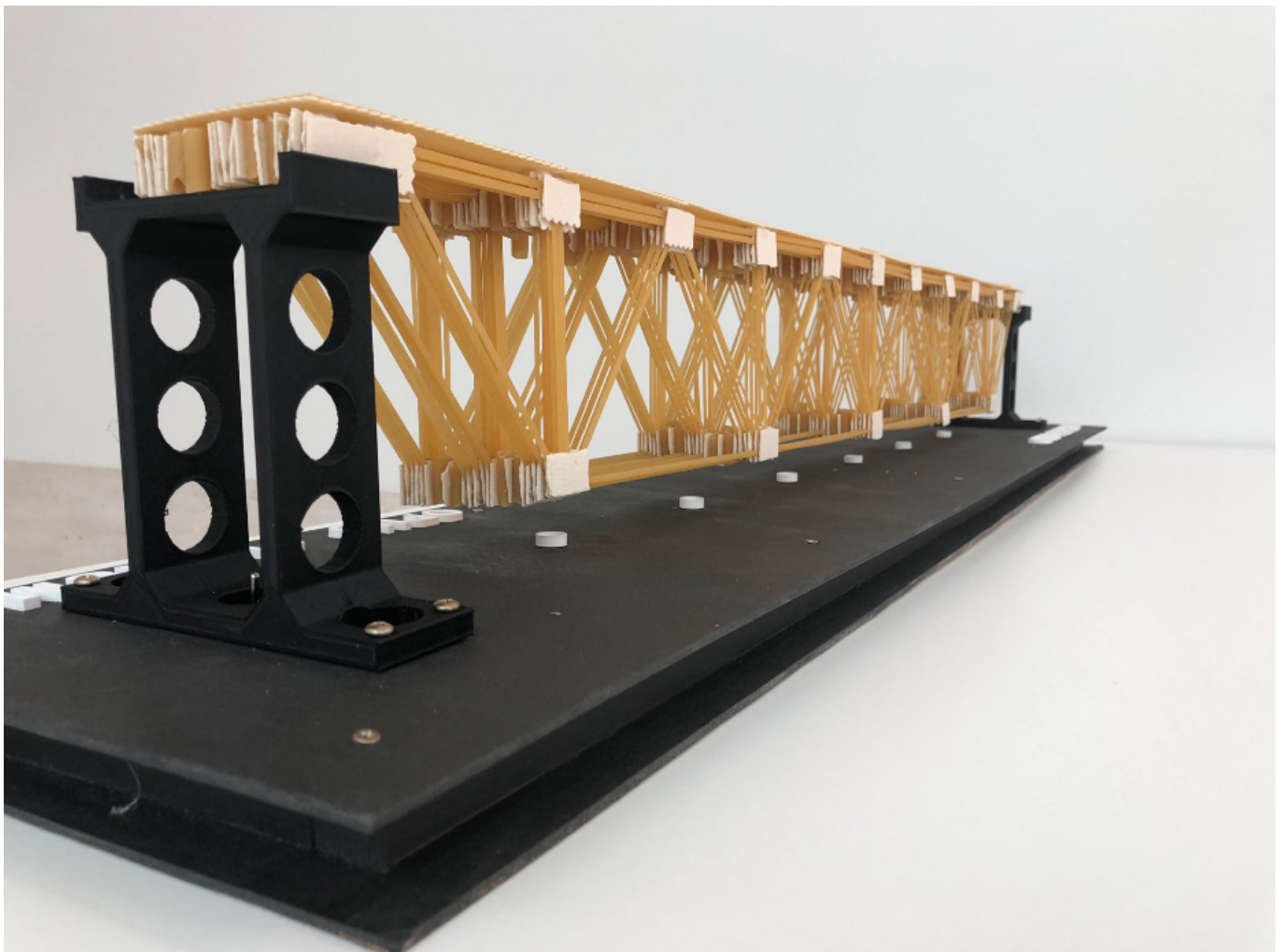


Construir un puente resistente de pasta alimenticia supone todo un reto tecnológico debido a la fragilidad de la pasta seca y a la dificultad para manipularla. Es por ello que los concursos de puentes son muy populares en los centros de secundaria y en las universidades de todo el mundo. En esta comunicación se describe el proyecto de construcción de un puente realizado por un grupo de alumnos de la materia de Tecnología Industrial II del IES Cinco Villas de Ejea de los Caballeros. El producto final fue el resultado de integrar los conocimientos adquiridos con el autoaprendizaje, la creatividad, el ensayo y las nuevas tecnologías. El puente construido por el grupo resultó ganador en un concurso de ámbito regional organizado por la Universidad San Jorge de Zaragoza.



