

# Proyecto de Innovación docente Enseñanza basada en jueces en línea en asignaturas de programación

Memoria final

## 1. Introducción

Esta memoria contiene el resumen de los resultados del proyecto de innovación docente *Enseñanza basada en jueces en línea en asignaturas de programación*, beneficiario de la Convocatoria de Ayudas a Proyectos de Innovación y Mejora Docente, Curso 2021-2022, con código ID2021/079.

En este proyecto se ha puesto en marcha un juez en línea, una herramienta software que recoge una serie de problemas de programación que es capaz de evaluar automáticamente a partir de pares de entrada y salida que definen su comportamiento esperado.

Los objetivos que se buscaban en este proyecto, adaptados de la memoria de solicitud, eran los siguientes:

- Poner en marcha un juez en línea en el que se integren actividades de evaluación de las asignaturas recogidas en el proyecto.
- Iniciar a los alumnos de forma natural en las metodologías de *test-driven development*.
- Facilitar la corrección de las prácticas por parte del profesorado.
- Obtener evidencias del impacto del proyecto en el aprendizaje, culminando en una comunicación que sea enviada a un congreso sobre innovación docente y, potencialmente, un capítulo de libro.

En esta memoria justificaremos el cumplimiento de dichos objetivos. La estructura del documento es la siguiente: en el apartado 2 se revisará la ejecución del proyecto, detallando la puesta en marcha de la plataforma y su aplicación en la docencia; en el apartado 3 se revisarán los resultados obtenidos, tanto a nivel docente como en contribuciones derivadas del proyecto; finalmente, en el apartado 4, se realizará un análisis crítico del impacto del proyecto y se valorará el impacto que podrá tener este en el futuro.

## 2. Desarrollo del proyecto

La principal dificultad para el desarrollo del proyecto es que era necesario armonizar el desarrollo de este con el de la asignatura de Programación I, en la que queríamos aplicar el proyecto. Esta carga inicial se correspondía con la puesta en marcha de la plataforma y el diseño de los primeros problemas para hacerlos coincidir con el comienzo de las prácticas de la asignatura.

El primer paso era el estudio de las tecnologías que se podían utilizar para poner en marcha una herramienta propia. Seleccionamos así el *software* DMOJ, que ya anticipábamos como posible candidato en la memoria de solicitud, por tratarse de una herramienta de software libre disponible bajo licencia AGPL (licencia pública general de Affero), que permite escalar el número de jueces (la componente que evalúa la ejecución de los programas) y soporta múltiples lenguajes de programación; en previsión de las posibilidades de crecimiento futuras.

La adaptación y pruebas iniciales se realizaron en ordenadores personales y con repositorios privados, para permitir al equipo del proyecto y a los otros docentes de la asignatura la evaluación de las posibilidades de este en el contexto docente, especialmente teniendo en cuenta la adaptación necesaria de los problemas de la asignatura al formato propio del juez (descripción del problema como texto en lenguaje de marcado Markdown, pares entrada/salida que definen el comportamiento esperado, metadatos del problema y de la forma de evaluación del mismo).

El despliegue definitivo se realizó utilizando los servidores disponibles en el Departamento de Informática y Automática, utilizando el subdominio juez.usal.es obtenido a partir de los Servicios

Informáticos de la Universidad de Salamanca. En esta plataforma se crearon cuentas para cada uno de los matriculados en la asignatura de Programación I, que recibieron las credenciales a través del correo institucional.

El uso de la plataforma se planteó como totalmente optativo para los alumnos, no siendo evaluable dentro de los resultados de la asignatura, si bien se procuró adaptar la colección de problemas existentes en la misma para garantizar la adecuación al temario y para que el contenido trabajado sea similar al cubierto en las prácticas de la asignatura. Como resultado, 33 de los 174 alumnos optaron por emplear la plataforma, en un grado diverso de participación que se detalla en la sección posterior.

Se procuró incorporar a la plataforma nuevos problemas de forma acorde al progreso de la asignatura, lo que requería de un proceso de redacción del enunciado, preparación de los pares entrada/salida e implementación de prueba por parte del equipo docente. Al final de la asignatura se contaba con un total de 32 ejercicios. En este trascurso se monitorizó el uso de los estudiantes, corrigiendo algunos aspectos de la plataforma y de los ejercicios en función de las observaciones realizadas.

Terminada la docencia de la asignatura y antes de la realización de las pruebas de evaluación se realizó una encuesta a los alumnos, abierta tanto a aquellos que lo usaron como a aquellos que no, con objeto de recoger sus impresiones sobre ella. Parte de esta información se analiza en el apartado posterior.

