

Experiencias en la organización de un taller práctico usando Raspberry Pi para fomentar el interés entre los alumnos en la materia de Ingeniería de Computadores

Jesús Escudero-Sahuquillo, Miguel Martínez Iniesta, José Luis Sánchez, Pedro Javier García, Francisco J. Alfaro, Francisco J. Quiles, Celia Garrido-Hidalgo, Luis Roda-Sanchez, Antonio Morán, Cristina Olmedilla, Gabriel Gómez y Miguel Sánchez de la Rosa
Escuela Superior de Ingeniería Informática (ESII) de Albacete
Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)
jesus.escudero@uclm.es

Resumen

El grado en Ingeniería Informática de nuestra Escuela oferta cuatro perfiles de intensificación, entre los que se incluye Ingeniería de Computadores (IC). En el año 2015 el número de alumnos matriculados en las asignaturas de esta tecnología rondaba los 5 estudiantes, muy lejos de los 25 que establece la dirección de la Escuela. Con el objetivo de despertar el interés en los alumnos por las asignaturas de la tecnología de IC, algunos profesores que imparten docencia en estas y otras asignaturas relacionadas propusieron la organización de un taller práctico fuera de las horas lectivas. El objetivo principal del taller es la introducción a los contenidos de la materia de ingeniería de computadores utilizando como herramienta el ordenador mono-placa *Raspberry Pi*, que ha despertado un gran interés en la docencia en la última década, gracias a su bajo coste y facilidad de adquisición. Como se refleja en este artículo, después de cinco ediciones (y con la sexta en marcha en el momento del envío de este artículo), el número de alumnos matriculados en las asignaturas de la tecnología de IC ha aumentado significativamente, y el taller propuesto ha contribuido objetivamente a ello.

Abstract

The Computer Science degree in our Faculty offers four specialization profiles, including Computer Engineering (CE). In 2015, the number of students enrolled in subjects related to CE was around 5, far from the maximum of 25 established in the degree normative. To awaken students' interest in CE subjects, some professors proposed the organization of a practical workshop, outside of lecture hours. The proposed workshop focuses on using single board computers (SBC), specifically on the Raspberry Pi ecosystem, which has arou-

sed great interest in teaching in the last decade, thanks to its low cost and ease of acquisition. This article reflects that, after five editions and with the 6th edition underway at the time of sending this article, the number of students enrolled in the CE specialization subjects has increased significantly, and the proposed workshop has objectively contributed to this.

Palabras clave

Ingeniería de Computadores, single board computer SBC, ordenadores de placa reducida, Raspberry Pi.

1. Introducción

El título de Graduado en Ingeniería Informática que oferta una escuela universitaria española está adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y verificado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). Esta titulación comenzó a impartirse en el curso 2010/11, implantando desde el inicio cuatro perfiles de intensificación: Computación, Ingeniería del Software, Ingeniería de Computadores y Tecnologías de la Información.

En la recomendación conjunta de la ACM y el IEEE *Computing Curricula* del año 2020 (CC2020) [3] se examinan las pautas curriculares actuales para los programas de grado académico en informática y se proporciona una visión para el futuro de la informática. El CC2020 debería servir para las futuras actualizaciones de los modelos curriculares de las diferentes disciplinas de la informática. En el CC2020 se discute ampliamente sobre un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en competencias, que va más allá del modelo de enseñanza-aprendizaje basado en conocimiento. En este modelo basado en competencias se observa el grado

de cumplimiento por parte del alumno de tres dimensiones a la hora de realizar una tarea enmarcada en el campo de la informática: conocimiento (“know-what”), habilidad (“know-how”) y justificación (“know-why”). Esta última permite medir, por ejemplo, el grado de motivación de los estudiantes a la hora de desarrollar una competencia. Téngase en cuenta que el mencionado grado de motivación es importante, ya que se considera de manera informal por muchos docentes como uno de los grandes problemas actuales en muchos de los estudiantes de grado.

Por otro lado, la intensificación de Ingeniería de Computadores (IC) se ha incluido tradicionalmente en los perfiles curriculares de la enseñanza de la ingeniería de computadores, tal y como también se referencia en el CC2020 [3]. Otros autores [4] argumentan que la especialidad de IC proporciona unas competencias específicas que permiten participar en el desarrollo de los actuales y futuros sistemas de cómputo, con una importante incidencia en el entorno socio-económico, y por tanto con amplias posibilidades profesionales.

Desde el punto de vista profesional, el perfil de Ingeniería de Computadores es actualmente uno de los mejor definidos e identificado a nivel académico. Es bastante conocido tanto en Europa como en EEUU que universidades tienen un programa de formación de Ingenieros de Computadores [3]. Como se puede observar en la Figura 1, este perfil es el único que abarca totalmente el ámbito del hardware y la arquitectura del computador (el perfil de ciencia de la computación sólo incluye algunos aspectos de este ámbito).

