

Usalpharma: Una arquitectura software al servicio del aprendizaje en Mundos Virtuales

Juan Cruz-Benito, Cristina Maderuelo, Francisco J. García-Peñalvo, Roberto Theron, Jonás Samuel Pérez-Blanco, Hinojal Zazo, Ana Martín-Suárez

Title— Usalpharma: a software architecture supporting learning in Virtual Worlds.

Abstract— This paper explains how was planned, designed and implemented a software architecture that helps the support of eLearning activities within a virtual laboratory inside the Second Life Virtual World. It delves into the problems related to this kind of systems and architectures and what are the possible benefits they could provide to eLearning processes. The paper shows how are applied the software engineering principles and procedures in order to solve problems like data gathering from Virtual Worlds, data analytics of information related to interaction between an user and a 3D environment, and how them can be applied to enhance the students' learning process and teachers' assessment of this learning process. Also the paper shows the software product resulting of this engineering process, as well as the outcomes from the application of the reached solution in a real context during two courses involving postgraduate students and subjects of Pharmacy and Quality Assurance. To end the paper, authors explain some considerations and knowledge retrieved after this experience, focusing in the utility from the learning point of view, innovation and possible future work that could be done to improve the solution implemented.

Index Terms— Software Architectures, Virtual Worlds, Technology Enhanced Learning, Usage analytics

I. INTRODUCCIÓN

LA ingeniería como disciplina es, según [1], “la aplicación sistemática del conocimiento científico para construir soluciones, efectivas y viables en términos económicos, a problemas prácticos al servicio de la humanidad”, por otra parte, en el caso concreto de la ingeniería del software, ésta se define en ocasiones como “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento de software; es decir, la aplicación de la ingeniería al software” [2].

Juan Cruz-Benito y Francisco J. García-Peñalvo son miembros Grupo de Investigación GRIAL y del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca. Salamanca, España (e-mails: juancb@usal.es y fgarcia@usal.es).

Roberto Theron es miembro del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca y del Grupo de Investigación VisUSAL de la Universidad de Salamanca. Salamanca, España (email: theron@usal.es)

Cristina Maderuelo, Jonás Samuel Pérez-Blanco, Hinojal Zazo y Ana Martín-Suárez son miembros del Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de Salamanca. Salamanca, España (e-mails: cmaderuelo@usal.es, jsperez@usal.es, hinojal@usal.es y amasu@usal.es)

La ingeniería es una suerte de *navaja suiza* que dota a los que la utilizan (ingenieros) de las herramientas necesarias para resolver problemas, variando estas herramientas en función del área donde los ingenieros aplican su conocimiento o de la naturaleza y complejidad del problema a resolver. Aún es más, la aplicación de esta *navaja suiza* no es terreno vedado solo a los ingenieros, éstos la utilizan y saben mejor que nadie cómo emplearla, sino que de su uso se puede beneficiar la sociedad entera, o de forma más concreta, comunidades de individuos, usuarios o equipos de trabajo sin importar su condición, área de conocimiento y experiencia, o contexto real de aplicación de la solución alcanzada mediante las técnicas de ingeniería.

De un problema real, de las herramientas de ingeniería usadas y del resultado, en forma de solución a dicho problema, es básicamente de lo que versa este artículo titulado “Usalpharma: Una arquitectura software al servicio del aprendizaje en Mundos Virtuales”. En él se describe cómo un equipo multidisciplinar, compuesto por perfiles del mundo de la Ingeniería Informática y del área de las Ciencias de la Salud (concretamente del área de Farmacia), han sido capaces de solventar un problema *a priori* complejo, como es la monitorización de la actividad de estudiantes dentro del contexto de un Mundo Virtual para ayudar en la evaluación de actividades docentes, a través de la aplicación de técnicas y herramientas de Ingeniería (en este caso ingeniería del software). En relación a la aplicación de la ingeniería del software en un contexto multidisciplinar y en entornos educativos aún en desarrollo, cabe destacar que este proyecto no es único, ni pionero, en este tipo de colaboración y ampliación del espectro de aplicación de soluciones tecnológicas al servicio de la educación, sino que aporta su visión y solución específica dentro del conjunto de la actual generación de sistemas educativos enriquecidos por la tecnología y de las actuales tendencias de tecnología al soporte de procesos de adquisición de conocimiento y habilidades en contextos heterogéneos de aprendizaje.

Para ilustrar este caso concreto, este artículo se divide en los siguientes apartados (además de esta primera sección introductoria): la segunda sección, *Usalpharma: Entorno Educativo en un Mundo Virtual*, describe de forma precisa el contexto del problema a resolver, ilustrando al lector acerca del entorno virtual donde se desarrolla docencia a alumnos del área de conocimiento de Farmacia, y dando pie a entender el resto del contenido del artículo. La tercera sección, *El Problema: Propuesta, objetivos y requisitos* plantea los retos a los que se enfrentaba el equipo multidisciplinar, así como los objetivos y requisitos que la

solución debía cumplir. La cuarta sección, *Solución y producto desarrollado*, especifica la solución teórica que se propuso después de aplicar un enfoque de ingeniería del software al problema planteado, así como la traducción de esa solución teórica en un producto software tangible y con posibilidad de ser usado en un contexto real como el presentado. La quinta sección, *Explotación y resultados*, presenta la experiencia obtenida después de aplicar esta solución software durante dos cursos en la actividad desarrollada dentro del contexto del Mundo Virtual *Second Life*, así como una serie de indicadores de uso y utilidad de dicha solución. La sexta sección, *Discusión*, comenta los principales aspectos del trabajo que se ha llevado a cabo, intentando ilustrar al lector acerca de los aspectos satisfactorios e insatisfactorios de la solución propuesta y la experiencia llevada a cabo, siempre desde un punto de vista de reflexión y toma de conciencia de los resultados obtenidos y su importancia. Por último, la sección séptima, *Conclusiones y Trabajo futuro*, recoge los resultados en general y una serie de líneas de trabajo futuro que se abren en este proyecto.

II. USALPHARMA: ENTORNO EDUCATIVO EN UN MUNDO VIRTUAL

Usalpharma Lab es un laboratorio virtual construido por el grupo de innovación docente Usalpharma y el Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de Salamanca que se encuentra dentro del Mundo Virtual *Second Life* [3]. Este laboratorio simula las instalaciones, equipamiento, documentación y las herramientas de las que dispone un laboratorio real de la industria farmacéutica que cumple con la normativa GLP (*Good Laboratory Practices*) y se usa en docencia desde 2011 para entrenar a estudiantes de posgrado en asignaturas relacionadas con la Calidad en la Industria Farmacéutica [4, 5]. La razón de la construcción en un escenario virtual de este tipo de laboratorio, es el coste económico y el espacio físico que debería usarse, inasumible para una universidad o cualquier entidad que no vaya a obtener un rédito económico directo del mismo.

La formación que reciben los estudiantes dentro de este escenario virtual se basa en el aprendizaje de metodologías, normativas y procesos de auditoría en laboratorios de industria farmacéutica de forma práctica (y no meramente teórica como venía siendo habitual), mediante la interacción con un escenario 3D que replica un laboratorio que se ajusta a un caso real. Para ello, los alumnos actúan dentro de las instalaciones virtuales como verdaderos auditores externos que se encargan de evaluar el cumplimiento del laboratorio de estas medidas GLP, generando al final de las prácticas un informe que expone el cumplimiento (o no) de la normativa, las deficiencias detectadas en el mismo (siempre hay una serie de deficiencias puestas a propósito por los docentes), su criticidad, etc. Este tipo de entrenamiento ha sido incluido desde 2011 como parte de la asignatura Garantía de Calidad en el Laboratorio de Análisis en la Industria Farmacéutica del Máster Universitario en Evaluación y Desarrollo de Medicamentos de la Universidad de Salamanca.

III. EL PROBLEMA: PROPUESTA, OBJETIVOS Y REQUISITOS

Esta sección expone el problema propuesto por los docentes y personal técnico responsable del laboratorio Usalpharma Lab, así como los objetivos específicos que debe cumplir la solución, y los requisitos software desarrollados para resolver el problema.