Pequeña introducción en la que te presentas y presentas tu aula

Mi nombre es Mario Monteagudo Alda. Soy profesor de la especialidad de Tecnología en el IES Cinco Villas de Ejea de los Caballeros. Imparto habitualmente las materias de Tecnología y TIC en ESO y Bachillerato. A lo largo del curso escolar 2018/2019 he impartido Tecnología Industrial II a un grupo de alumnos y alumnas de 2º curso de Bachillerato, muy motivados y con una clara vocación técnica, con los que ha resultado muy gratificante trabajar en la realización de distintos proyectos.

### Objetivos de la actividad

- Integrar los conocimientos adquiridos en el área tecnológica y en otras áreas en un proyecto presentado a un concurso externo.
- Aplicar a un caso práctico el método de proyectos: pensar, hacer, comprobar.
- Fomentar el autoaprendizaje en temas poco tratados en bachillerato, especialmente en lo relativo a la resistencia de materiales y a las tipologías estructurales.
- Integrar las herramientas TIC en el desarrollo de proyectos tecnológicos.
- Entender el proceso tecnológico como una actividad esencialmente creativa, en la que no pueden aplicarse soluciones preestablecidas.
- Relacionar los materiales, la forma de los objetos tecnológicos y sus funciones y adquirir conciencia de la importancia del diseño en las soluciones tecnológicas.
- Mejorar la capacidad de comunicación para transmitir a un jurado y, en general, a un público externo, la validez y la calidad del trabajo propio.

### Contenidos trabajados

- Propiedades de los materiales: resistencia.
- Técnicas de unión con adhesivos.
- Estática y teoría elemental de estructuras.
- Tipologías estructurales básicas.
- Aplicaciones para el cálculo estructural.
- Diseño 3D asistido por ordenador: diseño paramétrico.
- Técnica de impresión 3D.

- Electrónica básica.

#### Recursos y Herramientas utilizados

- Pasta alimenticia en varios formatos (tallarín, pluma y lasaña.)
- Adhesivos comerciales de varios tipos.
- Impresora 3D y filamento.
- Tableros de fibras de madera, pintura y tornillos.
- Herramientas para el trabajo de la madera.
- Componentes electrónicos (cable, diodos LED, resistencias, portapilas e interruptor.)
- Soldador y estaño.
- Aplicaciones gratuitas para el diseño 3D, el laminado de modelos y el cálculo de estructuras de celosía.

#### Desarrollo de la actividad

A finales del segundo trimestre del curso 2018/2019 la Escuela de Arquitectura y Tecnología de la Universidad San Jorge convocó un concurso de construcción de puentes de pasta abierto a todos los centros educativos de Aragón. Se trataba de construir un puente usando exclusivamente pasta alimentaria en cualquiera de sus formatos. El puente debía tener un metro de distancia libre entre apoyos y soportar en su punto medio una carga puntual de un kilogramo durante un minuto. Los chicos y chicas de Tecnología Industrial II del IES Cinco Villas aceptaron con entusiasmo el reto y se pusieron a trabajar de inmediato.

