



# Universidad Nacional Autónoma de México

## Facultad de Filosofía y Letras Colegio de Pedagogía

### Estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos:

Un estudio sobre el club "Taller de Robótica Abierta" (TRA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

#### TESIS

Que para optar por el grado de  
Licenciada en Pedagogía

#### Presenta

Itzel Anai Cruz Fernández

#### Asesor

Mtra. María del Carmen Angélica Silva Moreno



Ciudad Universitaria, CD. MX.

2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Agradecimientos

A todos, porque somos un sistema.

# Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1. Robótica.....	6
1.1. Los robots .....	7
1.1.1. Concepto de robot .....	7
1.1.2. Subsistemas y partes de un robot.....	11
1.1.3. Clasificación de robots.....	14
1.2. La ciencia de los robots: la Robótica .....	19
1.2.1. Concepto de robótica.....	19
1.2.2. Leyes de la robótica .....	20
1.2.3. Relación de la robótica con otros campos del conocimiento .....	21
1.3. La robótica en el mundo.....	23
1.3.1. Historia de la robótica en el mundo .....	23
1.3.2. Principales pensadores.....	31
1.3.3. Principales usos de la robótica en el mundo .....	32
1.4. La robótica en México.....	36
1.4.1. Historia de la robótica en México .....	36
1.4.2. Principales usos de la robótica en México .....	38
Capítulo 2. Robótica pedagógica .....	41
2.1. Características de la robótica pedagógica.....	42
2.1.1. Conceptualización de la robótica pedagógica .....	42
2.1.2. Historia de la robótica pedagógica .....	43
2.1.3. La construcción de robots educativos en los procesos de enseñanza-aprendizaje.....	45
2.2. Fundamentos de la robótica pedagógica.....	48
2.2.1. El constructivismo .....	48
2.2.2. El construccionismo .....	51
2.2.3. El rol del docente y el estudiante desde el construccionismo .....	53

2.3. La robótica pedagógica en espacios de educación .....	54
2.3.1. La robótica pedagógica en espacios de educación formal .....	54
2.3.2. La educación no formal .....	58
2.3.3. La robótica pedagógica en instituciones de educación no formal presenciales.....	59
<b>Capítulo 3. Matemáticas.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1. La ciencia de las matemáticas.....</b>	<b>62</b>
3.1.1. Características de las matemáticas .....	62
3.1.2. Uso de las matemáticas .....	63
<b>3.2. Las matemáticas en la educación mexicana .....</b>	<b>64</b>
3.2.1. Las matemáticas en Educación Básica .....	64
3.2.2. Las matemáticas en Educación Media Superior .....	67
3.2.3. Las matemáticas en Educación Superior .....	68
<b>3.3. Ramas de las matemáticas .....</b>	<b>69</b>
3.3.1. Aritmética y geometría.....	69
3.3.2. Álgebra, estadística y probabilidad.....	71
<b>3.4. Problemas matemáticos.....</b>	<b>72</b>
3.4.1. Conceptualización de los problemas matemáticos .....	72
3.4.2. Características de los problemas matemáticos .....	74
3.4.3. Tipos de problemas matemáticos .....	76
<b>Capítulo 4. El Taller de Robótica Abierta (TRA) y aspectos generales de los estudios exploratorios .....</b>	<b>80</b>
<b>4.1. El TRA.....</b>	<b>81</b>
4.1.1. Características generales .....	81
4.1.2. Objetivos del TRA .....	82
4.1.3. Historia del TRA.....	83
<b>4.2. La comunidad del TRA .....</b>	<b>84</b>
4.2.1. Aspectos generales .....	84
4.2.2. Formación de los académicos dirigentes del TRA .....	86
4.2.3. Formación de los integrantes del TRA.....	87

<b>4.3. Estudio exploratorio</b> .....	88
<b>4.3.1. Metodología</b> .....	88
<b>4.3.2. Participantes de la investigación</b> .....	91
<b>4.3.3. Estudios uno y dos</b> .....	94
<b>Capítulo 5. Presentación, análisis y resultados de los estudios exploratorios</b> .....	99
<b>5.1. Estudio 1: Problemas matemáticos en la construcción de robots     educativos</b> .....	100
<b>5.2. Estudio 2: Casos de simulación</b> .....	136
<b>5.3. Análisis de los resultados de los estudios uno y dos</b> .....	158
<b>Conclusiones</b> .....	167
<b>Glosario</b> .....	171
<b>Referencias</b> .....	175
<b>Anexos</b> .....	185

