



Concepciones del alumnado sobre ingeniería y sus conexiones con las matemáticas y las ciencias

Students' Conceptions of Engineering and its Connections with Mathematics and Science

Jefferson Rodrigues-Silva

Departamento de Ingeniería Mecánica. Instituto Federal de Minas Gerais, Arcos, Minas Gerais, Brasil
jeffe.rodri@gmail.com

Marcela Silva-Hormazábal

Departamento de Especialidades Pedagógicas, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Los Lagos, Chile
marcela.silva@uach.cl

Ángel Alsina

Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Girona, Girona, Cataluña, España
angel.alsina@udg.edu

RESUMEN • Considerando la incorporación progresiva de la competencia STEM en el currículo de educación primaria, se exploran las concepciones del alumnado sobre la ingeniería. Para ello, se ha aplicado el instrumento validado Draw an Engineer Test (mDAET) a 18 estudiantes españoles de 10 a 11 años. Los datos obtenidos a partir de una metodología mixta (por un lado, estadística descriptiva y pruebas no paramétricas, y, por otro, análisis de contenido) muestran que el alumnado participante presenta nociones estereotipadas de la ingeniería como actividades manuales, desarrolladas en ambientes de trabajo de campo y de forma individual. Además, identifican un uso simplista de las matemáticas y no visualizan el uso de las ciencias en ingeniería. Se defiende que es necesario el desarrollo profesional docente para abordar estas concepciones y, así, avanzar hacia la educación interdisciplinar STEM o STEAM.

PALABRAS CLAVE: Concepciones sobre la ingeniería; Educación matemática; Educación científica; STEAM; Educación primaria.

ABSTRACT • Considering the progressive incorporation of the STEM competence in the primary education curriculum in Spain, students' conceptions of engineering are explored. For this purpose, we conducted the validated instrument Draw an Engineer Test (mDAET) to 18 Spanish students aged 10 to 11. The data obtained from a mixed methodology –on the one hand, descriptive statistics and non-parametric tests; on the other, content analysis– show that the participating students present stereotypical notions of engineering as manual activities developed in fieldwork environments and individually. Furthermore, they identify a simplistic use of mathematics and fail to recognise the role of science in engineering. Teacher professional development is argued to be necessary to address these conceptions and thus move towards interdisciplinary STEM or STEAM education.

KEYWORDS: Conceptions of engineering; Mathematics education; Science education; STEAM; Primary education.

Recepción: julio 2022 • Aceptación: mayo 2023 • Publicación: noviembre 2023

Rodrigues-Silva, J. y Alsina, Á. (2023). Concepciones del alumnado sobre ingeniería y sus conexiones con las matemáticas y las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(3), 33-51.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5753>

INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas, diversas investigaciones han utilizado el test Dibuje a una Persona Ingeniera (Draw and Engineer Test o DAET) (Knight y Cunningham, 2004) para explorar las concepciones de niños y niñas sobre el área y la profesión de la ingeniería. Estos estudios han sido desarrollados en países como Estados Unidos (Capobianco et al., 2011; Matusovich et al., 2021; Rivale et al., 2020), Turquía (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balcin, 2019), México (López et al., 2013) y China (Chou y Chen, 2017).

Los resultados de estos estudios han evidenciado que el alumnado de estos países posee concepciones equivocadas y estereotipadas sobre la ingeniería (Chou y Chen, 2017; Diefes-Dux y Capobianco, 2011; Ergun y Balcin, 2019). En general, vinculan la ingeniería con actividades manuales de mantenimiento y construcción, más que con acciones intelectuales de diseño de procesos y productos para la solución de problemas o necesidades (Capobianco et al., 2011).

Sobre cómo se desarrolla la ingeniería, frecuentemente imaginan a las personas ingenieras en trabajos de campo y actuando de manera individual (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009). Además, presentan dificultades para entender la interdisciplinariedad entre la ingeniería y otras áreas, como las matemáticas y las ciencias (Thomas et al., 2020, 2016). Otro resultado recurrente en estas investigaciones es la identificación del sesgo de género, ya que tanto los niños como las niñas representan a las personas ingenieras mayoritariamente como a hombres (Chou y Chen, 2017; Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009).

Los estudios sobre las concepciones del alumnado acerca de la ingeniería están motivados por el creciente interés de esta área del conocimiento en las etapas preuniversitarias (Capobianco et al., 2011; Moore et al., 2014). Al respecto, destacan los enfoques educativos STEM (interdisciplinariedad entre ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) y STEAM (adicionalmente, considerando también las artes o humanidades) (Marín-Marín et al., 2021; Rodrigues-Silva y Alsina, 2023a). Entre otras transformaciones curriculares, estos enfoques educativos impulsan la inserción de la ingeniería en el currículo y su práctica desde la educación infantil (Cabello et al., 2021; Rodrigues-Silva y Alsina, 2023b), siendo STEAM más amplio respecto a aspectos artísticos y humanísticos (Guyotte, 2020). España, por ejemplo, ha incluido la competencia STEM en el currículo de educación primaria para fomentar «la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible» (MEFP, 2022, p. 21).

Por un lado, desde la perspectiva de STEM y STEAM, el contacto temprano con la ingeniería es defendido como una forma de proporcionar contextos auténticos que integran otras áreas del conocimiento (Moore et al., 2014; Yakman y Lee, 2012), al igual que como estrategia para fomentar el interés de las chicas en la ingeniería (Sengupta-Irving y Vossoughi, 2019; Stephenson et al., 2021). En este contexto, se considera el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) referente a la disminución de la brecha de género existente en las carreras técnicas (Rodrigues-Silva y Alsina, 2023b; United Nations, 2015). Por otro lado, se ha documentado que actividades STEM o STEAM mal diseñadas y gestionadas conducen o refuerzan concepciones equivocadas o estereotipadas sobre la ingeniería (Fleer, 2021; Matusovich et al., 2021). A modo de ejemplo, en el estudio de Fleer (2021) se evidencia que, en una actividad de construcción de puentes, las niñas evitaron usar materiales y herramientas propias del área de ingeniería, ya que estaban estigmatizadas como algo propio de niños. En este sentido, diversas investigaciones señalan que estas concepciones estereotipadas dificultan la interdisciplinariedad y perpetúan los sesgos de género en la ingeniería (Fleer, 2021; Matusovich et al., 2021).

Para abordar esta problemática, Moore et al. (2014) proponen un modelo de enseñanza de la ingeniería a nivel preuniversitario en el que se exploran conocimientos y habilidades de ingeniería mientras

se desarrollan concepciones precisas sobre esta área y profesión. Considerando estos antecedentes, junto con la reciente inclusión de las competencias STEM en el currículo español (MEFP, 2022), se justifica explorar las concepciones que el alumnado español tiene sobre la ingeniería.

A partir de estos antecedentes, es posible plantear las hipótesis de que el alumnado de educación primaria de España, en línea con los resultados de investigaciones realizadas en otros países, concibe la ingeniería como una profesión centrada en actividades manuales, realizadas desde un ambiente de trabajo de campo, de forma individual, con poca aplicación de conocimientos interdisciplinares (matemáticas y ciencias) y destinada a hombres. Partiendo de estas hipótesis, se ha diseñado un estudio cuyo objetivo es, tal y como se presenta en este artículo, explorar las concepciones del alumnado de educación primaria de España acerca de la ingeniería en torno a cinco variables: 1) actividad, 2) lugar de trabajo, 3) forma de trabajo, 4) aplicación de conocimientos interdisciplinares (matemáticas y ciencias) y 5) género.

MARCO TEÓRICO

Los enfoques centrados en la interdisciplinariedad como STEM y STEAM integran la ingeniería en las distintas etapas escolares (Webb y LoFaro, 2020). Al respecto, Moore et al. (2014) proponen un modelo con indicadores claves de enseñanza de calidad de la ingeniería a lo largo de la escolaridad preuniversitaria. Siguiendo este modelo, aparte de los bloques de contenidos y las habilidades de ingeniería (como el diseño en este ámbito), se destaca la necesidad de explorar y desarrollar las concepciones del alumnado sobre la profesión y el área de ingeniería.