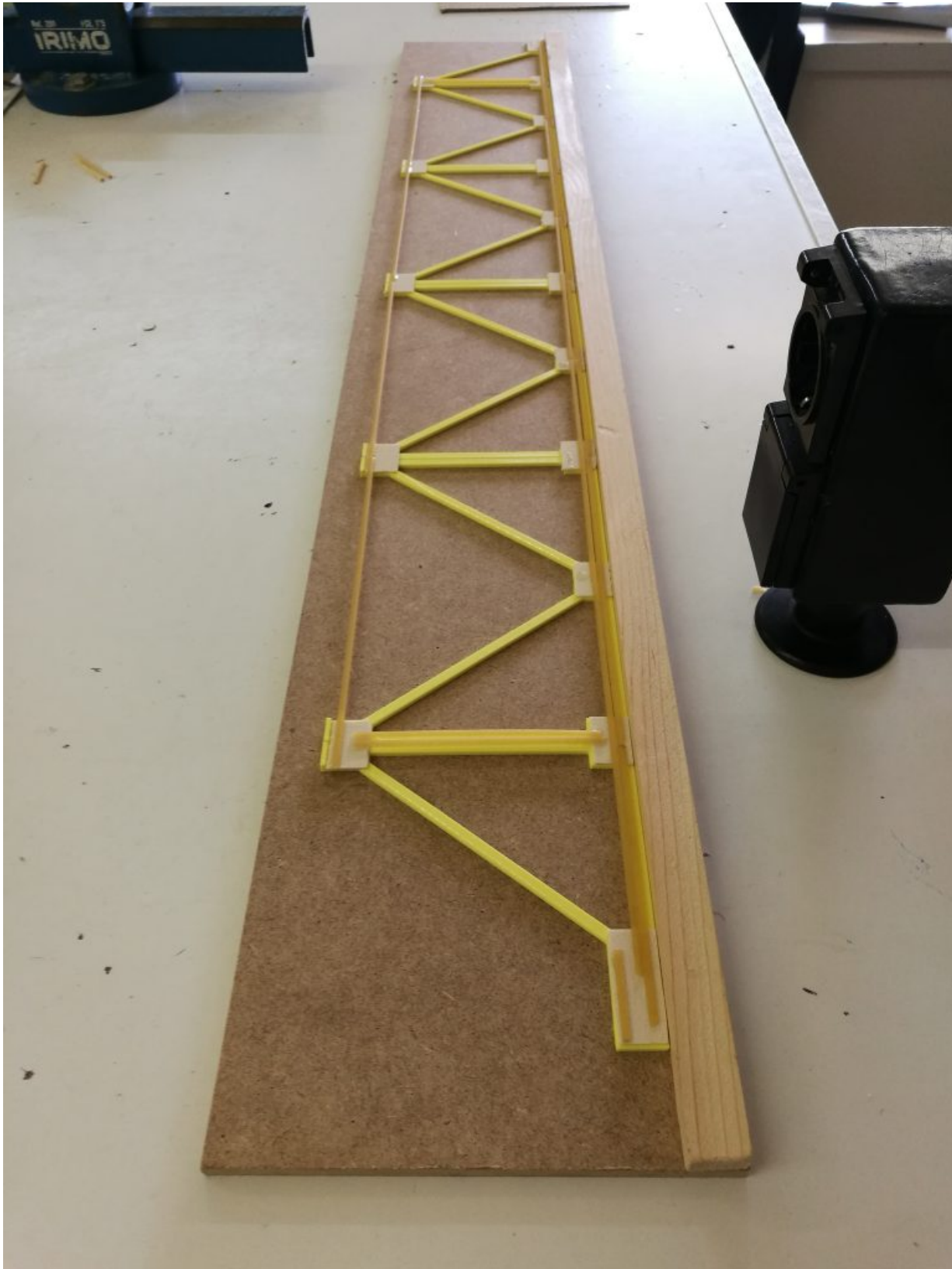
El alumnado de secundaria tiene la tendencia, propia de su edad, a pasar a la acción sin reflexión previa. Por este motivo el profesor hizo una consideración inicial que sirvió para comenzar los trabajos: las particulares características de la pasta seca debían condicionar las técnicas de manipulación empleadas, las técnicas de unión y el tipo de estructura elegida. Es decir, el diseño debía adaptarse al material y no a la inversa, por lo que había que comenzar estudiando el material.

Las condiciones del concurso especificaban una estructura de gran longitud, por lo que se eligió un producto largo: el tallarín. Se deshechó el espagueti por su menor sección y resistencia.

Seguidamente se realizaron múltiples ensayos de unión con adhesivos comerciales. El cianoacrilato no pegaba bien por su falta de capacidad de relleno y por la porosidad de la pasta. El cianoacrilato con polvo de bicarbonato, recomendado en las bases del concurso, resultaba sucio y engorroso. Los pegamentos para papel y cartón carecían de capacidad adhesiva. La cola termofusible era antiestética y añadía demasiado peso a la estructura. La cola blanca unía fuertemente, pero hinchaba y deformaba la pasta. Finalmente se escogió un adhesivo epoxi bicomponente, fuerte, ligero y con capacidad de relleno.