# Introducción

Los talleres, los clubs, los cursos, así como las prácticas escolares basadas en la *robótica pedagógica* han aumentado de forma masiva en las instituciones educativas, porque se ha demostrado que favorecen los diferentes procesos de enseñanza-aprendizaje.

Las opciones formativas basadas en la *robótica pedagógica* tienen como fin enseñar un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y capacidades a los estudiantes, a través del diseño, así como desarrollo de robots educativos (Ruiz-Velasco, 2007).

Se les conoce como robots educativos a las máquinas robotizadas construidas en los talleres, club, cursos o prácticas escolares basados en la *robótica pedagógica* porque están enfocados en favorecer la transmisión y adquisición de conocimientos o saberes.

De acuerdo con Ghitis y Alba (2014), Pinto, Barrera y Pérez (2010), Bravo y Forero (2012), así como con Márquez y Ruiz (2014), las opciones formativas basadas en la *robótica pedagógica* ayudan a favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje porque:

- El docente puede abordar los contenidos curriculares de manera distinta.
- El docente puede explicar conceptos complejos de las ciencias exactas.
- El docente puede mantener la atención de los estudiantes.
- El docente puede integrar saberes de diferentes áreas del conocimiento.
- Los estudiantes desarrollan su interés por las ciencias e ingenierías.
- Los estudiantes desarrollan su capacidad de socialización.
- Los estudiantes desarrollan su capacidad para resolver problemas.
- Los estudiantes desarrollan su pensamiento sistémico y lógico.

En once estados<sup>1</sup> de México existen tan solo 203 instituciones de educación preescolar, primaria, secundaria, así como media superior que ofrecen talleres, clubs, cursos o prácticas escolares basadas en los principios de la *robótica pedagógica* (Google, 2020).

Algunas de esas instituciones son: Colegio Valladolid, Instituto Ramiro Kolbe, Colegio Anglo Español, Colegio Campestre, Colegio Simón Bolívar, Colegio Americano, Instituto Colinas, Colegio El Arca, Liceo Los Cabos e Instituto Miguel de Cervantes Saavedra.

Además, existen 37 instituciones de Educación Superior que ofrecen alguna licenciatura, opción terminal o especialidad en robótica, así como hay más de 36 organizaciones académicas de formación no formal que imparten programas basados en la *robótica pedagógica* (Google, 2020).

Algunas de esas organizaciones académicas de formación no formal son: Robotools, Spark, Wibots, EDUBOTS, IMO, ORBIK, Minibotix, LIOTA, Robótica Binario, YOUNGUI, Robocrea, Creabótica, Briko Robotics y Clubex.

Los estudiantes en estos talleres, clubs, cursos y prácticas escolares, en donde se construyen robots educativos, se enfrentan a problemas de diversa índole, debido a que la robótica es una ciencia interdisciplinar (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007).

La interdisciplinariedad de la robótica se refiere a que retoma los saberes y/o los conocimientos de diferentes disciplinas, así como ciencias, para abordar su objeto de estudio: el diseño, la elaboración y la construcción de robots.

Principalmente, los estudiantes se enfrentan a problemas matemáticos, pues deben calcular dimensiones, hacer conversiones de mediciones, diseñar piezas a base de figuras geométricas, comprender la correspondencia entre componentes de diferentes formas, entre otros.

---

<sup>1</sup> Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Yucatán y Zacatecas.



En estas acciones, los estudiantes deben aplicar conocimientos de las cinco ramas de las matemáticas como fórmulas para hacer operaciones aritméticas, principios de diseño de figuras geométricas, procesos de identificación de valores desconocidos y procedimientos de probabilidad de un evento.

Cabe mencionar que los problemas matemáticos son situaciones concretas contextualizadas, en las que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones, así como se hacen cálculos, para encontrar las soluciones (Penalva, Posadas y Roig, 2010).

