



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Automatización de descripciones sobre el funcionamiento para la creación de empresas ficticias para la práctica de auditoría de la asignatura de ASLEPI (PINN-18-A-096)

Convocatoria de los Proyectos de Innovación Docente 2018

Cristian González García – gonzalezcristian@uniovi.es- Departamento de informática

Darío Álvarez Gutiérrez – darioa@uniovi.es- Departamento de informática

Palabras clave:

Tipo de proyecto

Tipo A (PINN-18-A-096)	X
------------------------	---

Tipo B (PINN-18-B)	
--------------------	--

En este apartado decir el tipo de proyecto (Tipo A o Tipo B) y únicamente en caso de ser de tipo B, describir las ampliaciones y novedades con respecto a los proyectos anteriores de los cuales es continuación.

Resumen / Abstract

Uno de los problemas del profesorado es cuando tienen que crear ejercicios personalizables o diferentes para cada alumno o grupo de alumnos. Esta tarea lleva mucho tiempo al docente, alrededor del 20% según algunos estudios. Además, es una tarea repetitiva y que tiene cierta complejidad al tener que generar ejercicios similares pero diferentes de forma que no cree diferencias entre alumnos. En este caso nos encontramos en la asignatura de ASLEPI, en donde tenemos que crear en cada curso diferentes empresas ficticias para que los alumnos hagan una auditoría de ellas. A esto, hay que añadirle el problema de que los informes que se inventaban los profesores muchas veces carecían de datos y esto obligaba a los alumnos a enviar correos para preguntar por ellos al profesor, algo que añadía más carga de trabajo. Por



ello, hemos optado por desarrollar una herramienta que genere automáticamente estos informes con toda o casi toda la información necesaria para los alumnos. Con esta herramienta hemos conseguido, como se muestra en los resultados, reducir ampliamente el tiempo de creación de ejercicios y el de resolución de preguntas.

1 Contribución del proyecto a la consecución de los objetivos específicos y de los objetivos de la convocatoria

1.1 Objetivos específicos y objetivos prioritarios de la convocatoria conseguidos

Objetivos Específicos del proyecto	Objetivo/s de la convocatoria con los que se relaciona	% del peso en el Proyecto
1 Generar automáticamente prácticas con todos los datos para facilitar a los alumnos la realización de estas, así como un mismo estilo y formato entre todos los profesores de la asignatura, mejorando así su coordinación y una evaluación similar.	Potenciar nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje que contribuyan al desarrollo de la función docente en las que los aspectos tecnológicos no sean determinantes.	100

Se ha cumplido el objetivo del proyecto mediante la creación de una herramienta que genera automáticamente empresas a partir de unos datos aleatorios ya insertados en ella. Esta herramienta cuenta con una pequeña base de datos con diferentes ejemplos. Cuando se genera una empresa nueva, el programa elige entre todos estos datos de manera aleatoria, pero de forma que queden bien formados y sin incongruencias o ambigüedades.

1.2 Mejoras a la convocatoria, grado de pertinencia de las mismas, modificaciones al proyecto inicial y justificación de los cambios

Se cambió el plan inicial, que era distribuirlo a todos los grupos y se optó por hacerlo con dos grupos de prácticas de un total de 7: 2 grupos experimentales y 5 de control. Con este cambio, que creemos que es positivo, pretendimos mejorar los datos recogidos por experimento.



2 Contribución del proyecto al plan estratégico de la Universidad y repercusiones en la docencia. *Para la elaboración de este apartado describir el grado de cumplimiento de los compromisos adquiridos del punto 5 de la solicitud del proyecto.*

2.1 Alineamiento del Proyecto de Innovación Docente con el Plan Estratégico 2018-2022 de la Universidad de Oviedo en materia docente.

FAE	% Adecuación
FAE 5: Puesta en marcha de un programa de actualización en métodos educativos.	
Extender nuevas técnicas docentes en los estudios de grado y máster de la Universidad.	10
FAE 7: Puesta en marcha de un programa para la financiación de proyectos de innovación docente.	
Mejorar los resultados académicos de los estudiantes.	50
Aumentar el número de experiencias innovadoras formativas.	10
FAE 15: Puesta en marcha de un observatorio de innovación docente y la orientación vocacional en colaboración con el gobierno del principado de Asturias.	
Identificar necesidades de formación, carencias y problemas que pueden conducir al fracaso de los alumnos.	15
FAE 19: Mejora de la atención a los colectivos con necesidades específicas.	
Desarrollar medidas de equiparación e igualdad de oportunidades.	15

Se han cumplido de la siguiente manera. Al crear una herramienta que genere de forma automática los informes de funcionamiento de empresas ficticias para la práctica de auditoría se ha conseguido que:

- [FAE 5] Existan nuevas técnicas docentes al permitir esta generación automática de informes.
- [FAE 7, FAE 15, FAE 19] Mejoren los resultados académicos de los estudiantes al conseguir que se queden más tranquilos al darles informes uniformes y con todos los datos necesarios, evitando así falta de datos y diferencias entre los grupos, pues esto es algo que ocasionaba temor y dudas entre los alumnos al no saber si tenían todos los datos o necesitaban más datos. Esto les obligaba a escribir correos a los profesores y, en algunos, no escribirlos pensando que tenían todos y sacar menos nota o perder tiempo por culpa de esto.

2.2 Grado de consecución de las repercusiones esperadas del proyecto (en la docencia específica y en el entorno docente)

Repercusiones		
1	Posibilidad de poner el proyecto en práctica en otras asignaturas, cursos, carreras o con otros profesores.	5
4	Publicación de resultados en revistas, libros, jornadas o congresos distinto de las Jornadas de Innovación Docente de UniOvi.	5
5	Utilización de herramientas y aplicaciones tecnológicas avanzadas al servicio de la propuesta metodológica	80



6	Posibilidades de dar continuidad al proyecto en cursos posteriores ampliándolo o mejorándolo	10
---	--	----

Se han cumplido de la siguiente manera:

- [1] Se está valorando el ponerlo en práctica en una asignatura similar que se cursa en el Máster Universitario en Ingeniería Web y se titula Aspectos Éticos y Legales de la Web. No se puede en muchas más, debido a que la automatización y generación de los informes es algo muy específico y enfocado a este tipo de asignaturas. No obstante, se plantea el poner la herramienta a disposición de todo el mundo en un futuro, cuando se mejore, para que así cualquier profesor del mundo pudiera utilizarla para esta asignatura que se imparte en casi todos los grados de informática.
- [4] Se están barajando diferentes revistas y conferencias del ámbito educativo para poder realizar un artículo y enviarlo. No obstante, creemos que le queda un poco más de trabajo antes de poder publicar el trabajo y por eso pediremos un PINB para el próximo curso. Tras esto, el trabajo será totalmente publicable con las mejoras que tenemos pensado hacerle.
- [5] Se ha desarrollado una herramienta que genera de forma automática informes sobre empresas ficticias que permite quitar carga al docente y dar unos mejores informes a los alumnos, de forma que todos sean más parecidos en cuanto a la información contenida pero diferentes en función del tipo de empresa.
- [6] Se va a pedir el PINN-B para el próximo curso de cara a mejorar el proyecto y así poder cambiar la arquitectura, haciéndola mucho más flexible de cara a publicarlo en abierto y que quede a disposición de todo el mundo. Además, claro está, de ampliar los informes para que contengan mucha más información relevante y adaptable a los diferentes lugares/leyes.

