



Conectando matemáticas e ingeniería a través de la estadística: una actividad STEAM en educación primaria

Marcela Silva-Hormazábal¹
Jefferson Rodrigues-Silva²
Ángel Alsina³

Información de artículo:

Recibido: 01/05/2022

Aprobado: 15/06/2022

Palabras claves:

Educación primaria, educación STEAM, estadística temprana, ingeniería temprana.

Keywords:

Elementary education, STEAM Education, early statistics, early engineering.

Resumen:

Se exploran las conexiones entre la matemática y la ingeniería a través de la estadística en educación primaria mediante el diseño e implementación de una actividad STEAM. Para ello, en la primera parte se fundamenta teóricamente la educación STEAM, las conexiones entre las matemáticas y la ingeniería a través de la estadística. En la segunda parte, se describe el diseño e implementación de una actividad STEAM con 23 estudiantes españoles de 10-11 años. Esta actividad contempla tres fases: 1) inicio: dibujo de una persona que hace ingeniería; 2) desarrollo: ciclo de investigación estadística a partir de los dibujos de los estudiantes; y 3) cierre: diálogo en torno a la ingeniería. Se concluye que el ciclo investigativo promueve el pensamiento crítico en torno a las concepciones y estereotipos acerca de la ingeniería. De este modo, la educación STEAM permite abrir caminos hacia la ingeniería temprana en el contexto escolar y en conexión con las matemáticas.

Connecting mathematics and engineering through statistics: a STEAM activity in primary education

Abstract:

We explore connections between mathematics and engineering through statistics in primary education with the design and implementation of a STEAM activity. For that, we theoretically scaffold STEAM education, the connections between mathematics and engineering through statistics. Second, we describe

¹ Doctoranda en Educación en la Universidad de Girona. Profesora del Instituto de Especialidades Pedagógicas de la Universidad Austral de Chile. ✉ marcela.silva@uach.cl.  <https://orcid.org/0000-0002-1955-1633>

² Doctorando en Educación en la Universidad de Girona. Profesor de Ingeniería Mecánica en el Instituto Federal de Minas Gerais. ✉ jeffe.rodri@gmail.com.  <https://orcid.org/0000-0002-8334-2107>

³ Doctor en Educación Matemática. Profesor Catedrático de Didáctica de las Matemáticas en la Universidad de Girona. ✉ angel.alsina@udg.edu.  <https://orcid.org/0000-0001-8506-1838>



the design and implementation of a STEAM activity with 23 Spanish students aged 10-11. This activity comprises three phases: 1) beginning: draw an engineer; 2) development: statistical investigative cycle about students' drawings; and 3) closure: dialogue around engineering. We concluded the investigative cycle promotes critical thinking around the conceptions and stereotypes about engineering. In this sense, STEAM education allows opening paths toward early engineering at school and in connection with mathematics.

1. Introducción

Diversos países están en alerta debido a la disminución del interés vocacional en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Rocard et al., 2007). Paralelamente, organismos como la UNESCO (2019) han puesto en evidencia la baja representatividad de las mujeres en estas áreas. En este contexto, la investigación educativa ha ido explorando un modelo educativo integrado, con foco en estas áreas, conocido como Educación STEM (acrónimo del inglés para interdisciplinariedad entre ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) y STEAM (añadiendo Artes/Humanidades a la sigla STEM).

Estos enfoques son defendidos como una forma de preparar a las personas para un mundo cambiante y con problemas complejos, que requieren soluciones creativas con un acercamiento interdisciplinar (Perignat y Katz-Buonincontro, 2019). Además, STEAM se muestra como una potente herramienta para disminuir la brecha de género en carreras STEM, sobre todo cuando se presenta desde edades tempranas, que es cuando las niñas están desarrollando su identidad personal (Fleer, 2021).

En el ámbito de la educación STEAM se ha identificado como una posibilidad de interdisciplinaridad la conexión existente entre la matemática y la ingeniería (Park et al., 2018). No obstante, en la práctica esta vinculación se ve perjudicada debido a que, generalmente, la formación del profesorado de educación primaria no incluye ingeniería. En consecuencia, los conocimientos limitados en ingeniería dificultan a los maestros hacer conexiones de esta área con las matemáticas u otras disciplinas. Adicionalmente, y también por desconocimiento, los maestros demuestran visiones estereotipadas o erradas de la ingeniería: por ejemplo, la idea de que la ingeniería es siempre muy compleja y asociada a alta sofisticación tecnológica; la conceptualización de los ingenieros como obreros de construcciones o mecánicos de automóviles y una visión masculinizada del profesional de ingeniería (Vo y Hammack, 2022).

En la misma línea, se ha argumentado que los estudiantes deberían comprender las grandes ideas y concepciones de la ingeniería y de la profesión del ingeniero (Moore et al., 2014). Sin embargo, algunas investigaciones muestran que los estudiantes, desde edades muy tempranas, expresan concepciones erróneas y estereotipadas de

la ingeniería (Thomas et al., 2020), muy probablemente como resultado de abordajes equivocados del entorno social, incluyendo al maestro.

De esta forma, considerando los objetivos STEAM y la ausencia de formación docente en ingeniería, resulta primordial ofrecer al profesorado herramientas que faciliten la gestión de actividades interdisciplinarias entre matemática e ingeniería. En este contexto, se puede identificar el ciclo de investigación estadística como un espacio óptimo para gestionar conexiones (Bargagliotti *et al.*, 2020; Batanero, 2001), ya que es un concepto transversal a las áreas STEAM.

Con base en estos planteamientos, el objetivo de este trabajo es explorar las conexiones entre las matemáticas y la ingeniería a través de la estadística en educación primaria mediante el diseño e implementación de una actividad STEAM: en concreto, se lleva a cabo un ciclo de investigación estadística con 23 estudiantes españoles de quinto de primaria (10-11 años), a partir del test Draw an Engineer Test (DAET-S), traducido al español en el contexto hispanohablante como “Dibuje una persona que hace ingeniería”, adaptado de Thomas *et al.* (2020).