Esta agenda de investigación es pertinente una vez que se ha observado que las actividades STEM y STEAM que no consideran las concepciones sobre la ingeniería pueden producir resultados indeseables sobre ella (Fleer, 2021; Matusovich et al., 2021). Matusovich et al. (2021), por ejemplo, usaron el DAET antes y después de actividades de mantenimiento de linternas y de discusiones sobre coches y construcciones. Mediante el análisis de los dibujos del alumnado, los autores verificaron un aumento en la percepción de la ingeniería como una actividad manual (arreglar y construir), mientras que hubo una disminución de la concepción de la ingeniería desde procesos cognitivos como crear y diseñar. Además, observaron una reducción de respuestas que relacionasen la ingeniería con la resolución de problemas y con el uso interdisciplinar de conocimientos de otras áreas como las matemáticas y las ciencias. En esta misma línea, tal y como se ha indicado anteriormente, una investigación sobre una propuesta STEM de construcción de puentes en educación infantil constató que las niñas evitaban el «área de ingeniería» donde se encontraban los materiales y herramientas necesarios para la actividad. La autora concluyó que la actividad refuerza en las niñas la concepción de que la ingeniería no es algo para ellas (Fleer, 2021).

En consecuencia, el desarrollo de actividades didácticas exige claridad sobre las concepciones que el alumnado tiene sobre la ingeniería (Moore et al., 2014). En este sentido, Knight y Cunningham (2004) adaptaron para la ingeniería el test propuesto originalmente por Chambers (1983): Dibuje a un Científico (Draw a Scientist Test o DAST), hasta entonces usado para explorar las concepciones que se tienen sobre los científicos.

Mediante el Draw an Engineer Test (DAET) se solicita a los participantes de las investigaciones que dibujen a «personas que hacen ingeniería durante su trabajo» y, seguidamente, responden a ítems de aclaración sobre el dibujo (Knight y Cunningham, 2004). De acuerdo con Capobianco et al. (2011), este instrumento se basa, principalmente, en la teoría del pensamiento figurativo (Piaget y Inhelder, 1971) en la que se argumenta que los dibujos (significante) representan sistemas personales de imágenes mentales sobre la ocupación de la ingeniería (significado).

En las investigaciones que han aplicado el DAET se identifican algunos temas o categorías recurrentes acerca de las concepciones del alumnado en torno al profesional y al área de la ingeniería. Por ejemplo, respecto a la actividad en sí (Knight y Cunningham, 2004; Matusovich et al., 2021), al lugar y la forma de trabajo (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009), a la aplicación de conocimientos interdisciplinarios (Thomas et al., 2020, 2016) y a la representación de género (Chou y Chen, 2017; López et al., 2013), razón por la cual estos temas recurrentes configuran las hipótesis planteadas y las variables de este estudio.

En cuanto a la actividad de la ingeniería, se ha observado que el alumnado suele imaginar esta disciplina como una profesión de manualidad (Capobianco et al., 2011; Ladachart et al., 2020). Ata-Aktürk y Demircan (2021), por ejemplo, advirtieron que la mayor parte del alumnado representó a personas que físicamente ejecutan actividades de producción de artefactos (construcciones civiles y máquinas). En contrapartida, solo un 5 % de ellos representó a profesionales de ingeniería desarrollando actividades de diseño. También a partir del DAET, Carr y Diefes-Dux (2012) identificaron que el alumnado estadounidense de educación primaria suele confundir a las personas ingenieras con mecánicos de automóviles, obreros de construcción civil u operadores de máquinas. Estos autores hicieron una segunda aplicación del instrumento en una muestra de 173 participantes para verificar el efecto de prácticas pedagógicas centradas en la ingeniería, en la que se evidenció un aumento de 5 a 80 en la cantidad de estudiantes que concebían la ingeniería como una actividad de diseño.

El lugar de trabajo es otro tópico frecuentemente observado en los estudios que ha aplicado el DAET. Chou y Chen (2017), por ejemplo, observaron que el 73 % del alumnado dibujó a los profesionales de la ingeniería trabajando en ambientes externos. De un modo similar, Ata-Aktürk y Demircan (2021) verificaron que, en el 87 % de los dibujos en los que se pudo diferenciar el lugar de trabajo, este se configuraba como ambientes propios del trabajo de campo (en el exterior o en el subterráneo). De manera similar, otras investigaciones evidenciaron la predominancia de la representación del lugar en el que se lleva a cabo la profesión de ingeniería como trabajo de campo (Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009).

En relación con la forma de trabajo, diversas investigaciones apuntan que más del 70 % del alumnado representó a la persona ingeniera trabajando de manera individual (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009). Este resultado es observado con cierta cautela, ya que puede estar influenciado por la instrucción del DAET, que solicita al participante dibujar a una persona realizando actividades de ingeniería. Sin embargo, a pesar de este posible sesgo, algunos estudios evidencian la existencia de una minoría del alumnado que representa a la persona ingeniera trabajando en colaboración con otras (Ata-Aktürk y Demircan, 2021).

Thomas et al. (2020, 2016) crearon una versión del DAET que indaga la integración de conocimientos entre la ingeniería y otras áreas, en particular las matemáticas y las ciencias. El análisis sobre la interdisciplinariedad es particularmente interesante en el contexto de la educación STEM o STEAM, pero también se hace pertinente como complemento a la exploración de la actividad de ingeniería (manual o intelectual). La escasa concepción que se tiene acerca de la integración de áreas de conocimiento con la ingeniería puede relacionarse con la falta de reconocimiento del trabajo intelectual que conlleva esta disciplina. En este sentido, Matusovich et al. (2021) han puesto de manifiesto que la implementación de propuestas pedagógicas de mantenimiento y discusiones sobre construcciones han resultado en un aumento de la concepción de la ingeniería como actividad manual, junto con una disminución de la percepción sobre el papel de la matemática y la ciencia en la ingeniería.

Por último, algunas investigaciones han demostrado la existencia de un sesgo de género en la imagen que el alumnado tiene sobre la persona que es ingeniera. Por un lado, algunos autores han considerado rasgos como la vestimenta, la longitud del pelo, la forma del cuerpo o el uso de maquillaje como elementos identificadores de género (López et al., 2013; Matusovich et al., 2021). Por otro

lado, otros estudiosos de esta cuestión han usado estrategias como solicitar un nombre para la persona dibujada (Ergun y Balcin, 2019) o directamente preguntando al alumnado sobre el género que tuvo la intención de representar (Capobianco et al., 2011). Los resultados respecto a este tópico indican que, cuando se comparan niños y niñas, estas últimas suelen representar proporcionalmente más a mujeres ingenieras (Capobianco et al., 2011). Sin embargo, tanto niños como niñas dibujan más a la persona que desempeña labores de ingeniería como a un hombre (Chou y Chen, 2017; Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009). Fralick et al. (2009), por ejemplo, observaron que un 87 % de los participantes (niños y niñas) habían representado a ingenieros hombres. Capobianco et al. (2011) evidenciaron que el alumnado, desde muy joven, ya muestra un sesgo de género en su concepción de la ingeniería. En concreto, estos autores observaron que, en el primer curso de primaria, la cantidad de dibujos representando a hombres era el doble que el de mujeres. Además, concluyeron que el estereotipo de género se intensifica en los años siguientes si no se desarrollan estrategias dedicadas a revertir esta tendencia.

METODOLOGÍA

Se ha desarrollado un estudio exploratorio de tipo descriptivo, lo cual se recomienda para temas aún pocos estudiados (McMillan y Schumacher, 2005). Para llevar a cabo la investigación, se ha adoptado una metodología mixta donde se complementan los abordajes cualitativo y cuantitativo para proporcionar un entendimiento más amplio y profundizado del objeto de estudio (Creswell y Plano Clark, 2017).