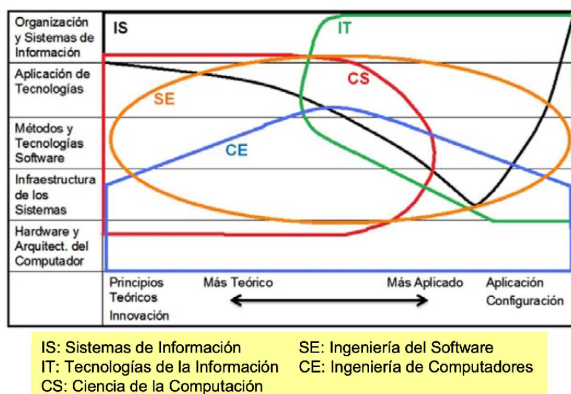


Figura 1: Aproximación gráfica del ámbito de los distintos perfiles (extraída de [1]).

Es evidente que esto debería ser una ventaja que incentivara la demanda de este perfil. Sin embargo, puede parecer que, en nuestro contexto actual, el tejido económico no parece que sea capaz de crear un número considerable de puestos de trabajo con este perfil. Esto no significa que no existan posibilidades de negocio e innovación para los titulados con este per-

fil en nuestro entorno socio-económico. De hecho, la economía global en la que nos encontramos y la prácticamente total accesibilidad a herramientas de desarrollo, hacen posible la aparición de nuevas actividades empresariales que pueden contribuir al desarrollo de nuestra sociedad. Un ejemplo de ello es el PERTE de los micro-chips¹, la *European Processor Initiative*² o el reciente interés por el codiseño y el hardware libre a nivel mundial, que encabeza la RISC-V Foundation³. Por todo esto, este perfil es uno de los que podrían resultar más atractivos para los estudiantes emprendedores que quieran desempeñar una actividad profesional basándose en el desarrollo y la explotación de dispositivos de cómputo y de sus aplicaciones [1].

En la memoria del grado en Ingeniería Informática del centro donde se ha llevado a cabo la iniciativa que se presenta en este artículo, se propone un título generalista de Ingeniería Informática con cuatro menciones de especialización de entre las recogidas en la resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades (BOE Núm. 187 del 4/8/2009). El título consta de 240 ECTS divididos en 4 cursos académicos, donde se cursan 60 ECTS de formación básica para la Ingeniería (Módulo 1), 60 ECTS de formación común para la rama de Ingeniería Informática (Módulo 2) 36 ECTS de formación complementaria para la rama de Ingeniería Informática (Módulo 3), 48 ECTS de la tecnología específica de intensificación, 12 ECTS para el trabajo fin de grado (Módulo 4) y 24 ECTS de oferta de optatividad y prácticas en empresa. Además, todas las asignaturas tienen carácter semestral con una carga de 6 ECTS (excepto el trabajo fin de grado y las prácticas en empresas). El número de asignaturas programadas por semestre es de 5 (30 ECTS). Por tanto, la intensificación de IC se centra en 48 ECTS, que serán 8 asignaturas de 6 ECTS cada una y se cursarán en dos semestres: el segundo del tercer curso y el primero del cuarto curso. Además, en los módulos 1 y 2 se ofertan 24 ECTS en 4 asignaturas que el alumno cursa de forma obligatoria y que también están relacionadas con la materia de IC propuestas para el *Título de Grado en Ingeniería Informática* en el anexo II del RD 1393/07.

Desde su implantación se constató un interés desigual de los alumnos por las distintas intensificaciones ofertadas (ver Figura 2). Según el análisis de los diferentes coordinadores del grado en Ingeniería Informática mencionado anteriormente, las fluctuaciones en la matrícula de alumnos en las diferentes intensificaciones se deben principalmente a dos motivos: la influencia que ejercen los medios de comunicación y prensa especializada que dan una visibilidad extraordinaria a nuevas tecnologías informáticas emergentes, y la opi-

¹<https://elpais.com/economia/2023-02-06/el-sueno-espanol-de-fabricar-microchips.html>

²<https://www.european-processor-initiative.eu/>

³<https://riscv.org/>

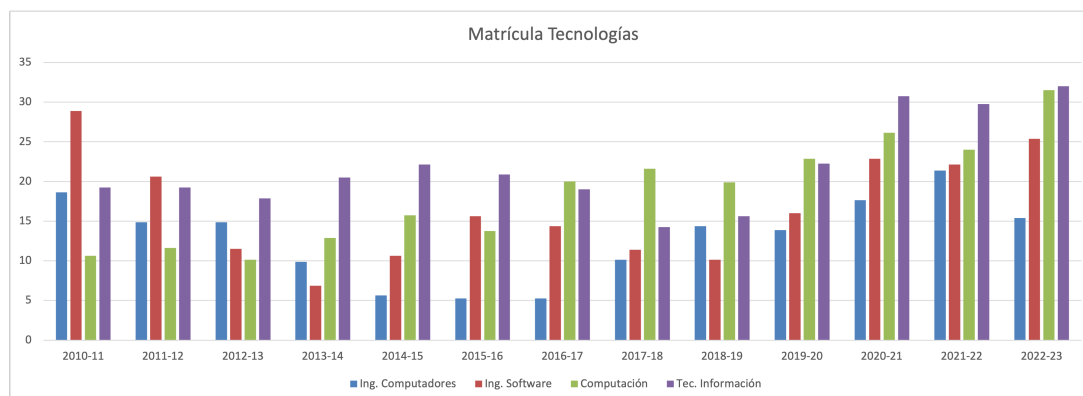


Figura 2: Número de alumnos en las Tecnologías desde el curso 2010-11 hasta el 2022-23.