2. Fundamentación teórica

En lo que sigue, se presentan brevemente los aspectos teóricos sobre la educación STEAM y las conexiones entre ingeniería y matemática a través de la estadística temprana.

2.1 La educación STEAM

La disminución del interés de los estudiantes en carreras STEM (Rocard et al., 2007) y la baja representatividad de mujeres en estas áreas (UNESCO, 2019) conforman una problemática que impulsa medidas políticas y educativas para la promoción de vocaciones STEM. Sobre todo, con la premisa de garantizar la competencia económica y tecnológica de estos países (Chesky y Wolfmeyer, 2015). Dentro de este contexto, emerge la educación STEAM que, a un nivel macro, busca alcanzar al objetivo de formación en carreras STEM para la competitividad económica. Pero también abarca aspectos como la sostenibilidad (Hsiao y Su, 2021; Vicente et al., 2020) y la igualdad de género (Cabello et al., 2021; Tan et al., 2020).

La definición de STEAM aún es un campo abierto (Aguilera y Ortiz-Revilla, 2021). No obstante, convergiendo y contrastando múltiples definiciones de la literatura, es posible indicar que es un enfoque que se centra en la interdisciplinariedad entre las áreas de ciencias, tecnología, ingeniería, artes/humanidades y matemáticas para la promoción de una alfabetización holística, que conduzca a un acercamiento creativo y responsable con el mundo. STEAM es aplicable sobre el continuum de niveles educativos y por múltiples metodologías de enseñanza en el sentido de promover

el aprendizaje contextualizado (auténtico/realista), significativo, con participación activa y colaborativa del alumnado.

Al respecto, Bennett y Ruchti (2014) afirman que el contenido integrado representa una situación ideal para el aprendizaje. Por su parte, Quigley y Herro (2016) indican que la educación STEAM prepara al estudiantado para hacer frente a la diversidad de problemas que les depara el futuro. Para ello, se deben desarrollar habilidades como innovación, creatividad, pensamiento crítico, comunicación y colaboración, en conjunto al conocimiento. Asimismo, Kelley y Knowles (2016) indican que cuando el aprendizaje se basa en contexto situado, éste se vuelve auténtico y significativo.

En relación con el acceso de las mujeres en el ámbito STEM, organismos internacionales han posicionado a la educación STEAM como un medio para avanzar hacia la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres (UNESCO, 2019). Así también, el conocimiento apropiado sobre las áreas y profesiones STEM es necesario para el acceso igualitario a estas carreras.

Además, Couso (2017) señala que una forma de contribuir a las aspiraciones vocacionales en el ámbito STEM es trabajar la imagen que los estudiantes tienen sobre estos profesionales. De esta manera, se transforman las preconcepciones y creencias de los estudiantes que, influenciadas por el contexto social y familiar, generan estereotipos e ideas erradas sobre las áreas STEM.

En cuanto a la ingeniería, en el contexto educativo, países como Estados Unidos, la han identificado como un componente de la educación STEAM y han propuesto la incorporación de esta área en el currículo de educación primaria. Principalmente centrado en el diseño de ingeniería y siguiendo estándares como: “definir un problema usando criterios para el éxito y restricciones de las posibles soluciones” y “considerar múltiples soluciones para un dado problema” (NGSS 2013, p. 4). Sin embargo, Moore et al. (2014), defienden un abordaje más amplio que el diseño de ingeniería, y proponen un modelo para la calidad de la educación en ingeniería en la educación escolar. En este modelo, ellos afirman que los estudiantes deben comprender las grandes ideas y concepciones de la ingeniería, así también la ingeniería como profesión.

En este contexto, cobra sentido transitar hacia STEAM como un enfoque integrador, realista e inclusivo para el aprendizaje sobre las profesiones STEM y en particular la ingeniería. De esta forma, se vuelve necesario desarrollar prácticas educativas que promuevan conexiones disciplinares contextualizadas para un ambiente de aula no estereotipado y basado en la igualdad de género (Camacho y Watson, 2007).

2.2 Conexiones entre matemáticas e Ingeniería a través de la estadística temprana

El Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas (National Council of Teachers of Mathematics – NCTM) ha propuesto unos principios y estándares enfocados en el desarrollo competencial, centrados en el estudiante, su entorno y con miras hacia la interdisciplinariedad. Así también, señala que el profesorado debería ofrecer oportunidades de aprendizaje matemático, donde se trabajen problemas situados en contextos no matemáticos (NCTM, 2000) que orgánicamente requieren de un abordaje intra/interdisciplinar (Alsina et al., 2020). De esta forma, estos planteamientos se observan alineados con el enfoque STEAM.

Desde este prisma, la propuesta del NCTM de incluir conexiones como un proceso matemático evidencia la necesidad de avanzar hacia la interdisciplinariedad. Para ello, han definido estándares de conexiones que indican que los estudiantes deben ser preparados para “1) reconocer y usar las conexiones entre ideas matemáticas; 2) comprender como las ideas matemáticas se interconectan y construyen unas sobre otras para producir un todo coherente; y 3) reconocer y aplicar las matemáticas en contextos no matemáticos” (NCTM, 2000, p. 68).

Sin embargo, la promoción de conexiones entre las asignaturas escolares tradicionales y la ingeniería es un desafío para el profesorado, en particular de la educación primaria. En este sentido, una vía de conexión entre ingeniería y matemática en esta etapa educativa puede ser la educación estadística, ya que el proceso estadístico ha sido identificado como un espacio óptimo para gestionar conexiones, dada su presencia en el currículo de más de una disciplina STEAM. Además, la educación estadística temprana ha sido considerada una necesidad para formar ciudadanos críticos, capaces de tomar decisiones (Alsina et al., 2020; Batanero, 2011).