A. La Propuesta del Problema

Entre 2011 y 2013 este escenario se usó en docencia bajo la supervisión directa de los docentes de la asignatura y el personal involucrado en el desarrollo del entorno 3D. Es decir, la práctica que se desarrollaba en el laboratorio (en una única sesión y convocatoria para todos los alumnos) era guiada por un profesor y se supervisaba por el resto del equipo, de modo que si un alumno tenía cualquier duda o apreciación sobre el escenario 3D, los recursos contenidos, las posibles variaciones o disconformidades presentes respecto a la normativa, etc. las podía consultar en el mismo instante, recibiendo *feedback* instantáneo, y en ocasiones, ayuda muy específica. Esta etapa, en cuanto a resultados se refiere, fue muy positiva para la iniciativa, los estudiantes conseguían buenas calificaciones en la práctica, y mostraban satisfacción en cuanto a la metodología y recursos virtuales usados en el aprendizaje [6].

Después de este primer estadio en la implantación de este tipo de sistema de apoyo a la enseñanza, se quiso ir un paso más allá, implementando un sistema que *sustituyese* la guía del profesor en la práctica, que pudiera controlar si los alumnos estaban realizando o no la práctica dentro del Mundo Virtual, así como que incluyese una serie de requisitos acerca de la retroalimentación que recibían los alumnos que participaban en la práctica. Es decir, un sistema que permitiese aprovechar de una forma más completa el potencial de los Mundos Virtuales en cuanto a la capacidad de aprendizaje autónomo, la posibilidad de no depender del tiempo y espacio físico (horarios, localización de los estudiantes) para aprovechar los recursos que estos entornos de aprendizaje virtual proporcionan, así como proporcionar una experiencia *immersiva* más completa a los alumnos en el entorno 3D [7-11].

B. Objetivos Específicos

A continuación se detallan los objetivos propuestos para este sistema (objetivos tanto propuestos en la primera versión del sistema, así como los propuestos en sucesivas versiones):

- Disponer de un sistema que sea capaz de monitorizar qué hacen los alumnos dentro del laboratorio virtual, pudiendo discriminar quién hace clic en cualquier objeto, cuándo lo hacen, y sobre qué objeto o parte de la instalación concreta.
- Este sistema debe permitir al profesor conocer las acciones que ha realizado cada alumno, mostrándole algún tipo de informe asociado a cada alumno o usuario registrado por el sistema. Estas acciones deben poderse consultar sin formato (o en formatos mínimos como listas o tablas), así como empleando filtrados de tipo temporal (rangos de fechas), por tipo de objeto de objeto revisado, etc.
- El sistema debe controlar si el alumno está realizando las comprobaciones pertinentes en

aquellos elementos sensibles a incumplir la normativa, marcando especialmente aquellos que los profesores han dispuesto de forma errónea en el escenario virtual. El resultado de estas comprobaciones debe estar incluido en el informe relativo a la actividad de cada alumno.

- El sistema debe proporcionar informes generales sobre la actividad de un grupo de usuarios en un momento determinado, no solo de forma individual para cada usuario registrado.
- El sistema debe poder transmitir al alumno *feedback* en tiempo real sobre su progreso en la práctica.

C. Requisitos Software

Entre los requisitos determinados para este sistema, se especificaron de manera principal los siguientes:

- El sistema debe almacenar para cada acción realizada en el mundo virtual (clics sobre objetos) el nombre del usuario que realiza la acción, el nombre o descriptor del objeto que recibe la acción, el momento concreto en el que se ha realizado (*timestamp*), así como el lugar concreto donde se ha realizado la acción.
- El sistema debe mostrar a los docentes un informe de acciones de los alumnos sin importar el dispositivo y sistema operativo desde el que accedan a dicho informe.
- El sistema debe proporcionar *feedback* a los alumnos sin que estos tengan que abandonar el Mundo Virtual, esto es, debe disponer de las herramientas necesarias no solo para extraer información del Mundo Virtual, sino también introducirla.
- El sistema debe almacenar de forma eficiente los datos requeridos, además, la capa de datos deberá permitir variar el modelo y los tipos de datos que soporte, en previsión a posibles cambios que sufra el sistema en el futuro, o características adicionales que se deban contemplar en él.
- El sistema debe estar preparado para incorporar en el futuro posibles nuevas fuentes de datos (calificaciones de los alumnos, datos personales, de los usuarios, etc.).

Respecto a otros posibles requisitos a especificar (funcionales, no funcionales u otros de información), como la tecnología que se debía emplear, el modelado de datos concreto, o aspectos relativos a la extensibilidad y modularidad del sistema, los miembros del equipo acordaron dejar estos aspectos en manos del equipo de ingeniería del proyecto, de modo que evaluaran cuál podría ser la mejor opción.

IV. SOLUCIÓN Y PRODUCTO DESARROLLADO

En esta sección se detallan tres partes fundamentales del proceso de búsqueda de una solución adecuada al problema planteado: las consideraciones previas al diseño de una solución, la solución teórica propuesta, y el producto final desarrollado que se encuentra en producción.

A. Consideraciones Previas al Diseño de la Solución

Antes de diseñar y desarrollar una solución viable y óptima para este problema, se tuvo que tener en cuenta una serie de consideraciones previas específicas del problema a resolver, entre las que destacan:

- Los problemas que representa la interconexión con un sistema privado y cerrado como *Second Life* con cualquier plataforma externa. No solo presenta problemas a nivel de integración, no hay recursos públicos, logs, APIs u otras herramientas para integrar sistemas [12, 13] más allá de servicios de información básicos sobre número de usuarios al día, etc. [14], sino a sus características férreas en cuanto a la propiedad de los bienes y objetos 3D, su carácter de software *provided as is* (y que impide cualquier tipo de reclamación sobre fallos, cambios, etc.) [15].
- El sistema que se proponga como solución debe ser capaz de coordinar la respuesta a todo el problema, desde la recopilación de datos hasta la presentación de los mismos en cualquier dispositivo o dentro del Mundo Virtual. Esto implica tener que recurrir a tecnologías abiertas bien conocidas, estándares y que tengan una presencia casi absoluta en cualquier sistema posible. Estos estándares deben estar presentes tanto en la solución tecnológica, como en los protocolos de comunicación, recopilación de datos, etc [16, 17].
- Tanto la tecnología que soporte la gestión de los procesos, como la capa de gestión de datos, deben poder soportar picos de actividad (muchos estudiantes interaccionando a la vez en el laboratorio 3D), posible carga masiva en determinados intervalos temporales (el tiempo de realización de la práctica) y concurrencia en la interacción con los recursos que proporcionan sin que su rendimiento se vea mermado en exceso.

B. Solución Teórica Propuesta

Desde 2013 se lleva trabajando en abordar el problema de un modo satisfactorio, y en los inicios de 2014 se propuso finalmente una solución viable [13] (al menos desde el punto de vista teórico) que proporcionaba un marco suficiente y una prueba de concepto para el desarrollo final de un producto que solucionase el problema planteado de integración de un sistema de monitorización, análisis, presentación de información y ayuda a la evaluación de las actividades docentes realizadas dentro del laboratorio virtual Usalpharma Lab.

Esta solución se basaba en un arquitectura que podía ser desplegada en entorno *cloud*, de modo que la arquitectura, partiendo de los típicos esquemas cliente-servidor, se componía de una serie de capas (capas de recopilación de datos, de persistencia de datos, de análisis, de presentación, etc.) comunicadas entre ellas del mismo modo (interacciones cliente-servidor en función de cuál requiriera los servicios de otra), permitiendo el despliegue incluso de cada capa en nubes distintas (con las posibilidades de

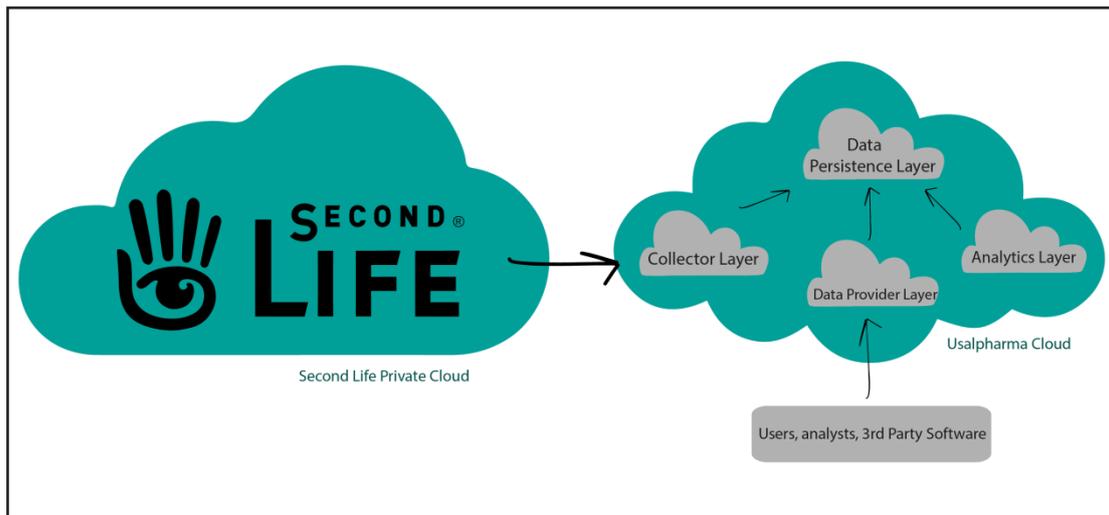


Fig. 1. Representación simplificada de la arquitectura de la solución propuesta [13]

escalar solo aquellos recursos que lo requieran, aplicar distintas tecnologías a cada capa, etc.), ya que entre ellas simplemente interaccionaban usando servicios (Figura 1).

