

# Proyecto Exprés: Creación de grupos interdisciplinarios cohesionados a través de un proyecto parte de asignaturas de distintos grados

Carlos Romero Piqueras  
Departamento de Ingeniería de Diseño y  
Fabricación  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
carlos.romero@unizar.es

Roberto Casas Nebra  
Departamento de Ingeniería Electrónica  
y Comunicaciones  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
rcasas@unizar.es

Eduardo Manchado Pérez  
Departamento de Ingeniería de Diseño y  
Fabricación  
Universidad de Zaragoza  
manchado@unizar.es

José María López Pérez  
Departamento de Ingeniería Electrónica  
y Comunicaciones  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
chlopez@unizar.es

Teresa Blanco Bascuas  
Instituto de Investigación en Ingeniería  
de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza  
tblanco@unizar.es

**Abstract—** Como parte de una experiencia de innovación ya asentada, estudiantes de electrónica y diseño industrial elaboran colaborativamente un proyecto común para sus respectivas asignaturas. Se forman así grupos interdisciplinarios que desarrollan productos industriales con contenido electrónico, orientado al mercado y en colaboración con una empresa. Parte del trabajo trata de un diseño preparatorio llamado “proyecto exprés”. Tras varios años mejorando la metodología, el presente trabajo presenta su formalización y evaluación en términos de adecuación a la consecución de competencias transversales, mejora de la ratio esfuerzo / aprendizaje y optimización de la adquisición de competencias técnicas tanto propias como cruzadas entre los dos tipos de estudiante.

**Keywords—** Aprendizaje basado en proyectos, trabajo interdisciplinar, aprendizaje colaborativo. common ground.

## I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) tiene una importancia capital en las enseñanzas técnicas, dado que uno de sus objetivos principales es la capacitación para el desarrollo de proyectos. Esta metodología, ampliamente documentada [1], favorece el aprendizaje de la técnica llevándolo más allá del dominio de las materias propias de la disciplina en cuestión, a través de la puesta en juego de competencias de desarrollo y puesta a punto de proyectos reales y funcionales.

Si los proyectos se realizan en grupo, se consigue un salto cualitativo al incluirse competencias de trabajo en equipo, aprendizaje cooperativo [2], aprendizaje entre pares y otras de carácter social [3].

No obstante, el ABP convencional se limita al desarrollo de proyectos de materias concretas en el entorno controlado de talleres y laboratorios, y no suele cruzarse con otras disciplinas, cuando esta situación es habitual en la empresa cuyo carácter es fuertemente interdisciplinar

En la experiencia presentada en este artículo se intenta responder a necesidades formativas de los ingenieros en cuanto a competencias transversales, con énfasis en lo interdisciplinar.

En los últimos 9 años, profesores de electrónica y de diseño industrial han desarrollado una metodología, así llamada, Proyectos Híbridos [4], que intenta cubrir estas necesidades.

La estrategia asocia trabajos de distintas asignaturas, de distintas titulaciones que convergen en un objetivo común. Consiste en formar, con alumnos de diferentes materias y titulaciones, grupos interdisciplinarios para desarrollar el mismo proyecto, cada cual abordando la parte que a su asignatura atañe, pero teniendo que trabajar colaborativamente a lo largo de todo el proceso. Los estudiantes tienen que negociar en las sucesivas fases de desarrollo del proyecto, simulándose un entorno muy cercano a la realidad industrial, donde actores de distintos departamentos sacan adelante un producto común. En el caso expuesto se trata de estudiantes de las siguientes asignaturas. Pertenecen a la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.

- Laboratorio de Diseño Electrónico, de 4º del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática. Optativa de 6 créditos, con 4 horas presenciales en el laboratorio; se trata de una asignatura de “solo prácticas”.
- Metodología de Diseño, de 4º del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Diseño de Producto. Obligatoria de 9 créditos, 2 horas de teoría y 4 de prácticas a la semana.

El aprendizaje está basado en la colaboración entre personas de distintas disciplinas y procedimientos de trabajo, que aportan puntos de vista diferentes y complementarios. Este enfoque potencia el desarrollo de habilidades y competencias que son esenciales en el ejercicio profesional dentro de la empresa, destino natural de los estudiantes de la ingeniería, como la negociación, colaboración y comunicación entre profesionales distintos, la gestión de incertidumbres y del estrés, actitud profesional, el trabajo en equipo, aprendizaje entre pares y la relación con superiores, subordinados y clientes. Estas actividades tienen una presencia constante en la labor empresarial diaria y es esencial tener la capacidad de manejarse en ese entorno social con soltura y eficacia. A las competencias

que llevan a este modus operandi se les puede llamar competencias transversales profesionalizantes, es decir directamente orientadas al ejercicio profesional.

En los últimos 3 años se cuenta además con la colaboración de una empresa de alcance internacional (B/S/H/) que actúa como cliente, proponiendo un tema de innovación, participando en la guía de los proyectos y llevando a un entorno de realidad a los estudiantes.