ción que se transmite entre los alumnos sobre qué intensificación es más difícil de aprobar. De hecho, la intensificación de IC llegó a ser con diferencia la menos demandada, cinco años después de haberse implantado el grado y las cuatro intensificaciones, llegando incluso algún año a correr riesgo su impartición debido al bajo número de alumnos que la elegían (requerimiento mínimo de 5 alumnos matriculados, según la normativa de la Universidad). Esto llevó a una reflexión de los profesores del área de Arquitectura y Tecnología de Computadores para tratar de buscar las causas de la baja matrícula y proponer un plan de actuación que corrigiese esta situación. Aunque se barajaron varias opciones, la decisión final fue desarrollar un taller práctico de introducción a los contenidos de IC, utilizando como herramienta el ordenador mono-placa Raspberry Pi, debido a su versatilidad para abordar de forma cercana gran variedad de los contenidos de la especialidad, e incentivando así el interés de los alumnos por esta intensificación (según los resultados que se mostrarán más adelante).

El resto de este artículo se ha estructurado de la siguiente manera. En el Apartado 2 se aborda en detalle la motivación que nos llevó a tomar medidas para aumentar la matrícula en las asignaturas de la intensificación de IC. En el Apartado 3 se explica en detalle el desarrollo del taller de Raspberry Pi que se organizó y las distintas sesiones en que se estructuró. En el Apartado 4 se abordan los resultados obtenidos tras la implantación de este taller y la comparativa con los años en que no se ha organizado el taller. Por último, en el Apartado 5 se aportan una serie de conclusiones extraídas tras esta experiencia.

2. Motivación

Como se ha descrito en el Apartado 1, el desarrollo del taller de Raspberry Pi surge de la inquietud de un grupo de profesores del área de Arquitectura y Tecno-

logía de Computadores (ATC) de esta escuela sobre el descenso de la matrícula de alumnos en las asignaturas de la intensificación de IC. En concreto, este problema aparece al poco de implantarse el grado en Ingeniería Informática en la escuela universitaria mencionada. La Figura 2 muestra la evolución de las matrículas en las cuatro tecnologías de especialización (o intensificaciones) que oferta el grado desde el curso de implantación del título hasta el último curso académico 2022-23. El grado se acabó de implantar en el curso 2010-11, y en ese año la matrícula de IC fue de 18 alumnos que es un número de alumnos razonable y cercano al de 25 alumnos que se recomienda desde la dirección del centro.

Como se puede observar, desde el curso 2010-11 hasta el curso 2014-15 el número de alumnos matriculados en la intensificación de IC pasó de 18 a 6, lo que supuso una reducción de dos tercios de matrícula. Además, este número tan bajo de alumnos matriculados se mantuvo durante tres cursos académicos hasta el curso 2016-17. En septiembre de 2016 se organizaron una serie de reuniones entre profesores del área, alumnos egresados y estudiantes de doctorado, en las que se identificaron los puntos débiles que hacían que los alumnos no se matricularan en las asignaturas de la intensificación de IC. La conclusión principal fue que la intensificación era percibida como especialmente compleja e inaccesible. Por ello, se propuso ofertar a los alumnos de segundo curso un taller de introducción a los contenidos más áridos de la materia de IC, de forma accesible y lúdica, para que se despertara el interés y la curiosidad del alumno por estos temas antes de que los estudiantes los aborden en asignaturas de cursos posteriores. Es conocido por los profesores del área de ATC de muchas universidades que los temas de la materia de IC más complejos para los alumnos son, entre otros, el aprendizaje del lenguaje ensamblador, el *subnetting* de las redes de comunicaciones, el diseño de procesadores, el diseño de sistemas operativos, etc. Por ello, se decidió que el taller debería centrarse en

motivar y despertar la curiosidad de los alumnos en estos temas complejos de IC, ser eminentemente práctico y fomentar el uso por parte de los alumnos de dispositivos hardware reales que pudiesen tocar y experimentar. En el momento de escribir este artículo no se conoce por parte de los autores de este estudio ninguna experiencia similar en otras universidades, por lo que se ha decidido, como explicará más adelante, hacer públicos los materiales del taller para que otros compañeros de otras universidades puedan replicar esta experiencia.