3 Memoria del Proyecto

3.1 Marco Teórico del Proyecto

Este proyecto es para mejorar la asignatura de Aspectos Sociales, Legales, Éticos y Profesionales de la Informática (ASLEPI), de 4 curso del grado de Ingeniería Informática en Ingeniería de Software. Uno de sus objetivos en esta asignatura es el de «Capacitar para el desarrollo de una actividad profesional en el campo del peritaje y la auditoría en informática». Por ello, en esta asignatura, una de las 2 prácticas finales es sobre realizar una auditoría a una empresa ficticia. En total, este curso 2018-2019 hemos sido 5 profesores en la asignatura, todos con sus respectivos grupos de prácticas de casi 16 (15,86) alumnos de media.

En esta práctica final de la asignatura, el profesor de cada grupo debe inventarse una empresa ficticia para cada grupo de alumnos, pues es una práctica grupal. Los grupos tienen que ser de 3 alumnos (excepcionalmente 4 o 2) y cada laboratorio tiene entre 14-18 alumnos, lo que da lugar a tener que inventarse 4-5 empresas ficticias por grupo de prácticas. El profesor tiene que inventarse la empresa, el material, la metodología de trabajo, sus características, el software y hardware que tienen, su seguridad y como la cumplen o incumplen, y como lo usan, y como trabajan los miembros de la empresa y como esta está compuesta y distribuida. En base a esto, los alumnos tienen que hacer una auditoría a la empresa y decir si cumple o no los diferentes artículos legales de las diferentes leyes, como es la LOPD o la nueva RGPD. Además, esta descripción se les da, por lo general, de palabra, lo que hace que tengan que coger nota y



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

puedan no recoger todos los datos, o, incluso, debido a errores o lagunas, les faltan datos. Mientras, otros profesores, mandan a los alumnos el crear ellos la empresa y después les revisan que esté bien.

El problema surge en que, a los profesores, se les pueden olvidar datos importantes o necesarios sobre esa empresa. Por eso, se les insiste en que consulten a los profesores en persona o por correo sobre posibles datos faltantes. Esto desemboca en que, algunos alumnos no se den cuenta o crean que es irrelevante la falta de algunos datos y hagan el trabajo incorrectamente, o bien, otros envíen decenas de emails al profesor por datos faltantes, y a veces irrelevantes, algo que se les indica, pero que algunos alumnos exageran. Todo esto da lugar a que:

- Algunas prácticas estén más o menos completas por parte de los alumnos.
- Algunos alumnos se tensen o tengan que parar su trabajo por falta de datos.
- Algunos alumnos tengan que realizar trabajo extra por tener prácticas más incompletas.
- Algunos profesores tengan trabajo extra debido a los correos.

Por todo esto, es muy difícil actualmente realizar buenas descripciones de empresas haciendo que también sean diferentes entre ellas, tanto, entre los diferentes grupos de prácticas, como en los diferentes años. Esto hace, que no solamente, como se ha explicado, las descripciones puedan estar incompletos, sino que sean muy parecidos.

Por ello, otro punto muy importante a la hora de crear las descripciones es el otorgarles **variabilidad**, ya que esta está muy relacionada con la calidad de la evaluación (Gil, Motz, & Sanchez, 2017). Como explican estos autores, esto ayuda a que los ejercicios se puedan repetir durante varios cursos, pues, el problema que sucede es que al final, las propuestas de diferentes años, varían muy poco y de forma limitada respecto a una serie de descripciones/tareas estándares. Además, si tienen suficiente variabilidad, los estudiantes no se puedan compartir las respuestas y también permiten que los estudiantes puedan realizar los mismos ejercicios con los que se les evaluará, es decir, se puede generar tanto ejercicios como exámenes.

Otro problema es el que afecta a los profesores, pues, en el caso de (Gil et al., 2017), ellos estiman que **el 20% de horas de docencia se destinan a desarrollar evaluaciones**, convirtiéndose en una tarea intelectual repetitiva y rutinaria que requiere gran esfuerzo. Ya que, al final, crear deberes, ejercicios y exámenes lleva tiempo y entraña una cierta dificultad (Alvin, Gulwani, Majumdar, & Mukhopadhyay, 2015). Ambas sentencias contrastan muy bien con el esfuerzo que tienen que dedicar todos los años los profesores de las asignaturas para preparar estas descripciones, que, no dejan de ser un enunciado muy largo de un ejercicio, que hay que crear siguiendo unas pautas, que son las leyes actuales.

Respecto al tema de generación de ejercicios de forma automática, hay mucha literatura sobre ellos. No obstante, esta suele estar enfocada en ejercicios **matemáticos o de algoritmos**, es



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

decir, algo que es mucho más sencillo de automatizar en comparación con la generación de texto. Esto se debe a que, como afirman (Tiam-Lee & Sumi, 2018b), la creación de generación de ejercicios de forma automática está bastante limitada dependiendo del dominio. Además, de acuerdo a (Lackes & Siepermann, 2009), generar ejercicios complejos y evaluarlos es difícil. Luego, en nuestro caso, generar el cómo funciona una empresa por dentro para que sea evaluado basándose en lo que dice la ley, no es fácil tampoco y mucho menos generar varios para diferentes grupos de alumnos.

Un ejemplo es la solución que propusieron en (Gil et al., 2017), fue un sistema de parametrizado para las funciones de LaTeX para generar en base a los datos que introduce manualmente el usuario unos enunciados de ejercicios de forma automática para asignaturas que tengan cálculos numéricos como Matemáticas, Física, Química y Economía. Claramente, la desventaja de usar plantillas es que estas son específicas de cada problema, además de ser complejas y requerir una fase manual que puede provocar errores (Gil et al., 2017).

También podemos encontrar ejemplos de herramientas para álgebra (Singh, Gulwani, & Rajamani, 2012), en donde la utilizan tanto para hacer exámenes como ejercicios parecidos a esos exámenes, y geometría (Alvin, 2014; Alvin et al., 2015), donde crearon un tutor inteligente para generar problemas de forma automática junto a sus soluciones en base a una figura geométrica y un conjunto de propiedades. En cambio, en (Bouhineau, Chaachoua, & Nicaud, 2008), crean ejercicios matemáticos de ecuaciones.

En cambio, otros autores en abogan por la creación de frameworks para generar aleatoria y automáticamente ejercicios matemáticos (Kurt-Karaoglu, Schwinning, Striewe, Zurmaar, & Goedicke, 2015). De esta manera, crean una plataforma/librería muy específica que pueda ser reutilizada bajo ciertas condiciones.