En cuanto a los estándares y tecnologías propuestos en esta solución teórica, se incluían los siguientes:

- Uso de una variación (simplificada) del estándar de la semántica RDF y sus triples [18, 19] para transmitir información estructurada y rica sobre la interacción del Mundo Virtual a la capa de recogida de datos.
- Uso del protocolo HTTP [20] para la transmisión de mensajes entre el Mundo Virtual y las capas de recogida y provisión de datos (en ambas direcciones, del Mundo Virtual al sistema, y del sistema al Mundo Virtual), usando concretamente la parte del protocolo referente a operaciones, peticiones, códigos de estado, y cabeceras.
- Uso intensivo de tecnologías web para poder devolver información a los usuarios (docentes y estudiantes) sin importar el dispositivo, sistema operativo o software (como el visor de *Second Life*) desde donde se lancen las peticiones de acceso a la información.
- Uso de bases de datos NoSQL orientadas a documentos (MongoDB [21] concretamente) que permiten la modificación de la arquitectura de datos de forma transparente y sin penalización derivada de la capa de persistencia de la arquitectura (solo posibles penalizaciones en la capa lógica derivadas de los propios cambios en los modelos de datos), y que cuentan con un buen rendimiento en el procesamiento y tratamiento de la información, y una alta escalabilidad en entornos de producción [22].
- Uso de tecnologías de servidor que hayan demostrado su capacidad de procesamiento de datos, de peticiones HTTP y un rendimiento adecuado bajo fuerte demanda. En este caso se propuso como tecnología el *framework* web Django [23], el cual desarrolla soluciones robustas usando el lenguaje Python y cuenta con multitud de

librerías propias (y del lenguaje) que facilitan el desarrollo ágil de proyectos estables.

Dicha solución, establece unos flujos de actividad como los propuestos en el diagrama de actividad que aparece en la Figura 2, y que es una versión actualizada a versión actual de la arquitectura software implementada. En dicho diagrama, se puede observar la interacción entre el sistema y los actores (*stakeholders*) que en él intervienen, y sirve como un resumen de los flujos de trabajo de todo el proceso.

C. Producto Desarrollado

En esta tercera parte de la sección, se detallan los distintos componentes principales del producto desarrollado a partir de la propuesta teórica de solución del problema. Este producto se compone de tres grandes apartados, la arquitectura y servidor en sí, así como los clientes web (para profesores) y cliente embebido en *Second Life* (para estudiantes). A continuación se detalla cada uno:

Arquitectura y servidor: Como se ha comentado previamente, está implementada usando el *framework* web Django, y se compone de una serie de aplicaciones que se encargan de recoger las peticiones HTTP que lanza el cliente de *Second Life* para el registro de datos de la interacción, de limpiar y procesar dicha información, comunicarse con la capa de persistencia de datos y la base de datos MongoDB, servir peticiones del tipo “mostrar información” dependiendo el contexto/cliente desde el que se soliciten (no se sirve la misma información al usuario que lanza una consulta desde la aplicación web, que al que consulta desde el Mundo Virtual), calcular datos asociados a la interacción de los usuarios: medidas del tiempo empleado por cada estudiante en realizar la práctica [24], cálculo de objetivos cumplidos de la práctica por cada tipo de ítem reseñable [25], generación de informes para cada usuario o grupo de usuarios, etc. Estas aplicaciones y la arquitectura compuesta por las múltiples capas se encargan de mantener la lógica de todo el sistema, así como el grueso de la funcionalidad del mismo.

Cliente web: Desde el cliente web, los profesores pueden consultar todos los datos referentes a los alumnos y el desarrollo de la práctica por su parte. Entre las métricas que

pueden conocer se pueden encontrar el número de interacciones recogidas, el tiempo empleado por los estudiantes, la consecución de la revisión de los distintos elementos que deben auditar los alumnos (revisión de las medidas de seguridad del laboratorio, revisión del equipamiento, de la documentación, etc.), así como informes completos por cada promoción de alumnos, de modo que un profesor pueda conocer tanto el detalle de cada alumno, como adquirir una visión general sobre el desempeño del grupo de estudiantes en la práctica. Este cliente web está desarrollado para que se pueda usar desde cualquier dispositivo (ordenador personal, tabletas, *smartphones*, etc.). En la Figura 3 se pueden ver las gráficas de algunas de las métricas que los docentes pueden conocer sobre el desempeño de los estudiantes en Usalpharma Lab.

Cliente en Second Life: este cliente es algo distinto al cliente web, ya que puede ser usado por cualquier *avatar* (usuario del Mundo Virtual) que se encuentre en el laboratorio. El cliente se utiliza a través de la interacción (un clic) en un objeto del laboratorio, de modo que al estudiante le aparece un cuadro de diálogo mostrándole en tiempo real el porcentaje de puntos críticos evaluados, tanto en el día en el que se consulta como en general, realizando sugerencias sobre qué debería volver a auditar. En el primer año de la

práctica sólo mostraba este *feedback* en el día concreto de la petición, sin dar una visión global del desarrollo de la práctica en los distintos días que se da como plazo para realizar la auditoría. En la Figura 4 se puede observar este tipo de informe de actividad.

A su vez, el cliente de *Second Life* tiene otra función aún más esencial, y es la de enviar datos al sistema para que éste registre cada evidencia de interacción entre el usuario y el laboratorio virtual (entrada de datos a la plataforma). Para ello, todos los objetos 3D que deben ser auditados por los alumnos dentro del laboratorio virtual, tienen asociado un *script* que lanza una petición HTTP a la aplicación que se encarga de recabar la información acerca de la interacción de los usuarios para que registre la acción que se está produciendo en ese mismo momento. Esta petición se realiza de forma silenciosa y transparente al usuario, ya que el propio objeto se encarga de recopilar los datos sobre la fecha y el momento temporal exacto de la interacción (*timestamp*), el usuario que ha interactuado, en qué parte del laboratorio virtual se encuentra, etc., de modo que el usuario no es consciente de estar transmitiendo esa información al sistema, aunque todos los alumnos son previamente avisados de la monitorización que se realiza en el laboratorio.