El dispositivo hardware elegido para el taller fue el ordenador de placa reducida o mono-placa (*single board computer* o SBC) Raspberry Pi, debido a su potencial tecnológico, su precio asequible, y, sobre todo, su gran ecosistema que permite a los alumnos acercarse de forma autónoma a todo tipo de proyectos más allá de los contemplados en el taller. El fabricante es la *Raspberry Pi Foundation*.⁴ Esta fundación es una organización benéfica con sede en el Reino Unido cuya misión es ayudar a los jóvenes desarrollar el aprendizaje de la informática y las tecnologías digitales. Su objetivo inicial fue “democratizar la tecnología -proporcionar acceso a las herramientas”, “reducir el coste de la informática de uso general por debajo de 5 dólares” y abrir “la posibilidad de que cualquiera utilice ordenadores en proyectos que antes requerían cantidades prohibitivas de dinero”. Aunque actualmente el coste del la última versión de una Raspberry Pi ronda los 150 y en muchas tiendas están agotadas debido a la crisis mundial de los micro-chips del año 2022, los modelos anteriores de Raspberry Pi siguen siendo una opción potente y asequible para ser usadas como ordenador personal con capacidad de entrada/salida digital.

El taller que se describe en este artículo se ha organizado en seis ediciones y, como se detalla más adelante, ha contribuido significativamente a aumentar el número de alumnos en la intensificación de IC. Lamentablemente, el taller se suspendió dos veces durante la pandemia de COVID-19, ya que la situación sanitaria restringió la presencialidad en las aulas, y no fue posible permitir que los alumnos manipularan el hardware real, lo que sin duda influyó en reducir su curiosidad y motivación con las asignaturas relacionadas con la IC [5]. Posteriormente, el taller se ha tenido que suspender en otra ocasión por falta de alumnos. Ambos motivos tienen relación con el descenso de alumnos en la matrícula de IC que se ha observado, de nuevo, en el último curso académico (ver Figura 2). Este descenso también nos ha hecho pensar en la necesidad de adaptación continua de los contenidos del taller para que sigan siendo atractivos para los alumnos. En la fecha de envío de este artículo se está impartiendo la 6ª edición del taller con contenidos renovados y que ha conseguido niveles de matrícula similares a los de antes de la pandemia.

⁴<https://www.raspberrypi.org/>

3. Desarrollo del taller de Raspberry Pi

El objetivo de este taller es despertar la curiosidad y el interés del alumno del grado en Ingeniería Informática por las asignaturas de la materia de la IC, mediante el uso de los ordenadores en placa reducida del ecosistema Raspberry Pi. En concreto, el taller se planteó para el SBC Raspberry Pi 3, aunque, como se describe posteriormente también se ha incorporado al taller el microcontrolador Raspberry Pi Pico. Así mismo, el taller pretende reforzar conocimientos de las asignaturas relacionadas con la materia de IC. Por ejemplo, el alumno aprende los conceptos básicos para el desarrollo de proyectos dentro del ecosistema Raspberry Pi, como el diseño de sistemas de domótica, la implementación de sistemas electrónicos de monitorización y control, aplicaciones IoT (*Internet de las Cosas*), la configuración de la Raspberry Pi 3 como servidor, o la construcción de un clúster de Raspberry Pi 3.

3.1. Metodología

La metodología del taller es eminentemente práctica. Las sesiones se desarrollan en el laboratorio y se organizan en tutoriales guiados paso a paso, que se pueden realizar en una o dos sesiones de dos horas. Además, para fomentar la motivación de los alumnos, los profesores que imparten el taller tienen como objetivo principal que los alumnos consigan acabar el tutorial en la sesión correspondiente. De esta forma, se experimenta directamente con los dispositivos (*know-how*) y se perciben los resultados finales del tutorial (con lo que desarrolla el *know-why*), lo que aumenta la curiosidad, la motivación por aprender, facilita un aprendizaje más rápido (*know-what*) y contribuye a la adquisición de ciertas competencias necesarias en algunas asignaturas del plan de estudios del grado. Algunas de las competencias que define la memoria de grado para las asignaturas de la materia de IC que el alumno desarrolla con este taller son las siguientes (se subrayan aquellos aspectos que más se desarrollan):

- Capacidad de diseñar y *construir* sistemas digitales: computadores, sistemas basados en microprocesador y sistemas de comunicaciones.
- Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como *desarrollar* y optimizar el software de dichos sistemas.
- Capacidad de analizar y *evaluar* arquitecturas de computadores, incluyendo plataformas paralelas y distribuidas, así como desarrollar y optimizar software para las mismas.
- Capacidad de diseñar e *implementar* software de sistema y de comunicaciones.

- Capacidad de *analizar, evaluar y seleccionar* las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empujadas y de tiempo real.
- Capacidad para *comprender, aplicar y gestionar* la garantía y seguridad de los sistemas informáticos.
- Capacidad para *analizar, evaluar, seleccionar y configurar* plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos.
- Capacidad para *diseñar, desplegar, administrar y gestionar* redes de computadores.

Obviamente, como el taller tiene una carga lectiva pequeña comparado con las asignaturas de la intensificación, el grado de desarrollo de estas competencias por parte del alumno será reducido. Sin embargo, al emplear una metodología de enseñanza-aprendizaje basada en tutoriales, el taller contribuye a conseguir unos resultados de enseñanza-aprendizaje iniciales relacionados con las asignaturas de la materia de IC y que orientan a los alumnos en la dirección del desarrollo de las competencias mencionadas.

