



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Facultad de Educación

TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER EN PROFESOR DE ESO Y BACH, FP Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS CON ARDUINO

Autor: Guzmán Moreno Román
Especialidad: Tecnología

Tutor: Miguel Ángel Lozano Pérez

Curso académico: 2022 - 2023



ÍNDICE

I.	Resumen.....	5
II.	Abstract.....	5
III.	Justificación.....	7
IV.	Marco teórico.....	10
IV.1	Elementos esenciales del Aprendizaje Basado en Proyectos.....	13
IV.2	Puesta en funcionamiento del Aprendizaje Basado en Proyectos de forma eficaz....	16
IV.3	Aprendizaje basado en proyectos y Arduino.....	17
V.	Objetivos.....	18
VI.	Propuesta de intervención en el aula.....	19
VI.1	Unidad didáctica.....	20
Marco normativo.....		20
Contenidos.....		20
Competencias.....		23
Temporalización.....		24
Pregunta motriz.....		25
Formación de grupos.....		25
Heterogeneidad.....		26
Roles.....		28
Actividades.....		28
Conocimientos previos.....		28
Entregables.....		29
Sesión tipo.....		31
Evaluación.....		32
Heteroevaluación.....		32
Coevaluación.....		34



Autoevaluación	36
Recursos y materiales	36
Atención a la diversidad	38
VII. Evaluación de la propuesta	38
VII.1 Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la propuesta de intervención en el aula	39
VII.2 Evaluación de la propuesta en base a publicaciones realizadas.....	39
VIII. Conclusiones y consideraciones finales.....	42
IX. Propuestas de mejora	43
X. Referencias bibliográficas.....	44
XI. Anexos	49
XI.1 Anexo I: Enunciados de los entregables que se facilitarán al alumnado	49



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Número de matrículas universitarias en ingeniería y arquitectura entre 1990 y 2020, extraído de Biel Maeso et al. (2022, p. 141).....	8
Figura 2	Número de matrículas universitarias en titulaciones universitarias de ciencias entre 1990 y 2020, extraído de Biel Maeso et al. (2022, p. 141).....	9
Figura 3	Número de matrículas en Ciclos Formativos de Grado Superior en España entre 1990 y 2020, extraído de Biel Maeso et al. (2022, p. 141).....	9
Figura 4	Antiguo modelo de la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos, extraído de Trujillo (2015)	13
Figura 5	Nuevo modelo de proyecto para el aprendizaje basado en proyectos, extraído de Larmer and Mergendoller (2015, p. 2)	14
Figura 6	Pirámide de la automatización o de la fabricación integrada por ordenador, elaboración propia a partir de The ERP Information editorial staff (2023)	22
Figura 7	Historia de la captura de datos en planta, extraído de Geinfor (2022)	23
Figura 8	Temporalización propuesta para realizar el Aprendizaje Basado en Proyectos, elaboración propia a partir del calendario escolar del curso 2022-2023 (educacyl Portal de Educación, 2022).....	24
Figura 9	Disposición del alumnado en el aula, extraído de Zariquiey Boindi (2015, p. 18) .	26
Figura 10	Diagrama personal de valores HADA, extraído de Tknika (2019, p. 2)	27
Figura 11	Conjunto de hardware para el aprendizaje de Arduino, extraído de https://store.prometec.net/producto/kit-inicio/	37



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Diferencias entre los proyectos en la enseñanza tradicional y el aprendizaje basado en proyectos, adaptado de Buck Institute for Education (2023).....	12
Tabla 2	Evaluación: aspectos a evaluar y ponderaciones, elaboración propia	32
Tabla 3	Rúbrica para la evaluación de cada entregable por parte del profesor, elaboración propia	33
Tabla 4	Rúbrica para la evaluación del informe de cada entregable por parte del profesor, elaboración propia	34
Tabla 5	Rúbrica de coevaluación por parte de los compañeros del grupo de trabajo, elaboración propia	35
Tabla 6	Rúbrica para la coevaluación entre grupos del trabajo de grupo presentado, elaboración propia	35
Tabla 7	Rúbrica de autoevaluación, elaboración propia.....	36
Tabla 8	Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la propuesta de intervención educativa, elaboración propia	39
Tabla 9	Entregable nº1: E/S digitales, comunicación serie	49
Tabla 10	Entregable nº 2: E/S analógicas, elaboración propia	50
Tabla 11	Entregable nº3: Programación modular (funciones y bibliotecas), elaboración propia	51
Tabla 12	Entregable nº 4: Interrupciones, elaboración propia.....	52
Tabla 13	Entregable nº 5: Identificación por radiofrecuencia (RFID), elaboración propia....	53
Tabla 14	Entregable nº 6: Teclado y display LCD, elaboración propia	54
Tabla 15	Entregable nº 7: Ethernet, elaboración propia	55
Tabla 16	Entregable nº 8: Proyecto final, elaboración propia	56



I. Resumen

En el aprendizaje de una materia es importante adquirir las habilidades técnicas, aquellas relacionadas con una tarea o situación específica, y las “soft skills”, habilidades deseables para desarrollar ciertos trabajos que no dependen del conocimiento adquirido, entre las que destacan las 4Cs (creatividad, pensamiento crítico, colaboración y comunicación). La metodología activa “Aprendizaje Basado en Proyectos” permite al docente guiar al alumnado a través de un proyecto en el que aprenderán las habilidades técnicas y las “soft skills”. En el presente documento se presenta una propuesta de intervención en el aula en la que se aplica el Aprendizaje Basado en Proyectos al módulo profesional “Informática Industrial” de un Ciclo Formativo de Grado Superior que podría englobarse dentro de las titulaciones CTIM (Ciencia Tecnología Ingeniería y Matemáticas). Como habilidades técnicas se tratará la fabricación integrada por ordenador (CIM) haciendo uso de un conjunto de dispositivos electrónicos basados en Arduino. La propuesta se ha realizado basándose en contenidos teóricos y la estancia en prácticas. Finalmente, se analizan las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que presenta la propuesta y, basándose en bibliografía, se evalúan las dificultades que podrían presentarse en su implantación, así como posibles soluciones.

Palabras clave: ABP, CTIM, 4Cs, CIM, Arduino

II. Abstract

In learning a subject, it is important to acquire technical skills, those related to a specific task or situation, and soft skills, desirable skills to develop certain jobs that do not depend on the acquired knowledge, among which the 4Cs stand out (creativity, critical thinking, collaboration and communication). The active methodology “Project-Based Learning” allows the teacher to guide students through a project in which they will learn technical skills and soft skills. This document presents an intervention proposal in the classroom in which Project-Based Learning is applied to the professional module “Industrial Computing” of a Higher Level Training Cycle that could be included within the STEM degrees (Science, Technology, Engineering and Mathematics). As technical skills, Computer Integrated Manufacturing (CIM) will be covered using a set of Arduino based electronic devices. The



proposal has been made based on theoretical content and the internship. Finally, the strengths, weakness, opportunities and threats presented by the proposal are analysed and, based on bibliography, the difficulties that could arise in its implementation are evaluated, as well as possible solutions.

Keywords: PBL, STEM, 4Cs, CIM, Arduino



III. Justificación

En un mundo cambiante como el actual, es de esperar que los sistemas educativos doten a sus estudiantes de las habilidades necesarias para desenvolverse satisfactoriamente en dicho mundo, lo que habitualmente se conoce como “competencias del siglo XXI” (Varas et al., 2023). Hay cuatro habilidades sociales que se suelen denominar “4Cs” en la literatura (Thornhill-Miller et al., 2023):

- Creatividad
- Pensamiento Crítico
- Colaboración
- Comunicación

Se trataría de evaluar metodologías que permitan desarrollar estas habilidades en mayor medida que lo que lo hacen los sistemas tradicionales de enseñanza. Saimon et al. (2022) observaron que la metodología “Aprendizaje Basado en Proyectos” mejoró las 4Cs en el grupo de personas sobre las que se evaluó. Por tanto, cabe pensar que el Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología que permitiría mejorar las habilidades de los estudiantes en aspectos verdaderamente importantes de la educación hoy, como son las 4Cs.

En una revisión de publicaciones realizadas entre los años 2017 y 2021 (Saad & Zainudin, 2022) se ha observado que el aprendizaje basado en proyectos se ha venido utilizando ampliamente debido a sus ventajas educativas para docentes y estudiantes. En el estudio de Saad and Zainudin (2022) se revisó e identificó de manera sistemática los marcos, modelos herramientas y técnicas apropiadas para implementar el aprendizaje basado en proyectos y el pensamiento computacional con éxito. Se observó que las técnicas más habitualmente aplicadas en la implementación del aprendizaje basado en proyectos (metodología activa de enseñanza/aprendizaje) y el pensamiento computacional (un método de resolución de problemas) son el andamiaje y la indagación. No obstante, también se ha visto que no hay un marco o modelo definido explícitamente para dicha implementación, quedando pendiente, por tanto, analizar y desarrollar pautas para que los educadores puedan



desarrollar satisfactoriamente un curso utilizando aprendizaje basado en proyectos y pensamiento computacional de manera efectiva.

Hay varias disciplinas académicas que se engloban bajo las siglas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), en español, Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, aunque es preferible utilizar CTIM en español (FundéuRAE, 2016). Según Wikipedia (2022), la formación en estas áreas ayuda a aumentar la competitividad, teniendo como consecuencia la posibilidad de aumentar la prosperidad económica y da la posibilidad de sustentar un crecimiento continuado en el tiempo.

En una sociedad con un desarrollo tecnológico continuado como la actual, la capacitación en las áreas STEM y su aplicación sirve para dar respuesta a las necesidades de carácter tecnológico, científico y de comunicación. Por esta causa, durante los últimos 10 años se han desarrollado metodologías STEM a lo largo de todo el sistema educativo, desde las etapas más tempranas hasta la educación superior. No obstante, se ha observado que la matriculación en titulaciones universitarias de las ramas STEM ha bajado, véase la Figura 1 y la Figura 2, mientras la matriculación en los ciclos formativos ha subido, véase la Figura 3 (Biel Maeso et al., 2022).

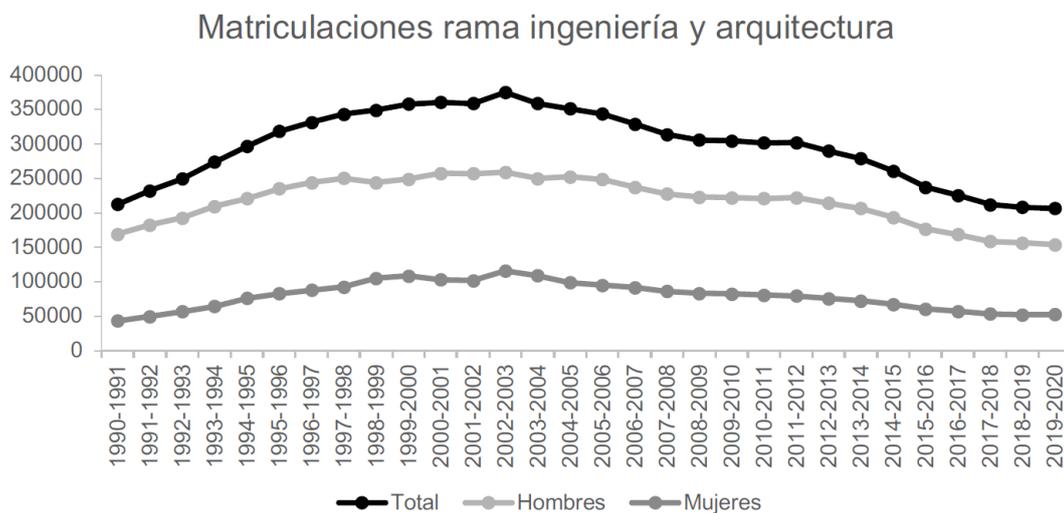


Figura 1 Número de matrículas universitarias en ingeniería y arquitectura entre 1990 y 2020, extraído de Biel Maeso et al. (2022, p. 141)

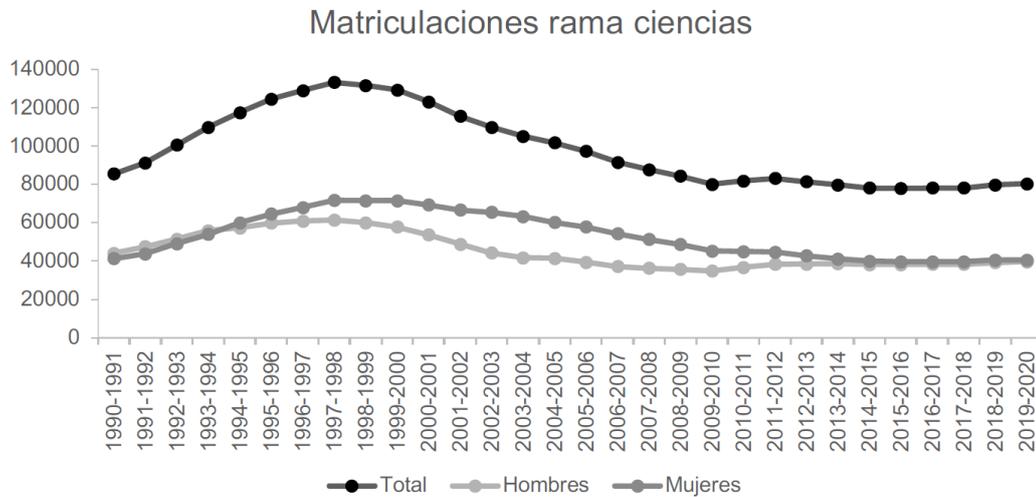


Figura 2 Número de matrículas universitarias en titulaciones universitarias de ciencias entre 1990 y 2020, extraído de Biel Maeso et al. (2022, p. 141)