Finalmente, para explorar conexiones entre ingeniería y matemática por medio de la estadística, es necesario proponer actividades didácticas que pongan en juego conocimientos matemáticos en situaciones conectadas, tanto con la vida real como con otras disciplinas. Estas actividades y sus guías de aprendizaje deben partir con un contexto relevante para el estudiante (Orozco y Díaz, 2018), desde el cual emerja una pregunta movilizadora abordable con datos que provoque en los estudiantes la necesidad de “recoger, organizar y presentar datos relevantes para responderlas” (NCTM, 2000, p. 52). Además, ellas deben permitirles “desarrollar y evaluar inferencias y predicciones basadas en datos” (NCTM, 2003, p. 53). De esta manera, la actividad promueve el uso práctico de la estadística para entender fenómenos cotidianos y aumentar la motivación de los estudiantes (Batanero, 2011).

3. Propuesta de actividad STEAM: dibujando una persona ingeniera

En esta sección se presenta la justificación del diseño de esta actividad y luego, se describe el diseño donde se explicitan las etapas necesarias para llevarla a cabo.

3.1 Fundamentación de la actividad

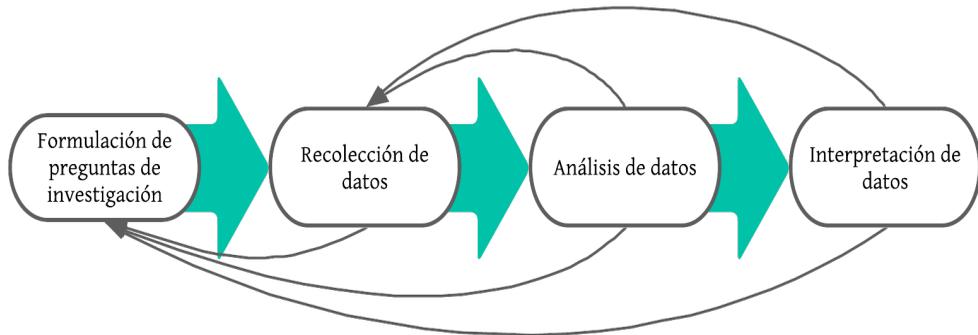
Piaget y Inhelder (1971) observaron que, a partir de los dos años de edad, los infantes son capaces de representar el sistema personal de imágenes mentales por medio de un significante (por ejemplo, palabras, dibujos, etc.). Apoyados en esta premisa, investigadores propusieron el dibujo como medio para acceder a las concepciones sobre profesionales, tales como científicos (Chambers, 1983) e ingenieros (Knight y Cunningham, 2004).

En específico sobre las imágenes de ingeniería, algunos investigadores propusieron el Draw an Engineer Test (DAET) (Knight y Cunningham, 2004) y lo aplicaron en diversos países, como Estados Unidos (Capobianco et al., 2011), China (Chou y Chen, 2017) y Turquía (Ata-Aktürk y Demircan, 2021). En estos estudios, se identificó que los infantes presentan ideas estereotipadas sobre ingeniería desde muy temprano. Sobre el género, indican que tanto niños como niñas suelen representar mayoritariamente hombres en sus dibujos. En cambio, pocas niñas y casi ningún niño dibujan mujeres. Se observó, además, que los estereotipos de género suelen intensificarse con el tiempo (Capobianco et al., 2011).

El DAET ha sido usado con propósito investigativo, pero muy escasamente en el contexto hispano. Tampoco se ha observado el uso de este instrumento como una estrategia didáctica para promover el pensamiento crítico en la construcción de concepciones no estereotipadas de la ingeniería.

Teniendo esto en cuenta, los autores proponen una versión en español de este instrumento denominada Test Dibuje una persona que hace Ingeniería, Draw an Engineer Test - Spanish (DAET-S) presentada en el Anexo A. Esta versión cuenta con instrucciones para la realización de un dibujo sobre una persona que hace ingeniería y preguntas complementarias, donde los niños explican sus dibujos, permitiendo así interpretaciones más amplias. Por ejemplo, con relación al rol de las matemáticas y de las ciencias en el trabajo de los ingenieros (Thomas et al., 2020).

Para la planificación de esta actividad se ha considerado, el modelo del proceso de resolución de problemas estadísticos de Bargagliotti *et al.*, (2020) para abordar los datos desde preguntas de investigación estadística en un contexto real y significativo. Tal como se observa en la Figura 1, estos autores proponen cuatro fases: formulación de preguntas, recolección de datos, análisis e interpretación de resultados.

Figura 1. Proceso de resolución de problemas estadísticos

Nota: traducción del inglés al español de Bargagliotti *et al.* 2020 (p. 13).

En el marco de la actividad STEAM, las fases de formulación de preguntas y recolección de datos son realizadas por medio de la aplicación del DAET-S. Las fases de análisis e interpretación de datos se desarrollan tomando como fuente el dibujo realizado con el instrumento, permitiendo, entonces, cumplir el ciclo estadístico.

Además, para la gestión de preguntas, se han considerado los niveles de análisis de datos propuestos por Curcio (1987): Nivel 1. Leer los datos; Nivel 2. Leer dentro de los datos; Nivel 3. Leer más allá de los datos y Nivel 4. Leer detrás de los datos. De esta forma, se propone el uso de interrogantes que guíen el análisis de datos desde aquellos explícitos hasta la extrapolación.

3.1 Diseño de la actividad

Es importante destacar que esta actividad fue implementada con 23 estudiantes de quinto grado durante la clase de matemática de una escuela de primaria, en la ciudad de Girona, España. Para efecto de la actividad, los niños consideraron las respuestas de todos los presentes. Sin embargo, en esta publicación, se han utilizado datos de 18 estudiantes, quienes aceptaron de forma voluntaria participar en este estudio. Para ello, sus padres o tutores firmaron el consentimiento de registro de audio e imágenes, y el uso de sus producciones, garantizándose el anonimato de los participantes.

Para el diseño de la actividad STEAM se ha seguido la estructura propuesta por Aguilera *et al.* (2022), junto con el actual marco curricular español vigente (Real Decreto 157/2022). Además, el diseño ha sido complementado con imágenes y comentarios de la aplicación con la intención de facilitar al maestro la comprensión de la propuesta, así como anticipar posibles conjeturas del aula.