Los tallarines fueron pegados sobre pequeños rectángulos de lasaña a modo de cartelas. Para cortar las placas de lasaña se usó un simple cúter. Las uniones o nudos así formados resultaron ser más resistentes que el propio tallarín.

El siguiente paso fue la elección del tipo de estructura. En Internet pueden encontrarse muchos ejemplos de puentes de pasta. La mayoría de ellos son arcos con tablero inferior. Estos diseños presentaban dos problemas: no dejaban espacio para colocar la carga de prueba y comprimían el arco, lo que obligaba a usar gran cantidad de pasta y pegamento para evitar la flexión del arco por compresión.



En su lugar se pensó en una viga triangulada con tablero superior, que dejaba libre toda la superficie del puente para colocar las cargas y que no producía flexiones ni torsiones en los tallarines. Como resultado de la búsqueda de información, principalmente en Internet, se eligió una viga Pratt, en la que la mayor parte de las barras de tallarín trabajarían a tracción (estiradas.)

Para determinar qué zonas de la viga había que reforzar, se encontró una pequeña aplicación gratuita y muy sencilla de usar que permitía el análisis de estructuras articuladas. El análisis mostró claramente que había zonas de compresión muy alta que había que reforzar especialmente.

La construcción fue muy laboriosa por la gran cantidad de piezas que debían ser cortadas, alineadas y pegadas. El problema de la alineación se resolvió con unas plantillas impresas en 3D sobre las que quedaban encajadas e inmovilizadas las cartelas, permitiendo su pegado y el curado del adhesivo. Las plantillas servían además para componer la estructura sin desviaciones en la forma o en las dimensiones.

El puente resultante estaba formado por 15 capas de tallarines y cartelas de lasaña. Sobre los nudos de la parte superior se apoyó un tablero de placas de lasaña reforzadas con tallarín para mejorar la estética y permitir el apoyo de la carga de prueba.

El grupo pensó entonces en la presentación del puente. Pareció adecuado construir un peana expositora y alguien pensó en dotarla de luz para iluminar el puente desde abajo. Se utilizó tablero de fibras para construir una pequeña plataforma hueca que albergaba en su interior un circuito electrónico de iluminación con diodos LED azules. Se usó la impresora 3D para la fabricación de unos pequeños conos reflectores para los diodos.



Para sustentar el puente expuesto y hacer la prueba de carga, se colocaron sobre la plataforma de madera dos soportes atornillados, que una vez más se diseñaron e imprimieron en 3D. El expositor, pintado en negro, fue completado con el nombre del proyecto impreso en plástico blanco: "Opus Plexum", algo así como "obra entramada."

La prueba de carga se efectuó con botellines de agua de medio litro. El puente resistió perfectamente la carga de un kilogramo sin que se apreciara deformación alguna. Estaba claro que la resistencia obtenida era muy superior a la exigida en el concurso y todo ello con un puente que pesaba menos de un kilogramo y en el que se usó tan poco pegamento que éste no resultaba visible.