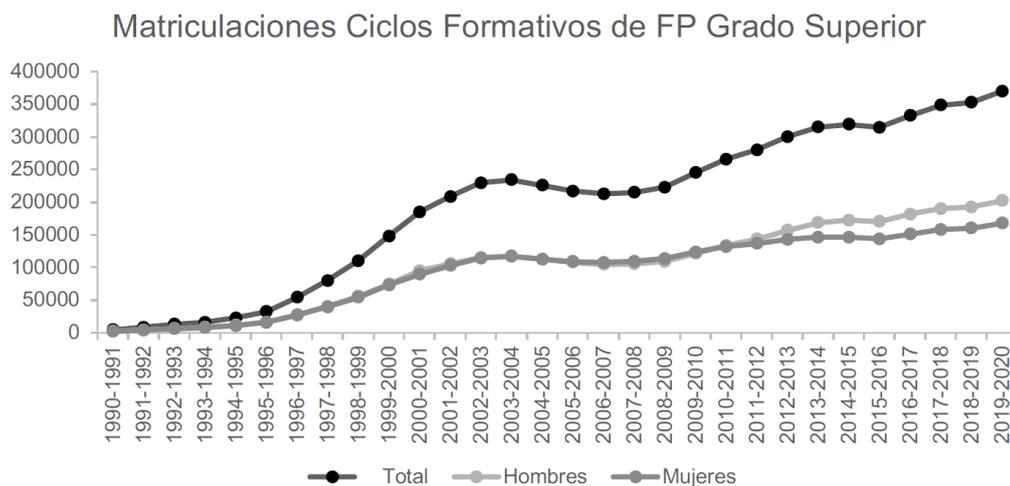


Figura 3 Número de matrículas en Ciclos Formativos de Grado Superior en España entre 1990 y 2020, extraído de Biel Maeso et al. (2022, p. 141)

Según el análisis realizado en Biel Maeso et al. (2022), los decrementos en las matriculaciones en titulaciones universitarias de la rama STEM está correlacionado con los siguientes factores:

- Aumento del número de matriculados en Ciclos Formativos
- Descenso en la inserción laboral en titulaciones universitarias STEM con respecto a épocas anteriores
- Descenso salarial de los egresados de las titulaciones universitarias STEM



Así, queda de manifiesto que la formación profesional es una formación cada vez más demandada, véase la Figura 3, y que la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos contribuye positivamente en el desarrollo de las llamadas “competencias del siglo XXI”. En estas circunstancias, se puede deducir que el desarrollo de intervenciones fundamentadas en el Aprendizaje Basado en Proyectos para la Formación Profesional ayudará a mejorar las competencias hoy requeridas en los estudiantes de dichas titulaciones, en claro auge en el contexto actual.

IV. Marco teórico

El Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología activa que posibilita que el alumnado adquiera conocimientos y las anteriormente mencionadas “competencias del siglo XXI” llevando a cabo proyectos para solucionar problemas reales. El aprendizaje basado en proyectos es una metodología activa que, junto con el aprendizaje basado en tareas, en problemas, en retos o por descubrimiento tienen en común, frente a la enseñanza tradicional los siguientes aspectos (Lázaro et al., 2016, p. 10):

- El conocimiento es la consecuencia del trabajo de estudiantes y profesores. Este trabajo conlleva formular preguntas, buscar información y elaborarla para llegar a conclusiones.
- El alumnado participa activamente. Además de escuchar con atención, participa realizando acciones cognitivas superiores: identificación de problemas, establecimiento de prioridades, búsqueda de información, interpretación de información, obtención de relaciones lógicas, establecimiento de conclusiones, así como repaso crítico de ideas preconcebidas y creencias.
- La función del profesorado no solamente consiste en explicar contenidos. Los docentes tienen como función principal la creación de la situación de aprendizaje que posibilite al alumnado desarrollar el proyecto: buscar recursos didácticos, encontrar fuentes de información, durante el progreso del proyecto ayudar con los problemas que pudieran surgir, vigilar que el ritmo de trabajo sea adecuado, colaborar en la consecución del proyecto y evaluar el resultado.



En el aprendizaje basado en proyectos, el proyecto es el fundamento y debe tener las siguientes características (Larmer & Mergendoller, 2010):

- El proyecto ha de tener como finalidad enseñar contenido significativo. Los objetivos del aprendizaje del alumnado se obtienen a partir de los estándares de aprendizaje y las competencias clave de la asignatura.
- Necesita pensamiento crítico, varias maneras de comunicación, resolver problemas, colaboración. Los alumnos han de responder a una pregunta motriz que inicie el proyecto y elaborar trabajo de buena calidad. Para esto, no basta con que retengan información en su memoria, sino que han de utilizar habilidades cognitivas de orden superior y trabajar en equipo. Han de saber escuchar a los componentes del equipo y saber exponer claramente sus ideas. Han de ser capaces de extraer información de diversos tipos de fuentes de información y expresarse en distintos medios. Las “competencias del siglo XXI” anteriormente mencionadas.
- Se requiere investigar para aprender y se necesita crear algo nuevo. Los estudiantes han de plantearse preguntas, buscar respuestas y obtener conclusiones que les permitan formular nuevas ideas, interpretaciones o productos.
- El proyecto ha de estar organizado en torno a una “pregunta motriz” o “pregunta guía” que ha de ser abierta. Esta pregunta enfocará al alumnado en los aspectos relevantes, centrando su trabajo.
- El proyecto ha de crear la necesidad de aprender contenidos fundamentales y lograr desarrollar competencias clave.
 - Tradicionalmente, se ha venido explicando a los alumnos el temario y los conceptos que, tras conseguirlos, los estudiantes los emplean en el proyecto.
 - En el aprendizaje basado en proyectos se comienza visualizando el producto terminado que se espera conseguir, así, se promueve un contexto y motivo para adquirir y comprender los conceptos fundamentales durante el trabajo en el proyecto.



- El proyecto ha de permitir cierto grado de libertad para los estudiantes. Los estudiantes aprenden a realizar el trabajo de manera independiente y asumen la responsabilidad si se les requiere decidir sobre su trabajo y su creación. Poder elegir y comunicar lo que aprenden como estimen más conveniente ayuda a que se impliquen más en su proceso de aprendizaje.
- El proyecto ha de incorporar un procedimiento de evaluación y pensamiento atento y detenido. Los alumnos han de aprender a evaluar y ser evaluados con el objetivo de promover la excelencia en aquello en que trabajan, se les exige un pensamiento atento y detenido sobre lo que aprenden y acerca de cómo lo aprenden.
- Los alumnos han de exponer su proyecto a personas externas, de manera presencial o en línea. Esto motiva al alumnado porque tiene un punto extra de exigencia y autentifica el proyecto.

Las diferencias entre el enfoque de “hacer un proyecto”, en la enseñanza tradicional, y usando la metodología activa “aprendizaje basado en proyectos” se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1 Diferencias entre los proyectos en la enseñanza tradicional y el aprendizaje basado en proyectos, adaptado de Buck Institute for Education (2023)

“Hacer un proyecto” (enseñanza tradicional)	Aprendizaje Basado en Proyectos
Un añadido a la enseñanza tradicional, al final o a lo largo del tema	El proyecto es el tema: enseñanza integrada en el proyecto
Dirigido por el profesor	Dirigido por la investigación del estudiante
Centrado en el resultado final	Centrado en el resultado final y el proceso
Frecuentemente no relacionado con estándares académicos y competencias	Alineado con los estándares académicos y las competencias
Puede ser realizado en solitario y fuera del aula	Requiere colaborar con otros alumnos y la orientación del profesor
Permanece dentro del mundo académico	Tiene aplicación en el contexto del mundo real
Resultado final del proyecto queda mostrado dentro del aula	Resultados del proyecto se comparten más allá de la clase, con público externo al aula

IV.1 Elementos esenciales del Aprendizaje Basado en Proyectos

Un proyecto ha de cumplir dos criterios elementales para poder considerarse un buen proyecto (Trujillo, 2015):

1. Ha de tener sentido para el alumnado, han de verlo como algo que desean hacer bien por ser importante.
2. Ha de tener una finalidad educativa, ha de ser significativo, en consonancia con los estándares de aprendizaje del asunto tratado.

Inicialmente, se establecieron 8 elementos esenciales para un buen proyecto (Larmer & Mergendoller, 2012), estos elementos están recogidos en la Figura 4.

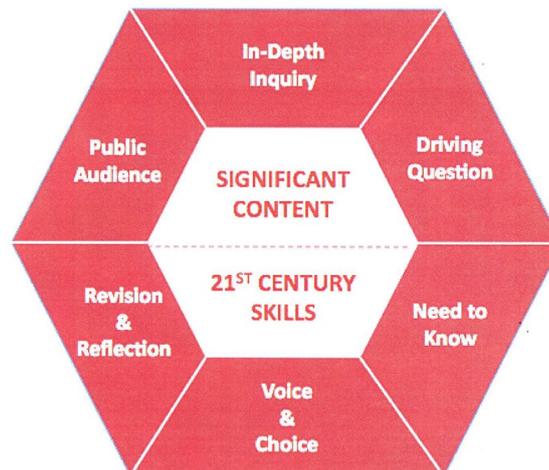


Figura 4 Antiguo modelo de la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos, extraído de Trujillo (2015)

Los elementos esenciales, Figura 4, son:

1. Contenido significativo (*Significant Content*)
2. Necesidad de saber (*Need to Know*)
3. Una pregunta motriz que dirija la investigación (*Driving Question*)
4. Voz y voto para los alumnos (*Voice & Choice*)
5. Competencias del siglo XXI (*21st Century Skills*)
6. Investigación en profundidad (*In-Depth Inquiry*)
7. Evaluación y reflexión (*Revision & Reflection*)

8. Presentación en audiencia pública (*Public Audience*)

Posteriormente los mismos autores revisaron y reformularon estos elementos esenciales (Larmer & Mergendoller, 2015), quedando como se recoge en la Figura 5.

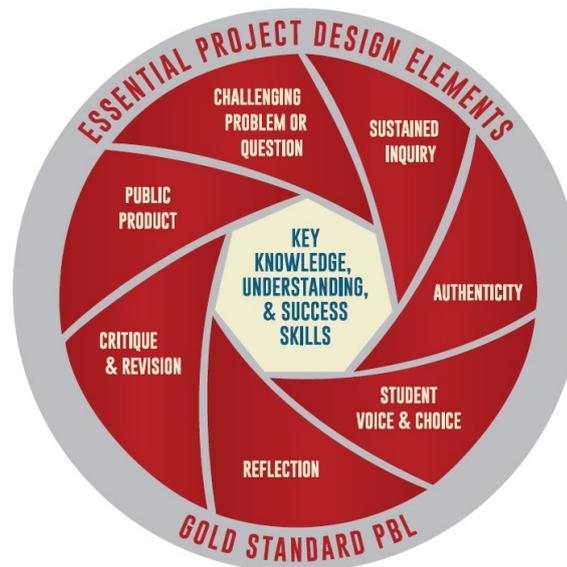


Figura 5 Nuevo modelo de proyecto para el aprendizaje basado en proyectos, extraído de Larmer and Mergendoller (2015, p. 2)

Tras la revisión realizada, los elementos esenciales para el diseño de un proyecto para aprendizaje basado en proyectos, han creado dos componentes separados, pero relacionados (Larmer & Mergendoller, 2015, p. 1):

1. Elementos esenciales de diseño del proyecto: no son elementos del aprendizaje basado en proyectos, sino la metodología de enseñanza, algo más amplio.
2. Prácticas de enseñanza basada en proyectos: amplían lo que significa implementar aprendizaje basado en proyectos correctamente, más allá de diseñar el proyecto.

Tras esta revisión mencionada, quedaron como elementos esenciales para el diseño de un proyecto los siguientes (Larmer & Mergendoller, 2015):

1. Habilidades de éxito (*Success Skills*):

Son las “habilidades del siglo XXI”, se le ha dado este nuevo nombre porque describe mejor las habilidades para el público no familiarizado con los términos. Las competencias serían pensamiento crítico, resolución de problemas,



colaboración y hacer presentaciones. Estas habilidades han de ser enseñadas junto con el contenido ya que los estudiantes las necesitan para llevar a cabo el proyecto.

2. Problema o cuestión desafiante (*Challenging Problem or Question*):

Es la pregunta motriz en el modelo antiguo, una pregunta accesible para el estudiante, abierta, para centrar el proyecto.

3. Investigación ininterrumpida (*Sustained Inquiry*)

En el modelo anterior se denominaba investigación en profundidad, ahora han decidido llamarla investigación ininterrumpida porque, según los autores, la investigación es en profundidad por definición, pero interesa más resaltar que la investigación tiene lugar a lo largo de todo el proyecto.

4. Producto público (*Public Product*)

Anteriormente se denominaba audiencia pública (*Public Audience*). Es muy importante la exposición pública, por razones de motivación y para hacer el aprendizaje visible y se pueda discutir. Con el nombre antiguo, parece sugerirse que hubiera que hacer una presentación pública formal. Actualmente hay más posibilidades para hacer público un trabajo: en línea, mostrarlo en un mural, proveer al mundo real de un producto o servicio, entre otros.