Tabla 1. Diseño didáctico de la actividad STEAM

<p>¿Para qué?</p>	<p>Objetivo: Resolver problemas utilizando estrategias de análisis de datos para generar conclusiones e inferencias sobre las concepciones sobre el área y la profesión de ingeniería por medio de la utilización del DAET-S.</p>
<p>¿Qué?</p>	<p>Contenidos matemáticos (grandes ideas-ejes) Estadística y probabilidad: Representación de datos obtenidos a través de recuentos mediante gráficos estadísticos sencillos y recursos manipulables y tecnológicos. Contenidos de ingeniería: Concepciones del ingeniero y de la ingeniería (Conceptions of Engineers and Engineering - CCE) (Moore et al., 2014): deconstruyendo estereotipos sobre lo que hace un ingeniero, su ambiente de trabajo y la masculinización de la profesión.</p>
	<p>Competencias específicas matemáticas (CEM) (España, 2022): Interpretar situaciones de la vida cotidiana, proporcionando una representación matemática de las mismas (CEM1). Reconocer y utilizar conexiones entre las diferentes ideas matemáticas, así como identificar las matemáticas implicadas en otras áreas o en la vida cotidiana (CEM5). Comunicar y representar, procedimientos y resultados matemáticos (CEM6).</p>
	<p>Competencia STEM: Utiliza el pensamiento científico para entender y explicar algunos de los fenómenos que ocurren a su alrededor, confiando en el conocimiento como motor de desarrollo, utilizando herramientas e instrumentos adecuados, planteándose preguntas y realizando experimentos sencillos de forma guiada. (STEM2). Competencia personal-social: Reconoce y respeta las emociones y experiencias de las demás personas, participa activamente en el trabajo en grupo, asume las responsabilidades individuales asignadas y emplea estrategias cooperativas dirigidas a la consecución de objetivos compartidos (CPSAA3).</p>
	<p>Producto: Afiche colaborativo para la comunicación de los resultados obtenidos, incluyendo datos estadísticos, análisis e inferencias. Prácticas STEAM: Concepciones sobre ingeniería, conexiones STEAM con el contexto (desde la ingeniería y la matemática).</p>
<p>¿Cómo?</p>	<p>Contexto: Test Dibuje una persona que hace ingeniería (DAET-S). Evaluación: Indicadores Proporcionar ejemplos de representaciones de situaciones problematizadas sencillas, con recursos manipulativos y gráficos que ayuden en la resolución de un problema de la vida cotidiana. Reconocer conexiones entre los diferentes elementos matemáticos, aplicando conocimientos y experiencias propios. Participar respetuosamente en el trabajo en equipo, estableciendo relaciones saludables basadas en el respeto, la igualdad y la resolución pacífica de conflictos.</p>
	<p>Cooperación: Toda la clase se articula para identificar formas de responder a la problemática.</p>

3.2. Descripción y análisis de la actividad

En esta actividad se propone un proceso de resolución de problemas estadísticos a partir del análisis del dibujo de una persona que hace ingeniería (DAET-S). Este planteamiento está destinado al quinto curso de la educación primaria. En la Tabla 2 se presenta el panorama general de la actividad y, a continuación, se describen las fases.

Tabla 2. Panorama general de la sesión

Actividad: Dibuje una persona que hace ingeniería		Nivel: Quinto año de la educación primaria (niños y niñas de 10 a 11 años)
Metodología: Proceso de resolución de problemas estadísticos (Bargagliotti <i>et al.</i> , 2020)	Enfoque: Educación STEAM centrado en las áreas de matemáticas e ingeniería	Finalidad: Resolver problemas utilizando estrategias de análisis de datos para generar conclusiones e inferencias sobre las concepciones hacia la ingeniería
Tiempo de ejecución: 90 minutos	Materiales: DAET-S (Anexo A) y recursos para dibujar y escribir (lápices, goma, etc.)	Producto final: Afiche colaborativo para la comunicación de los resultados obtenidos, incluyendo datos estadísticos, análisis e inferencias (para la ampliación de la actividad).

Fase inicial: dibujo de una persona que hace ingeniería (30 minutos)

Se comienza la actividad presentando brevemente la organización de la sesión: dibujo, preguntas complementarias, análisis y reflexión. Para la contextualización de la clase se aplica el DAET-S, sin discutir previamente sobre la ingeniería, para no influenciarlos en sus dibujos y respuestas. En este inicio, es importante que el maestro haga una lectura literal del texto del instrumento, sin explicar las instrucciones con palabras propias o entrando en detalles que puedan sesgar los dibujos. Por ejemplo, si el maestro dice “dibuje un ingeniero” en lugar de “una persona que hace ingeniería”, eso ya podría influenciarlos a representar personas del sexo masculino en sus dibujos. Además, el maestro debe motivarles e insistirles que no hay ideas erróneas, pues se trata de una exploración del conocimiento. Eso ayuda a que los estudiantes expresen sus pensamientos de forma más libre en lugar de buscar un dibujo “correcto” o respuestas que creen ser socialmente más aceptadas, o deseadas por el maestro. En la Figura 2 se observan los niños dibujando.

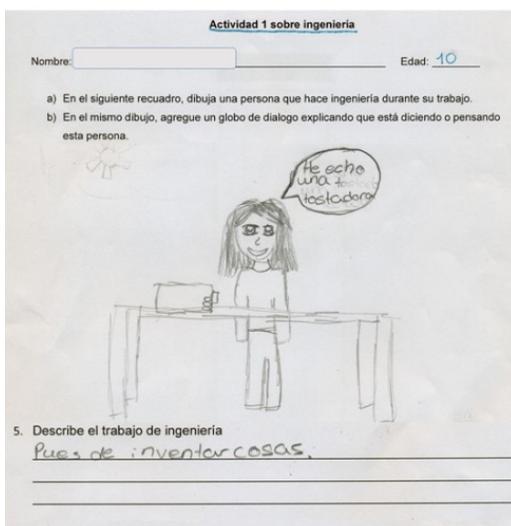
Figura 2. Estudiantes dibujando una persona que hace ingeniería durante su trabajo.