Finalmente, se llevó a cabo una fase de análisis de resultados y de preparación de contribuciones en el ámbito de la innovación docente, que se detallan también en la siguiente sección.

### 3. Resultados y contribuciones

El juez usado en el proyecto está en este momento disponible en la dirección <https://juez.usal.es/>. Actualmente no permite el registro de nuevas cuentas, ya que se usó dando de alta específicamente a los alumnos de la asignatura para facilitar su adopción. La interfaz general se muestra en la Figura 1.

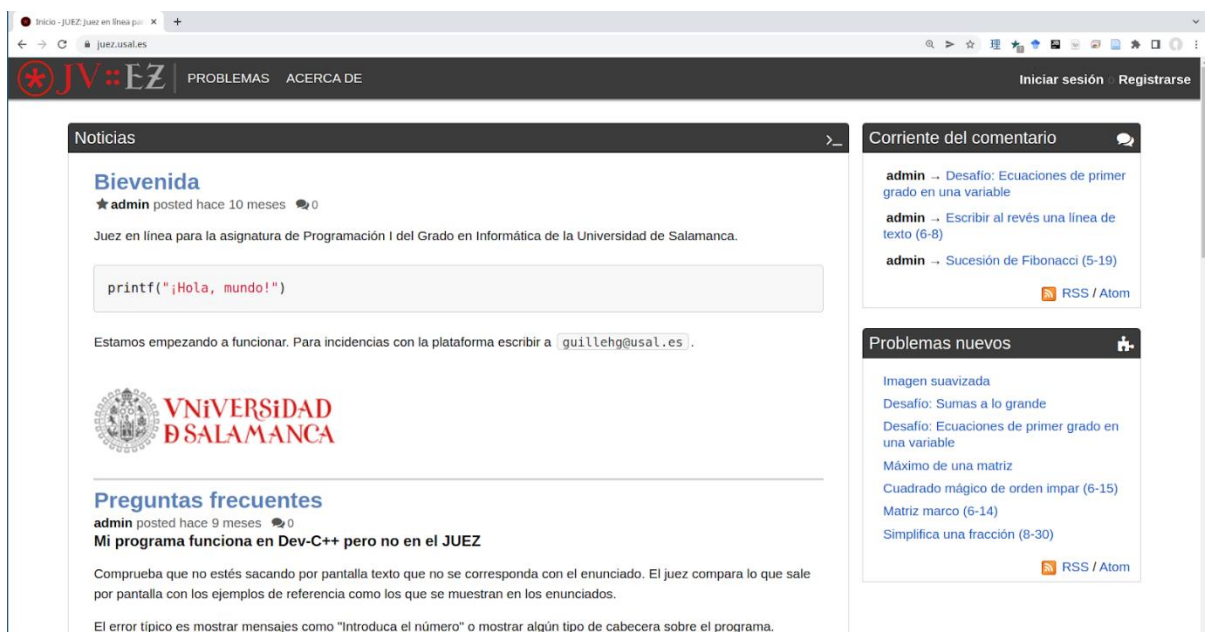


Figura 1 - Página principal del juez

En la Figura 2 se muestra de forma condensada un ejemplo que ilustra uno de los ejercicios subidos. En todos ellos se ha buscado diseñar una redacción breve y clara, apoyada en material como expresiones matemáticas, imágenes, gifs animados, etc.

## Volumen de una esfera (2-12)

Realizar un programa que calcula el volumen de una esfera cuyo radio (r) se introducirá por teclado.

Se recuerda que el volumen de una esfera viene dado por

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3.$$

Se puede tomar como aproximación

$$\pi \approx 3.14159.$$

### Entrada

El radio de la esfera.

### Salida

El volumen de la esfera (en unidades consistentes con las de entrada).

### Ejemplo de entrada 1

4 Copy

### Ejemplo de salida 1

268.082 Copy

Submit solution

All submissions  
Best submissions

Manage tickets  
Edit problem  
Edit test data  
Manage submissions  
Clone problem

Points: 5  
Time limit: 2.0s  
Memory limit: 64M

Author:  
admin  
Problem type  
Allowed languages  
C

Judge:  
dorado

Figura 2 - Ejemplo de problema en el juez

La forma de trabajo de los alumnos aparece condensada en la Figura 3. En su lado izquierdo se puede observar un intento de solución del problema anterior. Al lado derecho se puede observar la realimentación proporcionada por el sistema, incluyendo *warnings* propios del proceso de compilación y salida del programa. En este caso el error ilustrado es el operador división "/" del lenguaje C, que aquí se corresponde con el cociente de la división entera (y no el de los números racionales o reales), por lo que el resultado no es el esperado.