5. Autenticidad (*Authenticity*)

Ítem nuevo respecto al modelo anterior. El proyecto tiene que ver con el mundo real.

6. Reflexión (*Reflection*)

Ítem nuevo respecto al modelo anterior. En el modelo anterior estaba unido con evaluación, pero ahora aparece aislado. El alumnado debe reflexionar sobre lo que está aprendiendo, cómo lo está aprendiendo y lo que han conseguido en el proyecto.

7. Voz y voto del alumnado (*student voice & choice*)

Se mantiene del modelo anterior. Los alumnos tienen cierta autonomía para seleccionar de entre diversas opciones ofertadas por el profesor y que planteen un



plan de proyecto, repartan responsabilidades y amolden tiempos. El alumnado ha de poder elegir en el proyecto.

8. Crítica y revisión (*critique & revision*)

Se mantiene del modelo anterior. Se trata de que mientras el alumnado desarrolla el proyecto, el docente debe supervisar textos provisionales, diseños, verificar las fuentes bibliográficas usadas por el alumnado, haciendo un seguimiento de los estudiantes. La evaluación durante el proyecto es vital. Mediante la evaluación, los estudiantes asimilan que el trabajo excelente no se obtiene en la primera prueba, en el mundo real está sometido a constante revisión. El docente ha de fomentar la crítica constructiva entre el alumnado.

Según Larmer and Mergendoller (2015), en el nuevo modelo se ha eliminado “la necesidad de saber”. Esto parecía uno de los mejores argumentos en el aprendizaje basado en proyectos. Opuestamente a aprender para aprobar un examen, obtener una titulación académica o la aprobación de padres y profesores, los estudiantes en el aprendizaje basado en proyectos están motivados para aprender porque quieren terminar satisfactoriamente el proyecto. Uno de los motivos por los que se ha eliminado es la confusión que se crea fácilmente con el “listado de cosas a saber”, frecuentemente utilizado en el aprendizaje basado en proyectos. En su lugar, Larmer and Mergendoller (2015, p. 3) proponen que dicho listado sea generado a partir de las preguntas generadas por el alumnado como parte de la investigación ininterrumpida.

Por último, señalar que sigue estando en el centro la comprensión del conocimiento clave (*Key Knowledge Understanding*): el docente ha de programar el proyecto de manera que le interés se dirija hacia los estándares de aprendizaje, reflejando lo sustancial en el currículo (Larmer & Mergendoller, 2012, p. 2).

IV.2 Puesta en funcionamiento del Aprendizaje Basado en Proyectos de forma eficaz

Vistos los elementos esenciales del Aprendizaje Basado en Proyectos, sería conveniente conocer cómo ponerlo en funcionamiento de manera eficaz. Para ello se tendrán en cuenta las indicaciones dadas por Lafuente Martínez (2021):



- El mejor rendimiento se obtiene practicándolo de forma intensiva, pero no alargándolo demasiado en el tiempo. Como pauta general, el mejor rendimiento suele obtenerse dedicando más de 2 horas a la semana (Chen & Yang, 2019) y pocas semanas de duración, de manera aproximada, entre 6 y 8 (Lafuente Martínez, 2019).
- El Aprendizaje Basado en Proyectos debe complementar la instrucción del docente, pero no sustituirla. El profesorado debe ayudar y supervisar, habiendo equilibrio entre instrucción directa del docente y la investigación llevada a cabo por los estudiantes.
- Los estudiantes desaventajados necesitan un seguimiento más cercano, conectar el proyecto con su entorno y el temario visto anteriormente, así como un calendario de trabajo sin incertidumbres.
- Se requiere que el centro lidere el proyecto, facilitando el trabajo en equipo y la colaboración entre docentes.
- Formación del profesorado en Aprendizaje Basado en Proyectos para salvar dificultades y evitar reticencias con el método.

IV.3 Aprendizaje basado en proyectos y Arduino

Arduino es una empresa que desarrolla equipos físicos y programas libres. La orientación de esta compañía consiste en hacer cercano y sencillo el manejo de la electrónica y programación de sistemas embebidos en aplicaciones multidisciplinares. Al desarrollar tanto equipos físicos como programas libres, las placas electrónicas de Arduino las puede fabricar y distribuir cualquiera, pudiéndose encontrar los diseños de forma pública y gratuita para hacérselos uno mismo, comprárselo a la empresa Arduino o a cualquier otro distribuidor (Arduino S.r.l., 2021).

Tal como se ha visto, el aprendizaje basado en proyectos contribuye a desarrollar habilidades de éxito y se puede emplear como metodología didáctica para el desarrollo de la competencia digital en las escuelas usando Arduino, una tecnología muy extendida por su reducido coste y ser de código abierto (Sepulveda & Garcia, 2022, p. 5). La metodología más extendida para incorporar Arduino en la enseñanza es el aprendizaje basado en



problemas en asignaturas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, además de entornos de programación como Scratch y otros componentes electrónicos que han posibilitado el desarrollo del pensamiento computacional y la adquisición de conocimiento tecnológico entre otros logros (García-Tudela & Marín-Marín, 2023).

García-Tudela and Marín-Marín (2023) analizan el uso de Arduino en la educación primaria. Otro estudio (Rojas-Valdés et al., 2022) también ha probado que el uso de Arduino en la escuela primaria ayuda al alumnado a desarrollar las habilidades de programación y resolución de problemas. También en el ámbito universitario se han observado buenos resultados utilizando Arduino: utilizándolo como alternativa a entornos de enseñanza virtual o remota con éxito (Vidal et al., 2022) y se observa que los estudiantes mejoran sus puntuaciones, asistencia a clase y hacen más y mejor trabajo comparado con cursos previos en los que no se había utilizado Arduino (Bashir et al., 2019; Lamo et al., 2022; Martínez-Santos et al., 2017).

Así, se puede concluir que el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos utilizando Arduino se ha aplicado con éxito desde niveles educativos de primaria hasta la universidad, resultando una plataforma muy conveniente para el mundo educativo por su reducido coste y ser de código abierto. Además, el uso de Arduino, en cualquiera de los niveles vistos, contribuye positivamente al desarrollo de la competencia digital, competencia clave para el aprendizaje permanente (Consejo de la Unión Europea, 2018, pp. C189/007-C189/010).

V. Objetivos

En la revisión bibliográfica llevada a cabo en el apartado IV Marco teórico, en la página 10 y siguientes, se puede ver que en distintos niveles educativos se puede utilizar Arduino con éxito, mejorándose de manera apreciable el desempeño general del alumnado en las diferentes pruebas de evaluación. Además, contribuye a desarrollar la competencia digital.

También se ha visto que no es solamente el uso de Arduino el que ha hecho posible la mejora, sino que los buenos resultados se han obtenido aplicando una metodología activa de enseñanza, generalmente aprendizaje basado en problemas o en proyectos unido al uso de la plataforma Arduino.



Dado el auge en las matriculaciones en los Ciclos Formativos de Grado Superior en España, Figura 3, página 9, y viendo los buenos resultados positivos del uso de Arduino con una metodología activa de aprendizaje basada en problemas o en proyectos (IV.3 Aprendizaje basado en proyectos y Arduino, página 17), la aplicación del aprendizaje basado en problemas o en proyectos con Arduino a un Ciclo Formativo de Grado Superior llevaría las ventajas descritas en las referencias bibliográficas consultadas a un gran número de estudiantes. Por tanto, teniendo en cuenta lo esencial del Aprendizaje Basado en Proyectos (IV.1 Elementos esenciales del Aprendizaje Basado en Proyectos, página 13) así como los puntos clave para implementarlo de manera satisfactoria (IV.2 Puesta en funcionamiento del Aprendizaje Basado en Proyectos de forma eficaz, página 16), se plantea una intervención en el aula con los siguientes objetivos:

- Se aplique a un módulo profesional de un Ciclo Formativo de Grado Superior de cualquiera de las ramas CTIM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Siendo, en la medida de lo posible, multidisciplinar.
- Se aplique la metodología activa Aprendizaje Basado en Proyectos, para realizar proyectos en los que la enseñanza vaya integrada en el propio proyecto, con las implicaciones que dicha metodología tiene, algunas de ellas:
 - El proyecto se realiza en torno a la pregunta motriz
 - Los estudiantes son los protagonistas, el profesor queda como un guía y supervisor.
- Sea, en la medida de lo posible, multidisciplinar.

VI. Propuesta de intervención en el aula

La intervención educativa que se propone en el presente trabajo es la aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos a la docencia del módulo profesional “Informática Industrial” del Ciclo Formativo de Grado Superior en Automatización y Robótica Industrial (Boletín Oficial de Castilla y León [BOCyL], 2013, pp. 54043-54046; Boletín Oficial del Estado [BOE], 2011, pp. 136479-136483).



VI.1 Unidad didáctica

Teniendo en cuenta que la duración idónea de la experiencia con Aprendizaje Basado en Proyectos durará pocas semanas, como pauta general, entre 6 y 8 semanas (Lafuente Martínez, 2019), se plantea la impartición de una parte del temario del módulo profesional “Informática Industrial” del Ciclo Formativo de Grado Superior en Automatización y Robótica Industrial en un centro educativo de la Comunidad de Castilla y León (BOCyL, 2013, pp. 54043-54046; BOE, 2011, pp. 136479-136483).

Marco normativo

El título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial en España queda identificado en el artículo 2 del Real Decreto 1581/2011, de 4 de noviembre (BOE, 2011, pp. 136448-136449). En dicho Real Decreto se establece el título y se fijan sus enseñanzas mínimas. En la Comunidad de Castilla y León, el Decreto 49/2013, de 31 de julio, establece el currículo correspondiente al título.

El módulo profesional sobre el que se va a realizar la intervención quedaría identificado como sigue (BOE, 2013, p. 54043):

- Módulo profesional: Informática Industrial
- Equivalencia en créditos ECTS: 5
- Código: 0964
- Duración: 128 horas

Dicho módulo se imparte en el 1^{er} curso, con una carga lectiva de 4 horas semanales (BOCyL, 2013, p. 54072).

Contenidos

Los contenidos que han de impartirse en el Ciclo Formativo de Grado Superior en Automatización y Robótica Industrial son los siguientes (BOCyL, 2013, pp. 54043-54045):

1. Montaje y configuración de un sistema microinformático
2. Instalación y configuración del software del sistema informático



3. Instalación y configuración de redes locales de ordenadores
4. Programación de equipos y sistemas industriales
5. Configuración de páginas web industriales
6. Diagnóstico de averías en sistemas y programas informáticos

El curso completo consta de 32 semanas completas, impartiendo 4 horas semanales (128 horas en el curso completo). Siguiendo la recomendación por la que son mejores experiencias intensivas de ABP (más de 2h/semana) y duración en torno a 6-8 semanas (Lafuente Martínez, 2021), se impartirán 2 unidades completas mediante Aprendizaje Basado en Proyectos, llegándose a las 8 semanas, límite superior genérico establecido en Lafuente Martínez (2021), facilitando la organización para docentes y alumnos. Así, se seleccionarán 2 temas para ser impartidos mediante Aprendizaje Basado en Proyectos:

- Programación de equipos y sistemas industriales
- Configuración de páginas web industriales

Los motivos por los que se eligen estos temas son los siguientes:

- La mayoría de los equipos y sistemas industriales programables actualmente, dado el grado de desarrollo tecnológico actual, estarán dotados de acceso a una red de comunicaciones. Aunque sean conexiones heterogéneas, tendrán rangos de transmisión que coinciden, pudiendo comunicarse entre sí (la idea primaria del Internet de las Cosas, por sus siglas en inglés IoT, *Internet of Things*); IoT es un campo en crecimiento exponencial en los años venideros (Chaudhary et al., 2019).
- La literatura muestra que implicar al alumnado en problemas del mundo real para resolverlos es muy efectivo en el campo del IoT (Khan et al., 2020; Ronoh et al., 2021).
- Al tratar de comunicar diferentes equipos en el entorno de la automatización industrial, surge de manera inmediata la pirámide de la automatización, Figura 6.



Figura 6 Pirámide de la automatización o de la fabricación integrada por ordenador, elaboración propia a partir de The ERP Information editorial staff (2023)

- A la vista de la Figura 6, y teniendo en cuenta el currículo del Ciclo Formativo de Grado Superior en Automatización y Robótica Industrial, se puede conseguir fácilmente una enseñanza multidisciplinar, pues se pueden relacionar de manera inmediata:
 - Módulo profesional “Comunicaciones Industriales”, se ve la pirámide CIM (*Computer Integrated Manufacturing*, Fabricación Integrada por Ordenador): niveles, volumen de datos y velocidad de respuesta, así como los sistemas de control supervisor y adquisición de datos, SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition (BOCyL, 2013, pp. 54055-54059).
 - Módulo profesional “Sistemas secuenciales programables”, se ven los PLC, controladores lógicos programables, Programmable Logic Controller (BOCyL, 2013, pp. 54030-54033), dispositivo que también se utiliza en el módulo profesional “Robótica Industrial” (BOCyL, 2013, pp. 54050-54055) y en el módulo profesional “Sistemas programables avanzados” (BOCyL, 2013, pp. 54047-54050).