Los problemas matemáticos en algunas ocasiones son percibidos como dificultades o complicaciones en el aprendizaje y la enseñanza de aspectos relacionados con la ciencia matemática, sin embargo, esa concepción no es la retomada para esta investigación científica.

En muchas ocasiones los problemas matemáticos no pueden ser resueltos por los estudiantes, pues desconocen el conjunto de acciones, técnicas, métodos y actividades que se requieren para solucionarlos, es decir, no conocen las estrategias procedimentales.

El desconocimiento del conjunto de acciones, técnicas, métodos y actividades principalmente se debe a la falta de experiencias sobre el reconocimiento de los problemas matemáticos, así como de la identificación de procesos específicos de solución de situaciones de esta índole.

Con base en Contreras (2013), las estrategias procedimentales son conjuntos de métodos, técnicas y actividades, relacionadas con el procedimiento, que las personas ponen en acción, con la finalidad de llegar a las soluciones, metas u objetivos determinados.

Los estudiantes indagan en diferentes fuentes de información al desconocer estas estrategias, con la intención de que puedan encontrar algunos indicios, pasos o ideas para solucionar los problemas matemáticos a los cuales se enfrentan en la construcción de los robots.

Sin embargo, no siempre llegan a conocer las formas para solucionar esos problemas matemáticos (García, 2015), pues no existen fuentes de información que les expliquen el conjunto de acciones, técnicas, métodos y actividades que se requieren para solucionarlos.

Por lo anterior, la investigación que se llevó a cabo tuvo como propósito general identificar algunas posibles estrategias procedimentales, para aumentar el conocimiento sobre el tema, generar las bases de futuros materiales informativos y crear nuevas líneas de indagación.

La investigación que se realizó fue un análisis de caso, en el cual se hicieron dos estudios de exploración, con un conjunto de cinco personas que han dedicado gran parte de su trayectoria académica al diseño, construcción, así como elaboración de robots educativos.

El primer estudio de la investigación tuvo como objetivo identificar los problemas matemáticos a los cuales se enfrentan las personas al diseñar y construir robots educativos, a partir de observaciones y entrevistas.

El segundo estudio tuvo como objetivo distinguir algunas posibles estrategias procedimentales que se pueden utilizar para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos, a partir de la búsqueda de soluciones en casos de simulación.

Las cinco personas que participaron en la investigación son integrantes de la organización académica Taller de Robótica Abierta (TRA), la cual pertenece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

El objetivo general de la investigación fue el analizar las posibles estrategias procedimentales que implementan los integrantes del TRA de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

La estructura general del trabajo de investigación está dividida en cinco partes o capítulos:

- Capítulo 1: Robótica.
- Capítulo 2: Robótica pedagógica.
- Capítulo 3: Matemáticas.
- Capítulo 4: El Taller de Robótica Abierta (TRA) y aspectos generales de los estudios exploratorios.
- Capítulo 5: Presentación, análisis y resultados de los estudios exploratorios.

El capítulo 1 está destinado a explicar las características de los diferentes tipos de robots (aéreos, terrestres, inteligentes, móviles industriales, entre otros), con el fin de reconocer los principales usos nacionales e internacionales del conocimiento sobre la robótica.

El capítulo 2 se enfoca en explicar los beneficios de los procesos formativos basados en la *robótica pedagógica*, así como en dar a conocer la cantidad de instituciones formales y no formales que construyen robots educativos, para procesos de enseñanza-aprendizaje.

El capítulo 3 está orientado en dar a conocer las ramas de las matemáticas y las razones por las cuales esta ciencia es estudiada en todos los niveles del Sistema Educativo Nacional, con el fin de comprender las características de los problemas matemáticos.

El capítulo 4 se encamina a conocer el trabajo, los objetivos y las actividades de la organización académica TRA, así como a explicar a detalle los dos estudios exploratorios que se llevaron a cabo, para reconocer las posibles estrategias procedimentales.