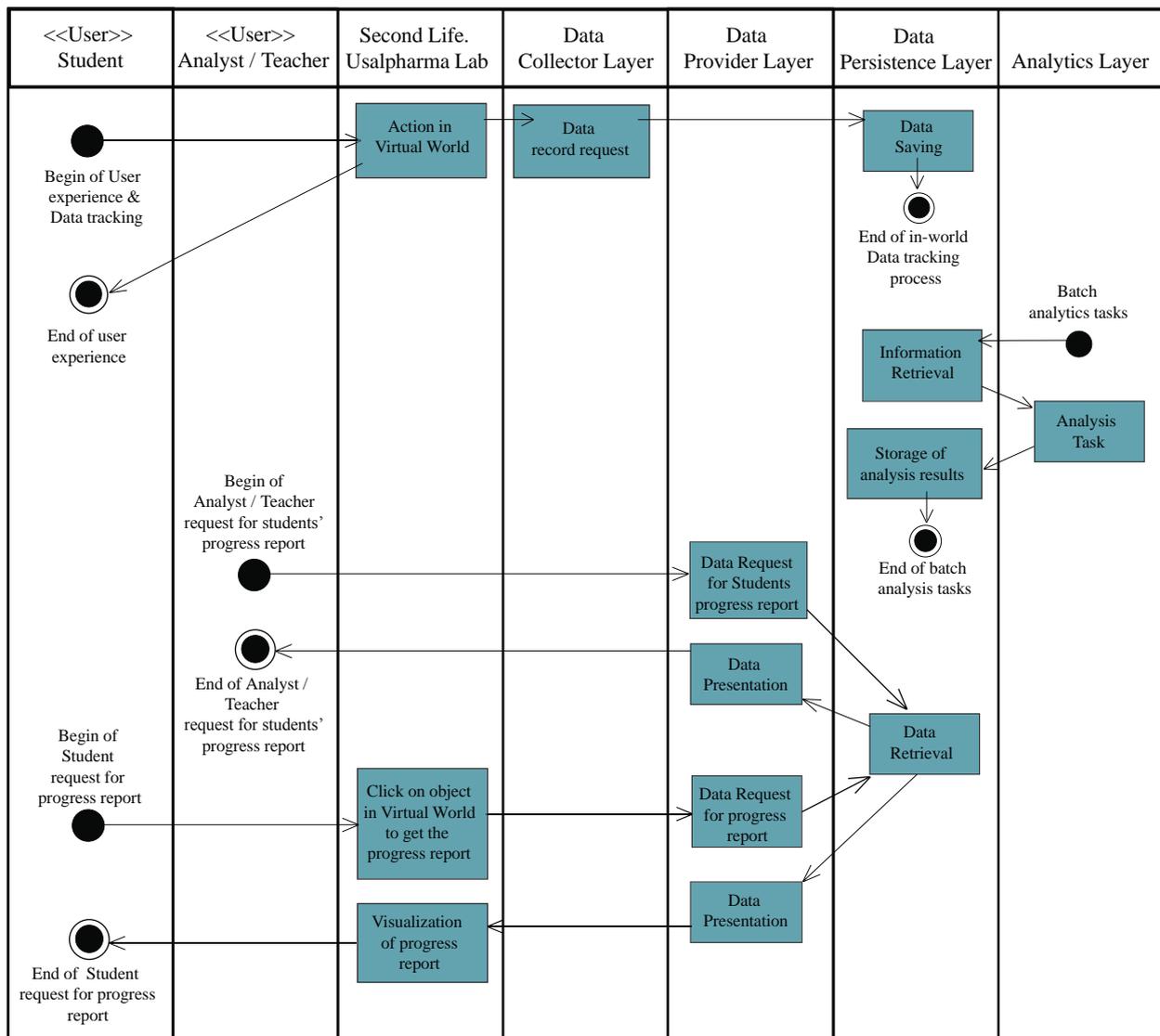


Fig. 2. Diagrama de actividad entre usuarios, Mundo Virtual y sistema. Versión actualizada de la propuesta en [13]

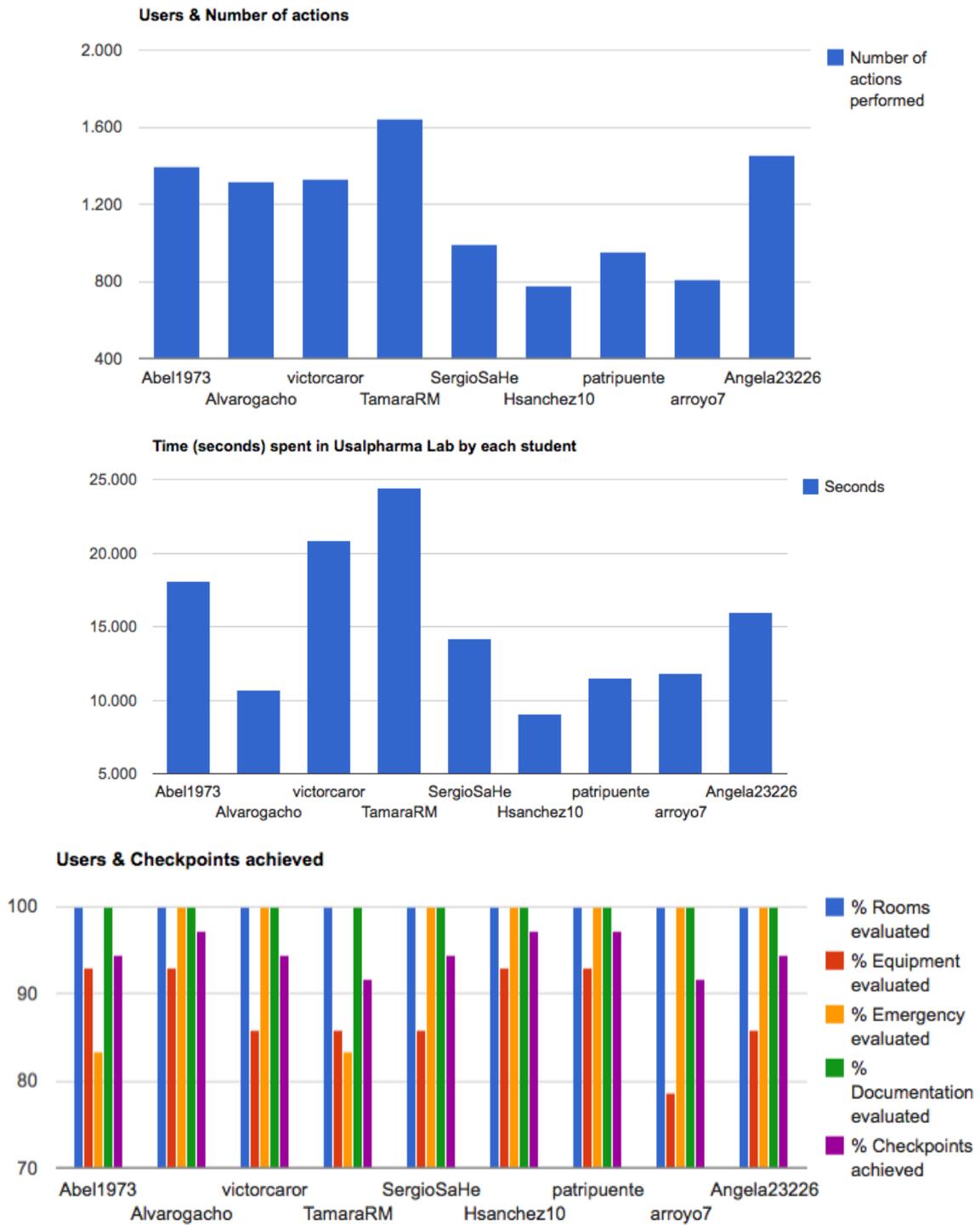


Fig. 3. Algunas gráficas extraídas del cliente web. Muestran distintas métricas relacionadas con la actividad de los estudiantes en la práctica del año 2015

D. Evolución y Mejora de la Propuesta

Como se ha comentado, en 2014 se realizó y publicó una primera propuesta formal de cómo abordar el problema [13]. En esa primera propuesta se hablaba de un sistema que permitiese la recolección de evidencias de aprendizaje y que pudiese ofrecer a los docentes cierto nivel de información sobre lo que los estudiantes realizaban dentro del entorno del laboratorio virtual, centrándose también en los problemas que debía afrontar una propuesta de este tipo desde el punto de vista de la Ingeniería del Software para poder recabar información del Mundo Virtual y aprovecharla de forma adecuada a modo de evidencias de aprendizaje mediante la definición y uso de esquemas

simplificados similares a RDF, realizando la recolección de datos mediante estructuras y arquitecturas de información que fuesen lo suficientemente flexibles para poder variar la tipología de información recuperada, que permitiese la interoperabilidad del esquema de datos propuesto con otros sistemas (nuevos desarrollos o sistemas de terceros) de forma sencilla y transparente, etc.

Después de esa propuesta inicial publicada, el proyecto entró en fase de desarrollo, y en base a los primeros resultados y posibilidades observadas, los autores contemplaron la oportunidad de ampliar la funcionalidad del sistema, incluyendo unos meses después los primeros mecanismos de refuerzo y *feedback* dentro del propio

laboratorio 3D [25] y abriendo la vía a la personalización y adaptatividad del aprendizaje y el refuerzo que se les realiza a los estudiantes (contempladas como parte de las vías futuras de desarrollo, como se comenta al final del documento).