Fuente: elaboración propia.

La primera hoja del instrumento les orienta a dibujar una persona que hace ingeniería durante su trabajo. Luego, ellos deben agregar a sus dibujos globos de diálogos explicando lo que está diciendo o pensando esta persona. En la Figura 3 se muestra un ejemplo del dibujo de una niña que representó una mujer que ha inventado una tostadora y escribió en el globo de diálogo “he hecho una tostadora”. Así también, esta información se complementa con la respuesta 5 de la ficha donde describe el trabajo de ingeniería, como “inventar cosas”.

Figura 3. Ejemplo de un dibujo de una niña sobre la persona que hace ingeniería



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Elementos encerrados en círculos como productos de ingeniería



Fuente: elaboración propia.

Fase de desarrollo: ciclo de investigación estadística (40 minutos):

Una vez terminada la aplicación del DAET-S, se empieza el ciclo de investigación estadístico. Primero se les pregunta: en tu dibujo, ¿representaste hombre, mujer, ambos o ningún género? Algunos estudiantes dan sus respuestas. Entonces el maestro les cuestiona cómo se pueden organizar los datos en la pizarra para analizarlos. En nuestra experiencia, los estudiantes propusieron alzar la mano para el conteo, mientras uno de ellos registra con marcas de conteo, como se puede ver en la Figura 6.

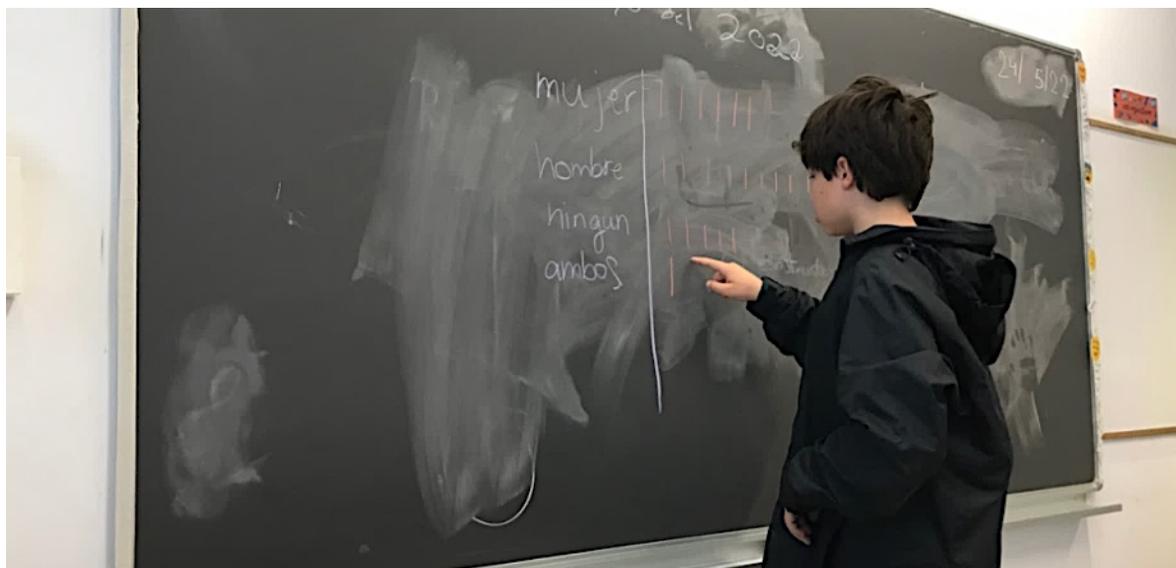
Figura 6. Estudiantes alzando la mano como estrategia para el conteo de frecuencias



Fuente: elaboración propia.

Los estudiantes presentan los datos en la pizarra según su propuesta de organización (se espera que propongan una tabla de recuento). El maestro aprovecha esta oportunidad para introducir o formalizar el término de frecuencia. Posteriormente, se instiga la utilización de estrategias propias de los estudiantes para la verificación de los datos de la tabla estadística. En la Figura 7, es posible observar a un estudiante utilizando estrategias propias para el conteo: cuenta cada marca, luego suma las frecuencias y compara el resultado el total con el número de estudiantes de la clase.

Figura 7. Estudiante realizando conteo por medio de marcas de frecuencia y proponiendo estrategia para verificación



Nota: Los estudiantes contabilizaron las respuestas de los 23 compañeros presentes en la clase. Fuente: elaboración propia.

Durante el conteo identificaron la existencia de un error, por lo que propusieron repetir dicho conteo para corregirlo: un alumno había olvidado alzar la mano o no había sido contabilizado inicialmente. De esta forma, se observa como la actividad pone en juego competencias matemáticas, adquiridas previamente, en el contexto, además de la utilización del error como oportunidad de aprendizaje.

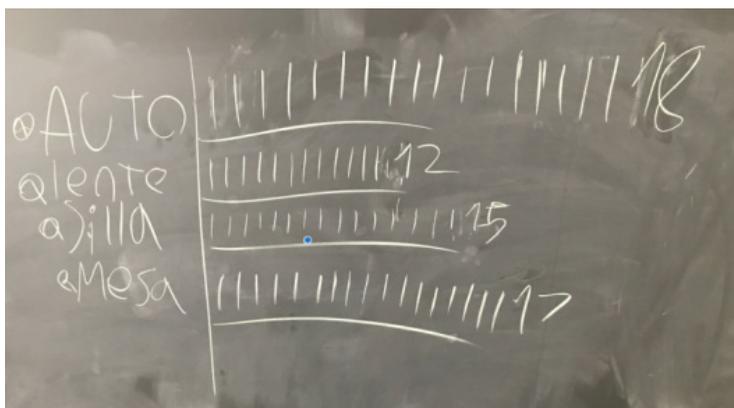
A continuación, el maestro media la discusión en torno al análisis de los datos siguiendo un orden progresivo de dificultad. Se les pide que identifiquen las categorías con mayor o menor frecuencia, diferencias entre ellas y otros cálculos posibles de realizar. Identificada la mayor frecuencia, por ejemplo, se les motiva a inferir por qué se generan estos resultados, situándose en el nivel III: leer más allá de los datos (Curcio, 1987). Se sugiere, además, conducir la reflexión sobre la visión estereotipada de la ingeniería (masculinización de la profesión).