Hipótesis

A partir de los tópicos identificados en la literatura, ha sido posible establecer cinco hipótesis de estudio. En concreto, se plantea que el alumnado español de una clase de quinto año de educación primaria concibe que la ingeniería:

- H1: se centra en actividades manuales;
- H2: se desarrolla desde un ambiente de trabajo de campo;
- H3: se desarrolla de forma individual;
- H4: utiliza pocos conocimientos interdisciplinares (matemáticas y ciencias);
- H5: se destina a hombres.

Muestra

La muestra está compuesta por 18 estudiantes de quinto curso de educación primaria (10-11 años): 6 niñas y 12 niños, con un promedio de edad de 10 años y 5 meses (desviación estándar de 6 meses). En cuanto a la selección de los participantes en el estudio, ha sido intencionada según la facilidad de acceso. El alumnado participa voluntariamente en el estudio y, además, cuentan con la autorización de sus progenitores o tutores, mediante la firma de un consentimiento informado. Para la garantía de anonimato, el alumnado ha sido codificado (EST01 a EST18).

La escuela seleccionada es pública y está ubicada en un entorno social y cultural medio de Girona (España), una ciudad de 100.000 habitantes. Esta escuela indica, en su página web, que el proyecto educativo institucional tiene su foco en la educación artística, la ciencia experimental, la enseñanza plurilingüe y la integración de las tecnologías de manera transversal.

La dirección de la escuela indicó que, según pruebas aplicadas institucionalmente, el nivel medio de la clase respecto a la comprensión lectora es un 6 sobre 10, mientras que el nivel medio en la prueba

de matemáticas (que engloba la resolución de problemas, el razonamiento lógico, la capacidad de conectar ideas en otros contextos, la comunicación y la representación) es un 7 sobre 10.

Instrumento de recogida de datos

Como instrumento de recogida de datos se ha utilizado la traducción al español del *modified Draw an Engineer Test* o mDAET de Thomas et al. (2020). Este instrumento tiene una primera hoja con dos instrucciones: «Dibuje a una persona que hace ingeniería durante su trabajo» y «Añada un globo de diálogo al dibujo explicando qué está diciendo o pensando esta persona». En esta parte, hay un recuadro en blanco para que se realice el dibujo.

Cuando el dibujo está finalizado, se entrega una segunda hoja en la que se plantean ítems de aclaración sobre el dibujo:

- Describe el trabajo de la ingeniería.
- ¿Dónde está trabajando esta persona?
- ¿Cómo está usando esta persona las matemáticas?
- ¿Cómo está usando esta persona las ciencias?
- En tu dibujo representaste: a) mujeres, b) hombres, c) hombres y mujeres, d) ningún género.

Análisis de datos

En la tabla 1, considerando las hipótesis planteadas, se listan en el mismo orden las variables de estudio en torno a las concepciones acerca de la ingeniería con una breve explicación. Para establecer los niveles de cada variable y la descripción de cada nivel, se ha refinado la rúbrica de análisis del mDAET (Thomas et al., 2016), que inicialmente estaba focalizada en las variables ordinales *actividad* y *conocimientos interdisciplinarios*. En nuestro caso, la variable *conocimientos interdisciplinarios* ha sido doblemente abordada, primero respecto a las ciencias y luego respecto a las matemáticas. Las variables *lugar de trabajo*, *forma de trabajo* y *género* son de tipo categóricas y han sido analizadas según los niveles obtenidos de la literatura (Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009) y adaptados conforme se explica a continuación.

Tabla 1.
Concepciones sobre la profesión y la persona ingeniera

<i>Variable</i>	<i>Nivel</i>	<i>Descripción</i>
<i>Actividad:</i> Comprensión sobre el tipo de trabajo de ingeniería.	0 - Actividad equivocada	La actividad pertenece a otras profesiones.
	1 - Actividad estereotipada	La actividad se relaciona con la ingeniería, pero desde tareas manuales.
	2 - Campos de la ingeniería o diseño	La actividad pertenece a algún campo específico de la ingeniería o está asociada a tareas de diseño, pero sin indicarla como solución a un problema o necesidad.
	3 - Diseño para solucionar problemas	La actividad implica una tarea intelectual, como el diseño para la solución de problemas o necesidades.
<i>Lugar de trabajo:</i> Comprensión sobre el lugar de trabajo de la ingeniería.	De despacho	El ambiente está más relacionado con un despacho o laboratorio (interno).
	De campo	El ambiente está más relacionado con el trabajo de campo (externo), como una construcción civil o el área de producción de una fábrica.

<i>Variable</i>	<i>Nivel</i>	<i>Descripción</i>
<i>Forma de trabajo:</i> Compresión de la ingeniería como una actividad social.	Individual	Dibujan a una persona.
	Colectiva	Dibujan a más personas.
<i>Conocimientos interdisciplinares:</i> Comprensión sobre la interdisciplinariedad de la ingeniería con las matemáticas o las ciencias.	0 - No hace referencia	No hacen alusión al uso de la disciplina junto a la ingeniería, o bien indican que no se aplica.
	1 - Referencia simplista o descontextualizada	Mencionan habilidades de nivel básico, o bien indican conceptos sin contextualizar con la ingeniería.
	2 - Referencia contextualizada a la ingeniería	Asocian y justifican el uso de la disciplina dentro de un contexto de la ingeniería.
<i>Género:</i> Imagen sobre el género de la persona que desempeña tareas de ingeniería.	Mujeres	Se considera directamente la respuesta del alumnado en el ítem de aclaración sobre los géneros representados en el dibujo.
	Hombres	
	Ambos	
	Ningún género	

*La variable *conocimientos interdisciplinares* se aborda de dos maneras, primero respecto a las ciencias y luego respecto a las matemáticas.

Se resalta que el análisis ha considerado la naturaleza cualitativa de los datos obtenidos a partir del instrumento mDAET. Así, se ha realizado un análisis cualitativo de las respuestas de manera integrada: dibujo, globo de texto e ítems de aclaración. Se ha procedido con una primera lectura de familiarización, seguida de lecturas en profundidad y múltiples comparaciones de los datos. Este análisis cualitativo complementa el abordaje cuantitativo con evidencias e informaciones relevantes además de ayudar a refinar los niveles de las variables.

La variable *lugar de trabajo*, por ejemplo, ha supuesto algunas dificultades de análisis. Inicialmente, se han considerado los niveles interior y exterior, de acuerdo con otros autores (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balçin, 2019; Fralick et al., 2009). Sin embargo, esto ha generado dudas y desacuerdos en varias ocasiones: un taller de coche, por ejemplo, podría ser interpretado como un ambiente interior o exterior; asimismo, hubo confusión para interpretar si una persona se encuentra en la línea de producción de una fábrica. Frente a esta dificultad, se prefirió definir el ambiente respecto a si se trataba más bien de un trabajo de despacho o de campo. De esta manera, esta variable ayuda a determinar si el ambiente representado está relacionado con el desarrollo de actividades intelectuales o manuales.

Una vez cuantificada la frecuencia de los niveles de las variables, estas fueron analizadas con estadística descriptiva y una prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado para verificar posibles diferencias de frecuencia entre los niveles. Para eso, se ha adoptado un nivel de significancia de 0,05 para el testeo de hipótesis.

Seguidamente, se han aplicado pruebas de Wilcoxon-Mann-Whitney de dos colas y un nivel de significancia de 0,05 para comparar posibles diferencias entre niños y niñas en relación con la concepción sobre la *actividad y conocimientos interdisciplinares* (matemáticas y ciencias). En este caso, la prueba no paramétrica es más adecuada para variables ordinales (Lawson et al., 2019; Wilcoxon, 1945). Además, las áreas de matemáticas y ciencias fueron tomadas como dos condiciones distintas para la misma variable *conocimientos interdisciplinares*. De esta manera, se realiza una prueba Wilcoxon Signed Rank de dos colas y bajo un nivel de significancia de 0,05 para comparar la diferencia entre las dos condiciones (Lawson et al., 2019): el uso de las matemáticas y el uso de las ciencias en la ingeniería.