Una vez implementadas estas funcionalidades y teniendo un sistema suficientemente funcional, se iniciaron las pruebas con usuarios reales (cursos 2013-2014 y curso 2014-2015) donde ya se pudo comprobar la utilidad real del sistema y su funcionamiento; del mismo modo, una vez puesto en producción el sistema, se fueron realizando mejoras en la parte de presentación de información a los usuarios (estudiantes dentro del Mundo Virtual, docentes mediante el cliente web, etc.).

V. EXPLOTACIÓN Y RESULTADOS

La solución desarrollada, lleva en producción desde febrero del 2014, monitorizando de forma ininterrumpida desde ese momento (exceptuando el tiempo ocupado en actualizar el sistema a las últimas versiones) toda actividad relevante que ha ocurrido en el laboratorio. Concretamente, se han monitorizado ya dos prácticas reales con estudiantes, una perteneciente al curso 2013-2014 (entre el 6 y el 24 de marzo de 2014) y otra al 2014-2015 (entre el 5 y el 12 de marzo de 2015) de la mencionada asignatura Garantía de Calidad en el Laboratorio de Análisis en la Industria Farmacéutica del Máster Universitario en Evaluación y Desarrollo de Medicamentos de la Universidad de Salamanca, así como la interacción que hayan tenido otros usuarios en el tiempo transcurrido entre dichas prácticas. En estas prácticas han participado 18 estudiantes (9 en el curso 2013-2014, 9 en el 2014-2015), que se corresponden con el total de alumnos que cursaron dicha asignatura en los dos cursos.

En dichas prácticas, estas herramientas presentadas han sido tenidas en cuenta para la evaluación de la asignatura, ya que los profesores han decidido otorgar una parte de la evaluación de la práctica a los datos aportados por el

sistema. En concreto, un 25 por ciento de la nota de la práctica depende directamente del porcentaje de puntos críticos evaluados por el estudiante en el laboratorio (*% checkpoints achieved* en la Figura 3). El otro 75% de la nota de la práctica se corresponde con el informe de la auditoría que presentan los alumnos al final de la práctica, y donde muestran realmente su conocimiento acerca de las normativas GLP y los elementos del laboratorio que las cumplen o no. Otros datos que se tienen en cuenta a la hora de evaluar la práctica son: a) si el alumno ha realizado la práctica en las fechas acordadas b) si el alumno ha realizado más de 1 hora de auditoría (en una o varias sesiones) y c) si han alcanzado más de un 12% de puntos de control revisados. Estos tres datos están establecidos por el equipo docente como los requisitos mínimos para demostrar que en realidad se ha realizado la auditoría y proceder a la evaluación de la misma.

Entre los distintos resultados que se pueden mostrar para ilustrar el funcionamiento del sistema completo, es posible distinguir entre dos vectores de datos que ayuden a contrastar si el sistema funciona, y es posible aceptarlo para su uso real en la docencia:

- Datos acerca de la validez del sistema para ayudar a los estudiantes a realizar la práctica y sustituir de algún modo la ayuda personal del profesor dentro del laboratorio virtual.
- Datos acerca de las mediciones realizadas, que muestren la utilidad de un sistema de recolección, clasificación y tratamiento de datos en un caso como este.

En el primero de los casos (*validez del sistema para ayudar a los estudiantes a realizar la práctica y sustituir de algún modo la ayuda personal del profesor dentro del laboratorio virtual*), para juzgar los resultados, es posible comparar las notas (medias) obtenidas por los estudiantes en los distintos años en los que se ha usado el laboratorio virtual para las prácticas (tanto con la ayuda directa del



Fig. 4. Información que pueden obtener los alumnos desde *Second Life* en tiempo real sobre la cantidad de elementos sensibles auditados

profesor como con la aplicación de esta arquitectura y herramientas software). En la Tabla 1 se puede apreciar un resumen de dichas notas.

A tenor de estos resultados, es posible ver cómo los alumnos han ido incrementando su nota media (y disminuyendo la variación estándar o típica) en cada curso, sin mostrar cambios significativos en la tendencia entre los distintos cursos, ya se haya realizado la práctica en una única sesión con la supervisión del/los docentes o usando las herramientas tecnológicas complementarias desarrolladas en el ámbito de este proyecto. Como se comentará en la sección de discusión estos datos no tienen por qué transmitir que el uso de esta arquitectura y las herramientas que proporciona mejora los resultados de la práctica (puede deberse a muchos factores como el descenso de número de alumnos, la posible habituación previa de los estudiantes a herramientas similares o contextos 3D, etc.), pero ilustra cómo una tendencia de mejora de resultados se mantiene aún cuando se varía el método de ayuda, soporte y evaluación de la práctica.

En cuanto al segundo vector de información acerca de la utilidad de este tipo de sistema para la monitorización, informe de resultados y ayuda tanto en la evaluación como en el desarrollo de la práctica, es posible mostrar una serie de métricas recogidas por la plataforma que ilustran al lector acerca del volumen de información que ha registrado el sistema en estos dos cursos académicos (2013-2014 y 2014-2015, concretamente, entre el 18 de febrero de 2014 y 20 de marzo de 2015) para descargo de los profesores:

- 24276 evidencias de interacción (clics en el laboratorio).
- 249 sesiones de 47 usuarios distintos (profesores, alumnos y visitantes de las instalaciones).
- 354269 segundos de interacción registrados (tiempo total de uso del sistema por parte de los usuarios, medido en segundos). Lo que resulta más de 98 horas de monitorización de interacción recuperada, guardada y analizada para su uso por parte de los docentes. De este tiempo de uso, 137454 segundos (más de 38 horas) de uso del laboratorio se corresponden con los estudiantes que realizaron la práctica en el curso 2013-2014 y 136581 segundos (casi 38 horas de nuevo) de uso se corresponden con el tiempo que emplearon los alumnos del curso 2014-2015 (en total, estos estudiantes han registrado casi el 78% del tiempo de uso total del laboratorio).

Si bien estos datos solo son una muestra de lo que ha aportado la arquitectura de Usalpharma al desarrollo de la práctica y a la labor ingente de conocer lo que ocurre dentro del laboratorio virtual, adquieren una especial relevancia cuando se ponen en contexto y se analiza que

toda esta interacción ha sido generada durante un espacio de tiempo prolongado, sin importar la zona horaria del visitante, el momento concreto de la conexión, y otorgando unas métricas que los docentes no hubieran podido conocer ni controlar nunca.

VI. DISCUSIÓN

Esta sección se centra en comentar los principales puntos mostrados en el artículo, destacando tanto las luces como las sombras que arroja esta experiencia, las herramientas desarrolladas, y la utilidad que adquiere el sistema en un contexto de aprendizaje como el que se muestra. Para hacerlo, se establecen una serie de subsecciones, cada una de las cuales presenta una pregunta, para los autores clave, que se tratará de responder de manera concisa:

A. ¿Es innovadora esta propuesta?

Es cierto que en el terreno de los juegos serios ya existen iniciativas de interconexión con sistemas como MOOCs, PLEs, VLEs, plataformas de *Learning Analytics*, etc. [26-28], pero en el terreno de los Mundos Virtuales no existen tantas iniciativas de este tipo, ya que una revisión de la literatura más actual revela que existe una tendencia en el planteamiento de propuestas acerca la integración de distintos sistemas como VLEs, PLEs, arquitecturas y aplicaciones junto con los Mundos Virtuales [26, 29-33], pero no con sistemas que permitan analizar el desempeño de los estudiantes dentro de una práctica virtual, o el análisis (por muy básico que pueda llegar a considerarse) de las evidencias de interacción recogidas del uso de los estudiantes de los escenarios 3D de aprendizaje y prácticas. La literatura describe principalmente la interconexión de entornos de Mundos Virtuales como *OpenSim* o *Second Life* con plataformas ampliamente extendidas en la docencia actual (Moodle principalmente) mediante *Sloodle* y otras plataformas, de modo que estos entornos 3D amplían sus horizontes de uso educativo en base al soporte y apoyo por parte de sistemas y plataformas donde los docentes ya realizan un trabajo constante de creación de materiales y uso de los mismos como herramienta de ayuda a la docencia.