3.2. Contenidos

Como se ha descrito anteriormente, el taller se organiza en forma de tutoriales, como unidades temáticas, que el alumno tiene que empezar y acabar en las sesiones dedicadas a ese tutorial. En concreto, el taller consta de los siguientes tutoriales:

Tutorial 1: Introducción (2 horas). En esta primera sesión, el tutorial está dedicado a ofrecer una introducción teórica al ecosistema Raspberry Pi y una justificación a la motivación de usar Raspberry Pi (como se ha explicado anteriormente). También se desarrolla la primera práctica donde el alumno se enfrenta, por primera vez en muchos casos, a la conexión de las placas Raspberry Pi y a la instalación del sistema operativo.

Tutorial 2: Programación del puerto GPIO y SenseHAT (4 horas). Este tutorial se compone de dos sesiones en las que se inicia al alumno en el uso de los puertos de entrada/salida (GPIO por sus siglas en inglés) y la placa de extensión de Raspberry Pi *SenseHAT*. La primera de las sesiones persigue que el alumno establezca una primera toma de contacto con la interconexión de componentes electrónicos básicos tales como LEDs, pulsadores, motores paso a paso, o sensores digitales. El objetivo de esta sesión es que el alumno comprenda los fundamentos electrónicos básicos necesarios para la interconexión de sensores y actuadores, experimentando en primera persona con niveles lógicos de voltaje y protocolos de comunicación tales como I2C (*Inter-Integrated Circuit*). En la segunda sesión del tutorial se aborda la interconexión

de dispositivos electrónicos, la gestión de la comunicación, se profundiza en la interpretación de los datos proporcionados por los sensores y se trabaja el accionamiento de actuadores. Para ello, se utilizan las placas de expansión *SenseHAT*, las cuales cuentan con sensores de presión, humedad y temperatura, acelerómetros, matrices LED y un joystick. Este tutorial permite que el alumno experimente aplicando conceptos de programación de bajo nivel, así como de microcontroladores y electrónica, que están relacionados con algunas de las competencias mencionadas anteriormente y de asignaturas de la tecnología específica de IC del grado.

Tutorial 3: Raspberry como servidor (4 horas). En este tutorial inicialmente se planteó la creación de un servicio web Apache2 en la Raspberry Pi basado en PHP y MySQL. El alumno aprende a montarse un servidor web en casa de forma gratuita y lo puede utilizar posteriormente para compartir sus propios servicios web. Seguidamente, se proponía al alumno la combinación de ese servidor web y utilizar el *SenseHat* como una estación meteorológica, y que el usuario pueda ver los valores de los sensores de temperatura y humedad del *SenseHat* en la página web. Finalmente, se instaló *OwnCloud*, que es una aplicación de software libre de servicio de alojamiento de archivos, que permite el almacenamiento en línea de los ficheros, de forma similar a Dropbox. La instalación de Apache2 conlleva el aprendizaje de conceptos relacionados con las asignaturas de redes de comunicaciones.

Tutorial 4: Interacción con la Raspberry (2 horas). En este tutorial, el objetivo principal consiste en configurar la Raspberry Pi para que se transforme en un asistente de voz. Para ello se ha utilizado el asistente de voz Jasper, que es similar a los asistentes de voz Siri o Alexa.⁵ Jasper es totalmente libre y funciona de manera off-line, algo que no ocurre en algunos proyectos con Alexa. En este tutorial se introduce a los alumnos en la instalación y configuración de Jasper en la Raspberry Pi, lo que permite controlar pequeñas acciones del sistema operativo Raspbian y ejecutar e introducir datos en aplicaciones como Google Calendar. Para que Jasper pueda recibir la voz del usuario, se conectará un micrófono USB a la Raspberry Pi.

Tutorial 5: Conceptos básicos sobre Seguridad (2 horas). El tema de la seguridad ya era de actualidad cuando se comenzó a impartir este taller y sigue siéndolo hoy en día. Los objetivos de este tutorial son utilizar Raspberry Pi para tareas de *pentesting*, repasar el funcionamiento de ciertos protocolos de red y aprender cómo explotar las vulnerabilidades de dichos protocolos con Kali y Raspberry Pi. Se trata de iniciar al alumno en las herramientas habituales de hacking ético que se aprenderán en las asignaturas de Seguridad de la intensificación del grado.

⁵<https://jasperproject.github.io/>

Tutorial 6: Lenguaje ensamblador (4 horas). En este taller se describe de forma resumida la arquitectura de un procesador ARM Cortex A53, como el que lleva instalado la Raspberry Pi 3 que se utiliza en el taller. Se describen los registros, aritmética básica, la memoria y el direccionamiento. También se introduce al alumno en el uso del depurador GDB. Después, se explican brevemente las instrucciones de salto, estructuras de control y subrutinas. También se resumen el uso de operaciones en punto flotante y las instrucciones predicadas típicas de los ARM.