(Lackes & Siepermann, 2009) presentan una herramienta de e-Learning para generar automáticamente ejercicios de cálculo, de manera que los estudiantes pueden practicar a hacer por Internet. Además, estos ejercicios se autocorrigien considerando error que surjan de manera continuada sin ayuda del profesor. Esto ahorra tiempo al profesor ya que no tiene que corregirlos, e, incluso, puede usar la herramienta para poner los exámenes.

En (Ono & Konaka, 2017), los autores han desarrollado una aplicación web para ayudar a enseñar ecuaciones diferenciales en la que generan de forma automática ejercicios y evaluaciones a las que pueden acceder los estudiantes. De esta manera, ellos generaban las ecuaciones diferenciales y mostraban múltiples respuestas para solucionar la ecuación diferencial.

No obstante, algo en lo que suelen coincidir cuando se lee sus artículos, es en lo que dice (Kurt-Karaoglu et al., 2015), y que es que la generación de este tipo de ejercicios ayuda a evitar el plagio. O, incluso, frenar las posibles trampas que puedan cometer los estudiantes debido a la generación de ejercicios similares pero diferentes para cada alumno (Alvin et al., 2015).



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Dentro de la **informática**, hay trabajos que están **enfocados en la programación**. Los centrados en la programación suelen limitarse al uso de plantillas para generar preguntas parametrizadas (Tiam-Lee & Sumi, 2018b). Por ejemplo, en (Prados, Boada, Soler, & Poch, 2005) cambian palabras y sentencias en problemas de programación para producir diferentes variaciones. Utilizan su herramienta para generar preguntas sobre programación, bases de datos y matemáticas.

En cambio, en (Tiam-Lee & Sumi, 2018b), los autores tratan de crear ejercicios de programación de código de forma automática y sin usar preguntas parametrizables a la vez que ajustan la complejidad del ejercicio en base a la confusión del estudiante, la cual detecta el programa y genera guías acorde a la confusión detectada, porque hablan más de ella en una publicación previa (Tiam-Lee & Sumi, 2018a). Estos mismos autores han encontrado que ajustar la complejidad del ejercicio y proporcionar guías en base a la confusión del estudiante tiene un impacto positivo en el número de problemas resueltos (Tiam-Lee & Sumi, 2018b).

En (Wakatani & Maeda, 2015), usan plantillas para generar trazas y ejercicios de depuración para enseñar la gramática y la semántica del lenguaje de programación C (Kernighan & Ritchie, 2008; Ritchie, 1993). En cambio, en (Hsiao, Sosnovsky, & Brusilovsky, 2010) parametrizan programas para enseñar Java (Gosling, Joy, Steele, Bracha, & Buckley, 2015), de forma que realizan preguntas sobre la traza mientras que tratan de guiar a los estudiantes en los ejercicios que deben realizar para que se encuentren cómodos con esos ejercicios y evitar que sean muy simples o muy complicados. De acuerdo con (Tiam-Lee & Sumi, 2018b), estas preguntas son útiles para prevenir el plagio, pero no son flexibles para crear ejercicios individuales.

También, en el ámbito de la informática, hay varias que se utilizan para **enseñar Inteligencia Artificial (IA)** (González García, Núñez-Valdez, García-Díaz, Pelayo G-Bustelo, & Cueva Lovelle, 2019). Este es el caso de (Foteini Grivokostopoulou & Hatzilygeroudis, 2015), en dónde los autores presentan una herramienta desarrollado y utilizada por ellos, conocida por las siglas AITS, y que fue ampliada a partir de un trabajo previo de ellos (F. Grivokostopoulou & Hatzilygeroudis, 2013). AITS es un sistema de tutorización inteligente y adaptativo que enseña Inteligencia Artificial. Además, AITS usa técnicas de IA para personalizar el aprendizaje y la evaluación de los estudiantes. De esta manera, AITS, ayuda a los tutores para crear ejercicios interactivos relacionados con algoritmos de búsqueda usando IA de una forma semiautomática. El tutor tiene que seleccionar el tipo de ejercicio que quiere, entre unos 20 corpus diferentes, y la herramienta se lo genera. También tiene una parte para visualizar ejemplos. Además, guarda información acerca de los errores que han cometido los estudiantes.

Por otro lado, la herramienta Wodel-Edu (Gómez-Abajo, Guerra, & Lara, 2017) permite generar y evaluar de manera automática ejercicios de autómatas deterministas. En total, podían generar 3 tipos de ejercicios: presentar 2 autómatas entre los cuales 1 es incorrecto



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

para que así los alumnos digan cuál es el correcto, 1 solo autómata en el que tienen que decir si es correcto o no, y un autómata erróneo junto a varias posibilidades entre las que tienen que elegir la correcta para corregirlo.

Dentro de la informática también están los que se usan para enseñar **algoritmos**. Por ejemplo, EXORCISER es una herramienta que permite crear ejercicios para entrenar, generar y corregir ejercicios teóricos diversos de informática, como pueden ser los algoritmos de Markov y gramáticas (Tschertter & Lamprecht, 2002). También está PathFinder, una herramienta para enseñar el algoritmo de Dijkstra (Sánchez-Torrubia, Torres-Blanc, & López-Martínez, 2009).

Trabajos algo más similares, aunque lejanos, son los que se utilizan texto. Por ejemplo, para **enseñar un idioma**. En este caso, los autores de (Goto, Kojiri, Watanabe, Iwata, & Yamada, 2010), presentan una herramienta que genera preguntas de elección múltiple con huecos para rellenar («Cloze») a partir de textos en inglés para estudiar inglés. Así, aplicando Machine Learning, la herramienta es capaz de elegir que sentencias son las apropiadas y que palabras debe quitar de ellas. Después, genera las posibles soluciones dadas en la elección múltiple incluyendo palabras distractoras. Sin embargo, como vemos aquí, no generan todo un texto con sentido, que es lo que se necesita y realizamos en nuestro caso.

Como se ha visto, la gran mayoría de la literatura relacionada con la informática, así como en asignaturas de otras áreas pero que se imparten en el grado como son matemáticas y física, suelen generar ejercicios parametrizables. Mientras, algunas similares que usan texto y que se usan para estudiar idiomas se basan en extraer información de textos y crear huecos en ella. No obstante, estas últimas, extraen información y la resumen, no generan un discurso desde cero. Relacionados directamente que generen empresas o textos basados en leyes no se ha encontrado ninguno.

En este proyecto, lo que se propone, es crear descripciones de empresas ficticias que simulen a las reales, a la vez de que se otorgue variabilidad a las descripciones para que evitar plagio entre los alumnos y puedan ser analizadas en base a la legislación española desde el punto de vista informático. Además, la herramienta debe de ser fácil de utilizar y servir para entregar ejercicios bastante completos y homogéneos, de manera que ahorre tiempo al profesorado y mejoren los ejercicios que se entregan a los alumnos, así como que disminuyan las dudas entre los estudiantes.