The screenshot shows a programming judge interface for the problem "Volumen de una esfera (2-12)". On the left, there is a code editor with the following C code:

```
1 #include <stdio.h>
2 #define pi 3.14159265
3 int main(){
4     double r;
5     scanf("%lf", &r);
6     printf("%lf", 4/3*pi*r*r*r);
7     return 0;
8 }
```

Below the code editor, there is a dropdown menu set to "C (gcc 7)" and a "Submit" button. On the right side, there is a panel with the following information:

- View source, Resubmit, Rejudge
- Compilation Warnings: `volumenesferac.c: In function 'main': volumenesferac.c:5:5: warning: ignoring return value of 'scanf', declared with attribute warn_unused_result [-Wunused-result] scanf("%lf", &r);`
- Execution Results: **WA** (Wrong Answer). Batch #1 (0/5 points). Case #1: WA [0.016s, 664.00 KB]. Your output (clipped): 201.061930. Case #2: —. Case #3: —.
- Resources: 0.016s, 664.00 KB. Final score: 0/5 (0.0/5 points).

Figura 3 - Ejemplo de solución y evaluación de esta en el juez

Para conocer el impacto del juez en la asignatura podemos recurrir a un análisis comparativo de la calificación final de la asignatura en primera convocatoria y del nivel del uso de este. La Figura 4 muestra que las calificaciones de los alumnos que han usado el juez son superiores a las que no lo han usado, y que estas son todavía mayores en el grupo de usuarios que más problemas ha resuelto. Esta observación debe considerarse solamente como un indicio y no como una evidencia de causalidad, pues los alumnos escogieron libremente si usar o no la herramienta, siendo posible que los más trabajadores opten por esto.