Finalmente, el capítulo 5 está destinado a compartir las experiencias, así como las conclusiones de los dos estudios de la investigación. Su contenido se dividió en cinco secciones: entrevistas, observaciones, valoración de los resultados del estudio uno, casos de simulación y análisis final.

# Capítulo 1. Robótica

*Cualquier tecnología suficientemente avanzada  
es indistinguible de la magia.*

Arthur Clarke

A lo largo de este capítulo se analizan los rasgos característicos de los robots, así como los fundamentos de la robótica, a partir del análisis de los términos principales y de la evolución histórica de esta ciencia interdisciplinar a nivel nacional e internacional.

Las finalidades de la información expuesta en esta sección son tres:

- Explicar un panorama general sobre la ciencia que fundamenta la construcción de los robots.
- Comprender las razones por las cuales actualmente se ha formado una relación estrecha entre robótica y educación.
- Reconocer las características de los robots educativos.

Algunas de las preguntas que se responden en este capítulo son: ¿Qué características tienen los robots educativos?, ¿cómo se ha relacionado la robótica con la educación a lo largo de la historia? y ¿cuáles son las finalidades educativas de la construcción de máquinas robotizadas?

## 1.1. Los robots

### 1.1.1. Concepto de robot

El término *robot* nació en el campo de la literatura de ciencia ficción y fue ideado a principios del siglo pasado, con la finalidad de denominar a diferentes máquinas automatizadas, así como reprogramables.

La primera vez que el término *robot* se utilizó fue en 1921, con la obra teatral del escritor checo Karel Capek, llamada *Rossum's Universal Robots*, también conocida como R.U.R. (Kumer, 2008). En ella, Capek señala que los robots son máquinas que se encargan de realizar las tareas domésticas, por ejemplo, barrer, limpiar, recoger, lavar, sacudir, ordenar, entre otras.

Un robot conceptualmente es una máquina reprogramable que cuenta con un determinado grado de movilidad, realiza un conjunto de tareas de forma independiente y se adapta al mundo en el cual opera (Zabala, 2007).

Además, el robot es una máquina que fue creada con un objetivo específico, por ejemplo, investigar un territorio no explorado, identificar las emociones de las personas, enseñar a los niños a hablar o atender a pacientes enfermos.

De acuerdo con Arnaez (2015), un robot sólo puede considerarse como uno cuando éste posee dos características: es reprogramable (puede configurarse para realizar nuevas tareas) y es automático (ejecuta acciones de forma autónoma).

Un ejemplo de robot es el *Programmable Universal Machine for Assembly* (PUMA), el cual es un brazo robótico que permite realizar actividades de montaje y desmontaje (véase Figura 1).

El PUMA fue construido por la empresa Unimation en el año de 1978 (Sánchez, Jiménez, Millán, Salvador, Monllau, Palou y Villavicencio, 2007). Es considerado un robot por ser reprogramable, así como por realizar sus tareas sin la intervención de un ser humano.