3.2 Metodología utilizada

3.2.1 Plan de Trabajo desarrollado

A continuación, se presenta el plan de trabajo. El trabajo de desarrollo y coordinación ha sido llevado por Cristian González García, y las reglas, decisiones, opciones y datos necesarios a incluir en los informes han sido redactados tanto por Darío Álvarez Gutiérrez como por Cristian González García, pero con mayor ayuda y peso del primero, pues ha tenido una trayectoria y



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

experiencia de muchos más años como coordinador y profesor de la asignatura. Entre ambos profesores, se han corregido también erratas y fallos en el texto generado.

Todo el trabajo se empezó antes del principio del segundo semestre, en enero de 2019. Se continuó de forma paralela a la asignatura y estuvo terminado para antes de la fecha de entrega del enunciado de la práctica a los alumnos. Dicha entrega se les hizo el lunes 8 de marzo de 2019 en el horario de prácticas. Luego, se han cumplido los plazos correctamente y sin inconvenientes.

3.2.2 Descripción de la Metodología

A partir del segundo cuatrimestre del curso académico 2018-2019 se empezó a crear un programa que generara automáticamente informes de empresas ficticias con todos sus datos siguiendo unas reglas. Estos informes generados tenían que contener todos los datos necesarios para que los alumnos puedan realizar una práctica sobre auditorías sin casi necesidad de preguntar por falta de datos en el informe.

Primero de todo, en enero de 2019, se comenzó a crear el programa y a introducirle todas las posibilidades que queríamos que pudieran tener las empresas generadas, insertando aleatoriedad para que cuando se generen todas las prácticas puedan salir muy diversas y variadas, de forma que se evitara el plagio entre alumnos, pero correctas, pues, dependiendo de ciertas posibilidades de la empresa que salgan previamente, las posteriores podrán ser unas u otras. Por ejemplo, si la empresa utiliza GNU Linux, no podrá utilizar una base de datos Microsoft o si utiliza para todo desplegado en servicios en la nube, tendrá que tener unos criterios de seguridad online específicos, si dispone de ellos.

La totalidad del programa se ha desarrollado utilizando el lenguaje de programación Java (Gosling et al., 2015), versión 8. Las diferentes opciones de creación de la empresa se encuentran dentro del código fuente de dicho programa. Se ha desarrollado utilizando el entorno de desarrollo integrado (IDE) Eclipse Photon (versión 4.8).

Una vez terminada la herramienta, se generaron varios informes de prueba para comprobar que las generaciones fueran correctas. No obstante, claramente, hubo erratas y algunos fallos que hubo que corregir.

Se cambió el plan inicial, que era distribuirlo a todos los grupos y se optó por hacerlo con dos grupos de prácticas de un total de 7. Se eligieron los grupos de prácticas en los que tenemos docencia los profesores involucrados en el proyecto para así tener mayor control sobre todo el proceso. De esta forma, además, conseguimos tener 2 grupos experimentales (PL-01 y PL-02) y 5 de control, que involucraron un total de 33 y 76 alumnos respectivamente. Con este cambio, que creemos que es positivo, pretendimos mejorar los datos recogidos por experimento. La Tabla 1 muestra un resumen de esto, resaltando en negro los grupos experimentales.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Grupo	Número de alumnos	Alumnos que entregaron	Profesores responsables
PL-01	16	15	Darío
PL-02	18	18	Cristian
PL-03	16	16	Profesor 3
PL-04	16	16	Profesor 3
PL-05	16	15	Profesor 4
PL-06	15	15	Profesor 5
PL-07	14	14	Profesor 5
Total:	111	109	5 profesores diferentes

Tabla 1 Grupos, alumnos y profesores involucrados

El lunes 8 de marzo de 2019 en el horario de prácticas se repartieron los trabajos. El PL-02 es de 16 a 18h y el PL-01 es de 18 a 20h. En cada clase, se crearon grupos de 3 alumnos (rara excepción de 4), pues es un trabajo grupal. Después, se generaron y repartieron los informes delante de cada grupo de estudiantes y se comprobó con ellos si tenían alguna duda o errata. Cabe destacar, que debían de hacer la entrega de la memoria todos los alumnos, a pesar de ser un trabajo en grupo.

En la entrega de la memoria, se pide a los alumnos que incorporen en ella todas las dudas que hayan realizado a los profesores sobre el enunciado. Luego, ahí se pueden encontrar la gran mayoría de las dudas realizadas a los otros profesores para realizar la comparativa en los resultados entre las dudas de los grupos de control y los grupos experimentales. Se sumarán las preguntas realizadas en los diferentes grupos y se compararán estadísticamente entre los 7 grupos de prácticas, sobre todo, entre los de control y los experimentales. Cabe destacar, que se dice «la gran mayoría» debido a que igual algunos alumnos no han reflejado todas, pero eso ya queda totalmente fuera de nuestro alcance. De aquí saldrá el indicador 2 de los resultados.

Además, para valorar el proyecto, coincidiendo con el indicador 1, se les ha pasado una encuesta a los estudiantes a final de curso. Para la realización de la encuesta se ha utilizado Google Forms. El enlace es el siguiente: <https://forms.gle/3nvTxmqoJQ6WXYbq6>. Esta encuesta contiene 5 preguntas:

- ¿El proyecto de innovación te ha resultado útil?
- Marca el grado de diferencia que crees que hay entre que el profesor se invente el enunciado o lo genere con una herramienta específica para este propósito
- ¿Crees que la herramienta ha contribuido a mejorar la asignatura?
- ¿Te han gustado informes generados? ¿Qué cambiarías/mejorarías/sugerirías?
- ¿Te gustaría que se siguieran realizando proyectos de innovación para mejorar la asignatura?



3.3 Resultados alcanzados

3.3.1 **Valoración de indicadores** detallando los instrumentos utilizados para recoger la información, se valora la inclusión de tablas o figuras que faciliten la comprensión de lo expuesto. Al menos un indicador se vinculará con el grado de satisfacción del alumnado que participe en el proyecto.

Tabla resumen (a incluir obligatoriamente)

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos fijados y obtenidos
1	Encuesta favorable	Encuesta personalizada a final de curso a los alumnos sobre su opinión de la implantación de este proyecto de innovación docente en la asignatura. Estas encuestas deberán de salir positivas (por encima del 50%) para que el proyecto haya sido un éxito.	Entre 0,0% y 24,9% → Muy bajo Entre 25,0% y 49,9% → Bajo Entre 50,0% y 74,9% → Aceptable Por encima del 75,0% → Muy bueno
2	Número de consultas realizadas por los alumnos	Número de las consultas sobre la práctica representado en % comparando los grupos de control y los experimentales.	Entre 0,0% y 24,9% → Muy bueno Entre 25,0% y 49,9% → Aceptable Entre 50,0% y 74,9% → Bajo Por encima del 75,0% → Muy bajo

Indicador 1:

A continuación, se muestran las diferentes respuestas de los alumnos. Cabe destacar que solamente la han contestado 8 alumnos de un total posible de 33 que presentaron esta práctica y 34 que asistían en total a clase.