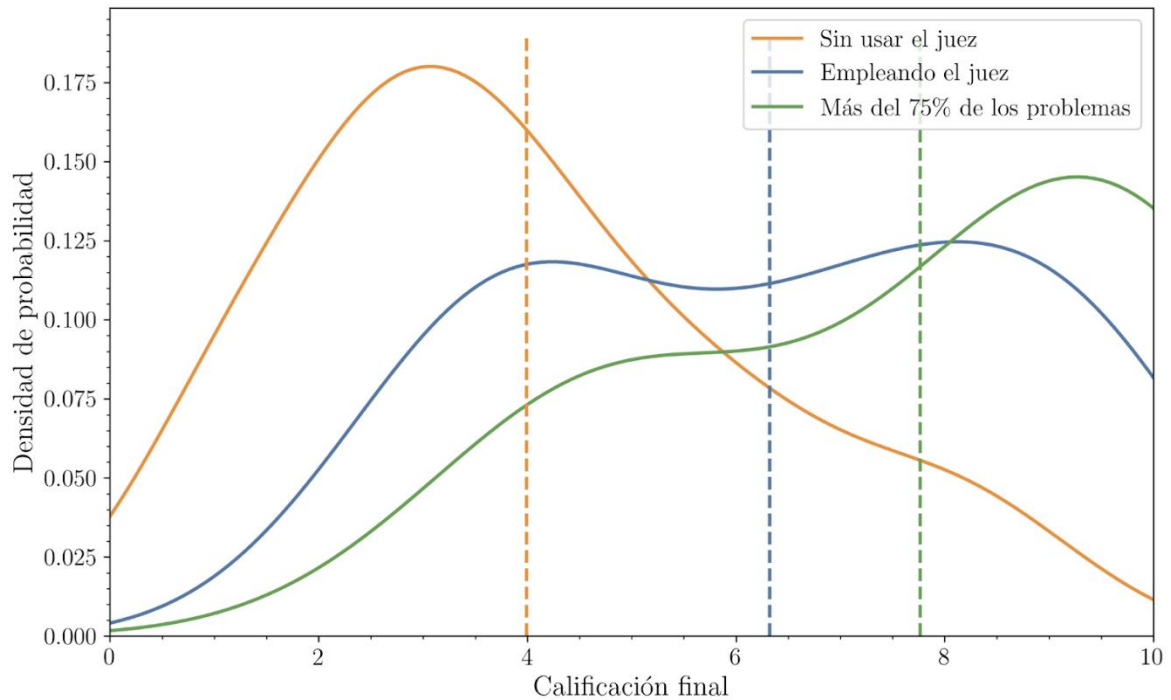


Figura 4 - Calificación final de la asignatura por grupos

Podemos profundizar en la interrelación entre la puntuación en el juez, obtenida con un sistema similar al ELO, y la calificación final de la asignatura en convocatoria ordinaria. Ambas se muestran en la Figura 5. Nuevamente debemos advertir que a pesar de la correlación existente (representada también gráficamente), esto no implica causalidad. Sí es interesante destacar en esta figura el grupo de puntos cuya puntuación en Juez (horizontal) es superior a 50, que constituye el grupo con el que se produjo más interacción. También interesante es reparar en el pequeño grupo de alumnos en la esquina superior derecha, con calificaciones cercanas a 10 en la asignatura y con una puntuación en Juez máxima, que implica que resolvieron todos los problemas de la asignatura, incluyendo algunos de especial dificultad que se plantearon como desafío, resolubles con los contenidos de la asignatura, pero con un nivel de complejidad superior que requiere integrar el conocimiento trabajado en varios ejercicios. Esto nos hizo ver una utilidad de la plataforma en que no habíamos pensado al inicio del proyecto: la capacidad para detectar talentos, estudiantes especialmente hábiles en el contenido de la asignatura.

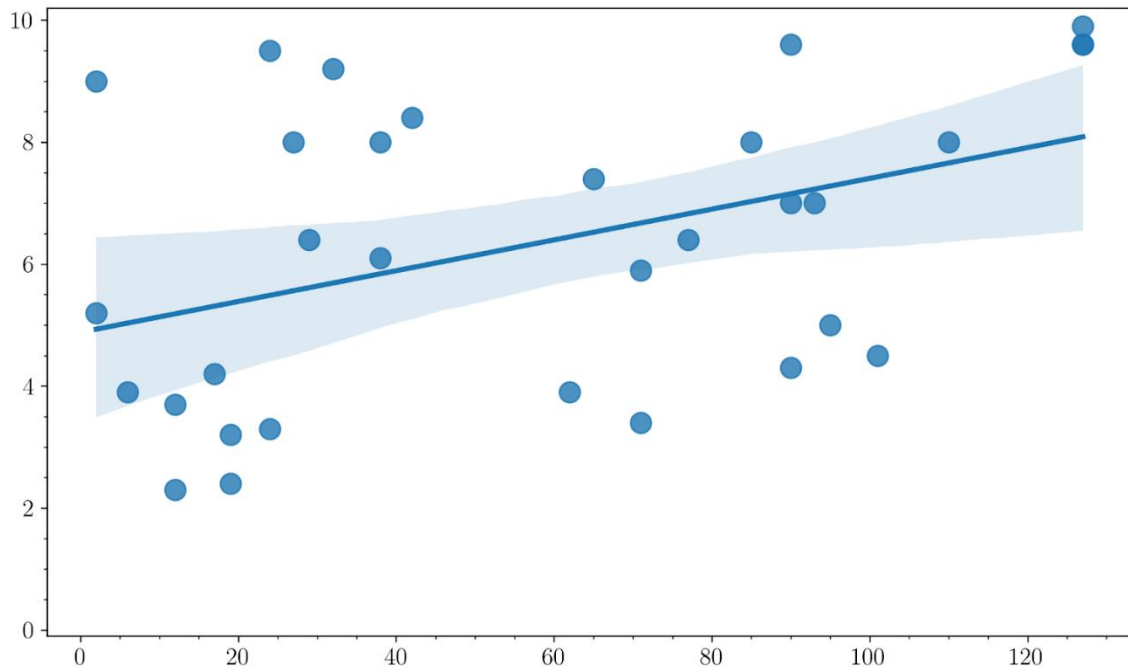


Figura 5 - Calificación de la asignatura (vertical) y puntuación en el juez (horizontal)

Como decíamos, los resultados anteriores deben tomarse con prevención como indicios ante el hecho de que los estudiantes decidieron si utilizar o no la plataforma. Como medio para conocer su percepción de esta se realizó una encuesta al finalizar la asignatura, en la que obtuvimos un total de 19 respuestas. Se reproducen a continuación los resultados más relevantes para el alcance del proyecto.