En este punto, es preciso aclarar que no se ha usado la rúbrica del mDAET para analizar la variable *género*. Este instrumento establece esta variable también como ordinal, indicando grados de estereotipo de género (Thomas et al., 2016). No obstante, se ha considerado que, en el contexto del test, un estereotipo de género no puede ser establecido a partir de un individuo y una única producción, sino desde un análisis de tendencias del conjunto de individuos o de múltiples producciones de un individuo. Se resalta también la no aplicación de estereotipos como el tipo de vestimenta, el uso de pendientes o el maquillaje para identificar los géneros representados. En este caso, la variable *género* fue cuantificada directamente según las categorías de género que el alumnado seleccionó en el ítem específico de aclaración sobre los dibujos.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados siguiendo el orden de las hipótesis o variables. Además, se complementa el análisis con ejemplos de evidencias cualitativas de las distintas variables y niveles.

La actividad, la forma y el lugar de trabajo de la ingeniería

En la figura 1 se presenta la distribución de frecuencia para los niveles de la variable *actividad*. Para este análisis, se ha aplicado una prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado. El test indica que las diferencias de frecuencia entre los niveles son significativas ($\chi^2_{(3)} = 9,56; p = ,023$). Esto no expresa que todos los niveles son diferentes entre sí, sino que manifiesta que al menos un nivel se diferencia lo suficiente de los demás para que el resultado no sea considerado, con una confiabilidad del 95 %, un mero efecto del azar. De esta forma, se puede observar que el nivel de las actividades estereotipadas (nivel 1) se destaca con elevada frecuencia (10) en relación con los demás niveles.

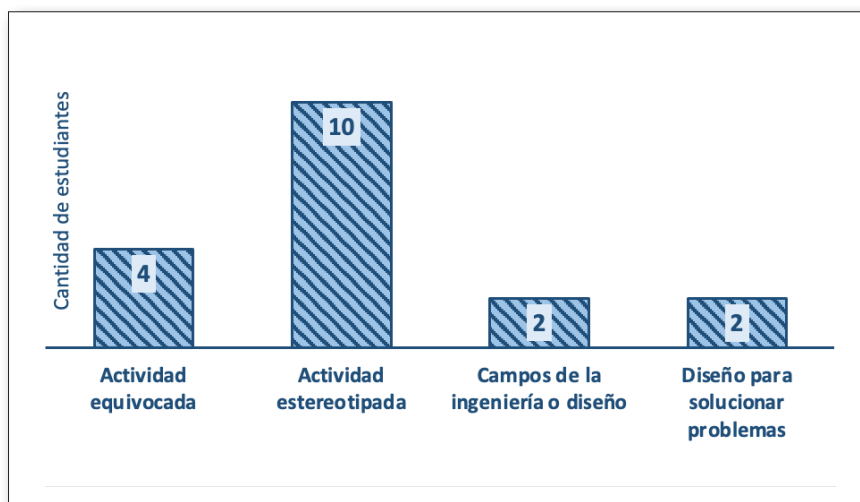


Fig. 1. Comprensión de la actividad de la ingeniería.

Además, se observa que cuatro de los participantes indicaron actividades equivocadas. Estos resultados apuntan a que la mayoría del alumnado tiene algún conocimiento relacionado con la ingeniería. Al mismo tiempo, se constata que pocos tienen un conocimiento avanzado sobre la actividad de la ingeniería, ya que únicamente dos de ellos perciben esta rama como una actividad de diseño y vinculada a la solución de problemas y de necesidades.

Asimismo, la aplicación de la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney de dos colas ha revelado que no hay evidencias desde una confiabilidad de 95 % para diferenciar la comprensión de la actividad de la ingeniería entre niños y niñas ($U = 28$; $p = ,41$). Esto permite expresar que el alumnado posiblemente presenta un grado similar de comprensión sobre la actividad de ingeniería independientemente de su sexo.

Con respecto a la actividad equivocada (nivel 0), algunos estudiantes comprenden la ingeniería como profesiones y oficios tales como bomberos, jardineros, médicos o enfermeros. Para evidenciar este dato, en la figura 2 se aprecian tres representaciones de ideas equivocadas sobre la actividad de la ingeniería. En la primera imagen se observa a un bombero y un globo de diálogo que muestra un edificio en llamas (EST05); en la imagen del medio se representa a un jardinero que dice «me gusta mucho mi trabajo» (EST06) y en la última imagen hay un médico que afirma «estoy haciendo medicina» (EST08).



Fig. 2. Comprensión de la ingeniería como actividades equivocadas.

En relación con la actividad estereotipada (nivel 1), se evidencia la representación de objetos asociados al universo de la ingeniería como herramientas de construcción o mantenimiento: martillo, llaves, tornillos, tuercas. Al mismo tiempo, se observa la conceptualización de la persona que hace ingeniería desde el estereotipo de tareas manuales, más próximas a actividades de obreros de construcciones o mecánicos de automóviles, por ejemplo.

Teniendo en consideración los campos de la ingeniería o del diseño (nivel 2), se evidencia que dos estudiantes alcanzan esta valoración. A modo de ejemplo, un alumno reconoce la existencia de diversos campos de la ingeniería: «hay muchos tipos de ingeniería. Hay nuclear, atómica...» (EST04). Aún respecto a este nivel, como se observa en la imagen izquierda de la figura 3, una niña dibujó a una mujer delante de una tostadora que dice «He [h]echo una tostadora» (EST01). Aisladamente, el dibujo podría más bien indicar una concepción de la ingeniería relacionada con la manualidad y refiriéndose a la construcción de un objeto único (artesanía o *crafting*). Sin embargo, como se puede apreciar en la imagen derecha de esta misma figura, la respuesta al ítem de aclaración sobre el trabajo de ingeniería –«[p]ues de inventar cosas» (EST01)– evidencia la idea de creación o diseño del artefacto. Eso sí, la actividad de diseño representada no está acompañada de elementos que la vinculen a la solución de problemas o necesidades.

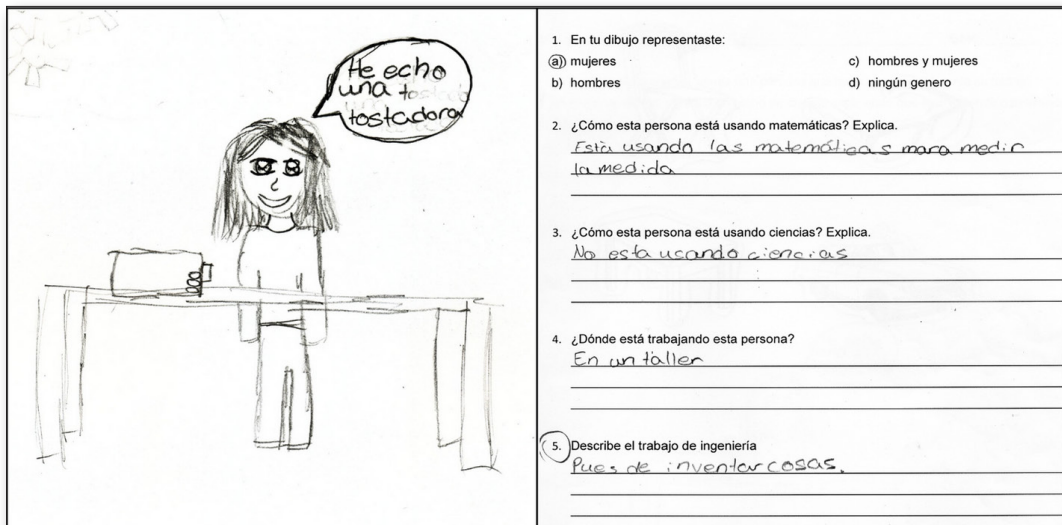


Fig. 3. Comprensión de la ingeniería como diseño.