Como se ve en la Ilustración 1, la mayoría de los estudiantes creen que ha resultado útil en 8/10. Como excepción uno opina que no. Como media entre todos nos saldría una nota de 7,375, lo que daría aprobado el proyecto como aceptable.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

¿El proyecto de innovación te ha resultado útil?

8 respuestas

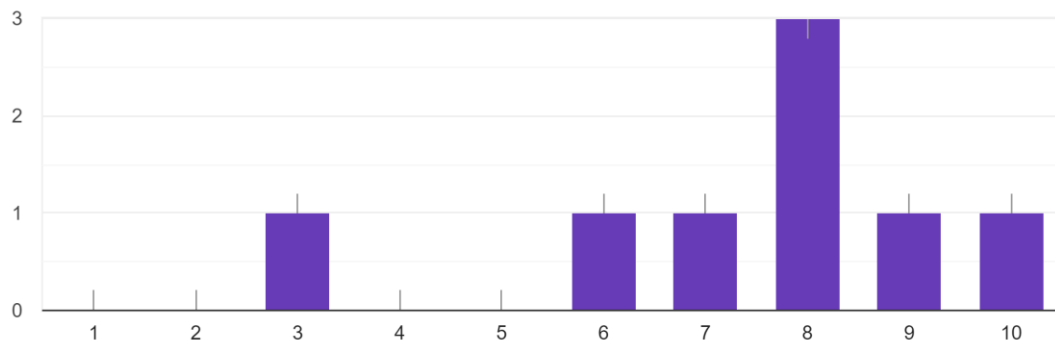


Ilustración 1 Utilidad del proyecto según los estudiantes

Según la Ilustración 2, los estudiantes creen que hay una diferencia entre usar el una herramienta específica o que el profesor se invente los enunciados.

Marca el grado de diferencia que crees que hay entre que el profesor se invente el enunciado o lo genere con u...mienta específica para este propósito

8 respuestas

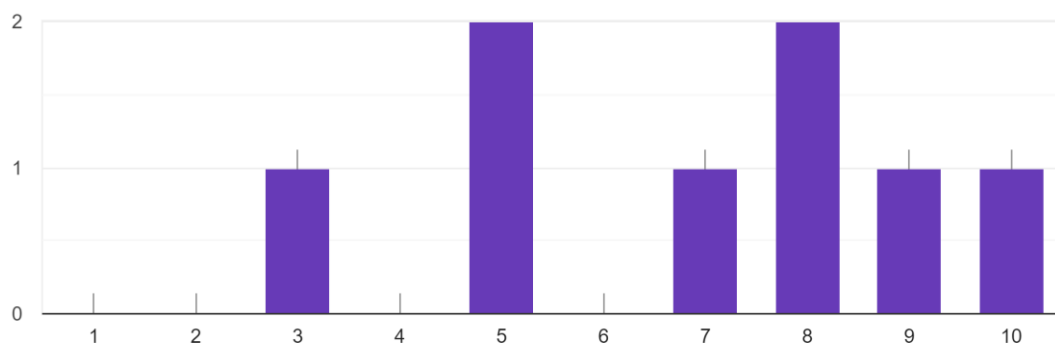


Ilustración 2 Grado de diferencia según los estudiantes entre usar una herramienta o que el profesor invente el enunciado

En la Ilustración 3 se puede ver como el 87,5% de los alumnos, es decir, todos los que han contestado menos 1, opinan que la asignatura ha mejorado con esta herramienta.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

¿Crees que la herramienta ha contribuido a mejorar la asignatura?

8 respuestas

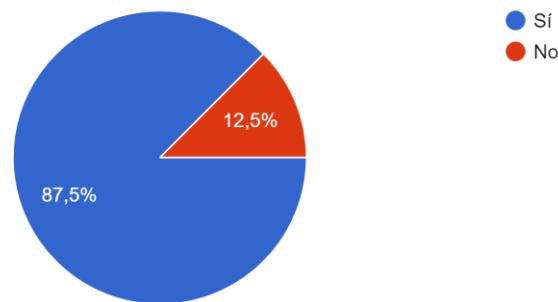


Ilustración 3 Opinión de los alumnos sobre si se ha mejorado la asignatura

En la Ilustración 4 se ven los comentarios de los alumnos. Como se puede ver, comentan que hay algunas ambigüedades y cosas difíciles de entender.

¿Te han gustado informes generados? ¿Que cambiarías/mejorarías/sugerirías?

8 respuestas

Si, me ha gustado.
Si
Algunas cosas son difíciles de entender y se contradicen entre si
Podría ser un poco más detallado ya que había algunas partes algo ambigüas o con falta de información.
Sí, estaban bien, aunque había cosas que gramaticalmente no se entendían y requerían de aclaración del profesor, pero por lo general el nuestro era bastante correcto
Sí, nada
Sí, me han gustado.
No sabía del cambio, estuve en el grupo de Darío

Ilustración 4 Comentarios de los alumnos

Por último, en la Ilustración 5 se ve como todos los alumnos opinan que deberían de seguir haciéndose proyectos de innovación para mejorar la asignatura.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

¿Te gustaría que se siguieran realizando proyectos de innovación para mejorar la asignatura?

8 respuestas

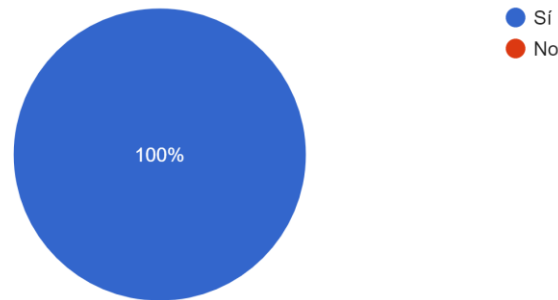


Ilustración 5 Opinión de los alumnos sobre seguir realizando proyectos de innovación

Indicador 2:

A continuación, se muestra en la Tabla 2 con los datos utilizados en el indicador 2. En cursiva están los grupos experimentales. Como se puede ver, la tabla desglosa:

- El grupo de prácticas de laboratorio (PL).
- El número de grupos creados en cada laboratorio de práctica (casilla en blanco indica que no había), que van desde 4 a 6 y van con una G delante.
- El número de grupos.
- Se recogieron de los informes las preguntas realizadas por cada grupo, así como el número total por PL. Se recuerda que puede faltar alguna en caso de que no las añadieran en el informe o le preguntaran al profesor en clase y no la apuntaran.
- Desviación típica muestral.
- Varianza muestral.
- Medio de preguntas por grupo.
- Porcentaje del total de preguntas realizadas en ese PL respecto al número de preguntas totales realizadas entre todos los PLs.