Los estudiantes que declararon haber empleado de forma limitada el JUEZ adujeron las razones que se muestran en la Figura 6. Las opciones que aparecen recortadas son “No contribuye a la calificación”, “Quería ceñirme a otros materiales para preparar la asignatura”. Las últimas dos se corresponden a una respuesta libre dada por dos estudiantes, que reproducimos de forma literal: “A pesar de ser entendible, el hecho de que tenga una entrada y una salida exactas a la hora de compilar, hace que no tenga ganas de utilizar mucho la página porque no se ciñe a la forma de programar que tengo” y “Hay veces que no puedes saber cual es el fallo en el resultado que buscas obtener”.

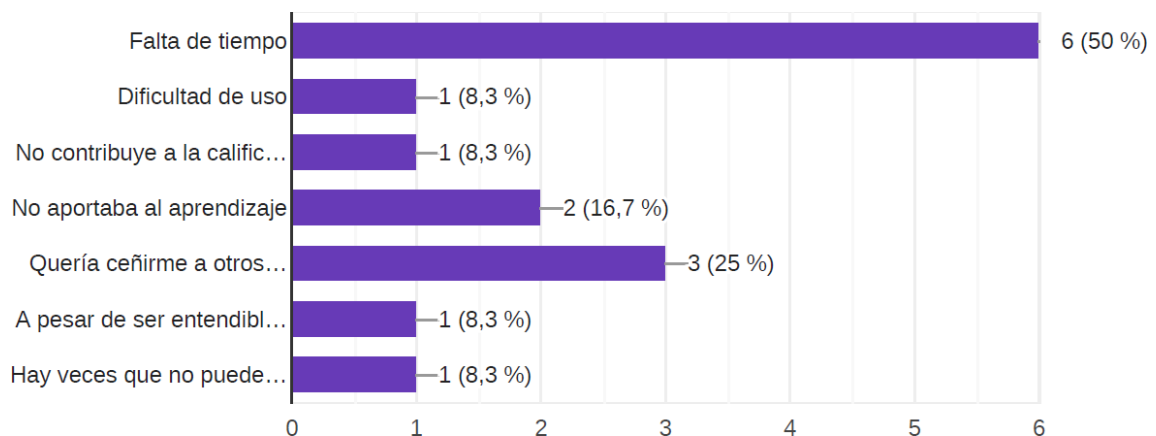


Figura 6 - Motivos que han dificultado la adopción de JUEZ para el alumnado

La Figura 7, la - Valoración del alumnado sobre la facilidad de aprendizaje de JUEZ

, la Figura 9 y la Figura 10, muestran valoraciones en escala Likert (ver apartado anterior) a las preguntas que sus correspondientes títulos recogen.