Por último, en referencia al diseño para solucionar problemas (nivel 3), también se han identificado solo dos dibujos. Un niño presenta una comprensión elevada sobre la ingeniería al escribir «creo que la ingeniería son personas que hacen cosas a un material mejores de lo que son y también inventan cosas» (EST03). Esta frase transmite su concepción de que la ingeniería, por una parte, busca diseñar nuevos productos y, por otra, optimizar los productos que ya existen.

Otro niño tuvo una comprensión elevada sobre la actividad de la ingeniería, tal y como se observa en la imagen de la izquierda de la figura 4. Representa un cohete de la NASA y a una persona cuyo globo de diálogo expresa: «si hay algún error podría costar la vida de mucha gente». En la imagen derecha de esta misma figura, el alumno describe a esta persona como un ingeniero aeroespacial de la NASA y especifica la labor de «revisar el cohete y hacer cálculos para que nadie salga herido» (EST18). En este caso, se destaca que el niño visualiza la responsabilidad del trabajo de estos profesionales sobre la vida de los demás.

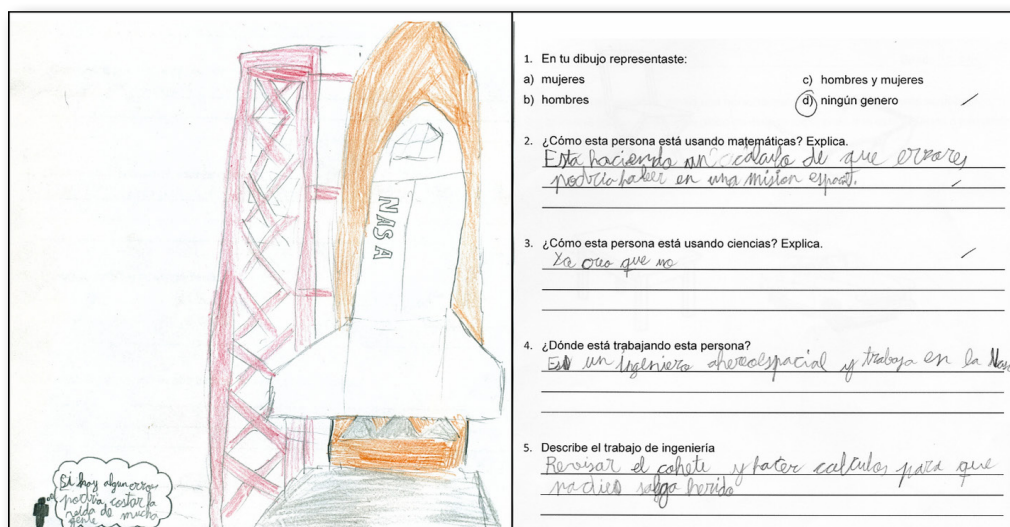


Fig. 4. Comprensión de la ingeniería como diseño para solucionar problemas.

En la figura 5, presentamos juntas las variables *forma* y *lugar de trabajo*. Respecto a la forma de trabajo, 16 estudiantes representaron a una persona trabajando de manera individual, mientras que únicamente dos participantes dibujaron a más personas, de forma colectiva. Una prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado evidencia que esta diferencia es significativa ($\chi^2_{(1)} = 10,9$; $p = ,001$).

A la derecha de la misma figura, se aprecia que cinco escolares dibujaron lugares de trabajo que pudieron ser identificados como un despacho, en contraste a 12 de ellos, que se clasifican más bien como un ambiente de trabajo de campo (exterior/ejecución). Aunque cualitativamente esta diferencia parece ser grande, considerando el tamaño de la muestra y solo dos niveles de comparación, la prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado no ha indicado una diferencia estadísticamente significativa para esta variable ($\chi^2_{(1)} = 2,88$; $p = ,090$). Además, se aclara que en una respuesta se ha representado a una persona que posiciona un cubo preguntándose sobre la necesidad de ponerle un tornillo. Ni el dibujo ni los ítems de aclaración aportaron informaciones que pudiesen identificar el lugar en el que se desarrolla esta acción.

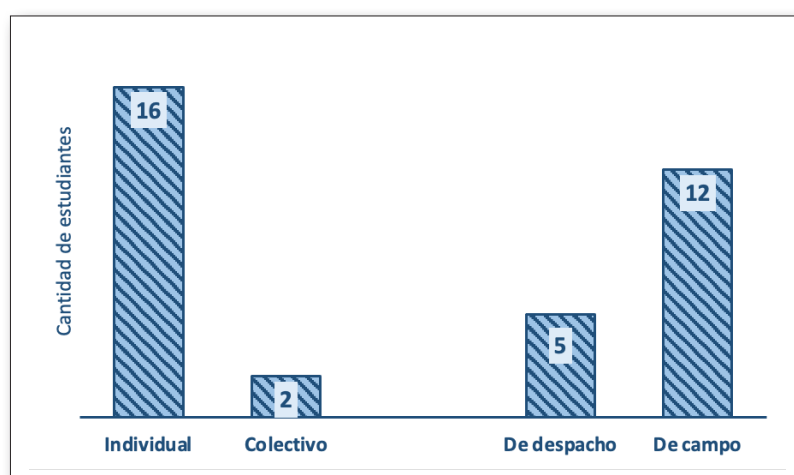


Fig. 5. Percepción sobre la forma de trabajo (individual o colectivo) y el lugar de trabajo (de despacho o de campo).

Conocimientos interdisciplinares

La variable *conocimientos interdisciplinares* ha sido analizada según dos condiciones: el uso de las matemáticas y el uso de las ciencias en la ingeniería. En la figura 6, se presenta la distribución de frecuencia de los niveles de esa variable para la condición de uso de las matemáticas. Una prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado indica que las diferencias entre los niveles de comprensión sobre el uso de las matemáticas son significativas ($\chi^2_{(2)} = 12,3$; $p = ,002$). De nuevo, esto revela que al menos uno de los niveles sí se diferencia de los demás. Sin embargo, el test U de Wilcoxon-Mann-Whitney de dos colas no indica pruebas suficientes para afirmar con una confiabilidad de 95 % diferencias entre niños y niñas en cuanto a esta variable y condición ($U = 33$; $p = 0,72$). Esto nos permite confirmar que la mayoría de los participantes, 13 en total, hicieron una referencia simplista o descontextualizada del uso de las matemáticas en la ingeniería (nivel 1). Mientras tanto, solo dos estudiantes presentaron una referencia de esa disciplina de manera contextualizada con respecto a la ingeniería (nivel 2).

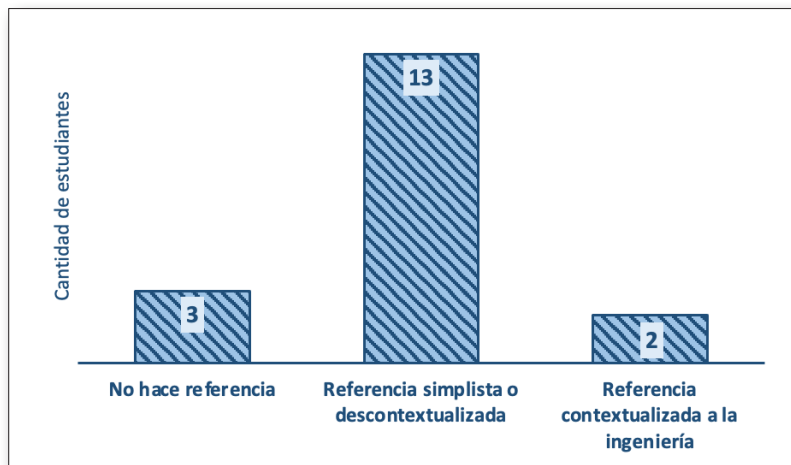


Fig. 6. Conocimientos interdisciplinares: uso de las matemáticas en la ingeniería.

