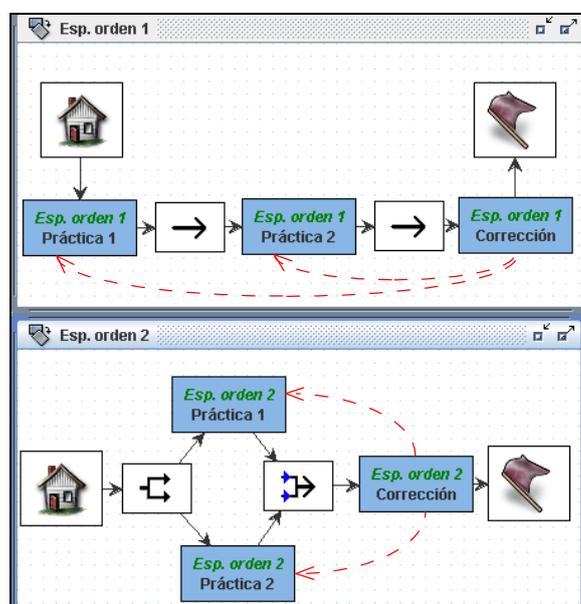


Figura 7. Representación del flujo funcional y de datos en el modelado de la Perspectiva de Orden

Con la resolución de estos problemas de dependencias se completan las necesidades de modelado de unidades didácticas en base a la aproximación de separación-de-asuntos de PoEML. Esta propuesta representa una aproximación alternativa a otras aproximaciones de modelado similares, como el modelado de procesos en sistemas de *workflow*. La característica más original de PoEML consiste en la separación entre las Perspectivas Estructural, Funcional, de Orden y Temporal, que en *workflow* se consideran de forma conjunta. Con esta separación es posible obtener una mayor flexibilidad y reutilización de los modelos.

En estos momentos estamos trabajando en el rediseño de la herramienta de autoría JPoEML. El propósito de estos desarrollos es conseguir una mejor modularidad del software, de forma que nos permita desarrollar herramientas de autoría complementarias basadas en formularios y en asistentes. La finalidad de estas nuevas funcionalidades es facilitar la creación de modelos de unidades didácticas en PoEML. En paralelo con estos desarrollos estamos abordando la evaluación de JPoEML en su utilización por usuarios finales.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el *Ministerio de Educación y Ciencia* a través del proyecto TIN2007-68125-C02-02 ("Servicios Adaptativos para E-learning basados en estándares") y por la *Conselleria de Innovación e Industria* a través del proyecto PGIDIT06PXIB32 2270PR.

## Referencias

- [Botturi 03] Botturi, L. "Educational Environment Modeling Language". Tesis Doctoral, Università della Svizzera Italiana, 2003.
- [Botturi et al. 06] Botturi, L., Derntl, M., Boot, E., y Figl, K. "A Classification Framework for Educational Modeling Languages in Instructional Design". En *Proceedings on the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. ICALT'06. Kerkrade, 5-7 Julio 2006.
- [Buendía 03] Buendía, F. "Xedu: un Modelo para la Especificación de Componentes Estática y Dinámica de una Aplicación Instructiva". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- [Caeiro 07a] Caeiro Rodríguez, M. "Contribuciones a los Languages de Modelado Educativo". Tesis doctoral, Universidad de Vigo, 2007.
- [Caeiro 07b] Caeiro, M. "PoEML: A Separation-of-Concerns Proposal to Instructional Design". L. Botturi, T. Stubbs (Eds.). *Handbook of Visual Languages for Instructional Design: Theories and Practices*. IDEA Group Inc., 2007.
- [Caeiro-Rodríguez et al. 06] Caeiro-Rodríguez, M., Llamas-Nistal, M., y Anido-Rifón, L. "A Separation of Concerns Approach to Educational Modeling Languages". En *Proceedings on the 36<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*. FIE'06. San Diego, California, 28-31 Octubre 2006.
- [Dijkstra 76] Dijkstra, E. W. "A Discipline of Programming". Prentice-Hall Inc. ISBN: 0-13-215871-X (1976)
- [Elrad et al. 01] Elrad, T. Filman, R. E., & Bader, A. (Eds.) "Aspect-oriented programming". *Communications of the ACM*, Vol. 44, No.10, 2001.
- [Koper 01] Koper, R. "Modeling units of study from a pedagogical perspective – The pedagogical metamodel behind EML". Open University of the Netherlands, 2001.
- [Koper et al. 03] Koper, R., Olivier, B., y Anderson, T. (Eds.). "IMS Learning Design Information Model". IMS Global Learning Consortium, 2003.
- [Laforcade 05] Laforcade. P. *Méta-modélisation UML pour la Conception et la Mise en Oeuvre de Situations-problèmes Coopératives*. Tesis Doctoral, L'université de Pay e des Pays de la'adour, 2005.
- [Miao et al. 05] Miao, Y., Hoeksema, K., Hoppe, H. U., y Harrer, A. "CSCL Scripts: Modelling Features and Potential Use". En *Proceedings on the International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*. CSCL'05. Taiwan, 2005.
- [Paquette 03] Paquette, G. "Educational Modeling Languages: from an Instructional Engineering Perspective". *Education Using Learning Objects*, Kogan-page, 2003.
- [Parnas 72] Parnas, D. L. "On the criteria to be used in decomposing systems into modules". *Communications of the ACM*, Vol. 15, No. 12, 1972.