Grupo de prácticas	Preguntas por grupo de alumnos						Grupos	Total preguntas	Desviación típica (muestral por PL)	Varianza (muestral por PL)	Media/grupo	% del total
	G1	G2	G3	G4	G5	G6						
PL-01	0	0	0	7	0		5	7	3,13	9,8	1,4	2,48
PL-02	3	4	3	0	2	1	6	13	1,47	2,167	2,17	4,61
PL-03	28	12	1	10	24		5	75	10,95	120	15	26,60
PL-04	2	0	5	1	7		5	15	2,91	8,5	3	5,32
PL-05	12	21	13	13			4	59	4,19	17,58	14,75	20,92
PL-06	12	15	11	0	23	14	6	75	7,45	55,5	12,5	26,60
PL-07	0	13	13	12	0		5	38	6,95	48,3	7,6	13,48
Total:							36	282			7,83	100

Tabla 2 Datos del indicador dos relativo a las preguntas realizadas por los alumnos

Como se puede ver en la Tabla 2:

- El total de preguntas en un PL es de 7 y el máximo de 75, en dos casos. Luego, hay una diferencia de 68 preguntas.
- La media de preguntas por grupo es de 7,83. Los grupos experimentales tienen una media de 1,4 y 2,17. Los de control, a excepción de uno con 3 y otro con 7,6, casi doblan o doblan la media con 12,5, 14,75 y 15.
- Los grupos experimentales tuvieron un 7,09% de preguntas del total. Cabe destacar que han sido dos grupos, pero si hacemos una media entre el número de porcentaje de preguntas que debería de tocar a cada grupo, esta se encuentra en 14,285% (100% entre 7 PLs). Es decir, entre los dos grupos de control solo tienen la mitad del % que correspondería a 1 grupo. Hay dos grupos que casi doblan con 26,60% esta media.
- El mínimo de preguntas de los grupos está en 0. El máximo en 28. Luego, hay una diferencia de 28 entre el grupo que menos pregunta y el que más.
- La desviación estándar muestral muestra las grandes diferencias entre el número de preguntas realizadas por los grupos de alumnos de los grupos experimentales frente a los de control. Los experimentales tienen 1,47 y 3,13 mientras que los otros, exceptuando el PL-04, van desde 4,19 a 10,95.
- La varianza muestral de los grupos de control es muy superior, exceptuando el PL-04, al de los grupos experimentales: 2,167 y 9,8 frente a 17,58, 48,3, 55,5 y 120. Esto indica que hubo una gran diferencia entre el número de preguntas realizadas por cada grupo de alumnos dentro de su PL. Es decir, hubo mucha diferencia entre grupos de alumnos que hicieron muy pocas o ninguna pregunta y otros que realizaron muchas: PL-03 (1 vs 28), PL-05 (12 vs 21) y PL-06 (0 vs 23).
- Se puede considerar el PL-04 como una excepción entre los grupos de control, pues es un grupo de control un poco peor que los experimentales y mucho mejor que el resto de control en base a los datos estadísticos de la Tabla 2.
- El G4 del PL-01 es el único grupo de ese PL que tuvo preguntas, en total 7. Es un caso especial a estudiar pues hay mucha diferencia entre los grupos.



En la Ilustración 6 se muestra en un gráfico de barras las preguntas de cada grupo de alumnos separadas por su PL. Mientras, en la Ilustración 7 se muestra la misma información pero de forma apilada.

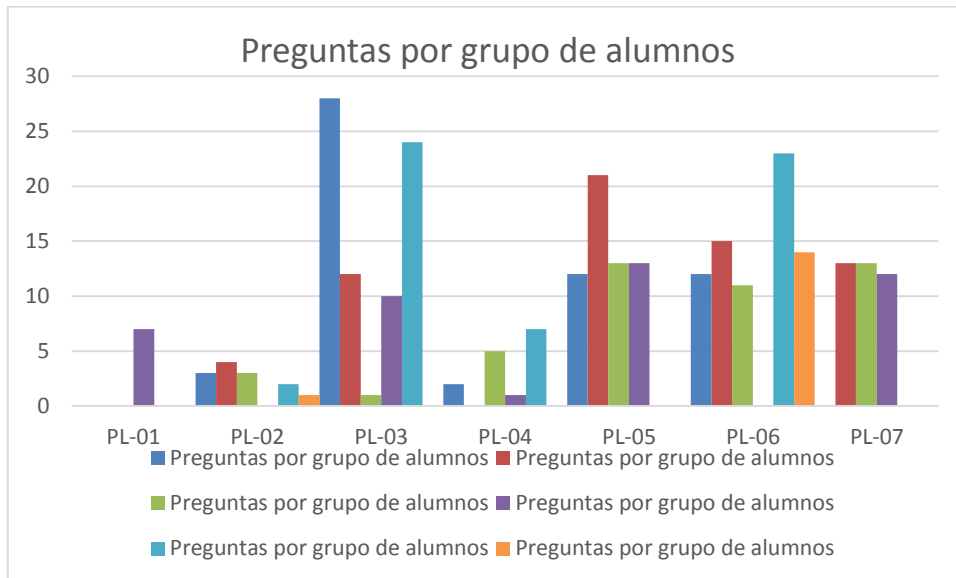


Ilustración 6 Preguntas por grupo de alumnos de cada PL en una gráfica de frecuencias

Como se puede observar, los grupos de control tuvieron muchas más preguntas. Además, en muchos casos, 16, varios grupos de alumnos de los grupos de control realizaron más preguntas que los grupos de alumnos de los grupos experimentales (PL-01 y PL-02).

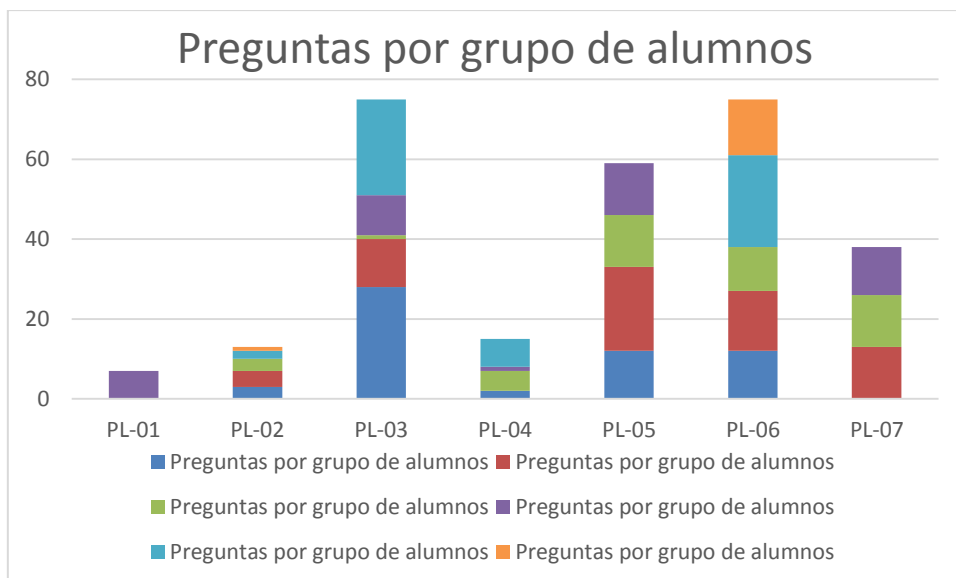


Ilustración 7 Preguntas por grupo de alumnos de cada PL en una gráfica de frecuencias apiladas



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Mientras, en este segundo gráfico muestra mejor como superan en gran medida el número de preguntas de los grupos de control a los experimentales, a excepción del PL-04 que solo tuvo unas pocas más. Incluso, en algún caso, llegar a superar un solo grupo de alumnos (PL-03, PL-05, PL-06 y PL-07) todas las preguntas de todos los grupos que conformaron un grupo experimental (PL-01 y PL-02).