Otro hito de importancia en el desarrollo de la metodología fue el Proyecto Exprés. El funcionamiento óptimo de estos grupos interdisciplinarios tiene sus dificultades, ya que los estudiantes de electrónica y los de diseño, aun siendo de ambos de ingeniería, utilizan lenguajes y metodologías muy distintos. Efectivamente, se detectaron disfunciones en el trabajo de algunos grupos, así como grupos que terminaban trabajando por separado y, también parcialmente, estudiantes que no se habían impregnado de la metodología interdisciplinaria, aun habiendo logrado éxito en el plano técnico.

Así, se planteó la necesidad de articular los equipos para que su interacción se base en trabajo efectivamente colaborativo y no sea un mero intercambio de informaciones y demandas. Para conseguirlo se planteó una metodología cuyo objetivo es que los equipos establezcan un cauce de comunicación, entiendan las funciones y capacidades de cada uno y articulen una dinámica de trabajo basada en la colaboración. Proveniendo de estudios distintos, cada uno de ellos tiene un corte formativo y experiencial muy diverso, lo cual se refleja principalmente en la concepción de lo que es un proyecto (sesgadamente tecnológico en el caso de los electrónicos y con una visión global de producto en el caso de los diseñadores) y en las metodologías que usan unos y otros a lo largo de su desarrollo.

Para establecer una base compartida (*common ground* [5]) sobre la cual poder trabajar cooperativamente se ideó el Proyecto Exprés, un pequeño proyecto que se aborda al comienzo de las clases con el objetivo de configurar los grupos, establecer vías de comunicación, poner en juego metodologías conjuntas de desarrollo de producto e iniciar un aprendizaje cruzado necesario para la colaboración (los electrónicos aprenden rudimentos de metodología de diseño y los diseñadores nociones de electrónica [6]).

La filosofía de trabajo interdisciplinar entre diseñadores y electrónicos se ilustra en la fig. 1. Además de trabajos técnicos propios de cada disciplina existe una cancha común de trabajo colaborativo en la que participan las dos partes del equipo. Hay que señalar que en las técnicas de creatividad y de generación de conceptos propias de diseño industrial, participan también los electrónicos aportando una visión de viabilidad e inspirando a los diseñadores con las posibilidades tecnológicas disponibles.

En la fig. 2 aparecen estudiantes de diseño y electrónica aplicando la técnica 6/3/5 de generación de conceptos [7].

## II. EVOLUCIÓN DEL CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

La metodología utilizada en el desarrollo de la actividad de proyectos híbridos ha experimentado una considerable evolución a lo largo de sus sucesivas ediciones.

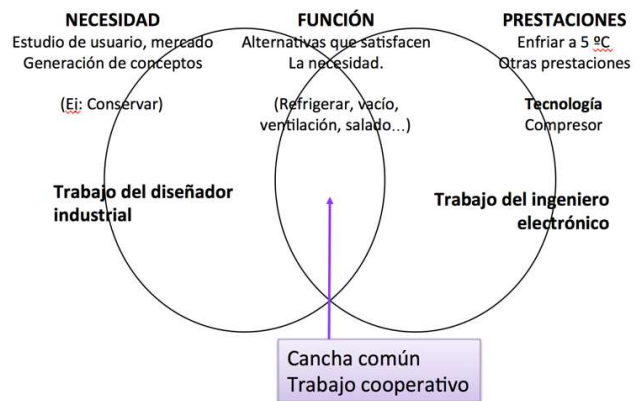


Fig. 1. Ejemplo de esquema de trabajo interdisciplinar. La colaboración abarca todo el proceso de desarrollo de manera que se establece una cancha común donde se trabaja compartiendo conocimientos y metodologías, a partir de lo cual se toman las decisiones.

## III. REPLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS PERSEGUIDOS

Al principio la actividad se planteó sin contar con referencias metodológicas precisas y pretendiendo únicamente aportar un enfoque docente inspirado en la simulación lo más realista posible del entorno profesional en el entorno de aprendizaje. Inicialmente la participación en la misma por parte de los estudiantes se ofrecía como una opción voluntaria que tenía un reconocimiento en la calificación posterior de las respectivas asignaturas. Del mismo modo el número de profesores participantes era muy reducido, uno o dos profesores por asignatura.

En este planteamiento pionero la primera observación fue que la calidad de los resultados de aprendizaje debía desligarse de la calidad de los propios resultados de los proyectos. A menudo se observaba cómo la dificultad de entendimiento y coordinación entre estudiantes procedentes de diferentes titulaciones acababa propiciando un peor resultado técnico de los proyectos.

No obstante, los estudiantes participantes reconocían el valor formativo de la experiencia, incluso considerando que el producto desarrollado podía ser un fracaso, porque habían adquirido ciertas habilidades que entendían eran valiosas para su aplicación futura, como la capacidad de negociar entre distintos, de empatizar, de trabajar en equipo o de enfrentar conflictos. Existía un factor desmotivador que aparecía en la calificación obtenida, que se centraba únicamente en la evaluación del resultado técnico del proyecto, y que solía ser menor que otros estudiantes que no habían participado, aunque se ponderaba con la valoración extra que se ofertaba a los voluntarios.