Además, se propone un proyecto al que los alumnos dedican unas 9 horas de trabajo no presencial, y que se elabora durante el desarrollo del taller. Los alumnos entregan una memoria final que es condición necesaria para la evaluación positiva. Además, se exige una asistencia al 75 % de las sesiones para que el alumno sea calificado como apto. Los alumnos que superan el taller reciben un crédito ECTS de libre configuración.

3.3. Organización y planificación

El taller se dirige principalmente a alumnos de segundo curso del grado en Ingeniería Informática, y se imparte habitualmente en el segundo cuatrimestre (entre febrero y marzo). Consta de 8 sesiones de 2 horas de duración, que suponen 16 horas de enseñanza presencial. El número total de horas destinadas a docencia es de 16 horas, a lo que hay que sumar 9 horas de trabajo no presencial, que se utilizarán para la elaboración de la memoria final del taller. En total, el número de horas del taller es de 25, que son las que define la normativa de cursos propios de la universidad para otorgar un crédito ECTS de libre configuración al alumno. Las clases se imparten en un laboratorio de prácticas del centro, en una sesión semanal de 2 horas y en un horario que no se solape con las clases de teoría.

En cuanto a los espacios e infraestructura necesarios para la organización del taller, el material que se ha utilizado para un grupo de 20 alumnos es el siguiente: 10 Raspberry Pi modelo 3, 10 dispositivos senseHAT, tarjetas de memoria microSD de 64GB, 10 fuentes de alimentación, 10 Raspberry Pi Pico, 10 kits de desarrollo proto-board y 10 cables de conexión micro-USB. Inicialmente, todo el material se financió con cargo al presupuesto del centro. También se ha contado con el apoyo del departamento al que pertenecen la mayoría de los profesores que han impartido docencia en el mismo. Igualmente, parte del taller se ha sufragado con el dinero de las matrículas de los alumnos.

En cuanto al procedimiento de matriculación, el taller se oferta con una limitación de 40 plazas divididas en dos grupos de 20 alumnos. El número mínimo alumnos es 10. Se suele publicitar por los cauces habituales: e-mail, carteles publicitarios y por parte de los profesores en clase. Habitualmente, se abre un periodo

de pre-inscripción en diciembre y, posteriormente, después de los exámenes de enero, un periodo de matrícula hasta mediados de febrero. La propuesta de precio de matrícula por estudiante es de 20 euros.

3.4. Actualización de contenidos

Gracias a la retroalimentación que proporcionan encuestas a los alumnos, los contenidos del taller se han adaptado a sus sugerencias. Por ello, los contenidos del taller se han ido adaptando para hacerlos más atractivos. Por ejemplo, en última edición que está en marcha en el momento del envío de este artículo, además de los dispositivos Raspberry Pi, se ha introducido un nuevo microcontrolador: el RP4020, que está disponible en la placa Raspberry Pi Pico. Este micro-controlador se programará en ensamblador y usando Circuit-Python. Además, como nuevo tutorial se ha planteado la construcción de un mini-supercomputador utilizando varias Raspberry Pi, como han propuesto varios autores [2], la construcción de una red de área local (LAN) usando las Raspberry Pi como routers y el algoritmo de encañamiento RIP, o la configuración de una Raspberry Pi como punto de acceso IoT. Los contenidos de la última edición del taller, actualizados según la retroalimentación de los alumnos, se han publicado en un repositorio en abierto con licencia de uso MIT y CC⁶.

4. Resultados obtenidos

En este Apartado se detalla la evolución de los alumnos matriculados en el taller y en la intensificación de IC y se comparan con la matrícula de nuevo ingreso en el grado en Ingeniería Informática. En segundo lugar, se analizan los resultados de las encuestas realizadas a los alumnos que se han matriculado en el taller.

4.1. Evolución de los alumnos matriculados en el taller

La Figura 3 muestra la evolución de los alumnos preinscritos, matriculados y aptos en el taller a lo largo del tiempo, en las seis ediciones en las que se ha organizado (la última, la del curso 2022-23 está aún en desarrollo en el momento del envío de este artículo).

Se puede observar que en los primeros años en los que se organizó el taller, el número de alumnos matriculados era de entre 30 y 43, mientras que en la tercera y cuarta edición este número se redujo. En el curso 2020-21 no se organizó por la pandemia de COVID-19 y las restricciones de la Universidad, que hicieron

⁶Materiales del taller de Raspberry Pi (UCLM). <https://gitraap.i3a.info/msanchez/material-curso-rpi>, 2023. [Online; Accedido 12-mayo-2023].