A decir verdad, los autores de este trabajo consideran que este sistema aporta una verdadera innovación en el campo de la docencia en Mundos Virtuales (y más aún en el terreno de la educación en Ciencias de la Salud) debido a su carácter y visión fuera de la mera conexión con sistemas que aportan objetos de aprendizaje o materiales creados por los docentes, sino como herramienta de ayuda a la evaluación y al entendimiento de cómo los estudiantes se desenvuelven en entornos tan complejos y dinámicos como éstos [34]. Incluso en la literatura más reciente es posible encontrar ya a autores (Griebel *et al* [35] por ejemplo) que describen la propuesta de esta arquitectura Usalpharma como una aportación interesante y que puede abrir nuevas posibilidades en el uso de sistemas externos como recubrimiento y compleción al uso educativo de los Mundos Virtuales mediante sus sistemas de recolección de evidencias, respuestas en tiempo real tanto dentro del Mundo Virtual como fuera de él y sus posibilidades de uso para la evaluación de

TABLA I
ESTUDIANTES Y NOTAS MEDIAS EN LOS AÑOS DE REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Curso	Número de alumnos	Nota media obtenida (0 a 10)	Desviación estándar
2011-2012	14	7,28	1,38
2012-2013	16	7,5	1,27
2013-2014	9	7,81	0,7
2014-2015	9	8,54	0,56

actividades, etc. Por tanto, para los autores es posible considerar esta arquitectura una propuesta real, novedosa y viable para la ayuda en la docencia, la interconexión (mediante los servicios ya disponibles y otros por construir) con aplicaciones ya extendidas en el campo de la educación y el eLearning, y la ayuda a la consecución de mejores resultados en los escenarios de aprendizaje dispuestos en entornos 3D de este tipo.

B. ¿Es útil esta propuesta?

La utilidad de este tipo de sistemas, bajo el punto de vista de los autores, depende básicamente del problema que ayuden a resolver. En el caso concreto del laboratorio Usalpharma, es cierto que esta propuesta aporta una información que no es posible conseguir de otro modo dentro de un Mundo Virtual como *Second Life*, pero es necesario plantearse si esta información es vital o no en un proceso de enseñanza y evaluación de lo aprendido por parte de los estudiantes. En este caso, los autores están de acuerdo que en el caso concreto que nos ocupa, la información no es vital, ya que la evaluación sigue dependiendo en un 75% actualmente del informe que entregan los alumnos del modo habitual (mediante la entrega de un documento PDF por ejemplo), por lo tanto este sistema *solo* aporta una serie de elementos extra a la evaluación. Lo que sí hay que remarcar, es que en este caso concreto, esos *elementos extra* también están pensados para determinar un derecho a la evaluación o no (deben recordarse las condiciones planteadas para la evaluación acerca de al menos un 12% de elementos comprobados y una hora mínimo de interacción con el laboratorio virtual). Por otra parte, los autores también desean manifestar que la aportación que realiza el sistema en forma de información, tanto a estudiantes como a docentes constituye una fiel radiografía de lo que ocurre en un entorno *extraño* como un Mundo Virtual, permitiendo medir aspectos como la dedicación (horas empleadas), el esfuerzo (número de sesiones, número de acciones realizadas para conseguir detectar todos los elementos que deben ser evaluados) o la persistencia (número de sesiones empleadas, evolución de la compleción de la actividad en cada sesión, etc.), por ejemplo. Este tipo de datos, aunque no se tienen en cuenta en la evaluación concreta en esta práctica (y por eso la arquitectura no es determinante en la evaluación actualmente) sí que podrían ser tenidos en cuenta como valores catalizadores de una evaluación, de modo que fuesen parte de la rúbrica de la práctica, otorgando valores concretos a aspectos que no se suelen medir de una forma clara. En resumen, es posible decir que, aunque no tiene una utilidad vital para la práctica, si que se va consolidando cada vez más en un sistema que ayuda de forma inequívoca al profesor, y que pertenece a una serie de herramientas, aplicaciones y utilidades que de una u otra forma se van abriendo paso y tendrán un peso específico en la educación enriquecida por la tecnología en un futuro no tan lejano.

C. ¿Ayuda a mejorar la docencia?

En este sentido, es difícil aventurar una respuesta clara. Si se juzgan los datos de la Tabla 1, podría decirse que si el cambio de paradigma y soporte en la práctica durante

estos cursos de la guía presencial (virtual) a un sistema que proporciona *feedback* a los alumnos de forma automatizada, no ha roto la tendencia de mejora en los resultados, e incluso la mejora significativamente en el último curso, es que ayuda a mejorar la docencia dentro de un contexto como un Mundo Virtual, permitiendo que los alumnos experimenten de forma completa un entorno *immersivo* como *Second Life* y sustituyendo la dedicación de una actividad de resolución de dudas y guiado en este entorno por parte del profesor. Sin embargo, bajo el pensamiento de los autores, aventurar esta conclusión sería demasiado, ya que es posible que se entremezclen más factores en la consecución de estos buenos resultados, como la influencia el menor número de alumnos en sus calificaciones de los últimos años, la mejor predisposición hacia este tipo de herramientas de los alumnos que cursan la asignatura cada curso, cuestiones relativas a la explicación y actividad docente con los conceptos evaluados por parte de los profesores, etc.

En cualquier caso, el tiempo determinará si este sistema u otros del mismo tipo mejoran de forma significativa e inequívoca los resultados y el aprendizaje de los alumnos, o la automatización de ciertas tareas, realizadas anteriormente por el docente, no son en realidad reemplazables, y simplemente estos sistemas deben servir a los docentes como ayuda en la adquisición de conocimiento y toma de decisiones.

D. ¿Puede tener más aplicaciones además de las descritas?

Esta propuesta es, aún hoy en día, una prueba de concepto sobre la utilidad y aplicación de este tipo de sistemas en sistemas y plataformas relacionadas con el eLearning. Los autores creen firmemente que esta propuesta podría tener un uso más intensivo y con mayores funcionalidades mediante su integración con otros sistemas y plataformas eLearning; además de usar algoritmos y técnicas de análisis más avanzadas que las aplicadas actualmente, de modo que se pudiese llegar a realizar análisis complejo del aprendizaje, análisis de comportamiento (el cual ya se hace en Mundos Virtuales de otros modos [34]), determinación de la ruta de aprendizaje para cada alumno, personalización del aprendizaje, desarrollo de sistemas adaptativos dentro de Mundos Virtuales, detección de copia entre alumnos en prácticas realizadas en entornos 3D, etc.

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En esta última sección, se exponen las conclusiones del trabajo y una serie de líneas de trabajo futuro que se plantean dentro del proyecto Usalpharma.

A. Conclusiones

Este artículo pone de manifiesto cómo se ha concebido, diseñado, implementado y puesto en práctica una arquitectura software que ayuda al soporte de una actividad docente en un entorno de aprendizaje como un Mundo Virtual. El artículo ahonda en la problemática que pueden resolver este tipo de sistemas, así como las ventajas que proporciona, la utilidad, la explotación de los mismos, o la

mejora que supone respecto de los sistemas y metodologías actuales.

Desde un punto de vista de ingeniería del software, este trabajo expone cómo un equipo de ingenieros ha sido capaz de desarrollar una solución innovadora a un problema de cierta complejidad, mostrando qué herramientas y métodos han seguido para solventar las dificultades, cómo han planificado el desarrollo y uso de la solución desde un punto de vista multipropósito y multiplataforma.

Desde un punto de vista de eLearning, este trabajo muestra cómo un equipo multidisciplinar ha sido capaz de diseñar, construir y poner en uso una solución a un problema real y concreto relacionado con el aprendizaje de alumnos de posgrado de la rama de conocimiento de las Ciencias de la Salud y Farmacia. Además, siguiendo este punto de vista este trabajo muestra los resultados que se han conseguido en los dos primeros cursos en los que se ha usado la solución alcanzada, y como estos resultados han resultado satisfactorio y aportan realmente valor a la actividad de los docentes y discentes.