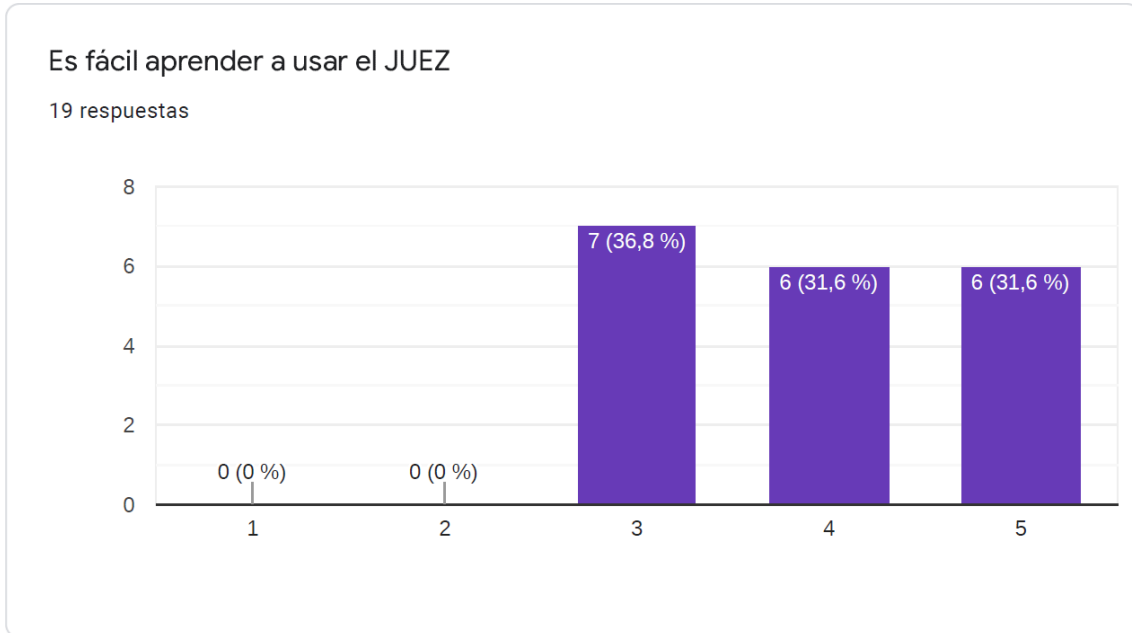


Figura 7 - Valoración del alumnado sobre la facilidad de aprendizaje de JUEZ