Las respuestas del alumnado en los ítems de aclaración evidencian el nivel de referencia simplista o descontextualizada respecto al uso de la matemática (nivel 1). Mencionan habilidades matemáticas básicas como contar, medir la longitud, la masa, calcular cantidades, ubicar y unir. Por ejemplo, algunos estudiantes indican que en su dibujo la persona «está usando la matemática para medir...» (EST01), «para calcular cuánto tiempo le queda para apagar el incendio» (EST05), «para saber cómo arreglar el coche» (EST11) y «vender, las matemáticas son necesarias para vender» (EST13). Por el contrario, solo uno de los estudiantes identifica que la matemática se usa para solucionar un problema que ayuda a la sociedad: «Está haciendo un cálculo de qué errores podría haber en una misión espacial... hacer cálculos para que nadie salga herido» (EST18).

En la figura 7 se presenta la distribución de frecuencia de niveles de la variable *conocimientos interdisciplinares* para la condición de uso de las ciencias en la ingeniería. Una prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado indica que las diferencias entre los niveles de esta variable son significativas ($\chi^2_{(2)} = 12,0$; $p = ,002$). Posteriormente, la prueba U de Wilcoxon-Mann-Whitney de dos colas no evidenció, desde una confiabilidad del 95 %, diferencias entre niños y niñas respecto a esta condición ($U = 27$; $p = 0,30$). De esta forma, se puede afirmar, pero sin distinción de sexo, que más estudiantes (12) no hicieron ninguna referencia al uso de las ciencias por parte de la persona que desempeña tareas de ingeniería (nivel 0). Apenas seis participantes alcanzan el nivel de referencias simplistas o descontextualizadas (nivel 1) y ningún estudiante logra realizar una referencia de la ciencia contextualizada a la ingeniería (nivel 2).

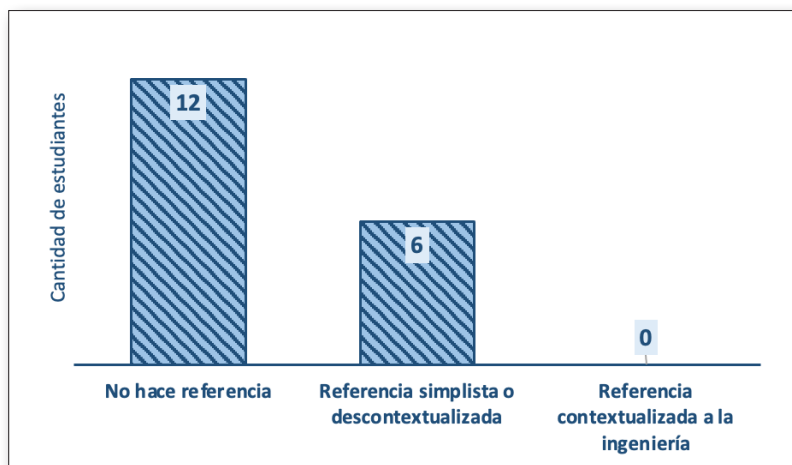


Fig. 7. Conocimientos interdisciplinares: uso de las ciencias en la ingeniería.

Por último, se ha aplicado la prueba Wilcoxon Signed Rank entre las dos condiciones de la variable *conocimientos interdisciplinares*: matemática y ciencias. Se ha verificado que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellas ($Z = -2,52$; $p = ,012$). Este hallazgo corrobora que la mayoría de los niños y niñas de esta investigación mostraron más percepción de la aplicación de la matemática que de las ciencias en la ingeniería. De un modo general, el alumnado presenta una baja percepción del uso de conocimientos interdisciplinares en la ingeniería (matemáticas y ciencias).

Género

En la figura 8 se observa que la representación de género ha sido bastante equilibrada entre las categorías mujeres, hombres y ningún género. De hecho, una prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado no indica ninguna diferencia de frecuencia entre estas categorías ($\chi^2_{(2)} = 1,33$; $p = ,51$). Este resultado cuantitativo significa que no es posible concluir que haya algún sesgo de género a partir de un análisis general de la clase. La cantidad de dibujos representando a hombres (8) fue muy similar a la de mujeres (6), por ejemplo.

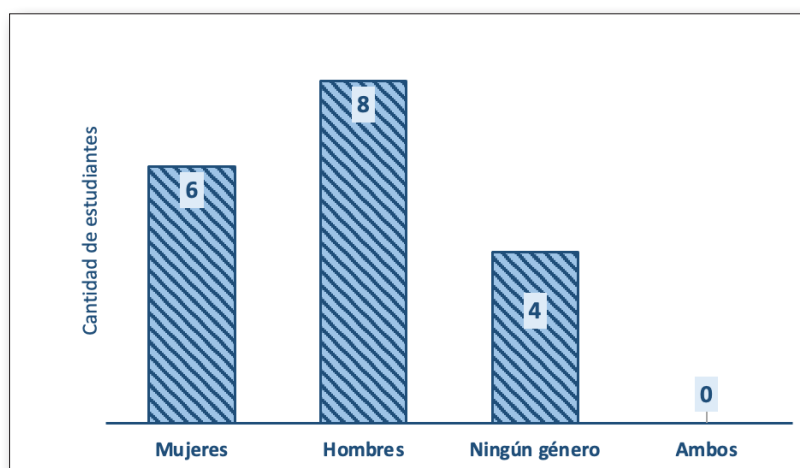


Fig. 8. Representación de género.

A continuación, se compara la dimensión de la representación de género según el sexo de los estudiantes. Como se puede observar en la tabla 2, ninguna niña ha representado a hombres en sus dibujos. En cambio, aproximadamente el 70 % de los niños representaron a hombres en sus dibujos. A pesar de que es un resultado dispar entre niños y niñas, se aclara que no se ha aplicado una prueba de chi cuadrado para verificar si tal diferencia es estadísticamente significativa. Una prueba de chi cuadrado exigiría un recorte dicotómico (por ejemplo, desconsiderando la categoría ningún género) que reduciría demasiado la muestra (Lawson et al., 2019).

Tabla 2.
Distribución de la representación de género en los dibujos según el sexo de los participantes

	<i>Representación de género</i>			<i>Total</i>
	<i>Mujer</i>	<i>Hombre</i>	<i>Ningún género</i>	
Niña	4	0	2	6
Niño	2	8	2	12
Total	6	8	4	18

Paralelamente, es posible observar que los niños, pese a dibujar mayoritariamente a hombres, también realizan dibujos de mujeres o imágenes sin género. Por ejemplo, en la primera imagen de la figura 9, una niña dibuja a una ingeniera que trabaja en mecánica, donde se lee «es hora de trabajar de mecánica» (EST11); en la imagen central, un niño ha dibujado a mujeres que trabajan en la construcción, donde se lee «el toldo es un poco más grande» (EST17); en la última imagen, un niño representa a una persona identificada por él como sin género, y en el globo de texto expresa: «Está guay este trabajo, pero el director es muy severo... uf, cuánto dinero falta por contar» (EST14).



Fig. 9. Representación de mujeres en ingeniería y personas sin género.

CONSIDERACIONES FINALES

En este estudio se han explorado las concepciones de 18 estudiantes españoles de educación primaria (10-11 años) sobre la ingeniería. Para ello, primero se han identificado temas recurrentes de la literatura que permitieron plantear las hipótesis de que el alumnado de educación primaria de este país podría concebir la ingeniería como una profesión centrada en actividades manuales, en un ambiente de trabajo de campo, realizada de manera individual, con poca aplicación de conocimientos interdisciplinares

(matemáticas y ciencias) y destinada a hombres. A continuación, estas hipótesis se vieron reflejadas en cinco variables: 1) actividad, 2) lugar de trabajo, 3) forma de trabajo, 4) aplicación de conocimientos interdisciplinarios (matemáticas y ciencias) y 5) género.

Respecto a la variable *actividad de la ingeniería*, aproximadamente el 80 % del alumnado representa esta profesión desde actividades equivocadas o estereotipadas. De este modo, se ha confirmado la hipótesis de percepción de la ingeniería desde las actividades manuales. El análisis de los dibujos ha evidenciado, por ejemplo, que el alumnado suele representar a obreros de construcción y mecánicos de automóviles. Este resultado es similar a las conclusiones de investigaciones realizadas anteriormente (Capobianco et al., 2011; Carr y Diefes-Dux, 2012; Knight y Cunningham, 2004).