Esta fase cobra relevancia, porque promueve el pensamiento crítico frente a los datos. En nuestra experiencia, un alumno manifiesta que cada estudiante se refleja en el dibujo (los niños han dibujado ingenieros y las niñas, ingenieras), argumentando que esto respondería a la diferencia de frecuencias entre hombre y mujeres. Considerando este aporte, se puso a prueba la hipótesis, preguntando cuántos niños dibujaron ingenieros: casi todos levantan la mano (sólo un niño dibujo mujeres). Al contrario, al preguntar a las niñas, pocas habían dibujado mujeres. Con eso, ellos mismos concluyeron que esta no era la razón de la diferencia observada, lo cual es coherente con los datos de diversos estudios que muestran que los niños suelen representar mayoritariamente hombres en sus dibujos y que algunas chicas representan mujeres, pero la mayoría también tiende a dibujar hombres (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Capobianco *et al.*, 2011; Chou y Chen, 2017).

En este punto, según la decisión del maestro, se puede ampliar la actividad con el análisis de las otras preguntas del DAET-S. De lo contrario, podrá gestionar la clase hacia una discusión más cualitativa acerca de esas cuestiones, sin la contabilización de las respuestas.

Continuando, vamos a la última pregunta sobre los elementos que identificaron como productos de ingeniería. Otra vez se realiza una tabla de conteo y frecuencia, donde se identifican los elementos de mayor y menor frecuencia: leer los datos – Nivel I (Curcio, 1987). Como se ha mencionado anteriormente, se esperaba una mayor concentración de respuestas en el automóvil. Sin embargo, a pesar de una mayor frecuencia de respuestas en este ítem, en nuestra experiencia se observó una dispersión entre todos los productos, como puede ser visto en la Figura 8. Así también, es posible destacar que algunos estudiantes manifestaron conciencia de la existencia de varios tipos de ingeniería y justificaron con eso la selección de múltiples objetos.

Figura 8. Representación de frecuencias realizada por los estudiantes en la pizarra



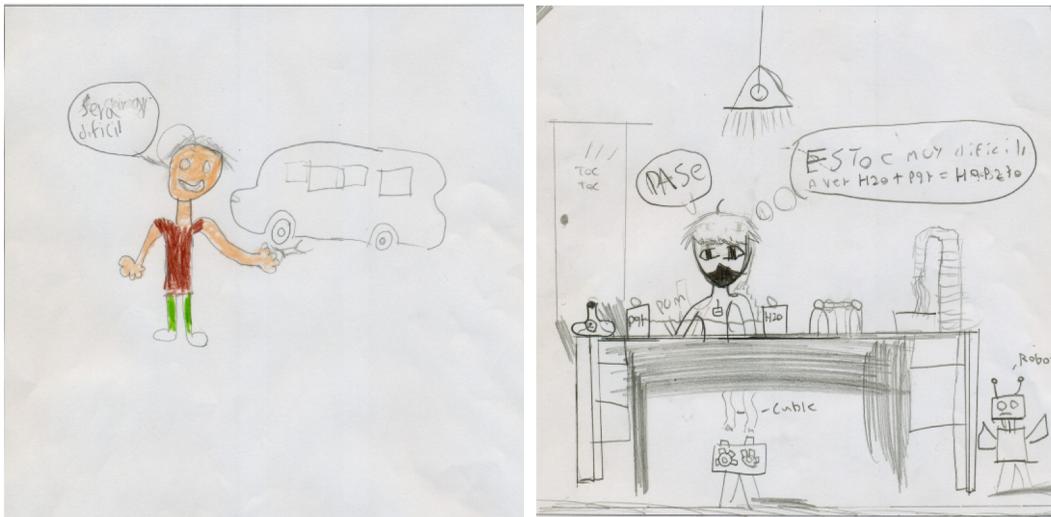
Nota: Los estudiantes contabilizaron las respuestas de los 23 compañeros presentes en la clase.

Fuente: elaboración propia.

Mientras argumentan porqué seleccionaron algunos objetos en particular, se reflexiona sobre la idea de que la ingeniería no está relacionada exclusivamente a productos y procesos con alta sofisticación tecnológica, sino también a objetos cotidianos.

Incentivamos que el maestro dé énfasis a deconstruir la idea de que la ingeniería es necesariamente algo complejo y difícil, pues eso les puede alejar de esta área del conocimiento y de considerar esta profesión como una posible carrera para ellos. En la nuestra aplicación, algunos alumnos expresaron esta creencia, como se puede ver en la Figura 9, donde se observa escrito en un dibujo a) “Será difícil” y en otro b) “Esto es muy difícil”. Esta observación está alineada con los datos provistos por Capobianco *et al.* (2011).

Figura 9. Dibujos que ejemplifican la creencia de los estudiantes de que la ingeniería es algo difícil



Nota: En a) se observa escrito en el diálogo “Será difícil”, y en b) “Esto es muy difícil”. Fuente: elaboración propia.

Fase de cierre: diálogo sobre la ingeniería (20 minutos)

Finalmente, se conduce la discusión en torno de la pregunta ¿Qué piensan ahora acerca de la ingeniería?, y por medio de lluvia de ideas se registran conceptos clave. Luego, se discierne sobre ellas y se formaliza el concepto de ingeniería. En concreto, se concluye que la ingeniería está muy presente en el cotidiano y que su función principal es la transformación de recursos de la naturaleza para el bienestar humano, donde entran en juego conocimientos y habilidades de diversas áreas para toma de decisiones bajo múltiples restricciones (Wulf, 2001). El maestro guía la discusión hacia la idea de que, en ingeniería, el profesional no se centra en actividades físicas o manuales, sino que se vincula con acciones de nivel intelectual y creativo, íntimamente relacionados

con el diseño de ingeniería. Una vez que los estudiantes logran transitar hacia una nueva visión de la ingeniería, empiezan a establecer los vínculos sobre el uso de las ciencias y de las matemáticas en la práctica de la persona ingeniera. Por último, se invita a los estudiantes a descubrir la ingeniería en su hogar y a hablar sobre ella con sus familiares.