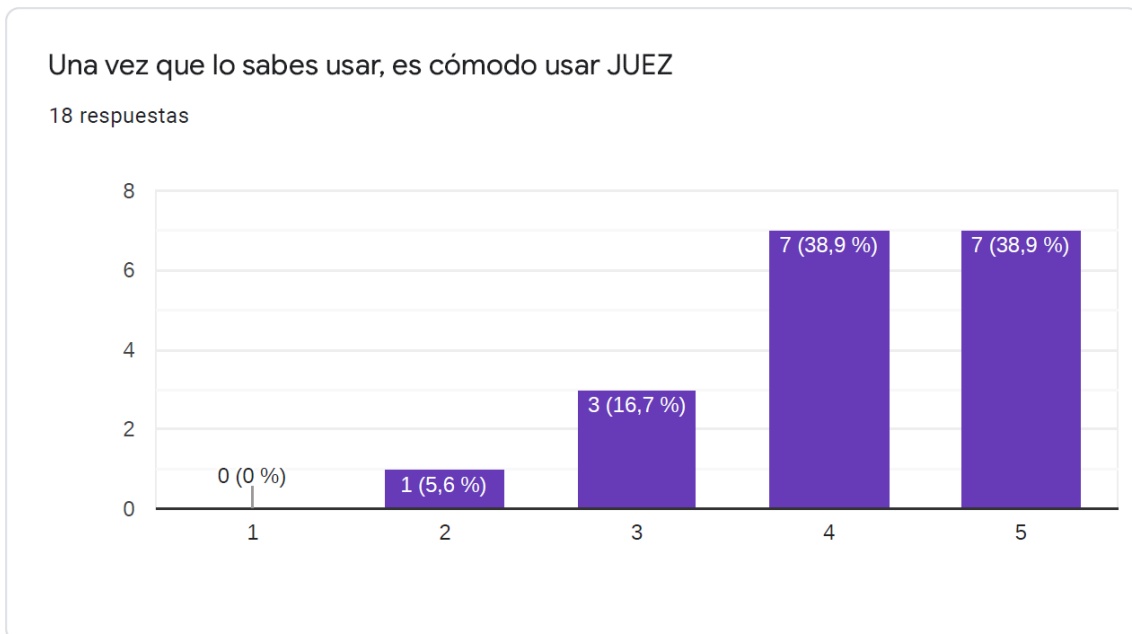
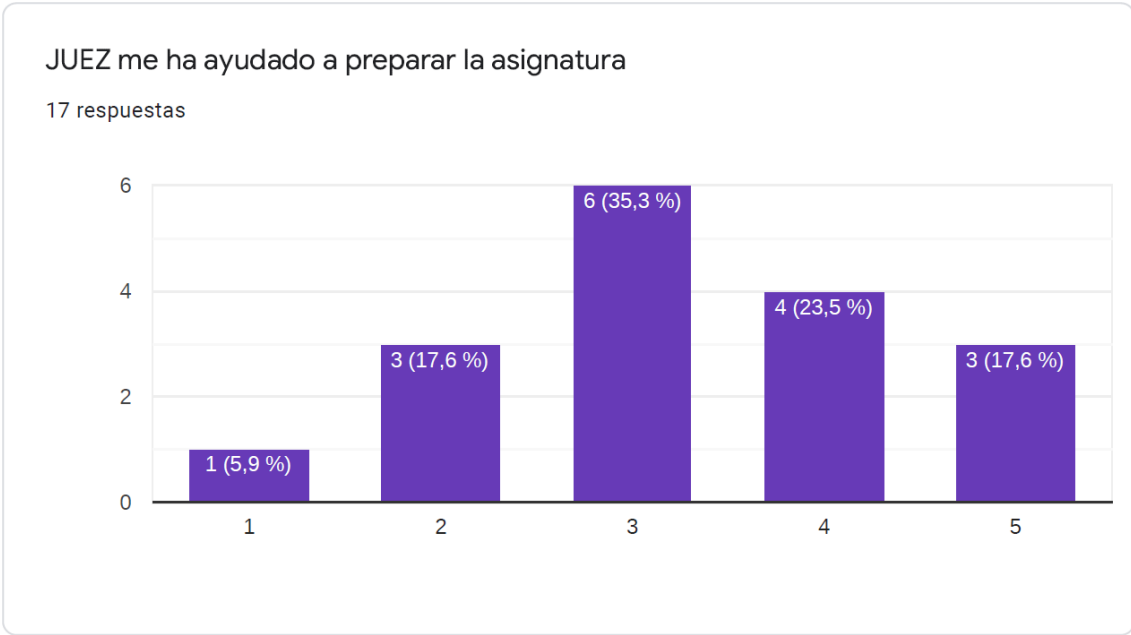
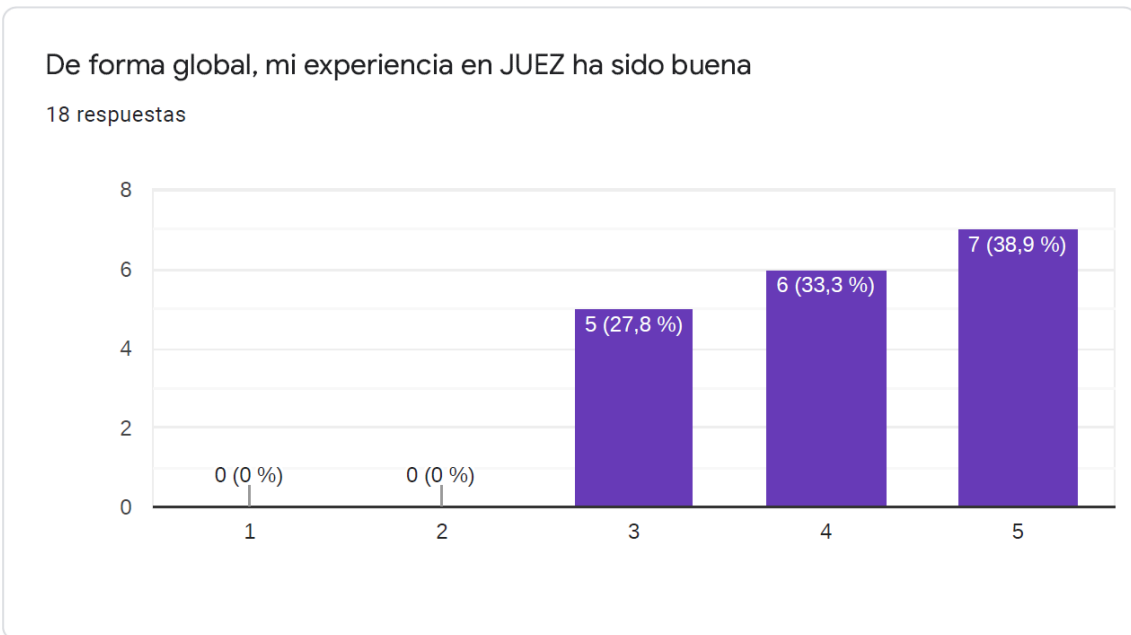