En relación con el *lugar de trabajo*, se ha observado que más del doble de los participantes han representado el lugar donde se desarrolla la ingeniería como un ambiente de trabajo de campo (12) en comparación con un ambiente de trabajo de despacho (5). Esta diferencia no es estadísticamente suficiente para confirmar esta hipótesis; sin embargo, la tendencia presentada es coherente con resultados obtenidos por otros autores (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balcin, 2019; Fralick et al., 2009).

Respecto a la variable *forma de trabajo*, se ha confirmado la hipótesis de que el alumnado concibe la ingeniería como un trabajo realizado individualmente. Aproximadamente, el 90 % de los dibujos representan a una sola persona. Este resultado igualmente está alineado con hallazgos reportados en la literatura (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Ergun y Balcin).

En este punto, es pertinente aclarar que las personas ingenieras suelen intercalar ambientes de trabajo de campo (en la fábrica, construcción) con trabajo de despacho (laboratorios de informática). La concepción de que este profesional se encuentra más a menudo en ambientes de trabajo de campo es fundamental porque corrobora la idea que se tiene de la ingeniería como ligada a actividades más manuales. De un modo similar, aunque menos frecuente, hay ingenieros e ingenieras que realizan actividades individualmente. Sin embargo, esta idea complementa la conclusión de la falta de entendimiento de la ingeniería como una actividad intelectual que demanda la participación de diversos profesionales para la actuación en proyectos complejos.

La siguiente hipótesis planteada se refiere a la dificultad que el alumnado tiene en visualizar la aplicación de *conocimientos interdisciplinarios* (matemáticas y ciencias) en la ingeniería. Esta hipótesis queda confirmada, ya que aproximadamente el 70 % del alumnado identifica el uso de las matemáticas en la ingeniería, pero de manera simplista o descontextualizada. Paralelamente, se ha verificado que dos tercios del alumnado no hacen referencia a la aplicación de las ciencias en la ingeniería. Al comparar las dos disciplinas, ha sido posible concluir que el uso de las ciencias fue estadísticamente menos evidente en la ingeniería que las matemáticas. Es pertinente resaltar que niñas y niños tuvieron concepciones similares respecto a la *actividad y conocimientos interdisciplinarios* sobre la ingeniería. En esta misma línea, Thomas et al. (2016) también identificaron que la mayoría de los dibujos analizados, independientemente del sexo del alumnado, presentaban representaciones simplistas o descontextualizadas del uso de las matemáticas y de las ciencias en la ingeniería.

Finalmente, se ha observado que las niñas han dibujado más frecuentemente a mujeres ingenieras, mientras que los niños han dibujado con más frecuencia a hombres. Al considerar el total de la muestra de este estudio, no se ha verificado la hipótesis inicial de un sesgo de género porque las diferencias entre las categorías de representaciones de género no son estadísticamente significativas. El relación con esta variable, se defiende la necesidad de trabajos futuros con muestras más amplias.

Se hace hincapié en la necesidad de abordar estas concepciones como punto de partida en la implementación de la ingeniería en la escuela (Moore et al., 2014). En particular, asumimos que solo de esta forma la interdisciplinariedad cobra sentido para el alumnado desde el contexto de la educación STEAM. En este orden de ideas, para un país como España, que ha incorporado el desarrollo de com-

petencias interdisciplinarias de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en su currículo (MEFP, 2022), será necesario prestar atención a diversos aspectos. Por una parte, habrá que situar las concepciones del alumnado sobre la ingeniería como primer paso para el desarrollo del pensamiento en torno a la ingeniería y otras competencias STEAM. Por otra parte, se requiere avanzar en la formación del profesorado sobre la educación STEAM y en particular en la incorporación de la ingeniería en las primeras etapas escolares (Moore et al., 2014; Rodrigues-Silva y Alsina, 2022). Sobre este último punto, la literatura indica que el profesorado suele presentar desconocimiento y concepciones equivocadas sobre la ingeniería, muchas veces parecidas a las concepciones del alumnado (Ladachart et al., 2020; Vo y Hammack, 2022).

Una de las limitaciones de este estudio es que el tamaño de la muestra no permite generalizar los datos obtenidos a la población del alumnado de primaria de España. Sin embargo, ha permitido realizar una primera aproximación que pone de manifiesto las concepciones de un grupo de estudiantes de esta etapa educativa y, en consecuencia, señala algunos aspectos que deben seguir explorándose. De este modo, en el futuro será imprescindible diseñar estudios similares con muestras más amplias, además de investigar las concepciones que tiene el profesorado sobre esta área del conocimiento.

Asimismo, será necesario diseñar y validar programas de formación que permitan incluir el enfoque STEAM en la educación inicial y continua del profesorado español, como una estrategia para el logro de los objetivos de su nuevo currículo. Esta formación deberá contemplar el desarrollo de una concepción no estereotipada de la ingeniería por parte de dicho profesorado. Así, también será relevante avanzar en investigaciones que sitúen el panorama de la ingeniería temprana en la escuela, además de ofrecer propuestas didácticas en las que el profesorado visualice las conexiones de la ingeniería con las matemáticas y las ciencias y con otras áreas STEAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ata-Aktürk, A. y Demircan, H. Ö. (2021). Engineers and engineering through the eyes of preschoolers: a phenomenographic study of children's drawings. *European Early Childhood Education Research Journal*, 30(4), 1-20.
<https://doi.org/10.1080/1350293X.2021.1974067>
- Cabello, V. M., Martínez, M. L., Armijo, S. y Maldonado, L. (2021). Promoting STEAM learning in the early years: «Pequeños Científicos» Program. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(2), 33-62.
<https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1401>
- Capobianco, B. M., Diefes-dux, H. A., Mena, I. y Weller, J. (2011). What is an Engineer? Implications of Elementary School Student Conceptions for Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 304-328.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00015.x>
- Carr, R. y Diefes-Dux, H. (2012). Change in Elementary Student Conceptions of Engineering Following an Intervention as Seen from the Draw-an-Engineer Test. *2012 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*.
<https://doi.org/10.18260/1-2--21057>
- Diefes-Dux, H. A. y Capobianco, B. M. (2011). Interpreting elementary students' advanced conceptions of engineering from the Draw-an-Engineer Test. *Frontiers in Education Conference (FIE)*.
<https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142936>
- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test. *Science Education*, 67(2), 255-265.
<https://doi.org/10.1002/SCE.3730670213>