- Se puede utilizar Arduino para implementar la comunicación con el nivel de organización (parte más alta de la pirámide de la Figura 6), dando al alumnado una visión más amplia de la automatización en la industria (Roberto Alcalde et al., 2012). Así, se adentra al alumnado de una enseñanza preponderantemente técnica en el ámbito de la organización industrial.
- Por último, cabe la posibilidad de adentrarse en la última evolución de la captura de datos, la Industria 4.0, Figura 7.



Figura 7 Historia de la captura de datos en planta, extraído de Geinfor (2022)

Competencias

Las competencias a desarrollar en el módulo profesional Informática Industrial son las siguientes (BOCyL, 2013, p. 54046; BOE, 2011, pp. 136449-136450):

- Configurar instalaciones y sistemas automáticos
- Seleccionar los equipos y los elementos de cableado e interconexión
- Elaborar programas de control
- Definir el protocolo de montaje y las pruebas para la puesta en marcha de instalaciones automáticas
- Supervisar y mantener instalaciones y equipos
- Supervisar y realizar la puesta en servicio de sistemas de automatización industrial



Temporalización

El módulo profesional Informática Industrial tiene una duración de 128 horas en el 1^{er} curso del Ciclo Formativo de Grado Superior en Automatización y Robótica Industrial con 4 horas semanales (BOCyL, 2013, p. 54072). Se impartirán mediante Aprendizaje Basado en Proyectos los contenidos de Programación de Equipos Industriales y Configuración de Páginas Web Industriales durante 8 semanas, tal como se indicó en Contenidos, página 20. La temporalización propuesta se recoge en la Figura 8.

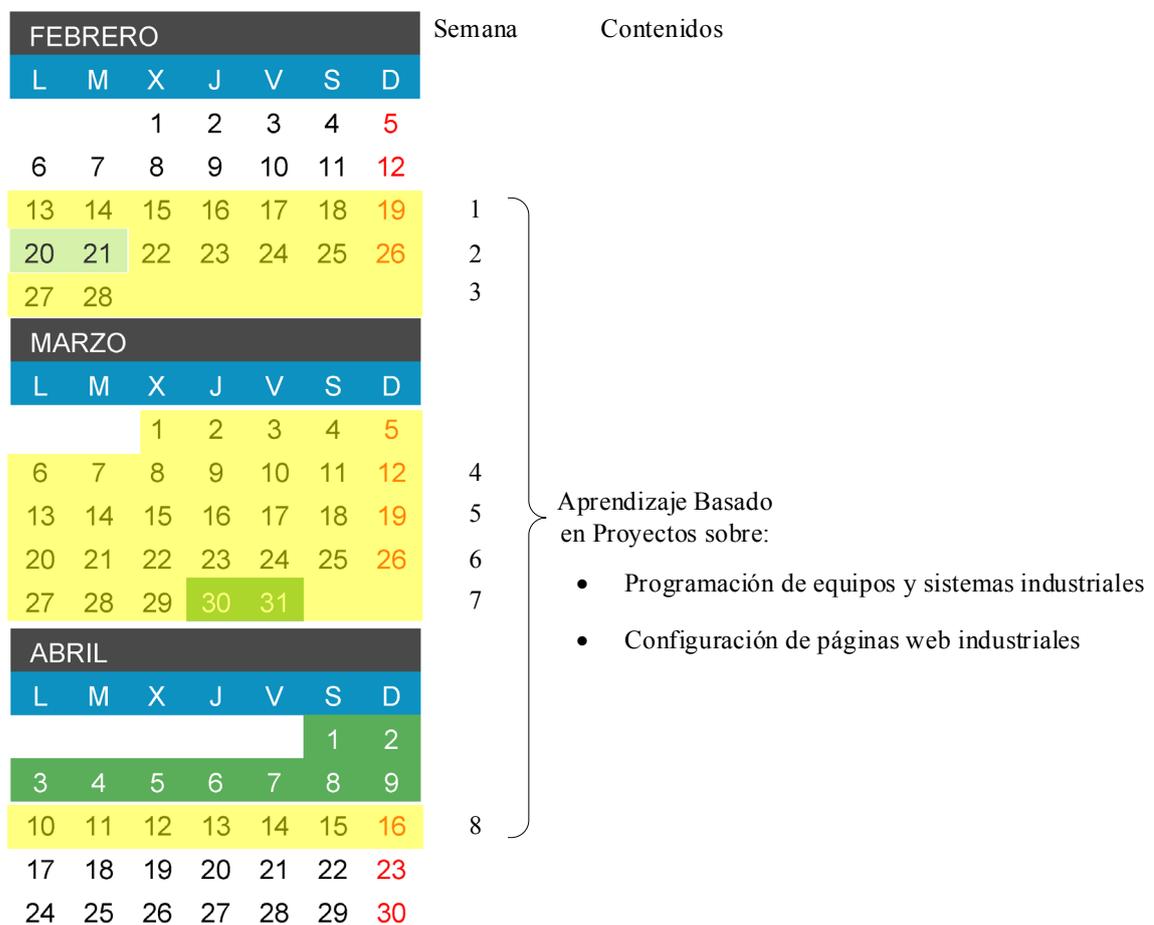


Figura 8 Temporalización propuesta para realizar el Aprendizaje Basado en Proyectos, elaboración propia a partir del calendario escolar del curso 2022-2023 (educacyl Portal de Educación, 2022)

Para que el alumnado ya tenga conocimiento de los aspectos de la pirámide de la automatización industrial, Figura 6, que se ven en otros 2 módulos técnicos de 1^{er} curso, a saber, Sistemas Secuenciales Programables y Comunicaciones Industriales, se impartirán los contenidos seleccionados una vez se ha iniciado y avanzado en el curso. Dado que el



proyecto es algo exigente para los alumnos, a la vista del calendario escolar, Figura 8, parece que el mejor momento sería comenzar antes de Semana Santa y finalizar justo después de la reincorporación tras Semana Santa porque es la última “pausa larga” antes de finalizar el curso y de esta forma pueden ampliar su dedicación si fuese necesario. Por estos motivos, se eligen las 8 semanas resaltadas sobre el calendario escolar del presente curso académico, 2022 – 2023 en la Figura 8.

Pregunta motriz

Para abordar el proyecto, núcleo del Aprendizaje Basado en Proyectos, el alumnado debe buscar información, tratarla, distribuirla y, finalmente, aplicarla para resolver un problema existente o, por lo menos, realista; esta pregunta centra el trabajo de los alumnos en los asuntos importantes (Trujillo, 2015). La pregunta ha de ser estimulante, de respuesta abierta, tener cierta dificultad y vinculada con lo que el docente quiere que el alumnado aprenda (Trujillo, 2015, p. 14).

Así, se formula la siguiente pregunta para el proyecto, puesta en contexto: Una gran empresa multinacional del sector del automóvil con sede en nuestra localidad dispone de una planta automatizada a nivel de ejecución y coordinación (Figura 6). Acaba de implantar un ERP y necesita automatizar la incorporación de datos de su proceso productivo al ERP, pues actualmente incorporan los datos editando hojas de cálculo a mano, Figura 7. La empresa ha facilitado la descripción de sus necesidades a diversos centros educativos de la localidad para contratar al equipo que presente la mejor solución. ¿Cómo se puede automatizar la incorporación de datos del proceso productivo a los servidores del ERP de la empresa?

Formación de grupos

Las 2 premisas básicas que se seguirán para la formación de grupos son las siguientes (Zariquiey Boindi, 2015):

1. Los grupos, en principio, serán heterogéneos.
2. Eventualmente, cabe la posibilidad de formar grupos para tareas concretas, estas agrupaciones podrán ser más homogéneas.

En cuanto al número de alumnos por grupo, se formarán parejas de 4 (Zariquiey Boindi, 2015, p. 18), tomándose como distribución de referencia en el aula la mostrada en la Figura 9:

1. Se formarán grupos heterogéneos de 4 alumnos, según los criterios que se exponen más adelante, en el apartado Heterogeneidad, página 26.
2. Se distribuyen en el aula en dos parejas contiguas.
3. Se creará un ambiente de cooperación en el que las dos parejas cooperan.
4. Se establece como principio no preguntar al profesor hasta que se haya preguntado al otro miembro de la pareja y a la pareja cooperativa.



Figura 9 Disposición del alumnado en el aula, extraído de Zariquiey Boindi (2015, p. 18)

Heterogeneidad

Tendrá mejor desempeño un equipo compuesto por perfiles con varias habilidades (Tknika, 2019, p. 2):

- Seguir igual y cambiar
- Encaminado a tareas y fines
- Encaminado a los vínculos interpersonales en el grupo

Para formar los grupos se pasará el cuestionario propuesto por Tknika (2019, p. 1) antes de asignar el primer trabajo para el proyecto. De dicho cuestionario se obtendrán 4 perfiles diferenciados, Figura 10.

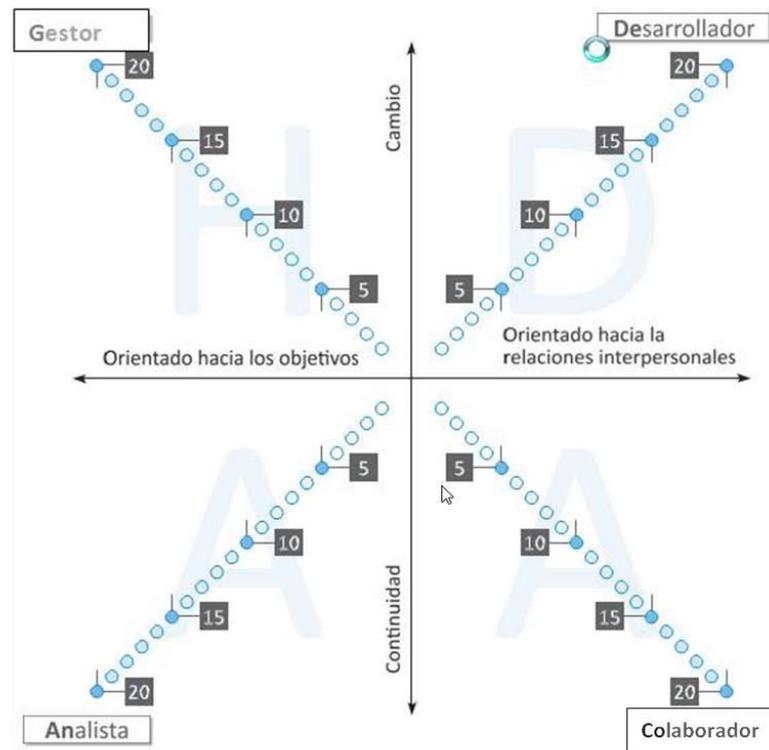


Figura 10 Diagrama personal de valores HADA, extraído de Tknika (2019, p. 2)

Los 4 perfiles que se buscan son los siguientes (Tknika, 2019, p. 3):

- **Gestor:** con iniciativa, lo que puede hacer que parezca dominador. Atento a los avances del grupo y acepta responsabilidades. Enfocado en conclusiones y fines, no le gusta perder tiempo ni la relajación del grupo.
- **Colaborador:** trabaja conjuntamente con los demás y es tolerante. Busca buen ambiente de trabajo, por lo que evita discusiones. Parece tímido.
- **Desarrollador:** explora ideas originales, dispuesto a explorar nuevas vías. Le resulta sencillo proponer, por lo que es, en ocasiones, intranquilo. No es de su agrado la monotonía. Es capaz de crear y prefiere la diversidad en el grupo.
- **Analista:** es perfeccionista y ordenado, espera que el resto del grupo también realice sus tareas concienzudamente, así que prefiere situaciones sin confusión ni alteración. Es responsable y procura valorar todo de forma objetiva.



Roles

Para un buen funcionamiento del grupo hay autores que recomiendan la asignación de roles (Galeana, 2006). Dado que en el proyecto que se encargará al alumnado se enmarca en el módulo profesional “Informática Industrial”, el proyecto que se encargue al alumnado conllevará, principalmente, trabajo de programación. Así, se establecen los siguientes roles dentro de cada grupo:

1. **Analista:** su función es crear algoritmos utilizando, principalmente, diagramas de flujo
2. **Codificador:** su función es escribir el programa correspondiente al diagrama de flujo.
3. **Probador:** su función es comprobar el programa creado, ponerlo en situaciones potenciales de fallo y buscar los defectos que pudiera tener. Debe diseñar una estrategia de prueba para encontrar posibles fallos.
4. **Integrador:** su función es rescribir y adaptar el programa para ser usado más adelante como función incorporada en una biblioteca.

Ha de tenerse en cuenta que los roles no son fijos, sino que se van rotando de un compañero al siguiente en cada entregable que compone el proyecto. El rol únicamente establece de qué parte se responsabiliza cada componente del equipo en el entregable, el equipo puede distribuir el trabajo como estime oportuno.

Actividades

Conocimientos previos

Dentro del temario del módulo profesional Informática Industrial, se abordará por primera vez la programación en el proyecto que se encargue al alumnado para el desarrollo de los contenidos correspondientes a programación de equipos y sistemas industriales y configuración de páginas web industriales. Antes de encomendar el proyecto al equipo de trabajo, el alumnado deberá conocer de manera elemental los siguientes aspectos:



- El lenguaje C/C++: introducción, estructura de un programa, tipos de datos, instrucciones y palabras reservadas.
- Hardware de Arduino.