Inmediatamente se consideró por parte del equipo docente que ese aprendizaje transversal era como mínimo igual de relevante que el aprendizaje estrictamente técnico, y que, como tal, debía ser evaluado y pasar a ser un contenido extendido a todos los estudiantes y de carácter obligatorio.



Fig. 2. Puesta en marcha en el aula de la técnica de generación de conceptos 6/3/5 por estudiantes de electrónica y diseño industrial.

La dificultad en las siguientes ediciones residió en la necesidad de gestionar y coordinar un grupo elevado de estudiantes (pasó de 15-20 estudiantes en total a aproximadamente 75 entre las dos asignaturas), en una actividad que requiere de un seguimiento más estrecho y cercano.

Además, para desarrollar la actividad en estas condiciones, era necesario la participación de todos los profesores que impartían las asignaturas, lo que suponía un esfuerzo extra de coordinación docente. A este respecto, cabe destacar asimismo el hecho de que no solo los equipos de estudiantes sino el grupo de profesores es un equipo multidisciplinar; por tanto el common ground ha de ser efectivo tanto intrínseca como extrínsecamente en interrelaciones a varios niveles, lo cual hace el proceso un tanto complejo como se muestra en la fig. 3.

Paralelamente, el equipo docente comenzó a documentar la experiencia y a presentar publicaciones y ponencias en congresos [6][7]. La excelente acogida por parte de otros colegas constituyó en este punto un factor altamente motivante, y generó el acceso al conocimiento de otras experiencias que aportaban ideas capaces de enriquecer el proyecto.

En las siguientes ediciones pudo observarse que cuando se lograba alcanzar un buen resultado en el desarrollo de las competencias transversales, este venía acompañado de un buen resultado también en el ámbito técnico. Y cuando se producían fracasos en el ámbito técnico, venían precedidos de situaciones de conflicto no resuelto, algo que se reflejaba también en las encuestas de valoración que realizaban los estudiantes al final de la experiencia. Por este motivo, el equipo docente entendió que podía ser interesante plantear algún tipo de desarrollo lineal de la experiencia, donde una primera fase sirviera para desarrollar

las competencias transversales, y una segunda fase fuese de aplicación, consolidación y obtención de resultados, lo que debía acarrear el éxito académico, la motivación de los estudiantes y su buena valoración del esfuerzo realizado.

Se propuso así un primer proyecto introductorio, con menor peso en la calificación final, y un proyecto de mayor trascendencia. Pero los resultados no acabaron de llegar, en gran

parte porque si en el proyecto introductorio no se conseguía un buen encaje de los equipos, el conflicto se extendía a la segunda fase. Además la estrategia de trabajo se basó en la aplicación para esta primera fase de herramientas de trabajo más cercanas a los estudiantes de ingeniería de diseño, lo que desequilibraba la implicación de los participantes procedentes del ámbito de ingeniería electrónica, que además no acababan de ver el interés y utilidad de este esfuerzo hasta que la asignatura no estaba ya muy avanzada, es decir, faltaba motivación de inicio. El siguiente paso se orientó, pues, a conseguir que los estudiantes entendieran la importancia de los objetivos de esta primera fase y que los trabajasen de un modo más equilibrado y cooperativo.

En este punto se optó por diferenciar aún más el aporte de la primera fase y la segunda. Aprovechando la consolidación de la colaboración con B/S/H/ para el proyecto central de la asignatura, que ofrece a los estudiantes la oportunidad de obtener un logro real con un potencial empleador, el argumento a utilizar con los estudiantes fue que la realización del primer proyecto debía servir de preparación para afrontar el segundo con las mejores garantías, algo que resulta altamente motivante. Para visibilizar aún más este carácter, el primer proyecto pasó a llamarse Proyecto Exprés, y a adoptar algunas características que lo hacen especialmente reconocible.

En primer lugar deben constituirse los equipos de trabajo. En este punto se ha optado por diferentes alternativas: en alguna ocasión la asignación ha sido por sorteo, en otras ocasiones se ha realizado una “subasta de destinos”: cuando el número de estudiantes electrónicos matriculados era bajo, se constituían en primer lugar los equipos de diseñadores y a continuación se les proponía realizar una presentación como equipo antes los estudiantes de electrónica para que éstos decidiesen voluntariamente con quien trabajar, lo que les confería un grado alto de relevancia dentro de la estructura de trabajo.

Una vez constituidos los equipos, deben redactar y entregar un reglamento interno de funcionamiento que detalla las normas de trabajo, los compromisos de los integrantes y las posibles sanciones. A partir de este punto comienzan a trabajar.

Se ha observado que el éxito del Proyecto Exprés depende de que además se den ciertas características:

- Debe tener un nivel alto de exigencia que se refleje en una adecuada valoración en la evaluación final, para que sea tomado en serio.