B. Trabajo Futuro

Como trabajo futuro planeado para mejorar y ampliar esta arquitectura y su uso, es posible distinguir tres grandes vías:

- A corto plazo se piensa aumentar las métricas mostradas y calculadas (por ejemplo cuántas veces consulta un alumno sus avances, la distribución en el tiempo del esfuerzo de los estudiantes con la práctica, etc.). Asimismo se pretende seguir utilizando la solución descrita en este artículo en sucesivas ediciones de la asignatura Garantía de Calidad en el Laboratorio de Análisis en la Industria Farmacéutica del Máster Universitario en Evaluación y Desarrollo de Medicamentos de la Universidad de Salamanca, así como ampliar su utilización en otras asignaturas que empleen este tipo de metodologías de enseñanza mediante Mundos Virtuales, a fin de seguir probando la solución en distintos contextos y evaluar con más usuarios de prueba (consiguiendo mejores medidas sobre la utilidad docente de este tipo de herramientas).
- A medio plazo, se desea crear una serie de APIs y servicios públicos, de modo que sea posible interconectar este sistema con otras plataformas, de modo que la arquitectura propuesta sirva como *facilitador* de datos y métricas y éstas puedan ser ampliadas, utilizadas o integradas en sistemas eLearning actuales o futuros de modo que se ayude a cerrar el ciclo entre las distintas herramientas tecnológicas que ayuden al aprendizaje de cualquier materia.
- A largo plazo, se plantea la posibilidad de integrar el sistema actual y sus mejores con otras especificaciones del estándar y recomendaciones RDF como pueden ser integrar en la descripción de las interacciones la descripción de los objetos y usuarios mediante *Open Linked Data* [36], siguiendo a su vez los esquemas de la recomendación *Linked Data Platform* de la W3C [37]. De este modo, la arquitectura y sus componentes podrían llegar a *contener* toda la información referente a la actividad, pudiendo tener descripciones asociadas a cada objeto, cada

objetivo, mantener los perfiles de los usuarios bajo URIs concretas y *enlazables*, etc., permitiendo tener un dominio completo del problema y explotar toda la información desde los clientes y plataformas desarrollados, así como desde posibles aplicaciones de terceros conectadas a los servicios que proporcione la arquitectura.

AGRADECIMIENTOS

Al Vicerrectorado de Política Académica de la Universidad de Salamanca por la financiación de los proyectos de Innovación Docente ID2013/201 e ID2014/0164 bajo los que se ha podido desarrollar la arquitectura y soluciones software mostradas en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] F. J. García-Peñalvo, M. Á. Conde González, and S. Bravo Martín. (2009, 10/02/2015). *Ingeniería del Software: Introducción*. Available: <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-del-software/contenidos/Tema0-Sumario-1pp.pdf>
- [2] IEEE, "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology," in *IEEE Std 610.12-1990*, ed. 1990, pp. 1-84.
- [3] Linden Lab. (2014, Feb 28, 2014). *Second Life*. Available: <http://secondlife.com>
- [4] C. Maderuelo, A. Martín-Suárez, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, J. Cruz-Benito, and A. Domínguez-Gil, "Facility-based inspection training in a virtual 3D laboratory," *Accreditation and Quality Assurance*, vol. 19, pp. 403-409, 2014/10/01 2014.
- [5] C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, J. M. Armenteros del Olmo, J. Cruz Benito, and A. Martín-Suárez, "Auditing Training Practice To Postgraduate Pharmacy Students In A Virtual World," presented at the 19th Annual Conference of the European Association of Faculties of Pharmacy (EAFP 2013), Ankara, Turkey, 2013.
- [6] C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, J. M. Armenteros del Olmo, H. Zazo, D. Sánchez Vicente, J. Cruz-Benito, et al., "Satisfacción de estudiantes de Postgrado con una práctica en Second Life," presented at the Congreso Virtual Mundial de e-Learning 2012, 2012.
- [7] L. Jarmon, K. Lim, and B. Carpenter, "Introduction: Pedagogy, education and innovation in virtual worlds," *Journal of Virtual Worlds Research*, vol. 2, pp. 3-4, 2009.
- [8] J. Shen and L. B. Eder, "Intentions to use virtual worlds for education," *Journal of Information Systems Education*, vol. 20, p. 225, 2009.
- [9] M. Varvello, S. Ferrari, E. Biersack, and C. Diot, "Exploring second life," *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, vol. 19, pp. 80-91, 2011.
- [10] M. Virvou and G. Katsionis, "On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE," *Computers & Education*, vol. 50, pp. 154-178, 2008.
- [11] Q. Wang, "Design and evaluation of a collaborative learning environment," *Computers & Education*, vol. 53, pp. 1138-1146, 12// 2009.
- [12] J. Cruz, R. Therón, E. Pizarro, and F. J. García-Peñalvo, "Knowledge Discovery in Virtual Worlds Usage Data: approaching Web Mining concepts to 3D Virtual Environments," *Proceedings Fourth International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support (Eureka-2013)*, 2013.
- [13] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, and A. Martín-Suárez, "Usalpharma: A Cloud-Based Architecture to Support Quality Assurance Training Processes in Health Area Using Virtual Worlds," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, 2014.
- [14] Linden Lab. (2015, 28/07/2015). *APIs and Web Services Portal*. Available: http://wiki.secondlife.com/wiki/APIs_and_Web_Services_Portal
- [15] Linden Lab. (2015, 15/03/2015). *Second Life. Terms of Service*. Available: <http://www.lindenlab.com/tos>
- [16] Á. del Blanco Aguado, J. Torrente, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Análisis del Uso del Estándar SCORM

- para la Integración de Juegos Educativos," *Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem*, p. 118, 2011.
- [17] A. del Blanco, A. Serrano, M. Freire, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "E-Learning standards and learning analytics. Can data collection be improved by using standard data models?," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE*, 2013, pp. 1255-1261.
- [18] World Wide Web Consortium (W3C). (2012, 15/03/2015). *RDF Interfaces. A set of basic primitives and a low-level API for working with RDF data*. Available: <http://www.w3.org/TR/2012/NOTE-rdf-interfaces-20120705/>
- [19] World Wide Web Consortium (W3C). (2004, 15/03/2015). *RDF Semantics. W3C Recommendation 10 February 2004*. Available: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-mt-20040210/>
- [20] World Wide Web Consortium (W3C). (2014, 15/03/2015). *HTTP - Hypertext Transfer Protocol*. Available: <http://www.w3.org/Protocols/>
- [21] MongoDB. (2015, 15/03/2015). *Website*. Available: <https://www.mongodb.org/>
- [22] MongoDB, "Top 5 Considerations When Evaluating NoSQL Databases," ed, 2013.
- [23] Django Software Foundation. (2015, 15/03/2015). *Django Web Framework*. Available: <https://www.djangoproject.com/>
- [24] J. Cruz-Benito, F. J. García-Peñalvo, R. Theron, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, *et al.*, "Using software architectures to retrieve interaction information in eLearning environments," in *Computers in Education (SIIE), 2014 International Symposium on*, 2014, pp. 117-120.
- [25] J. Cruz-Benito, R. Theron, F. J. García Peñalvo, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, *et al.*, "Monitoring and feedback of Learning Processes in Virtual Worlds through analytics architectures: A real case," in *Sistemas y Tecnologías de Información. Actas de la 9ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*. vol. I Artículos, Á. Rocha, D. Fonseca, E. Redondo, L. P. Reis, and M. P. Cota, Eds., ed Barcelona, España, June, 18-21, 2014: AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información), 2014, pp. 1126-1131.
- [26] L. Stoicu-Tivadar, V. Stoicu-Tivadar, D. Berian, S. Drăgan, A. Serban, and C. Serban, "eduCRATE-A Virtual Hospital Architecture," *Studies in health technology and informatics*, vol. 205, pp. 803-807, 2013.
- [27] Á. Serrano-Laguna, J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, "Application of learning analytics in educational videogames," *Entertainment Computing*, vol. 5, pp. 313-322, 2014.
- [28] Á. Serrano-Laguna, J. Torrente, B. Maneroa, Á. del Blanco, B. Borro-Escribano, I. Martínez-Ortiz, *et al.*, "Learning Analytics and Educational Games: Lessons Learned from Practical Experience," in *Games and Learning Alliance*, ed: Springer, 2014, pp. 16-28.
- [29] D. Livingstone and J. Kemp, "Integrating web-based and 3D learning environments: Second Life meets Moodle," *Next Generation Technology-Enhanced Learning*, vol. 8, 2008.
- [30] J. W. Kemp, D. Livingstone, and P. R. Bloomfield, "SLOODLE: Connecting VLE tools with emergent teaching practice in Second Life," *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, pp. 551-555, 2009.
- [31] E. P. Lucas, J. Cruz-Benito, and O. G. Gonzalo, "USALSIM: learning, professional practices and employability in a 3D virtual world," *International Journal of Technology Enhanced Learning*, vol. 5, pp. 307-321, 2013.
- [32] A. Konstantinidis, T. Tsiatsos, S. Demetriadis, and A. Pomportsis, "Collaborative learning in OpenSim by utilizing sloodle," in *Telecommunications (AICT), 2010 Sixth Advanced International Conference on*, 2010, pp. 90-95.
- [33] P. Kallonis and D. G. Sampson, "A 3D Virtual Classroom Simulation for Supporting School Teachers Training Based on Synectics- Making the Strange Familiar," in *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2011 11th IEEE International Conference on*, 2011, pp. 4-6.
- [34] J. Cruz-Benito, R. Theron, F. J. García-Peñalvo, and E. Pizarro Lucas, "Discovering usage behaviors and engagement in an Educational Virtual World," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, pp. 18-25, 6// 2015.
- [35] L. Griebel, H.-U. Prokosch, F. Köpcke, D. Toddenroth, J. Christoph, I. Leb, *et al.*, "A scoping review of cloud computing in healthcare," *BMC medical informatics and decision making*, vol. 15, p. 17, 2015.
- [36] C. Bizer, T. Heath, and T. Berners-Lee, "Linked Data - The Story So Far," *Int. J. Semantic Web Inf. Syst.*, vol. 5, pp. 1-22, / 2009.
- [37] World Wide Web Consortium (W3C). (2015, 15/03/2015). *Linked Data Platform 1.0. W3C Recommendation 26 February 2015*. Available: <http://www.w3.org/TR/2015/REC-ldp-20150226/>