Es necesario que el alumnado tenga nociones elementales, aunque no lo domine, pues durante el proyecto buscará información y la procesará para ampliar su conocimiento en aquellos aspectos que necesite para sacar adelante el trabajo. Si se incluyesen estos aspectos en el proyecto partiendo el alumno desde cero, se alargaría más allá de las 8 semanas.

Entregables

Para la realización del proyecto, en primer lugar, se expondrá la necesidad de la empresa que lo requiere (pregunta motriz). Cabe esperar que el alumnado se pregunte cómo va a realizar todo eso que se pide si no se ha visto en clase, la idea es que los alumnos investiguen por su cuenta para resolver el proyecto planteado. Tal como se ha visto, en el aprendizaje basado en proyectos el profesor hace de guía, así que, además de plantear el proyecto, se planteará una serie de entregables cuya finalidad es dividir todo el trabajo que se necesita para culminar el proyecto y hacerlo por partes.

En primer lugar, se planteará la pregunta motriz (se planteó en Pregunta motriz, página 25) y se añadirá la descripción exacta de lo que la empresa solicita:

El sistema de comunicación para la recogida de datos del proceso productivo deberá recoger datos de los tres niveles inferiores de la pirámide de la automatización (Figura 6) implementados en la planta. Actualmente la planta no está totalmente automatizada, por lo que es necesario que el sistema de recogida de datos sea capaz de recopilar datos de las siguientes fuentes:

- Red de ethernet del SCADA para aquellos procesos totalmente automatizados
- Comunicación con PLC a través de modbus sobre TCP/IP para aquellos procesos parcialmente automatizados
- Lectura directa de sensores analógicos y digitales del proceso para aquellas partes del proceso no automatizadas

Deberá ser posible configurar el sistema de recogida de datos por las siguientes vías:



- Comunicación con un ordenador. Por seguridad esta comunicación no será remota.
- Pantalla matricial y teclado

Por seguridad, para hacer cualquier modificación se requerirá la validación mediante usuario y contraseña. Además, se dispondrá de un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID) para hacer cualquiera de las modificaciones.

El sistema también deberá disponer de salidas digitales libres para la activación de dispositivos, tales como luminarias.

Con esta descripción de las necesidades a cubrir, se plantean los siguientes entregables, que, en conjunto, constituirán el total del trabajo a realizar dividido en partes más sencillas y de dificultad creciente:

1. Entregable 1: Entradas y salidas digitales, comunicación serie, Tabla 9, página 49.
2. Entregable 2: Entradas y salidas analógicas, Tabla 10, página 50.
3. Entregable 3: Programación modular (funciones y bibliotecas), Tabla 11, página 51.
4. Entregable 4: Interrupciones, Tabla 12, página 52.
5. Entregable 5: Identificación por radio frecuencia (RFID), Tabla 13, página 53.
6. Entregable 6: Teclado y display LCD, Tabla 14, página 54.
7. Entregable 7: Ethernet, Tabla 15, página 55.
8. Entregable 8: Proyecto completo, Tabla 16, página 56.

Para que el alumnado pueda realizar el proyecto satisfactoriamente, se ha dividido todo el trabajo en entregables, de esta manera se abordará el problema grande (el proyecto) como suma de problemas pequeños (los entregables). La dificultad de los entregables será menor al inicio que al final, comenzar con una dificultad muy grande podría provocar que algunos alumnos abandonen por considerarlo demasiado difícil, mientras que, si la dificultad va de menos a más, ver resultados animará a seguir adelante al alumnado.

En cada entregable se requerirá al alumnado:

1. Solución: diagrama de flujo, programa, pruebas del programa y biblioteca de funciones hasta la fecha
2. Informe en el que se describa el problema a resolver y la solución dada



Sesión tipo

El trabajo planteado, los entregables, siendo el último entregable el proyecto completo, está planificado para 8 semanas que tienen, cada semana, 2 sesiones de 2 horas, 4 horas en total. Evaluadas las características del Aprendizaje Basado en Problemas, IV Marco teórico, página 10 y siguientes, se busca que el alumno investigue, pero bajo la guía del profesor. Así, se propone el siguiente modelo de sesión de 2 horas de duración:

1ª sesión de 2 horas en la semana:

1. Al inicio de la sesión se plantea el entregable de la semana, se estiman unos 15 minutos de duración.
2. Se deja al alumnado que haga un listado de lo que necesita saber y busque en Internet, preferiblemente en <https://www.arduino.cc/>, pues ahí dispondrá de la documentación del fabricante. Para esta tarea se darán 20 minutos.
3. Cada grupo de trabajo plantea al docente lo que van a hacer con los recursos que ha buscado. Si el docente apreciase una desviación grande respecto al objetivo a conseguir en el entregable, dará a los alumnos las indicaciones necesarias para redirigir su trabajo. Si hubiese una demanda o dificultad común para la mayoría de los grupos podría impartirse una pequeña clase magistral sobre aquello en lo que se aprecie tienen más dificultades para que puedan avanzar.
4. El resto del tiempo de la sesión lo dedicarán a avanzar el entregable.

2ª sesión de 2 horas en la semana:

1. Al inicio de la sesión se recuerda brevemente el planteamiento del entregable de la semana.
2. Se deja al alumnado trabajar en grupos. Durante el trabajo pueden preguntar al docente, siguiendo la premisa establecida en Formación de grupos, punto 4, en la página 26: se establece como principio no preguntar al profesor hasta que se haya preguntado al otro miembro de la pareja y a la pareja cooperativa.



Evaluación

El sistema de evaluación se presentará junto con la presentación del proyecto para que los alumnos sepan desde el principio cómo van a ser evaluados y qué se les va a pedir. La evaluación constará de 3 puntuaciones, recogidas en la Tabla 2:

- Evaluación llevada a cabo por el profesor
- Coevaluación:
 - En cada entregable: evaluación de los compañeros del grupo de trabajo
 - En la presentación del proyecto: evaluación de los compañeros del resto de grupos de trabajo de la clase
- Autoevaluación

Tabla 2 Evaluación: aspectos a evaluar y ponderaciones, elaboración propia

¿Quién evalúa?	¿Qué se evalúa?	Peso en la nota final	Observaciones	Tabla en la que se recoge la rúbrica
Profesor	Solución	40%	Nota media de todos los entregables	Tabla 3 página 33
	Comunicación	30%	Nota media de todos los entregables	Tabla 4 página 34
Otros alumnos	Coevaluación	20%	Entregable semanal: Solamente evalúan los miembros del grupo	Tabla 5 página 35
			Proyecto completo: El resto de la clase evalúa al grupo y esta nota se reparte por igual a cada miembro del grupo. Cuenta como un entregable más.	Tabla 6 página 35
El propio alumno	Autoevaluación	10%	Nota media de todos los entregables	Tabla 7 página 36

Heteroevaluación

Desde el inicio del proyecto, el alumnado dispondrá de las rúbricas que utilizará el profesor para evaluar el trabajo del alumnado en cada entregable. Serán dos rúbricas: una para evaluar el entregable y otra para evaluar el informe. La rúbrica con la que se evalúa el entregable se recoge en la Tabla 3.



Tabla 3 Rúbrica para la evaluación de cada entregable por parte del profesor, elaboración propia

Evaluación del entregable por parte del docente, 40% del total. Cálculo de la nota completa en la Tabla 2				
Se evalúa la calidad (ajuste a lo requerido), eficacia (funcionamiento correcto) y eficiencia (mejor uso de los recursos).				
Ítem a evaluar	Aspecto a evaluar	Peso	Puntuación obtenida (sobre 10 puntos)	Subtotal
Diagrama de flujo	Sigue los principios de la programación estructurada	50%		25%
	Cumple su finalidad (eficacia)	25%		
	Cumple su finalidad con el mínimo consumo de recursos (eficiencia)	25%		
Código fuente	Correspondencia exacta con el diagrama de flujo	40%		25%
	Correctamente ordenado (sangrado)	20%		
	División en funciones (si procede)	20%		
	Eficiencia en el uso de los recursos del sistema programable empleado	20%		
Pruebas del programa	Planificación de las pruebas a realizar	50%		25%
	Detalle de los resultados obtenidos en las pruebas	50%		
Adaptación a una biblioteca de funciones	Lista de parámetros y descripción en comentarios de las condiciones de uso	50%		50%
	Libre de efectos colaterales (modificación de variables que no aparecen en la lista de parámetros)	50%		
Puntuación total obtenida en la solución propuesta				100%

La rúbrica para evaluar el informe correspondiente a cada entregable sirve para evaluar la capacidad de comunicarse del alumnado, imprescindible en un entorno empresarial. La rúbrica con la que el profesor evalúa el informe del alumnado, para evaluar su capacidad de comunicación, se recoge en la Tabla 4.



Tabla 4 Rúbrica para la evaluación del informe de cada entregable por parte del profesor, elaboración propia

Evaluación del informe por parte del docente, 30%. Cálculo de la nota completa en la Tabla 2.				
Se evalúa la calidad (el informe se ajusta al trabajo realizado), ortografía y gramática.				
Ítem a evaluar	Aspecto a evaluar	Peso	Puntuación obtenida (sobre 10 puntos)	Subtotal
Expresión escrita	El contenido del informe se ajusta al trabajo realizado en el entregable	25%		100%
	El informe está correctamente contextualizado, explica qué problema se quiere resolver y cómo se ha resuelto	25%		
	Ortografía y gramática	25%		
	Presentación	25%		
Puntuación total obtenida en la evaluación del informe del entregable				100%

Coevaluación

La evaluación que realizarán el resto de alumnos de la clase tendrá 2 situaciones diferentes:

1. Coevaluación en cada entregable: la realizarán el resto de compañeros del grupo, se recoge en la Tabla 5.
2. Coevaluación en la presentación del proyecto: la realizarán el resto de compañeros de la clase completa. Se evaluará lo presentado por cada grupo y la nota se repartirá por igual para todos los componentes del grupo, se recoge en la Tabla 6.

La nota total de la coevaluación será la media aritmética de todas las coevaluaciones realizadas, teniendo el mismo peso la coevaluación de cada entregable y la coevaluación en el día de la presentación. La coevaluación se realizará siempre fuera del aula para evitar sentirse presionado. El alumno únicamente conocerá el valor agregado de la coevaluación de sus compañeros, nunca la coevaluación individual de cada compañero.



Tabla 5 Rúbrica de coevaluación por parte de los compañeros del grupo de trabajo, elaboración propia

Coevaluación intragrupo, 20%. Cálculo de la nota completa en la Tabla 2.				
Se evalúa la aportación del alumno en cuanto a participación y convivencia dentro del grupo				
Ítem a evaluar	Aspecto a evaluar	Peso	Puntuación obtenida (sobre 10 puntos)	Subtotal
Participación	Cumple con las tareas que se le encomiendan en el reparto de tareas interno del grupo	40%		50%
	Realiza las entregas a tiempo	40%		
	Colabora en las mejora de las ideas de grupo	20%		
Convivencia	Aporta sus ideas respetuosamente	25%		50%
	Acepta las ideas de los demás	25%		
	Propone mejoras a las ideas del grupo	25%		
	Contribuye al buen ambiente dentro del grupo	25%		
Puntuación total obtenida en la coevaluación del alumno				100%

Tabla 6 Rúbrica para la coevaluación entre grupos del trabajo de grupo presentado, elaboración propia

Coevaluación del proyecto final presentado 20%. Cálculo de la nota completa en la Tabla 2.				
Se evalúa el trabajo de grupo, calificación para el grupo completo				
Ítem a evaluar	Aspecto a evaluar	Peso	Puntuación obtenida (sobre 10 puntos)	Subtotal
Solución propuesta	Cumple su finalidad (eficacia)	50%		50%
	Tiene funcionalidades innovadoras	50%		
Presentación	Presentación suficientemente detallada	25%		50%
	La presentación se corresponde con el proyecto presentado	25%		
	Expresión oral en la presentación	25%		
	Calidad técnica percibida	25%		
Puntuación total obtenida en la coevaluación del entregable				100%



Autoevaluación

Por último, el alumno se evaluará a sí mismo en cada entregable y en el proyecto final siguiendo la rúbrica de la Tabla 7.

Tabla 7 Rúbrica de autoevaluación, elaboración propia

Autoevaluación, 10%. Cálculo de la nota completa en la Tabla 2.				
Se evalúa la aportación del alumno en cuanto a participación y convivencia dentro del grupo				
Ítem a evaluar	Aspecto a evaluar	Peso	Puntuación obtenida (sobre 10 puntos)	Subtotal
Participación	Cumple con las tareas que se le encomiendan en el reparto de tareas interno del grupo	40%		50%
	Realiza las entregas a tiempo	40%		
	Colabora en las mejora de las ideas de grupo	20%		
Convivencia	Aporta sus ideas respetuosamente	25%		50%
	Acepta las ideas de los demás	25%		
	Propone mejoras a las ideas del grupo	25%		
	Contribuye al buen ambiente dentro del grupo	25%		
Puntuación total obtenida en la coevaluación del alumno				100%

En cada entregable y en el proyecto final cada alumno cumplimenta la rúbrica del resto de compañeros (Tabla 6) y una rúbrica idéntica sobre sí mismo (Tabla 7). Si se detecta una disparidad igual o superior a 3 puntos, se convocará una reunión con el grupo para valorar los posibles problemas de participación y convivencia que pudiesen tener, pues tal disparidad indicaría que el alumno ve muy diferente su participación de la que lo ven el resto de compañeros.