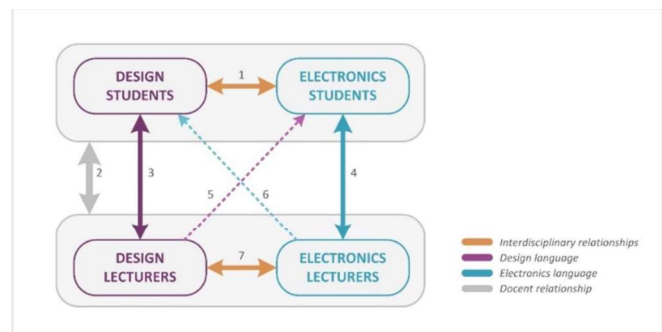


Fig. 3. Mapa de relaciones.

- Debe tener un tema que favorezca la participación, la empatía y la colaboración. A tal efecto se proponen temas sorprendentes, con un componente lúdico, desenfadado, que reste dramatismo a la fase de desarrollo y propicie el buen ambiente y la diversión dentro del equipo, lo que aumenta la motivación de los participantes.
- Debe permitir la experimentación y el prototipado, para que los estudiantes visibilicen rápidamente su potencial como equipo y alcancen resultados.
- Debe ser un desarrollo intensivo, es decir, los estudiantes desarrollan únicamente esta actividad y en un plazo de tiempo lo más breve posible.

El Proyecto Exprés tiene además una estructura que condensa en un plazo breve de tiempo las mismas fases y secuencia de trabajo que se desarrollará en el proyecto final.

Entre los resultados cabe destacar la consecución de presentaciones creativas e innovadoras. Por este motivo la última iniciativa puesta en marcha fue invitar a responsables de B/S/H/ a asistir a las presentaciones antes de lanzar el proyecto que se desarrolla con su colaboración. Se trata de un mensaje de refuerzo y confianza en el potencial de los equipos por parte de los profesores, una excelente carta de presentación de los estudiantes del curso hacia la empresa participante y un modo de incentivar el desarrollo de presentaciones bien trabajadas para un proyecto, en principio, menor.

#### IV. REPLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS PERSEGUIDOS

En el último curso, el equipo de profesores se planteó una reflexión sobre el Proyecto Exprés en términos de las competencias transversales deseadas, la efectividad a la hora de conseguir equipos cohesionados con una colaboración interdisciplinar real y el éxito en terminar con un producto operativo. Por una parte se seguían detectando disfunciones que, aunque hay que asumir que siempre pueden ocurrir, es preciso revisar y, por otra, había una estimación por parte de los estudiantes de una excesiva complejidad y tamaño de este primer proyecto. Efectivamente, en muchas ocasiones el trabajo en el Proyecto Exprés se alargaba más allá de los límites establecidos solapándose con el trabajo para la empresa.

Es un hecho constatable a la vista de los dos productos desarrollados (Exprés y empresa) la mejora que se produce de uno al otro, como corresponde a la misión del Proyecto Exprés como entrenamiento para el proyecto de empresa, de mayor entidad. Esto se aprecia tanto por la calidad de conceptos de producto como por la circuitería electrónica construida. Por esta razón no se considera eliminar el Proyecto Exprés, ya que sus objetivos siguen siendo necesarios y sus logros son constatables. En consecuencia, el planteamiento es una mejora para solventar los fallos detectados sobre la base de idear nuevos objetivos, que son:

- Disminuir el estrés que había producido este proyecto en cursos anteriores. Este estrés estaba producido por las incertidumbres iniciales que se mantenían demasiado en

el tiempo e interferían con el desarrollo factual de la electrónica que se veía entorpecido.

- Calibrar el esfuerzo invertido por los estudiantes y ajustarlo a los plazos de las asignaturas. Es necesario ajustar este esfuerzo a la capacidad de los estudiantes al empezar la asignatura aún a costa de que este proyecto sea menos ambicioso, y en línea con que se trata de un entrenamiento. Por otra parte, se plantea la exigencia de que esté limitado en el tiempo y no se solape con el proyecto empresa, lo cual resulta en una causa añadida de estrés.
- Facilitar que los proyectos se terminen y sean operativos en plazo, evitando la frustración que sufren los estudiantes cuando no es así. Por su carácter de preparación, el Proyecto Exprés debería dar satisfacción y entusiasmo al estudiante para abordar el proyecto grande, de ahí la importancia de este objetivo.
- Solventar las dificultades que presentan los cambios tardíos provenientes del subgrupo de diseño industrial. El avance en las fases de desarrollo entre el trabajo de desarrollo de concepto (más largo) y el de la electrónica tiene, de forma inherente, un desfase temporal considerable, mientras que la fabricación de placas y la compra de componentes obligan a adelantar los tiempos de desarrollo de la electrónica. Se plantea solventar este desfase sin merma de la calidad de colaboración a lo largo de todo el proceso.
- Aumentar la percepción de madurez como aspirante a profesional por el hecho de abordar un diseño completo y operativo. Así se pretende conseguir una actitud de confianza para abordar el proyecto empresa al considerarse el estudiante un profesional capaz que forma parte de un equipo potente.