Juan Cruz-Benito es Graduado en Ingeniería Informática y Máster en Sistemas Inteligentes por la Universidad de Salamanca; en la actualidad además es estudiante de Doctorado en Ingeniería Informática dentro de la misma universidad. Es uno de los miembros más jóvenes del Grupo de Investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca. A pesar de su edad posee una importante experiencia en Mundos Virtuales Educativos, Análisis de Datos y tecnologías que dan soporte a procesos de propósito educativo, áreas que ha desarrollado a través de su participación en múltiples proyectos de Investigación e Innovación. Ha trabajado en diversos proyectos Europeos como el proyecto TRAILER (*Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences*), o el proyecto VALS (*Virtual Alliances for Learning Society*), así como en proyectos de carácter nacional como el Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios o el proyecto USALSIM, en los cuales ha desarrollado funciones como ingeniero del software, investigador o desarrollador.

Cristina Maderuelo es Licenciada en Farmacia por la Universidad de Salamanca, con especialidad en Farmacia Industrial y Galénica por la Universidad de Barcelona, y Doctora por la Universidad de Salamanca. Compagina su trabajo como Técnico de Desarrollo Galénico dentro del Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de Salamanca con su actividad docente como Profesora Asociada en la misma Universidad. Cristina es además una de las principales promotoras del grupo de Innovación Docente USALPHARMA, donde dirige las actividades docentes que se realizan en el laboratorio virtual Usalpharma Lab. Ha participado en multitud de proyectos de I+D farmacéutico, así como en proyectos de Innovación Docente, publicando los resultados de ambas líneas de investigación en multitud de congresos y revistas a nivel internacional.

Francisco José García-Peñalvo realizó sus estudios universitarios en informática en la Universidad de Salamanca y en la Universidad de Valladolid y se doctoró en la Universidad de Salamanca. El doctor García-Peñalvo es el director del grupo de investigación GRIAL (Grupo de investigación en Interacción y eLearning). Sus principales intereses de investigación se centran en el eLearning, Computadores y Educación, Sistemas Adaptativos, Ingeniería Web, Web Semántica y Reutilización de Software. Ha dirigido y participado en más de 50 proyectos de innovación e investigación. Fue Vicerrector de Innovación Tecnológica de la Universidad de Salamanca entre Marzo de 2007 y Diciembre de 2009. Ha publicado más de 200 artículos en revistas y conferencias internacionales. Ha sido editor invitado en varios números especiales de revistas internacionales (*Online Information Review, Computers in Human Behaviour, Interactive Learning Environments...*). Es el Editor en Jefe de las revistas *Education in the Knowledge Society* y *Journal of Information Technology Research*. Coordina el Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca.

Roberto Therón cursó sus estudios de Informática en la Universidad de Salamanca (Diplomatura) y la Universidad de la Coruña (Licenciatura). Tras entrar a formar parte del Grupo de Investigación en Robótica de la Universidad de Salamanca, presentó su trabajo de Tesis, "Cálculo paralelo del espacio de las configuraciones para robots redundantes", recibiendo el Premio Extraordinario de Doctorado. Posteriormente ha obtenido los títulos de Licenciado en Comunicación Audiovisual (Universidad de Salamanca) y Licenciado en Humanidades (Universidad de Salamanca). En la misma Universidad de Salamanca continúa realizando su trabajo de investigador, como encargado del grupo VisUsal (dentro del Grupo de Investigación Reconocido MiDa) que se centra en la combinación de enfoques procedentes de la Informática, Estadística, Diseño Gráfico y Visualización de Información, para obtener una adecuada comprensión de conjuntos de datos complejos.

En los últimos años, se ha dedicado al desarrollo de herramientas de visualización avanzada para datos multidimensionales, como por ejemplo datos genéticos o paeloclimáticos. En el área de Analítica Visual desarrolla productivas colaboraciones con grupos e instituciones de reconocido prestigio internacional, como el Laboratorio de Ciencias del Clima y del Medio Ambiente (París) o el Centro de Analítica Visual Avanzada de la ONU (Suiza). Es autor de más de 70 artículos en revistas y congresos internacionales.

Jonás Samuel Pérez-Blanco es Licenciado en Farmacia y posee un Máster en Diseño, Obtención y Evaluación de Fármacos en la Universidad de Salamanca; en la actualidad es profesor ayudante del departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de Salamanca donde está realizando una tesis doctoral en monitorización de fármacos anticancerígenos. Su concentrada trayectoria se centra en la optimización de tratamientos farmacoterapéuticos así como la innovación docente en el ámbito farmacéutico. Samuel es el coordinador de nuevas tecnologías de la Facultad de Farmacia; ha dirigido y colaborado en más de 20 proyectos de investigación e innovación docente nacional e internacional como por ejemplo el proyecto COPHELA (*Cooperation in Quality Assurance Pharmacy Education and Training between Europe and Latin America*). Así mismo ha sido distinguido con diversos premios por sus participaciones en proyectos tanto de carácter biosanitario (Academia de Medicina de Valladolid, España) como innovación docente (Academia de Farmacia de Castilla y León, España) y ha presentado los resultados de su investigación en revistas internacionales de elevado impacto así como en congresos nacionales e internacionales.

Hinojal Zazo Gómez es Graduada en Farmacia y Máster en Diseño, Obtención y Evaluación de medicamentos por la Universidad de Salamanca. Actualmente, es estudiante de Doctorado en Farmacia, dentro de la misma universidad, financiada por una beca del Ministerio de Educación del Gobierno Español; simultáneamente participa en el grupo de Innovación docente Usalpharma. En 2012 recibió el premio de la Academia de Farmacia de Castilla y León por su trabajo publicado posteriormente en la revista *International Journal of Antimicrobial Agents*. Hinojal posee experiencia en diversidad de campos como el análisis por HPLC, cultivos celulares o docencia a través de Mundos Virtuales gracias a su participación en múltiples proyectos de Investigación e Innovación, y la docencia impartida en asignaturas del Grado de Farmacia y diversos cursos ofertados por la Universidad de Salamanca con relación a este área.

Ana Martín Suárez es doctora en Farmacia y profesora titular del Departamento de Farmacia y tecnología Farmacéutica de la Universidad de Salamanca. Realizó su formación como investigador en el departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica y en el servicio de Farmacia del Hospital universitario de Salamanca. Pertenece al GIR de Farmacocinética Experimental y Clínica de la Universidad de Salamanca y al IBSAL (Instituto de Biomedicina de la Universidad de Salamanca). Su principal línea de investigación se sitúa en el campo de la Farmacocinética Clínica, abordando la Monitorización de Fármacos en fluidos biológicos y el análisis Farmacocinético poblacional, la modelización y la simulación PK/PD (Farmacocinética / Farmacodinámica). Ha publicado más de 30 artículos, la mayoría incluidos en el *Journal Citations Reports*. Con el grupo de innovación docente Usalpharma ha desarrollado numerosos proyectos, publicado artículos, impartido cursos de formación del profesorado y recibido varios premios.