- Chou, P. N. y Chen, W. F. (2017). Elementary school students' conceptions of engineers: A drawing analysis study in Taiwan. *International Journal of Engineering Education*, 33(1), 476-488.
- Creswell, J. W. y Plano Clark, V. L. (2017). Key concepts that inform mixed methods designs. En J. W. Creswell y V. L. Plano Clark (Eds.), *Designing and conducting mixed methods research* (pp. 51-99). Sage.
- Ergun, A. y Balcin, M. D. (2019). The Perception of Engineers by Middle School Students through Drawings. *Eurasian Journal of Educational Research*, 19(83), 1-28.
<https://doi.org/10.14689/ejer.2019.83.1>
- Fleer, M. (2021). When preschool girls engineer: Future imaginings of being and becoming an engineer. *Learning, Culture and Social Interaction*, 30(PB), 100372.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100372>
- Fralick, B., Kearns, J., Thompson, S. y Lyons, J. (2009). How Middle Schoolers Draw Engineers and Scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 60-73.
<https://doi.org/10.1007/s10956-008-9133-3>
- Guyotte, K. W. (2020). Toward a Philosophy of STEAM in the Anthropocene. *Educational Philosophy and Theory*, 52(7), 769-779.
<https://doi.org/10.1080/00131857.2019.1690989>
- Knight, M. y Cunningham, C. (2004). Draw an Engineer Test (DAET): Development of a tool to investigate students' ideas about engineers and engineering. *ASEE Annual Conference Proceedings*.
<https://doi.org/10.18260/1-2--12831>
- Ladachart, L., Phothong, W., Suaklay, N. y Ladachart, L. (2020). Thai Elementary Science Teachers' Images of «Engineer(s)» at Work. *Journal of Science Teacher Education*, 31(6), 631-653.
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1743563>
- Lawson, T. R., Faul, A. C. y Verbist, A. N. (2019). *Research and statistics for social workers*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315640495>
- López, C. C., Hernández, A. H., Lopez-Malo, A. y Palou, E. (2013). Eliciting Incoming Engineering Students' Images of Engineering and Engineers at Two Mexican Institutions. *2013 ASEE Annual Conference y Exposition Proceedings*.
<https://doi.org/10.18260/1-2--19489>
- Marín-Marín, J.-A., Moreno-Guerrero, A.-J., Dúo-Terrón, P. y López-Belmonte, J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 41.
<https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Matusovich, H. M., Gillen, A. L., Montfrans, V., Grohs, J., Paradise, T., Carrico, C., Lesko, H. L. y Gilbert, K. J. (2021). Student Outcomes from the Collective Design and Delivery of Culturally Relevant Engineering Outreach Curricula in Rural and Appalachian Middle School. *International Journal of Engineering Education*, 37(4), 884-899.
- McMillan, J. y Schumacher, S. (2005). *Introducción al diseño de investigación cualitativa*. Pearson.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP] (2022). *Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil*.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-1654>
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A. y Stohlmann, M. S. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 1-15.
<https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1971). Mental Imagery in the Child: A Study of the Development of Imaginal Representation. *British Journal of Educational Studies*, 19(3), 343-344.

- <https://doi.org/10.2307/3120455>
- Rivale, S., Yowell, J., Aiken, J., Adhikary, S., Knight, D. y Sullivan, J. (2020). Elementary Students' Perceptions of Engineers. *2011 ASEE Annual Conference y Exposition Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--17833>
- Rodrigues-Silva, J. y Alsina, Á. (2022). Effects of a practical teacher-training program on STEAM activity planning. *Revista Tempos e Espaços Em Educação*, 15(34), e17993. <https://doi.org/10.20952/revtee.v15i34.17993>
- Rodrigues-Silva, J. y Alsina, Á. (2023b). STEM/STEAM in Early Childhood Education for Sustainability (ECEfS): A Systematic Review. *Sustainability*, 15(4), 3721. <https://doi.org/10.3390/su15043721>
- Rodrigues-Silva, J. y Alsina, Á. (2023a). Conceptualising and framing STEAM education: What is (and what is not) this educational approach? *Texto Livre*, 16, e44946. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.44946>
- Sengupta-Irving, T. y Vossoughi, S. (2019). Not in their name: re-interpreting discourses of STEM learning through the subjective experiences of minoritized girls. *Race Ethnicity and Education*, 22(4), 479-501. <https://doi.org/10.1080/13613324.2019.1592835>
- Stephenson, T., Fleeer, M. y Fragkiadaki, G. (2022). Increasing Girls' STEM Engagement in Early Childhood: Conditions Created by the Conceptual PlayWorld Model. *Research in Science Education*, 52(4), 1243-1260. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10003-z>
- Thomas, J., Colston, N., Ley, T., DeVore-Wedding, B., Hawley, L., Utley, J. y Ivey, T. (2016). Fundamental Research: Developing a Rubric to Assess Children's Drawings of an Engineer at Work. *2016 ASEE Annual Conference y Exposition Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/p.26985>
- Thomas, J., Hawley, L. R. y DeVore-Wedding, B. (2020). Expanded understanding of student conceptions of engineers: Validation of the modified draw-an-engineer test (mDAET) scoring rubric. *School Science and Mathematics*, 120(7), 391-401. <https://doi.org/10.1111/ssm.12434>
- United Nations (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9814>.
- Vo, T. y Hammack, R. (2022). Developing and Empirically Grounding the Draw-An-Engineering-Teacher Test (DAETT). *Journal of Science Teacher Education*, 33(3), 262-281. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.1912272>
- Webb, D. L. y LoFaro, K. P. (2020). Sources of engineering teaching self-efficacy in a STEAM methods course for elementary preservice teachers. *School Science and Mathematics*, 120(4), 209-219. <https://doi.org/10.1111/ssm.12403>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83. <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Yakman, G. y Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U. S. as a Practical Educational Framework for Korea Georgette. *Korea Association*, 32(6), 1072-1086.

Students' Conceptions of Engineering and its Connections with Mathematics and Science

Jefferson Rodrigues-Silva

Departamento de Ingeniería Mecánica. Instituto Federal de Minas Gerais, Arcos, Minas Gerais, Brasil
jeffe.rodri@gmail.com

Marcela Silva-Hormazábal

Departamento de Especialidades Pedagógicas, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Los Lagos, Chile
marcela.silva@uach.cl

Ángel Alsina

Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Girona, Girona, Cataluña, España
angel.alsina@udg.edu

The literature evidences that children from countries such as the United States, Turkey, Mexico, and China hold stereotypical conceptions of engineering. Generally, they conceive engineering as manual work conducted in field environments, carried out individually, with limited application of interdisciplinary knowledge (mathematics and science), and pursued by men. In the meantime, Spain has recently included STEM competencies (referring to the interdisciplinary teaching of science, technology, engineering and mathematics) in its primary education curriculum, although students' conceptions of engineering are underexplored in this country. Accordingly, we sought to explore Spanish students' conceptions of engineering in primary school.

For this purpose, we identified recurrent themes in the literature that allowed to make hypotheses reflected in five variables: 1) activity, 2) place of work, 3) working setting, 4) application of interdisciplinary knowledge (mathematics and science) and 5) gender. Subsequently, we enrolled on mixed-method research applying the validated instrument Draw an Engineer Test (mDAET) to 18 students from the fifth year of primary school (10-11 years old) in Spain. Data were first analysed qualitatively by integrally considering the drawings, the text balloons and clarification items responses. This qualitative analysis was essential to refine the levels of the variables and provide qualitative evidence. Secondly, we quantified the frequency of the variable levels and ran different non-parametric statistical tests (considering the reliability of 95 %) to compare differences within those levels and between girls and boys.

The results showed that approximately 80 % of the pupils have a stereotypical conception of engineering as a manual activity ($p = .023$), 70 % of them picture the engineering workplace as outdoors ($p = .090$), and 90 % of the students imagine the engineer working individually ($p = .001$). Furthermore, they have difficulty in perceiving the interdisciplinary connections of mathematics and science with engineering; 70 % of students identify the use of mathematics in engineering in a simplistic or decontextualised way ($p = .002$), and approximately 70 % of the students observed in this research dismiss the use of science in engineering ($p = .002$). This difference between the application of mathematics and science in engineering proved to be statistically significant ($p = .012$).

Overall, associations with gender were reasonably balanced, with no significant differences between female, male, and no gender categories ($p = .51$). Although girls drew female engineers more frequently and boys did so with male engineers, data was insufficient to determine gender differences. Moreover, we found no significant difference between boys' and girls' conceptions of engineering regarding any variable. In this sense, enlarging the sample in future studies will be necessary to check for gender differences.

In conclusion, most of the hypotheses have been confirmed. The participants presented stereotypical conceptions of engineering, viewing it primarily as manual activities conducted in fieldwork environments and individually. Additionally, they exhibit a limited understanding of the role of mathematics and fail to recognise the integration of science in engineering. For a country such as Spain –which has incorporated interdisciplinary STEM competencies in its curriculum recently–, designing and validating teacher training programmes centred on STEM or STEAM (also considering arts or humanities) education becomes crucial. Our results point towards the necessity to advance in investigations regarding the introduction of early engineering and to provide didactic examples that help teachers visualise the connections between engineering, mathematics, science, and other STEAM areas. Moreover, those training and didactic proposals should aim to challenge and overcome the stereotypical conceptions of engineering.