#### V. PROPUESTA Y DESARROLLO DE NUEVA METODOLOGÍA DE PROYECTO EXPRÉS

Para alcanzar estos objetivos se plantea un giro importante en la metodología del Proyecto Exprés, que se centra en los siguientes ítems.

- Planificación temporal. El proyecto se limitará a un tiempo determinado (3 semanas) formalizando estrictamente las tareas y los plazos. Tendrá dedicación intensiva.
- Fomentar el trabajo independiente del equipo de estudiantes, eliminando algunas de las guías del anterior paradigma y limitando la supervisión a superar escollos que puedan provocar retrasos. Incluyendo incluso algún reto-trampa para que tropiecen en los problemas habituales y dirigirles a la solución aplicando la metodología, con lo que apreciarán inmediatamente su bondad y mejorará la percepción de su aprendizaje.
- Realizar y poner a punto el prototipo en placa blanca en vez de sobre placa impresa. Esto evita tener que abordar el diseño y fabricación de la placa de circuito impreso acortando fuertemente el tiempo de desarrollo. Además, y no menos importante, el prototipo es flexible y

permite adaptarse a los cambios que puedan surgir en el concepto de producto. Por fin, se elimina una dificultad capital como es la puesta a punto de una placa, que es frecuente que presente problemas difícilmente solubles sobre todo al ser la primera que se diseña. Estos problemas han causado en varias ocasiones que el Proyecto Exprés no termine siendo operativo. El diseñar y poner a punto una primera placa como entrenamiento para el proyecto empresa sigue siendo un trabajo de interés ya que siempre se experimenta una sustancial mejora en la segunda placa; por esta razón, una vez entregado el Proyecto Exprés en placa blanca se aborda el diseño y fabricación de la PCB como una suerte de prácticas pero fuera del Exprés, ahorrando tiempo y estrés.

- Contar con un set de componentes a disposición de los proyectos evitando el problema de compras y retrasos. Incluyen sensores y actuadores variados, procesador, sistemas de alimentación y de comunicaciones. Por lo que respecta a las maquetas, se dispone de los medios y materiales del Taller de Diseño Industrial, así como de impresión 3D.

Sobre la base de estos requisitos se estructura el Proyecto Exprés que tiene como tema en el curso 2017-2018 desarrollar un artefacto capaz de provocar risa. A continuación se describe cómo fue planteado el proyecto a los estudiantes.

Como se especifica en su brief, el proyecto implica la realización de un análisis en profundidad de la tecnología disponible, las características de la risa, los tipos de estímulo capaces de despertar esa respuesta, así como de las posibles funciones a desarrollar por el producto y su modo de accionamiento, tratando de conseguir conclusiones que produzcan conceptos creativos, alternativos e innovadores.

Las fases, su planificación temporal y los entregables en cada momento se especificaron en el brief de la siguiente manera. El calendario puede consultarse en la fig. 4.

**SEMANA 1:**

**1ª fase:** Organización del equipo, planificación del proceso.

Durante esta fase los estudiantes deberán organizar su equipo. Deberán planificar el desarrollo del proyecto y realizar un calendario o diagrama de tiempos que marque las fases a cumplir.

Todo el proyecto se realizará mediante el trabajo en equipo; haciendo puestas en común de toda la información en reuniones en las que se analice, critique y contraste la información para concluir en ideas básicas para su posterior desarrollo.

Entregable 1. Documento de equipo, debe constar de: nombre del equipo, miembros, lema, avatar, reglamento interno que debe definir la forma de trabajo, medios y posibles sanciones por el incumplimiento del mismo.

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	COMÚN	ELECTRÓNICA	DISEÑO
		formar grupo, planificación, investigación			19: Constitución grupo.	22: preparación investigación electrónica	
18	19		21	22			
		conceptualización					25, 26: revisión investigación diseño
25	26		28	29			25: revisión conceptos en electrónica
		desarrollo					2, 3: revisión conceptos en diseño
2	3		5	6			6: tutoría desarrollo electrónica
9	10						
					17: clases cruzadas, arranque 8/5/H		
16	17	18	19	20			
23	24	25	26	27	24: entrega risa		

Fig. 4. Calendario del proyecto Exprés (en este curso fue el llamado proyecto Risa) con indicación de tareas separadas y comunes en horario de clases. En blanco trabajo en grupo de los estudiantes fuera del aula.

**2ª fase:** Búsqueda de información y análisis.

Los estudiantes deberán distribuirse y ejecutar la tarea de recopilación de información relevante, y de elaboración de esa información de modo que pueda ser compartida por los miembros del equipo y constituya el punto de partida para identificar oportunidades para la propuesta de conceptos de producto. Los estudiantes de electrónica trabajan sobre todo las capacidades de componentes electrónicos relacionados con los objetivos.

**SEMANA 2:**

**3ª fase:** Generación de conceptos.

Tomando como punto partida el trabajo de la primera fase se han de proponer un mínimo de dos conceptos de producto por cada equipo.