Figura 8 - Valoración del alumnado sobre la comodidad de uso de JUEZ tras su aprendizaje inicial



*Figura 9 - Valoración del alumnado sobre el aporte de JUEZ a la preparación de la asignatura*



*Figura 10 - Valoración de alumnado sobre la experiencia con JUEZ*

Para hacer una lectura correcta de la Figura 9 es necesario apreciar que tanto estudiantes que han utilizado el JUEZ como otros que no han respondido a la encuesta. La Figura 11 representa de forma simultánea su nivel de participación (reflejada por el encuestado) junto con su valoración del impacto en la preparación de la asignatura.



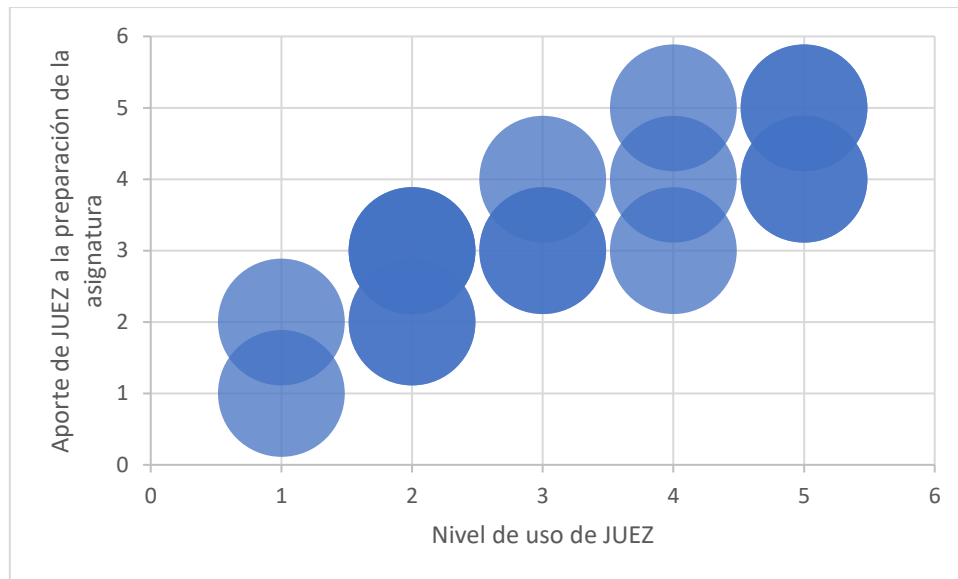


Figura 11 - Relación entre el nivel de uso de JUEZ y la preparación de la asignatura

Apoyándonos en los resultados expuestos, podemos considerar que la percepción de los alumnos es globalmente positiva.

Para finalizar, ofrecemos de forma resumida las contribuciones que se han producido o se van a producir por este proyecto, que sirven también de evidencia del trabajo realizado:

- Presentación del póster *Enseñanza de la programación basada en jueces en línea* en la Primera Jornada de Innovación Docente de las Universidades públicas de Castilla y León (I JIDUCYL22), con fecha 22 de abril de 2022.
- Presentación del trabajo en la jornada II Conversaciones CasUSAL, celebradas el día 29 de junio de 2022.
- Comunicación oral “Enseñanza basada en jueces en línea en asignaturas de programación”, a realizar el 14 de julio de 2022 en el congreso Redes Innovaestic (ya aceptada).
- Capítulo de libro “Metodología basada en jueces en línea para la enseñanza de programación” en editorial Octaedro (aceptada, sujeta a cambios menores).

#### 4. Conclusiones y trabajo futuro

El proyecto ha servido para poner en marcha una plataforma que puede utilizarse para dotar a los alumnos de herramientas específicamente adaptadas para apoyar el aprendizaje de asignaturas de programación. Específicamente, se ha desplegado, producido y evaluado una colección de problemas adecuada para Programación I, que se mantendrá y reutilizará en cursos venideros.

En base a la opinión de los alumnos que han utilizado la plataforma, esta ha tenido un impacto significativo en su aprendizaje. Adicionalmente, los resultados obtenidos por alumnos que han utilizado la plataforma son mejores que los que no la han empleado. No obstante, debemos destacar que, al ser la participación de los alumnos voluntaria, puede ocurrir que los mejores estudiantes hayan sido más propicios a utilizarla, de modo que no podemos concluir que está correlación implique algún tipo de casualidad.

El alcance del proyecto finalmente se concentró en la asignatura de Programación I, pese a que en la memoria recogíamos también la posibilidad de aplicarla a Programación II. La razón es que la elaboración de problemas requiere estar implicado con el desarrollo de la asignatura, analizando la

comprensión por parte del alumnado de estos, lo que no era sencillo al no tener prácticamente el equipo carga docente en esta asignatura. En su lugar, realizamos un gran esfuerzo en Programación I, elaborando un total de 32 problemas con los que se ha cubierto de forma amplia el temario de esta. En conclusión, creemos los esfuerzos se han concentrado de manera adecuada en esta asignatura y que no debe considerarse un demérito a efectos de valoración del trabajo realizado.

Las contribuciones realizadas, indicadas en el apartado anterior, son también un signo del interés de los resultados del Proyecto de Innovación Docente. Es posible que esta lista continúe en el futuro, particularmente debido al aspecto que descubrimos en la ejecución del proyecto sobre la utilidad de la plataforma como sistema de detección de talentos.

En el futuro, el equipo docente de la asignatura ha decidido mantener el uso de la herramienta JUEZ en la forma que se planteó durante el proyecto, esto es, como herramienta complementaria ofrecida a los alumnos. En el próximo curso académico revisaremos la plataforma, estudiando si es más ventajoso pasar a un modelo de registro libre o mantener el actual, así como la mejor estrategia para organizar colecciones de problemas que permitan extenderlo a otras asignaturas. También se prevé que crezca, ya más paulatinamente, la colección de problemas elaborada.