4. Conclusiones y perspectivas futuras

En este artículo se ha presentado el diseño e implementación de una actividad STEAM que tiene la intención de explorar las conexiones entre las matemáticas y la ingeniería a través de la estadística en educación primaria. Este objetivo responde a la necesidad de aportar a la implementación del enfoque educativo STEAM, en específico desde el contenido integrado (Bennett y Ruchti, 2014) de matemáticas e ingeniería (Park *et al.*, 2018), como una forma de desarrollar competencias para solucionar problemas de manera creativa (Quigley y Herro, 2016).

En esta actividad se ha usado de manera didáctica el instrumento DAET-S para acceder a las concepciones de los estudiantes sobre ingeniería y la profesión de ingeniería. En su implementación, observamos que los estudiantes aplicaron diversos conocimientos y habilidades estadísticas. Por ejemplo, verificaron la prevalencia del género masculino en sus representaciones. Asimismo, infirieron que este resultado podría deberse a que se reflejan ellos mismos en sus dibujos. Al poner a prueba esta hipótesis, constataron que en los dibujos de las niñas también prevalecía el género masculino. Estos resultados alcanzados por los estudiantes, es similar a hallazgos presentados en la literatura, en donde la tendencia en niños y niñas es a representar ingenieros hombres (Ata-Aktürk y Demircan, 2021; Capobianco *et al.*, 2011; Chou y Chen, 2017).

De esta manera, se evidencia que la actividad diseñada permite poner en juego niveles de análisis de datos de orden superior como leer más allá de los datos y leer detrás de los datos, Así como también, posibilita avanzar hacia la deconstrucción de visiones estereotipadas de la Ingeniería. A partir de esto, se puede concluir que la actividad cumple con el objetivo de conectar la matemática con la ingeniería a través del análisis estadístico, posibilitando el análisis contextualizado y el desarrollo del pensamiento crítico frente a los datos.

Luego de analizada la implementación y considerando los aportes teóricos presentados, estamos en condiciones de recomendar al profesorado el uso de esta actividad, considerando que su diseño es: a) replicable en condiciones similares, b) adaptable a otros niveles escolares o contextos y c) ampliable a otras conexiones intra e interdisciplinarias.

Estas potencialidades identificadas posicionan la actividad como un óptimo primer acercamiento a la ingeniería temprana en el aula escolar. No obstante, estamos conscientes de que es un trabajo de largo aliento. Por lo mismo, será necesario multiplicar las acciones en pro del desarrollo de actividades que permitan avanzar hacia la transformación de los estereotipos y visiones equivocadas sobre la ingeniería. Asimismo, el aprendizaje de la ingeniería temprana se construiría sobre cimientos libres de estereotipos, permitiendo el avance hacia otros tipos de actividad como de ingeniería reversa y de diseño de ingeniería.

En este escenario, robustecer el conocimiento disciplinar y didáctico del profesorado será esencial para facilitar tanto la identificación de conexiones como la implementación de actividades STEAM, incluyendo la ingeniería temprana. Por lo mismo, es importante ofrecer soluciones desde la investigación y el diseño de artefactos de apoyo tales como recursos didácticos, planificaciones de clases, guías docentes, así como también, procesos de formación inicial y continua del profesorado que incluyan ingeniería temprana y en conexión con las matemáticas.

5. Lista de referencia

- Aguilera, D., García-Yeguas, A., Palacios, F., y Vílchez-González, J. (2022). Diseño y validación de una rúbrica para la evaluación de propuestas didácticas STEM (RUBESTEM). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. Continuación de la antigua *Revista de Escuelas Normales*, 97(36.1), 11-34. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92409>
- Aguilera, D., y Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Alsina, Á. (2020). Conexiones matemáticas a través de actividades STEAM en Educación Infantil. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 58, 168–190. <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/69/30>
- Alsina, Á., Vásquez, C., Muñoz-Rodríguez, L., y Rodríguez-Muñoz, L. (2020). ¿Cómo promover la alfabetización estadística y probabilística en contexto? Estrategias y recursos a partir de la COVID-19 para Educación Primaria. *Epsilon - Revista de Educación Matemática*, 104, 99-128.
- Ata-Aktürk, A., y Demircan, H. (2021). Engineers and engineering through the eyes of preschoolers: a phenomenographic study of children's drawings. *European Early Childhood Education Research Journal*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2021.1974067>

- Batanero, C. (2011). *Estadística Con Proyectos. En Departamento de Didáctica de la Matemática*. <https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/Libroproyectos.pdf>
- Bargagliotti, B., Franklin, C., Arnold, P., Gould, R., Jhonson, R., Perez, L. y Spangles, D. (Eds.) (2020). *Pre-K-12 guidelines for assessment and instruction in statistics education II (GAISE II)*. American Statistical Association.
- Bennett, C., y Ruchti, W. (2014). Bridging STEM With Mathematical Practices. *Journal of STEM Teacher Education*, 49(1). <https://doi.org/10.30707/JSTE49.1Bennett>
- Cabello, V., Martinez, M., 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>
- Camacho, L., y Watson, H. (2007). Reflexiones sobre Equidad de Género y Educación Inicial. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 8(14), 33-48.
- Capobianco, B., Diefes-dux, H., 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>
- Chambers, D. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test. *Science Education*, 67(2), 255-265. <https://doi.org/10.1002/SCE.3730670213>
- Chesky, N., y Wolfmeyer, M. (2015). *Introduction to STEM Education*. Philosophy of STEM Education, 1-16. https://doi.org/10.1057/9781137535467_1
- Chou, P., y Chen, W. (2017). Elementary School Students’ Conceptions of Engineers: A Drawing Analysis Study in Taiwan-Web of Science Core Collection. *International Journal of Engineering Education*, 33(1), 476-488. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000396659400019>
- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l’alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 0(34), 22. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.403>
- Curcio, F. (1987). Comprehension of Mathematical Relationships Expressed in Graphs Author (s): Frances R . Curcio Source: *Journal for Research in Mathematics Education* , Vol . 18 , No . 5 (Nov . , 1987) , pp . Published by : National Council