Entregable 2. Presentación de conceptos, Propuesta de DOS conceptos de producto (mínimo). Los conceptos propuestos serán justificados tomando como base la información recopilada en la segunda fase.

**4ª fase:** Desarrollo final.

Los conceptos más viables serán desarrollados en su totalidad, continuando este desarrollo a través de bocetos más elaborados y que muestren la evolución funcional y la exploración formal; en esta fase se evaluarán tanto el razonamiento para la consecución de la función como las alternativas formales que pueden ayudar a cumplir mejor esta función, y el desarrollo de alternativas técnicas para garantizar el correcto funcionamiento del producto. Durante esta fase se deberán solucionar las características técnicas del producto y definir con precisión los procesos productivos y materiales a utilizar en su fabricación.

Paralelamente, se desarrollará el sistema electrónico mediante montajes reales, explorando sus funciones y restricciones. Será el momento de seleccionar los componentes concretos que mejor se ajusten a las necesidades. Estos desarrollos serán debidamente documentados con descripciones escritas, esquemas de circuito y simulaciones comentadas, y tendrán como resultado el montaje y puesta a punto de un prototipo.

Entregable 3. Prototipo y testeo, informe que recoja cómo se realizó el testeo, qué objetivos se perseguían y que mejoras ha reportado.



Fig. 5. Prototipo de uno de los Proyectos Exprés, completamente integrado en la maqueta y funcional. Se trata de un objeto que dos personas tienen que sujetar con los dientes por cada uno de sus extremos. Detecta desequilibrio y genera sonidos de recompensa y castigo. En otros proyectos el castigo era una pequeña descarga eléctrica, una vibración, etc.

Entregable 4. Descripción del producto indicando en cada caso planos de montaje, arquitectura de bloques, esquemas electrónicos, etc.

Entregable 5. Presentación final.

En el tiempo previsto se entregaron los proyectos con muy buenos resultados, ya que todos ellos resultaron ser funcionales y 5 de 10 fueron integrados en su maqueta (logro difícilmente alcanzado en otras ediciones). Las causas de este éxito se debe principalmente a la disponibilidad de los componentes y a montar el prototipo en placa blanca o al aire sin preocuparse por la PCB. Ésta se fabricaría inmediatamente después.

En las fig. 5 y 6 se puede observar sendos los prototipos del Proyecto Exprés cuyo tema era la risa.

## VI. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La evaluación del “Proyecto Exprés” como metodología docente se evalúa con alumnos y profesores de las asignaturas “Laboratorio de Diseño Electrónico”, de 4º del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática y “Metodología de Diseño”, de 4º del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Diseño de Producto, ambas de la Universidad de Zaragoza.



Fig. 6. Uno de los Proyectos Exprés en su edición “Risa”, integrado en la maqueta y funcional. Es un pequeño robot que reacciona a la presencia y la distancia, huyendo según ciertos criterios y reaccionando así mismo cuando se le despegan del suelo.

Como se ha comentado anteriormente, tras varios años de experimentación y mejora de la metodología de forma intuitiva, en el curso 2017/18 se formalizan y ejecutan los criterios para una evaluación estructurada, que se relacionan con la consecución de competencias transversales, con la mejora de la ratio esfuerzo / aprendizaje y con la adquisición de competencias técnicas tanto propias como cruzadas entre los dos tipos de estudiante.

La orientación de la evaluación se basó en métodos mixtos cualitativos y cuantitativos, siguiendo las bases teóricas de la metodología de evaluación “Xassess” [7]. En concreto se definió una combinación de métodos relacionados con diferentes estrategias, en todo caso considerando tanto la perspectiva de los estudiantes como la de los profesores.

La metodología de evaluación multi-instrumental incluyó:

- Observación y notas de campo por parte de los profesores responsables de la presente experiencia a lo largo de todo el curso.
- Una comparativa entre dos encuestas al alumnado, realizadas al principio y al final de curso, que contenían preguntas tanto abiertas como cerradas. Ambas anónimas, se enviaron a los alumnos con la herramienta de Google Forms. En ambos casos las preguntas eran las mismas, pero con diferente enfoque: en la primera se pedía la visión prospectiva del alumno, mientras que en la segunda los alumnos respondían sobre la base de la experiencia que habían adquirido en el curso, por tanto se buscaba su visión perceptual y crítica. En la primera encuesta respondieron 12 alumnos de un total de 17 en el caso del grado en electrónica (un 70%) y 38 alumnos de un total de 60 en el caso del grado de diseño (un 63%); en la segunda encuesta respondieron 17 alumnos en el caso del grado de electrónica (100%) y 44 alumnos en el caso del grado de diseño (un 73%). Por tanto podemos considerar que en ambas encuestas los resultados cuantitativos son significativos estadísticamente. Los objetivos de la estructura de doble encuesta eran principalmente dos: la comparativa entre expectativas y percepción posterior y la comparativa de resultados entre especialidades.
- 
- *Focus group* informales que mantienen los profesores con los alumnos en los grupos de prácticas. En ellos se buscan específicamente cuestiones emergentes, y se recogen comentarios e impresiones generales que expresan los alumnos en ambiente distendido, y que no se reflejan en las encuestas (de carácter más neutro).
- Entrevistas finales con los profesores de ambas asignaturas (3 en el caso de diseño y 2 en el caso de electrónica), orientadas a recoger su visión comparativa con los resultados de años anteriores (así como sus impresiones derivadas de los focus group informales a sus respectivos grupos de alumnos).