Recursos y materiales

Para dar solución a cada entregable y al proyecto final, que se puede hacer a partir de todos los entregables, es como está ideado, se requiere un sistema basado en un microcontrolador. Tal como se vio en el apartado IV.3 Aprendizaje basado en proyectos y Arduino, en la página 17 y siguientes, Arduino es un sistema basado en microcontrolador muy adecuado



fuese abordar dicho gasto, lo imprescindible sería que cada grupo dispusiera del conjunto didáctico y la tarjeta.

Atención a la diversidad

Para fomentar la educación inclusiva se considerará una dificultad específica de aprendizaje como es la dislexia porque las estadísticas de la dislexia en el mundo sugieren que el 17% del total de los niños en el mundo la padecen, resultando un problema de aprendizaje muy extendido y escasamente considerado (Acosta Mendoza, 2022).

Se seguirán las indicaciones dadas por las administraciones educativas (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [MECyD], 2012, p. 103):

- Materiales: indicaciones escritas simplificadas, división de textos en fragmentos más breves, inclusión de índices de nuevos términos o utilización de registradores de audio.
- Metodología: utilización de comunicación verbal y visual a la vez, promover aprendizaje cooperativo o en grupos y posibilidad de acomodar los períodos de trabajo
- Evaluación: en exámenes, evitar enunciados muy largos, ampliar el tiempo de realización

También se tendrá la precaución de dar los bloques de texto sin justificar, pues al hacerlo los espacios entre palabras no son homogéneos, siendo complicado para el alumno colocar la separación. Alineando el texto a la izquierda da regularidad al espaciado del texto, lo que ayudará a determinar la separación entre palabras (Universidad de Burgos: Unidad de Atención a la Diversidad, 2020).

VII. Evaluación de la propuesta

La propuesta de intervención en el aula aquí descrita no se ha puesto en práctica en centro educativo alguno, pero ha sido ideada teniendo en cuenta los contenidos expuestos en las clases del máster cuyo trabajo final es el presente documento, la investigación realizada para la elaboración del presente trabajo final de máster y la estancia en prácticas de dicho



máster. Así, cabe esperar que la intervención sea provechosa desde el punto de vista didáctico, pues ha sido sometida a varias revisiones: a la revisión de contenidos teóricos y resultados de investigaciones realizadas por terceros, y la revisión de la experiencia adquirida durante las prácticas en un Ciclo Formativo de Grado Superior.

VII.1 Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la propuesta de intervención en el aula

Para realizar una evaluación más objetiva de la propuesta, se realiza un análisis DAFO, Tabla 8.

Tabla 8 Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la propuesta de intervención educativa, elaboración propia

	Ayuda en la consecución del objetivo	Perjudica en la consecución del objetivo
Origen interno	<p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multidisciplinar • Promueve la competencia digital. • Fomenta el trabajo en equipo, especialmente útil de cara al futuro laboral del alumnado. • Trabajo predominantemente práctico, el alumno puede comprobar por sí mismo los resultados. 	<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere formación multidisciplinar al docente (electrónica, automatización, cierto grado de conocimiento de organización industrial) • La creación de los entregables, su puesta en marcha y evaluación conlleva más tiempo que hacer un examen tradicional. • La ejecución de actividades prácticas de montaje y programación requiere tiempo
Origen externo	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lo aprendido sobre dispositivos programables (Arduino) se puede aplicar a otros módulos profesionales. • La inversión en dispositivos electrónicos (conjunto de aprendizaje de Arduino y tarjeta de conexión a ethernet) es pequeña, resultando viable para la mayoría de los centros. • Los dispositivos requeridos pueden ser reutilizados por el centro educativo en otros módulos profesionales y son ampliables. 	<p>Amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividad planteada en el primer curso de un Ciclo Formativo de Grado Superior, al que los alumnos pueden llegar con conocimientos previos muy diversos, pudiendo requerirse más tiempo para sentar las bases de partida • En caso de que el alumnado quisiera ampliar conocimientos por su cuenta, necesitaría adquirir los dispositivos para poner en práctica lo aprendido.

VII.2 Evaluación de la propuesta en base a publicaciones realizadas

Danković et al. (2023) describen una experiencia en la que parte de la observación de que la aplicación práctica del conocimiento teórico, en ejercicios de laboratorio o en pequeños proyectos no es tan satisfactoria como se espera en cursos previos a la universidad. Por otra



parte, en vez de utilizar ese enfoque, han utilizado una estrategia basada en aprendizaje basado en proyectos y han observado una mejora sustancial en la puesta en práctica del conocimiento teórico, así como una mejora en la confianza del estudiante en sí mismo y mejores resultados en la universidad que los que no pasaron por la experiencia.

Por otra parte, se ha revisado en la bibliografía la influencia de la aplicación del aprendizaje basado en proyectos en las denominadas “soft skills” que podrían definirse como las cualidades deseables para ciertas formas de empleo que no dependen de conocimiento adquirido, como son sentido común, la capacidad de tratar con otras personas y una actitud positiva y flexible (Dictionary.com, 2022). Jalinus et al. (2020) comparan los resultados de dos experiencias, la obtenida en la enseñanza tradicional directa y la de una enseñanza basada en aprendizaje basado en proyectos en una enseñanza tan práctica como es la soldadura. En este caso, las competencias necesarias para saber soldar serían las “hard skills”, que son las habilidades técnicas. Los resultados mostraron que en el modelo de aprendizaje basado en proyectos los estudiantes desarrollaron mayores habilidades de trabajo en grupo que de soldadura, mientras que en la enseñanza directa los estudiantes llegaron a desarrollar más habilidades de soldadura que de trabajo en equipo. En esta publicación se propone implementar diferentes metodologías según las competencias que se quieran potenciar. De la experiencia descrita en esta publicación podría deducirse que, la elección de la metodología a seguir se puede realizar en función de las competencias que se traten de desarrollar. No obstante, hay publicaciones en las que se afirma que con el trabajo mediante aprendizaje basado en proyectos se consigue desarrollar más profundamente el conocimiento y el trabajo en equipo (LLANES et al., 2018), así que no hay consenso en si con el aprendizaje basado en proyectos solamente se beneficia más el desarrollo de “soft skills” o “soft skills” y “hard skills”. Por último, cabe reseñar que en un meta-análisis elaborado en 2019 (Chen & Yang, 2019) se sugiere que el aprendizaje basado en proyectos puede conseguir un mayor rendimiento académico en los niveles de primaria, secundaria y educación superior.

Ya que no se ha puesto en práctica la propuesta de intervención educativa, conviene también tener en cuenta las dificultades que se han encontrado en la revisión bibliográfica realizada. Garmendia et al. (2014) dan bastantes indicios de las dificultades que el



profesorado encuentra habitualmente en la implantación del aprendizaje basado en proyectos:

- Es habitual que el profesorado sea reticente a que los estudiantes aborden el proyecto sin haber visto la teoría que se requiere.
- También se suele ver como necesario que el problema que se plantee al alumnado esté estructurado, para guiar a los estudiantes en la secuencia a seguir para resolverlo.
- Se observa dificultad para que sean coherentes la estrategia ideada, las competencias que han de desarrollar los alumnos y su evaluación.

En la experiencia descrita por Garmendia et al. (2014) se recurre a la figura de un profesor mentor que guíe al profesor que se inicia en el aprendizaje basado en proyectos. Como consecuencia de esta mentoría, se llegó a las siguientes pautas útiles para que los profesores que se inician en el aprendizaje basado en proyectos puedan resolver las dificultades anteriormente expuestas (Garmendia et al., 2014, p. 122):

- El proyecto debe permitir al alumnado ver la necesidad de aprender nueva teoría. También le da la posibilidad al docente de guiar al alumnado. Así, en primer lugar, se crea la necesidad y posteriormente se idean las actividades para llevar a cabo el aprendizaje.
- Las actividades planteadas no siguen la secuencia de transmisión tradicional, primero se ve la teoría, después se aplica, sino que se plantea un problema cuyo estudio y resolución lleve al alumnado a requerir aprender nuevas teorías, métodos... que, dependiendo de la situación, se necesite que el alumnado busque activamente, respaldado por Internet, bibliografía, el docente, etc.
- Las actividades para llevar a cabo el proyecto han de secuenciarse bien entre sí y dar respuesta a los indicadores de aprendizaje. Es relevante que las actividades estén adecuadamente conectadas entre sí y con los objetivos.



VIII. Conclusiones y consideraciones finales

La labor del docente, además de la impartición de contenidos y la evaluación del alumnado, ha de incluir la preparación para el futuro, procurando que el alumnado pueda resolver las diferentes situaciones que se le presenten. Utilizar el aprendizaje basado en proyectos con Arduino en una aplicación multidisciplinar como la propuesta en el presente documento puede ser muy útil para el alumnado, pues fomenta la competencia digital, introduce al estudiante en la organización industrial, la captura de datos de un proceso industrial, aprende programación y, no menos importante, le ayuda a desarrollar las “soft skills”, algunas de ellas tan importantes como son creatividad, pensamiento crítico, colaboración y comunicación. El desarrollo por parte del alumno de las capacidades técnicas y las habilidades deseables para ciertas formas de empleo que no dependen de conocimiento adquirido, como son sentido común, la capacidad de tratar con otras personas y una actitud positiva y flexible son muy importantes en una titulación como es un Ciclo Formativo de Grado Superior, pues una de las salidas más habituales en este tipo de titulaciones es el trabajo en una empresa, ya sea por cuenta propia o ajena.

En la experiencia adquirida durante las prácticas he podido comprobar que el alumnado mantiene mejor la atención si se le plantea un problema concreto, en vez de abstracto, y, si puede comprobar por sí mismo su funcionamiento, mejor aún. En el caso de la actividad propuesta, que se programa en Arduino y el alumnado dispondrá de los dispositivos necesarios para probarlo, los estudiantes podrán probar por sí mismos el funcionamiento de aquello que ensamblen y programen. El aprendizaje basado en proyectos ofrece la posibilidad de plantear este tipo de actividades que el alumnado suele aprovechar mejor que los ejercicios teóricos abstractos. Con estas actividades el alumnado aprende sobre casos concretos y, posteriormente, cabe esperar que, con las bases adquiridas, pueda abordar problemas teóricos abstractos con más probabilidades de éxito que si los abordase sin haber tenido el rodaje previo que le aporta la resolución del proyecto planteado.

Finalmente, parece relevante destacar que para una implantación exitosa del aprendizaje basado en proyectos es importante que el profesorado tenga una formación en los fundamentos de esta estrategia metodológica. También sería muy adecuado disponer de



profesorado mentor, tal como lo recoge Garmendia et al. (2014), para superar las dificultades que surjan al profesorado.

IX. Propuestas de mejora

La propuesta de intervención en el aula expuesta en el presente documento podría mejorarse de las siguientes maneras:

- Ampliación de la recogida de datos de ERP (*Enterprise Resources Planning*, sistema de planificación de recursos industriales) a industria 4.0, Figura 7. La propuesta se queda “a las puertas” de la industria 4.0, se requerirían sesiones adicionales que alargarían el proyecto más allá de la duración en la que el aprendizaje basado en proyectos es efectivo, unas 6-8 semanas (Lafuente Martínez, 2021), así que se podría ampliar en otros módulos profesionales del Ciclo Formativo.
- Coordinación con otros módulos profesionales del Ciclo Formativo de Grado Superior para conseguir:
 - Enfoque aún más multidisciplinar.
 - Mejor aprovechamiento de los dispositivos electrónicos adquiridos, dándoles más usos en más módulos profesionales.
- Antes del inicio oficial del curso del Ciclo Formativo de Grado Superior ofrecer al alumnado la posibilidad de recibir al menos dos semanas intensivas de clases de nivelación, para superar las dificultades que suponen los conocimientos tan variados que trae el alumnado. Los alumnos pueden acceder desde orígenes muy dispares, con conocimientos previos muy diversos y limitantes para el correcto seguimiento del proyecto en algunas de las opciones de acceso.