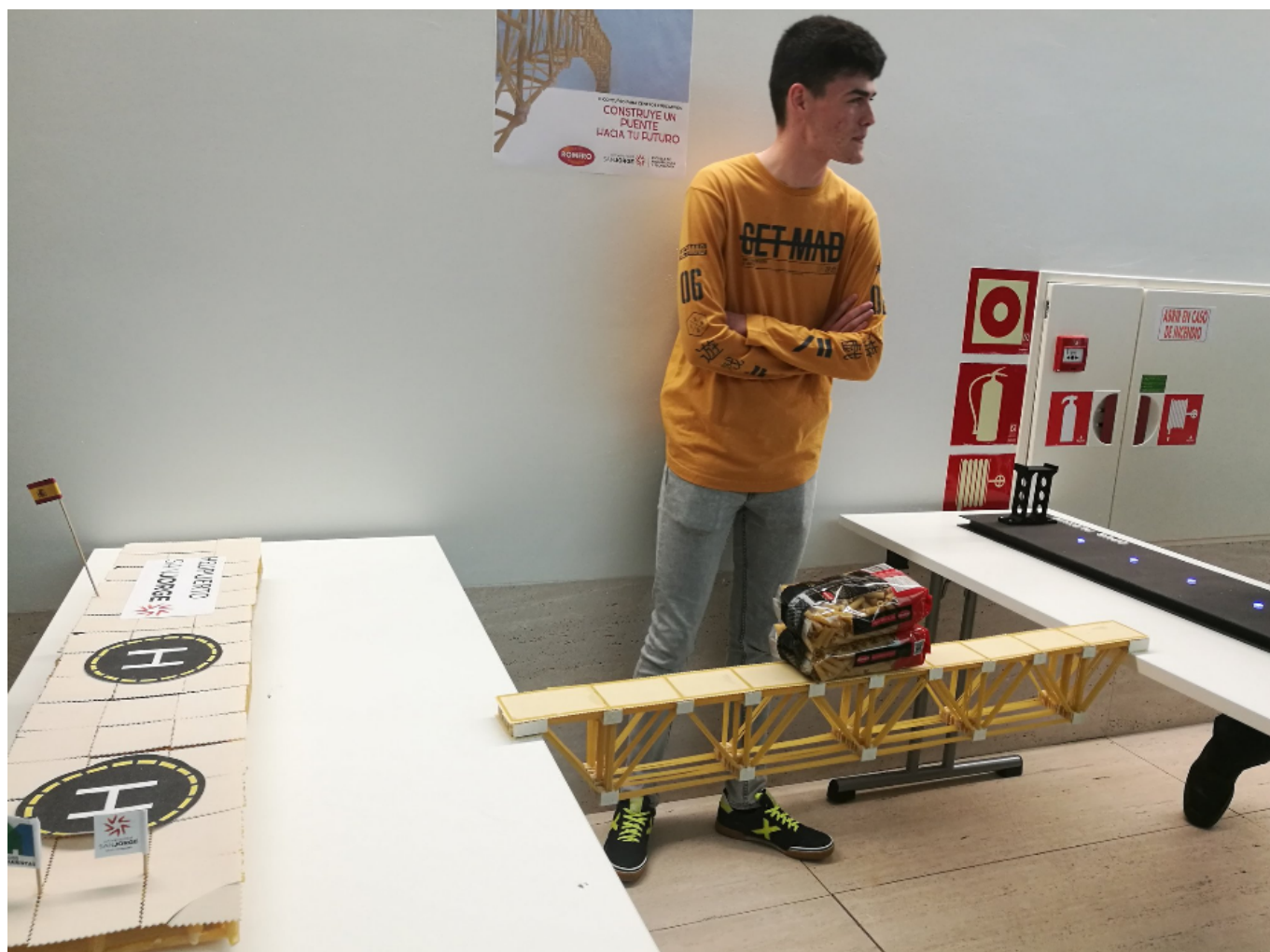
El último problema a resolver fue el del traslado del puente hasta la Universidad San Jorge donde se celebraba la prueba, una operación peligrosa por la fragilidad de la pasta seca. El grupo resolvió que la base del expositor ofrecía suficiente estabilidad frente al vuelco y que bastaba con acolchar los apoyos del puente e inmovilizar éste durante el transporte con gomas elásticas y unos utillajes impresos en plástico.

### Valoración

Al puente presentado por el grupo del IES Cinco Villas le fue otorgado el primer premio del concurso, en el que se valoraron tanto el cumplimiento de las condiciones resistentes fijadas en las bases del concurso como la calidad técnica y estética del puente. La idea inicial de un



diseño centrado en y por el material ha resultado clave en el éxito del proyecto.



Creemos que los objetivos planteados en la actividad se cumplieron sobradamente, incluyendo el relativo a la habilidad en la comunicación de ideas, como pudo comprobarse en la pequeña entrevista que Aragón TV realizó en directo al grupo de alumnos.

El proyecto realizado ha supuesto una aproximación al proceso tecnológico algo más compleja y completa que la llevada a cabo en los cursos anteriores de ESO y Bachillerato. De hecho, la participación en el concurso ha reforzado la vocación del alumnado por los estudios de arquitectura e ingeniería.

La incorporación de la impresión 3D ha resultado fundamental en el resultado final. Sorprende la naturalidad con la que el alumnado ha asimilado esta nueva tecnología y el dominio que han adquirido de las técnicas de diseño 3D. Cabe destacar que la impresora 3D usada fue montada pieza a pieza por el mismo grupo que realizó el puente de pasta.

Mario Monteagudo Alda

IES Cinco Villas