El procedimiento fue el siguiente:

- Ejecución de la primera encuesta a los dos grupos de alumnos (primer mes del curso). Comparativa entre expectativas y visiones de diseñadores y electrónicos.
- Observación y notas de campo por parte de los profesores responsables del paper (a lo largo de todo el curso). Combinación posterior de resultados con segunda encuesta.
- Ejecución de la segunda encuesta a los dos grupos de alumnos (penúltima semana del curso). Triangulación de datos con la primera encuesta.
- Recogida de datos emergentes en los *focus group* (última semana del curso. Complementación con el resto de resultados.

La fig. 7 muestra la opinión de los alumnos en varios puntos:

- Valora el trabajo con la otra especialidad
- Valora tu entendimiento con la otra especialidad
- ¿En qué medida crees que la otra especialidad te aportará nuevos conocimientos?
- Valora el interés que crees que tiene trabajar en proyectos híbridos para aprender a trabajar en grupo
- Valora el interés que crees que tiene trabajar en proyectos híbridos (diseño-electrónica) en tu formación
- Valora el interés que crees que tiene trabajar en proyectos híbridos (diseño-electrónica) para tu futuro trabajo

En general la opinión de los estudiantes es siempre positiva, aunque se observa que tienen unas expectativas superiores al inicio de lo que resulta su percepción final. Es interesante relacionar estos datos con las razones que dan los alumnos en las entrevistas posteriores, donde indican que las principales barreras a las que se enfrentan son la dificultad de desarrollar un

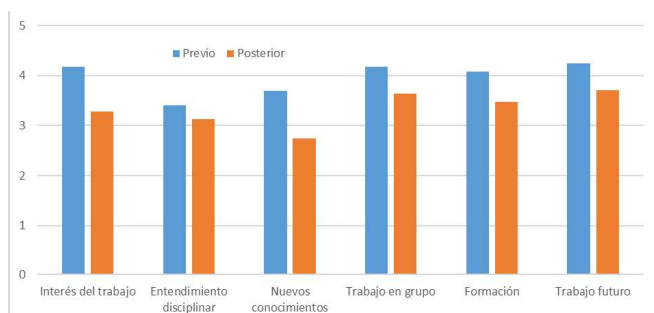


Fig. 7. Opinión de los estudiantes acerca de varios aspectos de los proyectos híbridos.

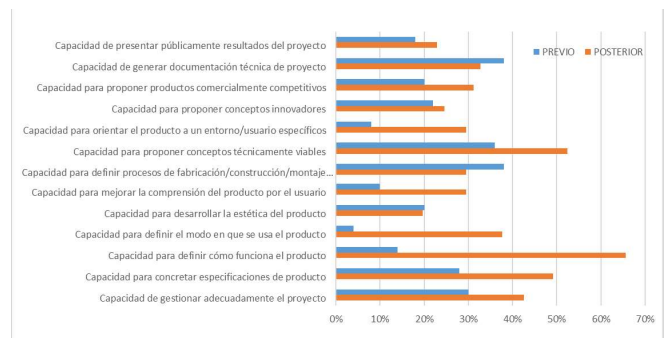


Fig. 8. Percepción de las competencias adquiridas mediante la metodología.

proyecto profesional con una metodología a la que no están acostumbrados (una de las cuestiones que reiteran más los estudiantes de electrónica son los cambios que ellos consideran tardíos por parte de los diseñadores; aunque sí reconocen el aprendizaje derivado de esta barrera), con estudiantes de perfil diferente al suyo (aunque cuando concretan, las razones que esgrimen son más de tipo individual, por ejemplo el compromiso con el proyecto que ha tomado un determinado compañero de la especialidad contraria), y la diferencia de pesos académicos de las asignaturas hermanadas.

Al pedirles que evalúen específicamente las capacidades trabajadas vemos que la tendencia se invierte; es decir, que previamente opinaban que no iban a mejorar tanto como luego reconocen haber mejorado. La fig. 8 indica para diferentes ámbitos profesionales, qué porcentaje de estudiantes consideran van a mejorar y han mejorado respectivamente.

En este caso, al contrario que con la primera pregunta de opinión, se ve cómo mejora su percepción de formación en varios ámbitos por el hecho de abordar un diseño completo y operativo.

Finalmente, analizando los resultados alcanzados por los estudiantes, el 93% de los proyectos ha mejorado en acabado y alcance respecto a otros años (un 65%).