X. Referencias bibliográficas

- Acosta Mendoza, C. (2022). La Dislexia como Reto para la Educación Inclusiva. *Instituto de Arquitectura Diseño y Arte*. <http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/25304>
- Arduino S.r.l. (2021, 15 de septiembre). *About Arduino*. Arduino S.r.l. <https://www.arduino.cc/en/about>
- Bashir, A., Alhammadi, M., Awawdeh, M., & Faisal, T. (2019, 26 March-10 April 2019). Effectiveness of using Arduino platform for the hybrid engineering education learning model. 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET),
- Biel Maeso, M., Saura Montesinos, V., & González Martín, A. M. (2022). STEM a análisis: Evolución de las matriculaciones en titulaciones universitarias y Formación Profesional. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 15(Especial I), 135-148. <https://doi.org/10.55777/rea.v15iEspecial I.4600>
- Decreto 49/2013, de 31 de julio, por el que se establece el currículo correspondiente al título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León, núm. 151, de 7 de agosto de 2013, pp. 54017 a 54072. (2013). <https://bocyl.jcyl.es/boletines/2013/08/07/pdf/BOCYL-D-07082013-10.pdf>
- Real Decreto 1581/2011, de 4 de noviembre, por el que se establece el Título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, núm. 301, de 15 de diciembre de 2011, pp. 136447 a 136518. (2011). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/11/04/1581>
- Buck Institute for Education. (2023, 17 de febrero). *"Doing a Project" vs. Project Based Learning*. Buck Institute for Education. <https://www.pblworks.org/doing-project-vs-project-based-learning>
- Chaudhary, S., Johari, R., Bhatia, R., Gupta, K., & Bhatnagar, A. (2019, 18-19 April 2019). CRAIoT: Concept, Review and Application(s) of IoT. 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU),
- Chen, C.-H., & Yang, Y.-C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational*
-



Research *Review*, 26, 71-81.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>

RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (Texto pertinente a efectos del EEE) (2018/C 189/01). Diario Oficial de la Unión Europea, ST/9009/2018/INIT, pp. C189/001 a C189/013. (2018). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))

Danković, D., Marjanović, M., Mitrović, N., Živanović, E., Danković, M., Prijić, A., & Prijić, Z. (2023). The Importance of Students' Practical Work in High Schools for Higher Education in Electronic Engineering. *IEEE Transactions on Education*, 66(2), 146-155. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3202629>

Dictionary.com. (2022, 22 de junio). *Soft skills*. Dictionary.com, LLC. <https://www.dictionary.com/browse/soft-skills>

educacyl Portal de Educación. (2022, 20 de junio). *Calendario Escolar 2022-2023*. Junta de Castilla y León. <https://www.educa.jcyl.es/es/informacion/calendario-escolar-2022-2023>

FundéuRAE. (2016, 21 de abril). *carreras CTIM, mejor que carreras STEM*. FundéuRAE. <https://www.fundeu.es/recomendacion/carreras-ctim-mejor-que-carreras-stem/>

Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, 1(27), 1-17. <https://500historias.com/lecturas/El-aprendizaje-basado-en-proyectos.pdf>

García-Tudela, P. A., & Marín-Marín, J. A. (2023). Use of Arduino in Primary Education: A Systematic Review [Review]. *Education Sciences*, 13(2), Article 134. <https://doi.org/10.3390/educsci13020134>

Garmendia, M., Barragués, J. I., Zuza, K., & Guisasola, J. (2014). Faculty development project for Science, Mathematics and Technology teachers on Problem and Project Based Learning methodologies [Article]. *Ensenanza de las Ciencias*, 32(2), 113-129. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.911>

Geinfor. (2022, 17 de junio). *¿Qué es un Sistema MES (Manufacturing Execution System)?* Geinfor. <https://geinfor.com/sistema-mes-manufacturing-execution-system/>



- Jalinus, N., Syahril, S., Nabawi, R. A., & Arbi, Y. (2020). How project-based learning and direct teaching models affect teamwork and welding skills among students. *International Journal of Innovation, Creativity and Change.*, 11(11), 85-111. https://www.ijicc.net/images/Vol11Iss11/111110_Jalinus_2020_E_R.pdf
- Khan, M., Ibrahim, M., Wu, N., & Patil, R. (2020, 1-1 Aug. 2020). Interdisciplinary Project Based Learning Approach for Machine Learning and Internet of Things. 2020 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC),
- Lafuente Martínez, M. (2019, 12 de diciembre). *¿Mejora el aprendizaje del alumnado mediante el trabajo por proyectos?* Fundació Jaume Bofill. https://ivalua.cat/sites/default/files/2020-01/Que_funciona_16_Castella.pdf
- Lafuente Martínez, M. (2021, 15 de diciembre). *¿Cómo podemos fomentar de manera efectiva un aprendizaje basado en proyectos?* Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, proyecto #FECYTedu #coNprueba (fecyt.es/FECYTedu). <https://www.fecyt.es/es/FECYTedu/como-podemos-fomentar-de-manera-efectiva-un-aprendizaje-basado-en-proyectos>
- Lamo, P., Perales, M., & de-la-Fuente-Valentín, L. (2022). Case of Study in Online Course of Computer Engineering during COVID-19 Pandemic. *Electronics*, 11(4), 578. <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/4/578>
- Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). The main course, not dessert. *Buck Institute for Education*, 4.
- Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2012). 8 Essentials for Project-Based Learning. *Buck Institute for Education*, 1-4.
- Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2015). Why we changed our model of the “8 Essential Elements of PBL”. *Buck Institute for Education*, 1-3.
- Lázaro, M., Ferrer, I., Martín, P., Pérez-Aparicio, J., Agüero Ramón Llin, A., & Hoyas, S. (2016). *Experiencias para mejorar las competencias transversales y la evaluación continua en Ingeniería Aeroespacial.*
- LLANES, E. A., ROCHA, J. C., PERALTA, D. B., MARTINEZ, J., & CELI, S. (2018). Project-based learning case of study education in automotive mechanical engineering.



Revista *Espacios*, 39(25).

<https://www.revistaespacios.com/a18v39n25/a18v39n25p10.pdf>

Martínez-Santos, J. C., Acevedo-Patino, O., & Contreras-Ortiz, S. H. (2017). Influence of Arduino on the Development of Advanced Microcontrollers Courses. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 12(4), 208-217. <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2776444>

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2012). *La atención al alumnado con dislexia en el sistema educativo en el contexto de las necesidades específicas de apoyo educativo* <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:4f7e9108-88bc-4bf6-b188-34dd6d2c2a7f/atencion-alumnado-dislexia.pdf>

Roberto Alcalde, D., Miguel Ángel Manzanedo del, C., Lourdes Sáiz, B., María Alonso, M., & Ricardo del Olmo, M. (2012). Design and implementation of manufacturing execution system with open hardware. *Dirección y organización: Revista de dirección, organización y administración de empresas*, 48, 41-45. <https://doi.org/10.37610/DYO.V0I48.410>

Rojas-Valdés, P., Vidal-Silva, C., & Fuente, C. d. L. (2022, 28-30 Sept. 2022). Successful Development of Problem-Solving and Computing Programming Competences in Children Using Arduino. 2022 International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR),

Ronoh, K., Muli, E., Njuki, S., & Ngwawe, E. (2021, 13-15 Sept. 2021). Practical and Projects Based Learning for Internet of Things. 2021 IEEE AFRICON,

Saad, A., & Zainudin, S. (2022). A review of Project-Based Learning (PBL) and Computational Thinking (CT) in teaching and learning. *Learning and Motivation*, 78, 101802. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lmot.2022.101802>

Saimon, M., Lavicza, Z., & Dana-Picard, T. (2022). Enhancing the 4Cs among college students of a communication skills course in Tanzania through a project-based learning model. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11406-9>

Sepulveda, N., & Garcia, Y. (2022). *Aprendizaje Basado en Proyectos con Arduino*.



- The ERP Information editorial staff. (2023, 26 de abril). *What is the Manufacturing Execution System (MES)?* ERP Information. <https://www.erp-information.com/manufacturing-execution-system.html>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., . . . Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3).
- Tknika. (2019). *HADA - Análisis de la composición del equipo* <https://drive.google.com/file/d/19WkEVmy6eino5UUujRFTbyxzjV6hj7TY/view>
- Trujillo, F. (2015). *Aprendizaje basado en proyectos. Infantil, Primaria y Secundaria*. Ministerio de Educación.
- Universidad de Burgos: Unidad de Atención a la Diversidad. (2020). *Guía rápida para la creación de Documentos Digitales Accesibles con MS Word* https://www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/guia_rapida_documentos_digitales_accesibles_ms_word_0.pdf
- Varas, D., Santana, M., Nussbaum, M., Claro, S., & Imbarack, P. (2023). Teachers' strategies and challenges in teaching 21st century skills: Little common understanding. *Thinking Skills and Creativity*, 48, 101289. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101289>
- Vidal, J., Bravo, D. A., & Rengifo, C. F. (2022). Teaching Physical Sciences Using Arduino Physics Lab at the Universidad Del Cauca. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(3), 223-229. <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3191266>
- Wikipedia. (2022, 12 de septiembre). *CTIM*. <https://es.wikipedia.org/wiki/CTIM>
- Zariquiey Boindi, F. (2015). *Guía para diseñar y gestionar una red de aprendizaje cooperativo* <https://www.colectivocinetica.es/media/cinetica-guia-disenar-red-aprendizaje-1.pdf>

XI. Anexos

XI.1 Anexo I: Enunciados de los entregables que se facilitarán al alumnado

Tabla 9 Entregable nº1: E/S digitales, comunicación serie

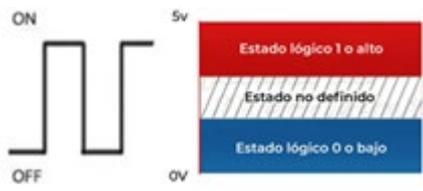
Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 1	E/S digitales, comunicación serie
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p><u>Entradas digitales:</u></p> <p>Se entiende por señales digitales aquellas cuya tensión respecto de GND se encuentre en el rango $[0, V_{cc}]$ sin considerar los valores intermedios. Por convenio, al valor 0 de dicha tensión se le asigna el valor 'LOW', '0' lógico, al valor V_{cc} el valor 'HIGH', '1' lógico. Ha de tenerse en cuenta que habrá unos valores de tensión de umbral a los que no conviene se acerquen las señales para evitar estados no definidos, es deseable leer señales cercanas a 0 o a V_{cc}, no a los umbrales.</p> 	
<p><u>Salidas digitales:</u></p> <p>Salidas cuyo valor puede tomar única, e idealmente, 2 valores: 0 o V_{cc}. Se ha de tener precaución con la corriente máxima que pueden proporcionar cuando están a 0 V como cuando están a V_{cc}, no suelen pasar de unos pocos miliamperios.</p>	
<p>Se pide dar solución a las siguientes cuestiones:</p> <p>Encontrar en la documentación de Arduino cuáles son los valores de umbral en sus entradas digitales.</p> <p>Determinar el valor de la resistencia que ha de colocarse en serie con el led para no superar la corriente máxima que puede entregar la salida digital de Arduino ni la corriente máxima que puede soportar el led.</p> <p>Realizar un programa en el que se lea el estado de un pulsador, se muestre su valor en una salida digital y que, cada vez que se pulse se envíe por el puerto serie el número de pulsaciones. ¿Qué sucede en los valores leídos en el puerto serie? ¿Hay cambios inesperados? Buscar a qué puede deberse y cómo se puede solucionar. Probar la solución.</p>	
<p><u>Evaluación:</u></p> <p>Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa <p>Se evaluará conforme a la rúbrica. Léanse las observaciones.</p>	
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>En este 1^{er} entregable no se guardarán las funciones en una biblioteca de funciones, esto se realizará a partir del 3^{er} entregable, en el que se verá cómo se hace.</p> <p>En su lugar, se evaluarán las preguntas formuladas (todo lo requerido que no es programación). Todas las preguntas tienen el mismo peso en la evaluación.</p>	

Tabla 10 Entregable nº 2: E/S analógicas, elaboración propia

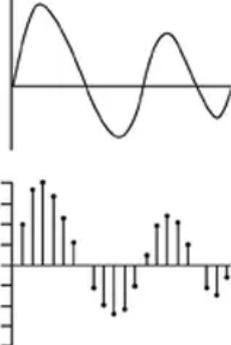
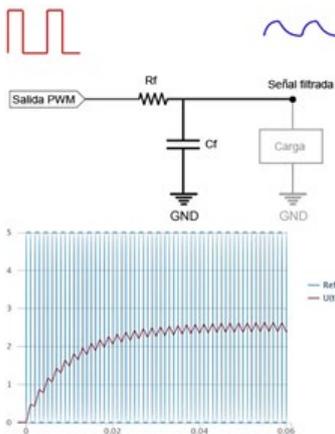
Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 2	E/S analógicas
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p><u>Entradas analógicas:</u> Se entiende por señales analógicas aquellas cuya tensión respecto de GND se encuentre en el rango [0, Vcc] considerando los valores intermedios. La lectura de entradas analógicas suministra un valor codificado como un nº digital de N bits. Las señales de tensión del mundo real son analógicas, pero las entradas analógicas son más costosas y lentas, de modo que cuando no interesan los valores intermedios, sino los extremos 0 o Vcc, se utilizan entradas digitales.</p> <p><u>Salidas analógicas:</u> Arduino no dispone de salidas analógicas (pueden tomar varios valores intermedios entre 0 V y Vcc), sino que dispone de salidas PWM (salidas digitales en las que se regula la relación entre tiempo a 0 y tiempo a Vcc en un período) con las que emular una señal analógica. El valor promedio de la señal PWM será el valor analógico que se pretende obtener a la salida. Dicho valor, si se añade un filtro analógico, por ejemplo, un filtro RC, tampoco será una señal analógica ideal, pero se aproximará algo más que la señal PWM.</p> </div> <div style="width: 45%;">  </div> </div>	
<p>Se pide dar solución a las siguientes cuestiones:</p> <p>Entradas y salidas analógicas:</p> <p>¿Cuántos bits de resolución tienen las entradas analógicas en Arduino? ¿Entre qué valores está el nº digital que da Arduino en una entrada digital?</p> <p>Realizar un programa que regule la luminosidad de un led conectado a una salida “analógica” (en Arduino realmente son salidas PWM) mediante un potenciómetro conectado a una entrada analógica.</p> <p>Disponer también de otro led conectado a una salida “analógica” (PWM) y variar su luminosidad desde el puerto serie del ordenador.</p>	
<p><u>Evaluación:</u></p> <p>Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa <p>Se evaluará conforme a la rúbrica. Léanse las observaciones.</p>	
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>En este 2ª entregable no se guardarán las funciones en una biblioteca de funciones, esto se realizará a partir del 3º entregable, en el que se verá cómo se hace.</p> <p>En su lugar, se evaluarán las preguntas formuladas (todo lo requerido que no es programación). Todas las preguntas tienen el mismo peso en la evaluación.</p>	