Otra información importante para comprender los datos es la relativa a los informes entregados. Los informes generados automáticamente con la herramienta desarrollada en este proyecto de innovación ocupan entre 3/4 partes de cara y cara y media. Los informes del resto de profesores ocupan entre 1/5 de cara y cara y media. Como se ve, el informe más pequeño de ambos tiene una diferencia notable. Cabe destacar que hubo prácticas que no llevaban el informe incluido, a excepción de las prácticas de los grupos experimentales, que todas lo llevaban.

En base a estos datos, se puede decir que el indicador 2 se ha cumplido muy bien ya que el porcentaje de preguntas en los grupos experimentales ha sido reducido mucho respecto a los de control, llegando a ser incluso hasta 5 veces menor en los casos peores, que representa un 17,3% de correos.

3.3.2 Observaciones más importantes sobre la experiencia relacionando los resultados con los objetivos del proyecto evitando afirmaciones que no estén fundamentadas en lo realizado, redundancias o reiteraciones.

Los resultados previstos de la realización de este proyecto de innovación docente era la mejora de la comprensión de la práctica por medio de la creación automática de estas, los cuales creemos que se han satisfecho. Estas mejoras se exponen a continuación desglosados, pues afectan a profesorado y alumnos.

Para los profesores ha ofrecido:

- Una mayor rapidez y facilidad al no tener que pensar en varias empresas de una forma tan profunda. Ahorrando así tiempo en la creación de ejercicios de acuerdo a (Gil et al., 2017), quien afirma que un 20% del tiempo se destina a preparar las evaluaciones.
- Menos tiempo invertido por culpa de una mala creación de la práctica o por olvidar detalles de las empresas al tener que contestar a cosas que pudieron ser obviadas. Como se verá en el siguiente apartado, se ha reducido el número de correos y dudas de los alumnos, haciendo que el profesor necesite invertir menos tiempo en resolver problemas.
- Prácticas más homogéneas para todos los profesores, ayudando así a que las correcciones sean más sencillas y justas. Los dos grupos experimentales han utilizado el mismo programa, luego, las prácticas han sido la misma, pero con variabilidad.

Para los alumnos:

- Mayor variedad de prácticas.
- Mejor comprensión de las prácticas.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

- Menos tensiones y mayor libertad al no depender de fallos del profesor y tener que esperar a que contesten para obtener los datos faltantes.
- Mayor facilidad para alumnos que tengan la evaluación diferenciada al hacer que no depende de tener que ir a clase o le vayan dando los datos por correo.
- Disposición del informe de la empresa en PDF/papel con la empresa bien descrita y con todos los datos necesarios en él.
- Calificaciones más justas entre los alumnos al tener todos los alumnos informes con el mismo número de datos, aunque estos sean variados respecto a los tipos de empresa.
- No depender de que el profesor le responda al correo y poder confiar en que la práctica está correcta.

Práctica:

- Se ha conseguido variabilidad, logrando así evitar el plagio (Kurt-Karaoglu et al., 2015), y frenar las posibles trampas por ofrecer ejercicios muy similares, que en nuestro caso serían enunciados (Alvin et al., 2015), o al menos disminuir ambos.

Cabe destacar, que, como comentan los alumnos, y que somos conscientes, el programa puede generar a veces alguna ambigüedad y alguna cosa difícil de entender. No obstante, hay que tener en cuenta que estamos ante una de las partes más complicadas en informática: generar un texto coherente como si fuera descrito por un ser humano. Por ello, estamos satisfechos con este primer paso, pero queremos pedir un PINN-B para terminar el proyecto el próximo curso y así poder publicarlo en abierto y enviar una publicación buena sobre este. Además, de que, a pesar de estos fallos, se han reducido considerablemente el número de preguntas entre los alumnos y los profesores en esta práctica si se compara con el resto de grupos.

Como dato adicional y relevante es la comparativa del profesor Darío, participante en este proyecto y que tiene un grupo experimental. Este profesor lleva varios años dando la asignatura y como opinión personal en comparación con el curso pasado apunta: «La cuestión diferencial es que en el 2018 dediqué una clase completa a personalizar cada una de las prácticas al grupo concreto, y este año dediqué mucho menos, ya que fue solo generar y repartir la práctica».

3.3.3 Información online, publicaciones o materiales en abierto derivados de los resultados del proyecto (se valorará especialmente que se proporcionen los enlaces a los mismos)

- Código fuente del programa (cargarlo en Eclipse y ejecutar el Main.java para generar 1 informe):
 - https://unioviedo-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gonzalezcristian_uniovi_es2/EWfHxjmiwlhMigFwCC4zkPgBpUkfiWWdJgwJ-ZnanRA9Fw?e=quKutv
- 5 ejemplos generados con el programa de arriba:



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

- https://unioviedo-my.sharepoint.com/:b/g/personal/gonzalezcristian_uniovi_es2/EXxZHdy5rwhBupOmgDbFhdoB7wGm5FYhHqDsL-lb0lvmLA?e=JrG0nf

3.4 Conclusiones, discusión y valoración global del proyecto. Se destacarán los puntos fuertes y débiles del proyecto contrastándolas con los resultados de otros estudios referenciados en el apartado 3.1 sin reiterar los datos ya comentados en otros apartados.

En este proyecto hemos realizado el desarrollo de una herramienta para generar automáticamente informes de empresas ficticias para una de las dos prácticas finales de la asignatura de Aspectos Sociales, Legales, Éticos y Profesionales de la Informática, de 4 curso del grado de Ingeniería Informática en Ingeniería de Software.

Esta herramienta es novedosa, pues, viendo la literatura actual, no se encuentran herramientas de este estilo. Las hay para generar problemas matemáticos y algorítmicos por medio de variables parametrizables, incluso sacar preguntas de un texto y crear huecos en ellas para aprender inglés, pero no de generación de un texto entero. Luego, el aporte es bastante novedoso al no haber encontrado herramientas de este estilo. De esta manera, se ha creado una herramienta fácil de usar (dentro el campo informático) que permite la generación de ejercicios de forma automática en el campo de ejercicios de enunciado descriptivo.