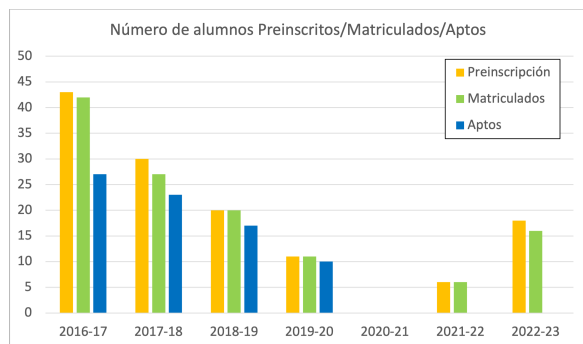


Figura 3: Número de alumnos preinscritos, matriculados y aptos en el taller. En el curso 2020-21 no se organizó por la situación sanitaria.

inviabile organizar un taller en el que la base es la manipulación de dispositivos hardware. En el curso 2021-22, la quinta edición no se organizó por falta de alumnos. El descenso en el número de matriculados a lo largo de los años se debe en gran medida a que los dispositivos Raspberry Pi se han convertido en una opción de estudio y práctica muy asequible para los alumnos. La gran mayoría en los alumnos de los cursos 2018-19 y 2019-20 manifestaron que tenían una Raspberry Pi en propiedad. Por tanto, los alumnos parece que han perdido interés en el taller, como se puede observar en la baja matrícula del curso 2021-22. Sin embargo, el taller se ha vuelto a organizar en el curso 2022-23 con contenidos renovados (ver Apartado 3.4), y, aunque en la fecha de envío de este artículo el taller aún no ha concluido, sí que los datos de pre-inscripción y matrícula arrojan un aumento en el número de alumnos.

La Figura 4 muestra la evolución de la matrícula de los alumnos de nuevo ingreso en el grado en Ingeniería Informática en el centro donde se imparte el taller. Puede observarse que la tendencia general es el aumento del número de alumnos de entrada (salvo una caída puntual que se observa en los cursos 2014-15 y 2021-22), con un pico en la matrícula en el curso 2019-20.

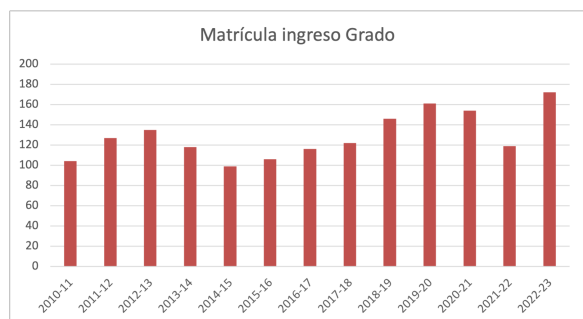


Figura 4: Número de alumnos de nuevo ingreso en el centro donde se ha desarrollado el taller.

La Figura 2 muestra que, en el curso siguiente al de

la organización del taller (2017-18), se produce un aumento significativo del número de alumnos que eligieron la intensificación de IC, y que ese aumento se prolonga año tras año coincidiendo con las diferentes ediciones del taller. En concreto, el aumento en el número de alumnos matriculados en el curso 2017-18 es de 2x respecto al del curso 2016-17, y el del curso 2021-22 es de 4,5x con respecto al 2015-16, que es una variación bastante significativa. Sí que se percibe un descenso de los alumnos matriculados en el curso 2022-23, posiblemente debido a que no se organizó el taller en los cursos 2020-21 (debido a la pandemia) y 2021-22 (no se llegó al número mínimo de alumnos), por lo que los alumnos han elegido otras intensificaciones.

4.2. Encuestas a los alumnos

Después de cada edición del taller, se realizó una encuesta a los alumnos, que debería rellenarse de forma obligatoria. El Cuadro 1 muestra las preguntas que se le han realizado a los alumnos en cada edición del taller. Se pretende con esta encuesta conocer el nivel de acceso de los alumnos a la compra de dispositivos Raspberry Pi (pregunta 1), si les ha parecido interesante y lo recomendarían a otros alumnos (preguntas 2 y 3), y si el taller influiría en la decisión de matricularse en la intensificación de IC (preguntas 4, 5 y 6).

La Figura 5 muestra los resultados de las encuestas en los cursos 2016-17, 2017-18, 2018-19 y 2022-2023. En concreto, se muestra el porcentaje de alumnos que contestaron 'Sí' a cada pregunta del Cuadro 1.

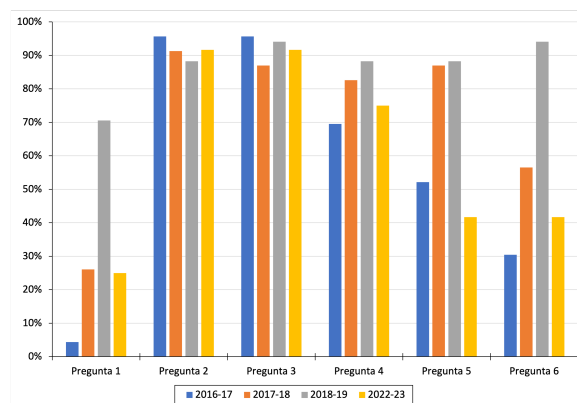


Figura 5: Porcentaje de alumnos que contestaron 'Sí' a cada pregunta de la encuesta. El nº de alumnos que realizaron la encuesta fue de 23, 23 y 17, respectivamente, en cada curso académico.