Tabla 11 Entregable nº3: Programación modular (funciones y bibliotecas), elaboración propia

Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 3	Programación modular (funciones y bibliotecas)
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p><u>Funciones:</u></p> <p>Las funciones permiten dividir la solución de tareas complicadas en tareas más pequeñas. Además, permite reutilizar código sin tener que reescribirlo cada vez. Si están hechas adecuadamente, ocultan detalles de la operativa del programa que no se necesitan saber para entender cómo funciona el programa principal, haciendo más fácil de entender el programa. De esta forma, también es más sencillo mantener el programa.</p> <p>Las funciones pueden/deben intercambiar información con el programa principal mediante los parámetros. En principio, no debieran programarse funciones que hagan cambios en variables que no estén en la lista de parámetros, pues, entre otros problemas, resulta más difícil entender el programa y mantenerlo.</p> <p><u>Bibliotecas:</u></p> <p>Las funciones pueden agruparse en bibliotecas que, una vez incluidas en el programa, se pueden utilizar todas sus funciones sin necesidad de declararlas ni definir las (esto se hace dentro de la biblioteca). Cuando se realiza un proyecto de cierta envergadura es muy recomendable declarar y definir las funciones que se usen en una o varias bibliotecas.</p>	
<p>Partiendo de los programas realizados en los entregables anteriores, se pide lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Declarar y definir una función que cuando sea llamada, lea una entrada analógica, actualice la salida de un pin “analógico” (salida PWM) y envíe el valor leído de la entrada analógica al ordenador como un número float de precisión simple. La función deberá recibir como parámetro el nº del pin de la entrada analógica y no es necesario que devuelva valor alguno al programa. 2. Posteriormente, crear la biblioteca grupox.h, sustituyendo x por el nº de grupo, declarar y definir en esta biblioteca dicha función. 3. Hacer el programa equivalente al inicialmente propuesto usando la biblioteca, sin declarar ni definir la función en el código fuente del programa. 	
<p><u>Evaluación:</u></p> <p>Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa • Adaptación para su uso en biblioteca de funciones <p>Se evaluará conforme a la rúbrica.</p>	
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>La adaptación para el uso en biblioteca de funciones se realizará únicamente para el punto 3.</p>	



Tabla 12 Entregable nº 4: Interrupciones, elaboración propia

Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 4	Interrupciones
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p><u>Interrupciones:</u></p> <p>Una interrupción es una señal que recibe el procesador y le indica que debe dejar lo que está haciendo para ejecutar un programa específico para esa situación. El programa que ejecuta es la rutina de atención a la interrupción (ISR, <i>Interrupt Service Routine</i>). El usuario ha de programar la ISR. Las interrupciones se pueden habilitar o deshabilitar, así, el procesador interrumpirá lo que está haciendo para ejecutar la ISR o no, dependiendo de si está habilitada o no.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Mainline Code</p> <pre style="margin: 0;">loop() { instruction 1 instruction 2 instruction 3 instruction 4 instruction 5 }</pre> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;">  <p>Interrupt</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Interrupt Service Routine</p> <pre style="margin: 0;">ISR() { instruction 1 instruction 2 instruction 3 }</pre> </div> </div> <p>The diagram shows a yellow box for 'Mainline Code' containing a 'loop()' function with instructions 1 through 5. A blue box for 'Interrupt Service Routine' contains an 'ISR()' function with instructions 1 through 3. A red triangle with an exclamation mark labeled 'Interrupt' has an arrow pointing to the 'ISR()' box, and another arrow pointing from the 'ISR()' box back to the 'Mainline Code' box, specifically pointing to 'instruction 3'.</p> <p><u>Caso que se verá en Arduino:</u></p> <p>Para comenzar, se considerará que la señal que produce la interrupción sea un cambio de estado externo al procesador. En este caso, podría verse la ISR como una función llamada por hardware (hardware externo al procesador provoca la interrupción).</p> <p><u>Precauciones:</u></p> <p>Evitar que el programa pase mucho tiempo en la ISR, pues es tiempo que está desatendiendo lo que estaba haciendo; así, como principio general, mejor una ISR corta que una larga.</p> <p>En la ISR se requiere declarar las variables con la palabra clave <i>volatile</i>. Con esta palabra clave se le indica al compilador que la variable puede cambiar sin previo aviso (si el compilador detecta una variable cuyo valor no cambia en la función en la que está, puede que la elimine). Más información en https://hackaday.com/2015/08/18/embed-with-elliott-the-volatile-keyword/.</p> <p>Partiendo de los programas realizados en los entregables anteriores, se pide lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> Haciendo uso de la INT0, conectar un pulsador en el pin correspondiente y escribir un programa que, cada vez que se accione el pulsador, muestre su valor en una salida digital y que, cada vez que se pulse, envíe por el puerto serie el número de pulsaciones. Téngase en cuenta que hay que anular el efecto de los rebotes, ya sea por hardware, software o una combinación de los dos. Incluir la función creada en la biblioteca grupox.h, siendo x el número de grupo. <p><u>Evaluación:</u></p> <p>Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa • Adaptación para su uso en biblioteca de funciones <p>Se evaluará conforme a la rúbrica.</p> <p><u>Observaciones:</u></p> <p>La adaptación para el uso en biblioteca de funciones se realizará únicamente para el punto 2.</p>	

Tabla 13 Entregable nº 5: Identificación por radiofrecuencia (RFID), elaboración propia

Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 5	Identificación por radiofrecuencia (RFID)
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p>RFID:</p> <p>La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que habitualmente se usa para identificar etiquetas de forma inalámbrica, sin contacto, con las ventajas que conlleva. Las etiquetas para RFID se pueden encontrar en multitud de formatos, pudiendo, incluso, pegarse como una pegatina a un objeto y, así, identificar dicho objeto mediante la etiqueta RFID.</p>  <p>Para utilizar el módulo RFID RC522 disponible en el conjunto educativo, se propone utilizar las bibliotecas disponibles en https://github.com/miguelbalboa/rfid, pues programarlas desde cero sería muy costoso en tiempo.</p> <p>Aplicación pretendida:</p> <p>Las tarjetas que se van a utilizar no se consideran seguras, de modo que no pueden formar parte de cualquier sistema que pudiera denominarse “seguro”. No obstante, se pueden emplear para control de acceso a ciertas funciones de un programa, como si de un usuario y contraseña se tratase. Así, se pretende utilizar el sistema RFID como un control de acceso a ciertas funciones.</p>	
<p>Se pide lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Escribir un programa que muestre la identificación de una tarjeta dada y lo envíe por el puerto serie. 2. Escribir un programa que lea la identificación de una tarjeta y compruebe si es válida o no. Para ello, previamente habrá que conocer la identificación de la tarjeta, para que solamente la tarjeta deseada sea válida. 3. Hay tarjetas en las que se pueden grabar datos, es el caso de la incluida en el conjunto educativo de Arduino, la Mifare. Escribir un programa que grave una cadena de texto en la tarjeta cuando se aproxime al RC522 y sea una tarjeta validada anteriormente. 	
<p>Evaluación:</p> <p>Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa • Adaptación para su uso en biblioteca de funciones <p>Se evaluará conforme a la rúbrica.</p>	
<p>Observaciones:</p> <p>La adaptación para el uso en biblioteca de funciones se realizará para todos los programas realizados.</p>	

Tabla 14 Entregable nº 6: Teclado y display LCD, elaboración propia

Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 6	Teclado y display LCD
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p><u>Teclado:</u></p> <p>Un teclado matricial agrupa diferentes pulsadores y da la posibilidad de leerlos utilizando menos conductores que si se utilizasen individualmente. En estos teclados los pulsadores se disponen en filas y columnas.</p>	
 <p><u>Pantalla LCD:</u></p> <p>Una pantalla LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo que permite mostrar caracteres desde un procesador fácil y económicamente. El display LCD HD44780 del fabricante Hitachi es uno de los más extendidos y es el que se utilizará en la clase. Si se conectase directamente el LCD, se requerirían muchas patillas, de modo que se usará el adaptador para bus I2C, pues emplea solamente 2 pines de Arduino.</p> 	
<p>Se pide lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Escribir un programa lea las pulsaciones del teclado matricial y envíe la tecla pulsada cada vez por el puerto serie sin utilizar la biblioteca Keypad.h. 2. Escribir el mismo programa usando la biblioteca Keypad.h. 3. Modificar el programa anterior y mostrar el carácter pulsado en el LCD. Para el LCD emplear la biblioteca LiquidCrystal_I2C.h. Comenzar a escribir en la posición superior izquierda y cuando la pantalla se llene, comenzar sobrescribiendo el carácter más antiguo y seguir en el mismo orden que inicialmente. 	
<p><u>Evaluación:</u></p> <p>Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa • Adaptación para su uso en biblioteca de funciones <p>Se evaluará conforme a la rúbrica.</p>	
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>La adaptación para el uso en biblioteca de funciones se realizará solamente para el programa 1, creando funciones equivalentes a las que se emplean de la biblioteca Keypad.h.</p>	



Tabla 15 Entregable nº 7: Ethernet, elaboración propia

Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 7	Ethernet
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p><u>Conexión a ethernet:</u> Mediante el controlador W5100 para ethernet es posible conectar Arduino a ethernet sin requerirse un sistema operativo, muy útil para utilizarlo con un microcontrolador como Arduino. El W5100 dispone de una pila TCP/IP hardware y un buffer integrado de 16 kbytes, lo que hace posible liberar al procesador. La conexión entre Arduino y el W5100 se realiza mediante SPI y usando las bibliotecas SPI.h y Ethernet.h, integradas en el IDE de Arduino, se puede usar fácilmente.</p>	
	
<p><u>Aplicación prevista:</u> Cliente Ethernet: Se utilizará para leer páginas web. Arduino tiene poca potencia, de modo que es bastante limitado en comparación con un ordenador, así se leerán cadenas de caracteres. En el entorno industrial y para propósitos de control, es suficiente para la mayoría de las situaciones. Servidor Ethernet: Se puede utilizar Arduino como servidor. De esta forma, cuando otro dispositivo se conecta a Arduino, este devuelve una web. Se utilizará para leer y escribir entradas y salidas de Arduino desde ethernet.</p>	
<p>Se pide lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> Haciendo uso del programa cliente ethernet facilitado por el profesor y los programas creados anteriormente, escribir un programa que lea una tarjeta RFID y escriba su ID en www.pasted.co. Haciendo uso del programa ServidorEntradasEthernet facilitado por el profesor y los programas creados anteriormente, escribir un programa que lea una entrada analógica a la que esté conectado un potenciómetro y cuando se conecte un cliente, Arduino devuelva el valor de dicha entrada. Haciendo uso del programa ServidorSalidasEthernet facilitado por el profesor y los programas creados anteriormente, escribir un programa que devuelva una página web con 2 botones (on/off) con los que se pueda encender y apagar un led conectado a una salida digital de Arduino. 	
<p><u>Evaluación:</u> Para todo aquello que requiera hacer un programa se pide, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa • Adaptación para su uso en biblioteca de funciones <p>Se evaluará conforme a la rúbrica.</p>	
<p><u>Observaciones:</u> La adaptación para el uso en biblioteca de funciones se realizará para todos los programas pedidos.</p>	

Tabla 16 Entregable nº 8: Proyecto final, elaboración propia

Ciclo Formativo de Grado Superior: Automatización y Robótica Industrial	Módulo Profesional: Informática Industrial – Código 0964
Entregable nº 8	Proyecto final
Fecha de inicio:	Fecha de entrega:
<p><u>Proyecto final:</u></p> <p>Una gran empresa multinacional del sector del automóvil con sede en nuestra localidad dispone de una planta automatizada a nivel de ejecución y coordinación. En dicha empresa se acaba de implantar un ERP y necesita automatizar la incorporación de datos de su proceso productivo al ERP, pues actualmente incorporan los datos editando manualmente hojas de cálculo.</p> <p>La empresa requiere un dispositivo con las siguientes prestaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conexión al servidor del ERP a través de Ethernet desde donde se puedan leer 5 entradas digitales y 3 analógicas del dispositivo, para las partes no automatizadas del proceso. 2. Conexión al servidor del ERP a través de Ethernet desde donde se pueda leer etiquetas RFID. 3. Visualización de mensajes desde el servidor en el display LCD. 4. Bloqueo y desbloqueo del dispositivo de 2 maneras diferentes: contraseña a introducir mediante el teclado matricial y lectura de etiqueta RFID. 	
<p>Se pide lo siguiente:</p> <p>Escribir un programa que cumpla con los requisitos solicitados por la empresa. Todas las funciones creadas han de guardarse en la biblioteca grupox.h, siendo x el nº de grupo correspondiente.</p>	
<p><u>Evaluación:</u></p> <p>Del programa solución final, se pide elaborar lo siguiente, que ha de quedar reflejado en un informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Código fuente del programa • Pruebas realizadas al programa • Adaptación para su uso en biblioteca de funciones <p>Se evaluará conforme a la rúbrica.</p>	
<p><u>Observaciones:</u></p>	