Respecto a la utilidad, viendo los datos, parece que se ahorra tiempo de clase que se puede dedicar a otros aspectos para aprovecharlo mejor. Además, parece que se reduce el número de consultas hasta más de 5 veces, si comparamos el grupo experimental con más preguntas (13) con el grupo de control con más preguntas (75). Esto ha hecho que los profesores de los grupos experimentales invirtieran menos tiempo contestando dudas por correo e inventando las empresas y pudieran aprovecharlo para otras tareas docentes o de investigación. Además, esta herramienta ha dado variabilidad a los ejercicios sin depender esta del profesor, algo que hace que sea más difícil de plagiar y hacer trampas a los alumnos. Cabe destacar que hubo un grupo de control que tuvo muy pocas preguntas. Pudo ser un caso excepcional o raro y habría que estudiarlo más en profundidad.

Respecto a los alumnos, como se ve en los grupos experimentales, han podido hacer los ejercicios con un número menor de dudas y de forma más directa al no tener que esperar o parar por tener preguntas que sus compañeros de los grupos de control. Además, en base a la encuesta realizada, parece que les ha gustado y opinan que ha resultado útil y que ven bien el uso de proyectos de innovación en el aula.

Así, esta herramienta permite su posible uso en asignaturas similares a ASLEPI, la cual está presente en muchos planes de estudio de los diferentes grados en informática, e incluso, podría servir para asignaturas de otros grados en los que tuvieran que inventarse una empresa. No obstante, para que esto último fuera mucho más factible, habría que hacer la



herramienta algo más personalizable para así que se pudiera elegir exactamente qué datos generar y cuáles no.

4 Bibliografía

- Alvin, C. (2014). Synthesis of Geometry Proof Problems. In *Twenty-Eighth AAAI Conference on Artificial Intelligence* (pp. 245–252). Retrieved from <http://www.msr-waypoint.net/en-us/um/people/sumitg/pubs/aaai14-pgen.pdf>
- Alvin, C., Gulwani, S., Majumdar, R., & Mukhopadhyay, S. (2015). *Automatic Synthesis of Geometry Problems for an Intelligent Tutoring System*. Retrieved from www.aaai.org
- Bouhineau, D., Chaachoua, H., & Nicaud, J. (2008). Helping Teachers Generate Exercises with Random Coefficients. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning, Inderscience*, 520–533.
- Gil, O., Motz, R., & Sanchez, E. (2017). Exercise specification for collaboration, reusing and automatically generating evaluations. In *2017 Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LACLO.2017.8120885>
- Gómez-Abajo, P., Guerra, E., & Lara, J. de. (2017). A domain-specific language for model mutation and its application to the automated generation of exercises. *Computer Languages, Systems & Structures*, 49, 152–173. <https://doi.org/10.1016/J.CL.2016.11.001>
- González García, C., Núñez-Valdez, E. R., García-Díaz, V., Pelayo G-Bustelo, C., & Cueva Lovelle, J. M. (2019). A Review of Artificial Intelligence in the Internet of Things. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 5(4), 9–20. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2018.03.004>
- Gosling, J., Joy, B., Steele, G., Bracha, G., & Buckley, A. (2015). *The Java Language Specification: Java SE 8 Edition*. Retrieved from <https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se8/jls8.pdf>
- Goto, T., Kojiri, T., Watanabe, T., Iwata, T., & Yamada, T. (2010). Automatic Generation System of Multiple-Choice Cloze Questions and its Evaluation. *Knowledge Management & E-Learning*, 2(3), 210–224.
- Grivokostopoulou, F., & Hatzilygeroudis, I. (2013). Teaching AI search algorithms in a web-based educational system. In *International Association for Development of the Information Society (IADIS) International Conference on e-Learning* (pp. 83–90). Prague, Czech Republic.
- Grivokostopoulou, Foteini, & Hatzilygeroudis, I. (2015). Semi-automatic generation of interactive exercises related to search algorithms. In *2015 10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)* (pp. 33–37). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2015.7250213>
- Hsiao, I.-H., Sosnovsky, S., & Brusilovsky, P. (2010). Guiding students to the right questions: adaptive navigation support in an E-Learning system for Java programming. *Journal of*



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Computer Assisted Learning, 26(4), 270–283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00365.x>

Kernighan, B. W., & Ritchie, D. M. (2008). *The C Programming Language* (2nd ed.). Prentice Hall.

Kurt-Karaoglu, F., Schwinning, N., Striewe, M., Zurmaar, B., & Goedicke, M. (2015). A Framework for Generic Exercises with Mathematical Content. In *2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering* (pp. 70–75). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2015.11>

Lackes, R., & Siepermann, M. (2009). Automatically generating and marking calculation exercises in e-learning. In *2009 International Conference on Multimedia Computing and Systems* (pp. 205–210). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MMCS.2009.5256704>

Ono, K., & Konaka, E. (2017). Automatic exercise generation and their equating on a coursework of differential equations. In *2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)* (pp. 151–156). Kanazawa, Japan: IEEE. <https://doi.org/10.23919/SICE.2017.8105450>

Prados, F., Boada, I., Soler, J., & Poch, J. (2005). AUTOMATIC GENERATION AND CORRECTION OF TECHNICAL EXERCISES. In *International conference on engineering and computer education: Icece*. Retrieved from https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30905508/ICECE2005.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DAutomatic_generation_and_correction_of_t.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190712%2Fus-east-1

Ritchie, D. M. (1993). The development of the C language. In *The second ACM SIGPLAN conference on History of programming languages - HOPL-II* (Vol. 28, pp. 201–208). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/154766.155580>

Rodriguez, M. C. (2005). Three Options Are Optimal for Multiple-Choice Items: A Meta-Analysis of 80 Years of Research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 24(2), 3–13. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.2005.00006.x>

Sánchez-Torrubia, M. G., Torres-Blanc, C., & López-Martínez, M. A. (2009). PathFinder: A Visualization eMathTeacher for Actively Learning Dijkstra's Algorithm. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 224(C), 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2008.12.059>

Singh, R., Gulwani, S., & Rajamani, S. (2012). Automatically Generating Algebra Problems. In *Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence* (pp. 1620–1627). Retrieved from <https://www.aaai.org/ocs/index.php/AAAI/AAAI12/paper/viewPaper/5133>

Tiam-Lee, T. J., & Sumi, K. (2018a). Adaptive Feedback Based on Student Emotion in a System for Programming Practice. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 243–255). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91464-0_24

Tiam-Lee, T. J., & Sumi, K. (2018b). Procedural Generation of Programming Exercises with



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Guides Based on the Student's Emotion. In *2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 1465–1470). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SMC.2018.00255>

Tscherter, V., & Lamprecht, R. (2002). *Exorciser: Automatic Generation and Interactive Grading of Exercises in the Theory of Computation. Theoretical Computer Science.*

Wakatani, A., & Maeda, T. (2015). Automatic generation of programming exercises for learning programming language. In *2015 IEEE/ACIS 14th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)* (pp. 461–465). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIS.2015.7166637>