Como conclusión, se pueden confirmar las barreras previstas (tanto a partir de la literatura como a partir de las experiencias previas) en el trabajo multidisciplinar, pero se advierte un aprendizaje muy interesante. Los alumnos, que idealizan en principio la realidad del trabajo multidisciplinar, se topan con las barreras que suelen darse en este ámbito. Sin embargo, reconocen su aprendizaje al respecto, superando sus expectativas previas y en puntos que corresponden con los objetivos iniciales de la metodología.

## VII. CONCLUSIONES

El “Proyecto Exprés” es parte de una experiencia de innovación docente ya asentada, que involucra a estudiantes de los grados de ingeniería electrónica y de ingeniería de diseño industrial. Se forman grupos interdisciplinares que desarrollan productos industriales con contenido electrónico, orientado al mercado y en colaboración con una empresa. El Proyecto Exprés se inserta al inicio del proceso como proyecto preparatorio. Tras varios años mejorando la metodología, el presente trabajo presenta su formalización y evaluación en términos de adecuación a la consecución de competencias transversales,

mejora de la ratio esfuerzo / aprendizaje y optimización de la adquisición de competencias técnicas tanto propias como cruzadas entre los dos tipos de estudiante.

La percepción de los estudiantes en cuanto a las competencias transversales y el valor del trabajo disciplinar aparece claramente en las encuestas, cumpliéndose uno de los objetivos principales de este trabajo. Una de las cuestiones más sugerentes es que los alumnos idealizan en principio la realidad del trabajo multidisciplinar, pero se topan en la práctica con las barreras que suelen darse en este ámbito. Sin embargo, reconocen su aprendizaje al respecto, superando las expectativas de aprendizaje que previamente habían hecho.

Una de las decisiones que se tomó en el proceso de diseño del Proyecto Exprés y que ha ofrecido un avance considerable fue la supresión de la presión técnica para los estudiantes de electrónica. Es decir, en esta parte de la asignatura, los electrónicos no tienen que fabricar PCB; esto se ha conseguido poniendo a su disposición un set de componentes. El hecho de evitar problemas técnicos hace que se desarrollen más fácilmente las competencias transversales, al poder centrarse los estudiantes en las labores colaborativas. Estas tareas son abordadas más delante, de manera que no se descuidan.

Se constata además una mejora del acabado de los proyectos desarrollados. Todos ellos resultaron operativos, no solo evitando la frustración del fracaso si no que además incrementa la motivación para abordar el proyecto posterior con la empresa y la satisfacción de haber logrado el logro en equipo, dando valor a la eficacia de la metodología interdisciplinar.

#### AGRADECIMIENTOS

A todos los estudiantes que han participado en las ediciones de proyectos híbridos; a los profesores que en ocasiones anteriores han participado. Al Vicerrectorado de Política Académica de la Universidad de Zaragoza por su apoyo y reconocimiento durante todos estos años. A la Dirección de la

Escuela de Ingeniería y Arquitectura por su sensibilidad y apoyo a las experiencias de innovación docente. A la empresa B/S/H/ por involucrarse en el proceso formativo de los estudiantes y dar valor a su potencial innovador.

#### REFERENCIAS

- [1] M. Daun, A. Salmon, T. Weyer, "Project-based learning with examples from industry in university courses: an experience report from an undergraduate requirements engineering course" IEEE 29th International Conf. on Software Engineering Education and Training (CSEET), 2016.
- [2] Y. Mohd, Khairiyah, "Cooperative problem-based learning (CPBL): a practical PBL model for engineering courses". In: 2011 IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2011. IEEE Explorer, 366-373.
- [3] A. R. Jassawalla, "An examination of collaboration in high-technology new product development processes". Journal of Product Innovation Management, 15(3), 237-254, 1998.
- [4] J. M. López, E. Manchado, R. Casas, I. López, T. Blanco, "Adquisición de competencias profesionales mediante proyectos interdisciplinares". II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2013).
- [5] Beers, P. J., Boshuizen, H. P., Kirschner, P. A., & Gijsselaers, W. H. (2006). Common ground, complex problems and decision making. Group Decision and Negotiation, 15(6), 529-556.
- [6] Blanco, T., Casas, R., Manchado-Pérez, E., Asensio, Á., & López-Pérez, J. M. (2017). From the islands of knowledge to a shared understanding: interdisciplinarity and technology literacy for innovation in smart electronic product design. International Journal of Technology and Design Education, 27(2), 329-362.
- [7] M. L. Cuenca González, F. Alarcón Valero, M.D.M. Alemany Díaz, A. Boza Garcia, M. Fernández Diego, M. L. Gordo Monzó, L. Ruiz Font. La técnica 6-3-5 extendida, para la competencia de creatividad, innovación y emprendimiento (2016). <http://hdl.handle.net/10251/68332>.
- [8] E. Manchado, C. Romero, T. Blanco, R. Casas, J. M. López, "Una experiencia de aprendizaje colaborativo, basada en la adaptación de metodologías de design thinking", III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015).
- [9] T. Blanco, A. Berbegal, R. Blasco, R. Casas, R. (2016). Xassess: crossdisciplinary framework in user-centred design of assistive products. Journal of Engineering Design, 27(9), pp. 636-664