- of Teachers of Mathematics St. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18(5), 382-393.
- 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>
- Hsiao, P., y Su, C. (2021). A Study on the Impact of STEAM Education for Sustainable Development Courses and Its Effects on Student Motivation and Learning. *Sustainability*, 13(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- Kelley, T., y Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. En *International Journal of STEM Education* (Vol. 3, Número 1, pp. 1-11). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- 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*, January, 4079-4089.
- Moore, T., Glancy, A., Tank, K., Kersten, J., Smith, K., y Stohlmann, M. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- NCTM (2000). *Principios y estándares para la educación matemática*. Sevilla: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
- NGSS. 2013. *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- Orozco, J. y Díaz, A. (2018). Un reto de innovación pedagógica: Las guías de aprendizajes. *Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas*, 1(1), 54-71. <https://doi.org/10.30698/recsp.v1i1.4>
- Park, D., Park, M., y Bates, A. (2018). Exploring Young Children's Understanding About the Concept of Volume Through Engineering Design in a STEM Activity: A Case Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 275-294. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9776-0>
- Perignat, E., y Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31(October 2018), 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>

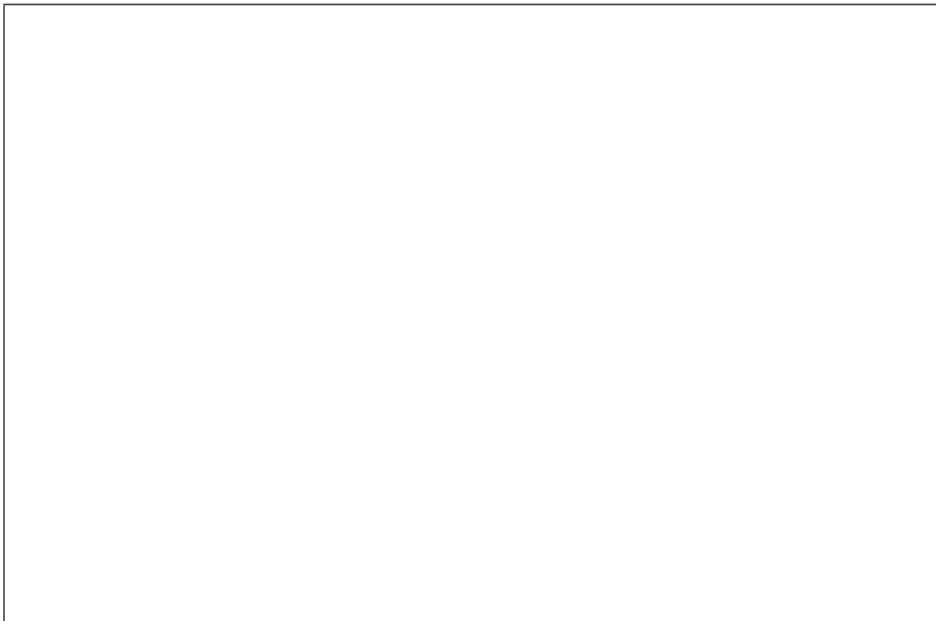
- Piaget, J., y Inhelder, B. (1971). Mental Imagery in the Child: A Study of the Development of Imaginal Representation. *British Journal of Educational Studies*, 19(3), 343. <https://doi.org/10.2307/3120455>
- Quigley, C. y Herro, D. (2016). “Finding the Joy in the Unknown”: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410-426. <https://doi.org/10.1007/S10956-016-9602-Z/TABLES/2>
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., y Hemmo, V. (2007). Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. *RTD info*, 29. http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/index_en.html
- Tan, W., Samsudin, M. , Ismail, M. y Ahmad, N. (2020). Gender Differences in Students’ Achievements in Learning Concepts of Electricity Via Steam Integrated Approach Utilizing Scratch. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(3), 423-448. <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.423>
- Thomas, J., Hawley, L. 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>
- UNESCO. (2019). Descifrar el código. En Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649?posInSet=1yqueryId=d5f381da-86f6-442b-8f3b-a86a83220043>
- Vicente, F., Llinares, A. y Sánchez, N. (2020). “Sustainable City”: A Steam Project Using Robotics to Bring the City of the Future to Primary Education Students. *Sustainability*, 12(22), 9696. <https://doi.org/10.3390/su12229696>
- 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>
- Wulf, W. (2001). Diversity in engineering. *Leadership and Management in Engineering*, 1(4), 31-35. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1532-6748\(2001\)1:4\(31\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1532-6748(2001)1:4(31))

Anexo A

Test dibuje una persona que hace ingeniería Draw an Engineer Test - Spanish (DAET-S)

Nombre: _____ Edad: _____

- a) En el siguiente recuadro, dibuja una persona que hace ingeniería durante su trabajo.
- b) En el mismo dibujo, agregue un globo de dialogo explicando que está diciendo o pensando esta persona.



1. En tu dibujo representaste:

- a) mujeres
- b) hombres
- c) hombres y mujeres
- d) ningún género

2. ¿Cómo esta persona está usando matemáticas? Explica.

3. ¿Cómo esta persona está usando ciencias? Explica.

4. ¿Dónde está trabajando esta persona?

5. Describe el trabajo de ingeniería

6. ¿Tienes algún conocido que trabaja en ingeniería? ¿Quién?

6. Encierra en un círculo el o los elementos que crees son de ingeniería.