Respecto a la pregunta 1 (ver Cuadro 1), se puede observar que los alumnos han ido adquiriendo dispositivos Raspberry Pi a lo largo de los años, aunque ha descendido este curso académico, debido muy probablemente a la crisis mundial de los semiconductores

Nº	Pregunta realizada
1	Alumnos con una Raspberry Pi en propiedad.
2	Alumnos a los que el taller les parece interesante.
3	Lo recomendarían a otros alumnos.
4	El taller ha sido útil para conocer mejor las Tecnologías Específicas del plan de estudios.
5	El taller ha cambiado su percepción sobre alguna de las Tecnologías Específicas del plan de estudios.
6	El taller influirá a la hora de escoger asignaturas de alguna Tecnología Específica.

Cuadro 1: Descripción de las preguntas de la encuesta a los alumnos.

que ha reducido el stock de estos sistemas, lo que complica su adquisición. Respecto a la pregunta 2, la gran mayoría de los alumnos que se matriculan al taller lo consideran interesante (en torno al 90 % de media), y lo mismo ocurre al preguntarles si lo recomendarían a otros compañeros (pregunta 3). Respecto a la pregunta 4, el taller ha contribuido a mejorar el conocimiento de los alumnos de las intensificaciones (o tecnologías específicas del plan de estudios), las respuestas han ido mejorando a lo largo de las diferentes ediciones del curso, pudiendo observarse que el número de alumnos a los que el taller les ha influido a la hora de tomar la decisión de matricularse en la intensificación de IC va creciendo, como se puede observar en las contestaciones a las preguntas 5 y 6 de la encuesta. Si bien es cierto, que en la última edición, se observa a una tendencia a la baja en estas dos últimas cuestiones, lo que nos ha llevado a pensar el replantear el taller en ediciones futuras para hacerlo más atractivo.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la experiencia docente llevada a cabo por un grupo de profesores de Escuela Superior de Ingeniería Informática de Albacete y la Universidad de Castilla-La Mancha, donde se imparte el grado en Ingeniería Informática, cuyo objetivo ha sido despertar el interés de sus alumnos por las asignaturas de la materia de IC, y por la especialización de IC en el tercer y cuarto curso. Para ello, se decidió organizar un taller práctico en horario extraescolar, donde los alumnos pudieran iniciarse, utilizando el ordenador de placa reducida o mono-placa Raspberry Pi como herramienta, en los conceptos más áridos de las asignaturas relacionadas con la IC del plan de estudios del grado, como la programación en lenguaje ensamblador, el diseño de procesadores, la configuración de sistemas para la monitorización y control usando microcontroladores, etc. El taller se ha organizado durante seis ediciones, y los resultados obtenidos son satisfactorios. Se ha observado un crecimiento sostenido y significativo en el número de alumnos matriculados en la intensificación de IC, que multiplicó casi por 5, en el

curso académico 2021-22, el número de alumnos que había matriculados en esta intensificación en el curso 2016-17. Este incremento en la matrícula, unido a los resultados de las encuestas de opinión realizadas a los alumnos durante todo este tiempo, permiten concluir que la organización de este taller ha contribuido de manera importante al incremento del interés de los alumnos por las asignaturas de la intensificación de IC.

Referencias

- [1] Mancia Anguita López, Antonio Cañas Vargas, Francisco J. Fernández Baldomero, Julio Ortega Lopera, e Ignacio Rojas Ruiz. El perfil de ingeniería de computadores y las asignaturas de estructura y arquitectura de computadores en el grado de ingeniería informática. *Enseñanza y aprendizaje de ingeniería de computadores: Revista de Experiencias Docentes en Ingeniería de Computadores*, pp. 3–22, 2013.
- [2] Mariano Hernández, Alberto A. Del Barrio, Guillermo Botella. Clúster de computación científica de bajo coste y consumo. *Enseñanza y aprendizaje de ingeniería de computadores: Revista de Experiencias Docentes en Ingeniería de Computadores*, pp. 85–94, 10 2018.
- [3] Joint Task Force on Computing Curricula, ACM-IEEE. *Computing Curricula 2020 (CC2020) Paradigms for Future Computing Curricula*. ACM/IEEE, 2020.
- [4] Julio Ortega Lopera, Mancia Anguita López, Miguel Damas Hermoso, Jesús González Peñalver. Motivación para la ingeniería de computadores. *Enseñanza y aprendizaje de ingeniería de computadores: Revista de Experiencias Docentes en Ingeniería de Computadores*, pp. 3–22, 2013.
- [5] Rosa Pérez, Claudia Villalonga Palliser, Oresti Baños Legrán, Alberto Guillén Perales. Estudio de la influencia del confinamiento debido a la covid-19 en padres, alumnado y profesorado en eso y fp. *Enseñanza y aprendizaje de ingeniería de computadores: Revista de Experiencias Docentes en Ingeniería de Computadores*, pp. 39–48, 12 2020.