**Figura 1. Programmable Universal Machine for Assembly (PUMA)**

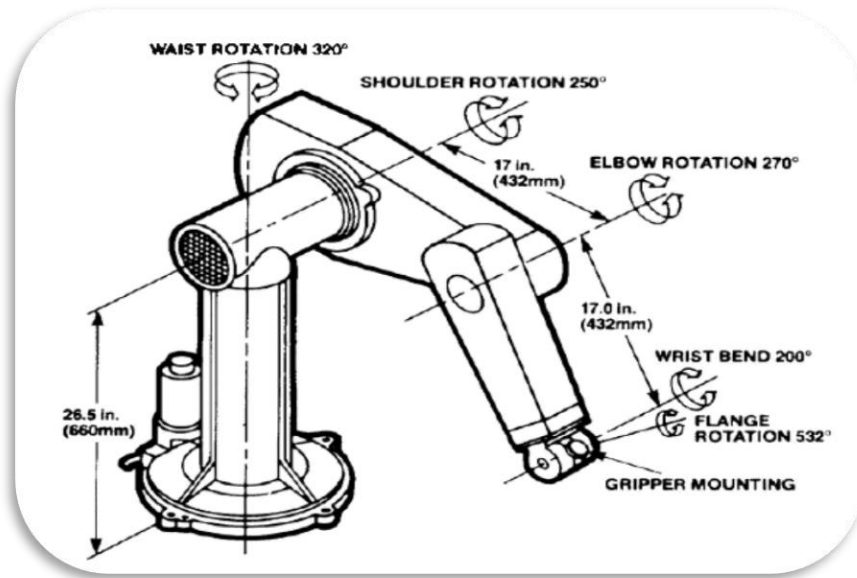


Figura 1. Representación gráfica del robot PUMA. Tomada de *ANFIS Application for Calculating Inverse Kinematics of Programmable Universal Machine for Assembly (PUMA) Robot* por H. Hendarto y J. Setiawan, 2014, 1st International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering.

El robot en muchas ocasiones es confundido con máquinas que poseen aspectos similares, principalmente, con el sistema robotizado, el telemanipulador y el cyborg, sin embargo, estos poseen características específicas.

El sistema robotizado o sistema de múltiples robots es un conjunto de máquinas que se encuentran en un mismo entorno, las cuales actúan cooperativamente para realizar una tarea determinada (Jiménez, Ovalle y Branch, 2008).

El sistema robotizado tiene dos características que lo diferencian del robot: la interacción de más de dos máquinas para realizar una sola tarea y la dependencia entre los dispositivos, pues no realizan actividades independientes, sólo cooperativas.

Un ejemplo de sistema robotizado es el conjunto de máquinas que se diseñaron en la Universidad de Zaragoza (véase Figura 2), para localizar e identificar vehículos (Sagues, Mosteo, Tardioli, Murillo, Villarroel y Montano, 2012).

**Figura 2. Conjunto de máquinas diseñadas por la Universidad de Zaragoza**

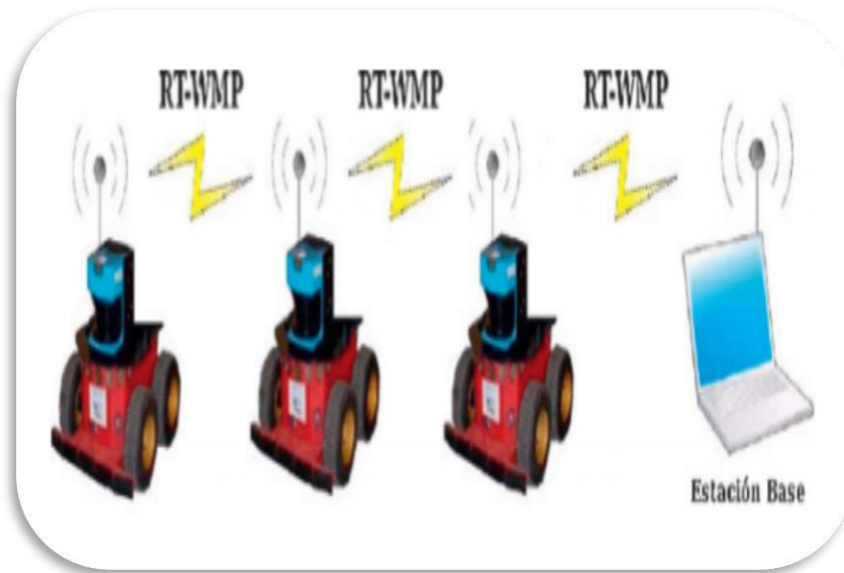


Figura 2. Representación gráfica del conjunto de máquinas diseñadas por la Universidad de Zaragoza. Tomada de *Sistema multi-robot para localización e identificación de vehículos* por C. Sagues, A. Mosteo, D. Tardioli, A. Murillo, J. Villarroel y L. Montano, 2004, Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial.

Este sistema robotizado de la Universidad de Zaragoza está compuesto por una cabeza de control (computadora), así como por tres máquinas que poseen características similares, realizan funciones parecidas y tienen el mismo objetivo.

El telemanipulador es una máquina que está controlada directamente por un operador humano (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007), es decir, sólo realiza sus acciones y funciones cuando la persona se lo indica.

El robot es diferente al telemanipulador, porque este es controlado por un programa de ordenador, las acciones que realiza se programan antes de su ejecución y es automático (hace sus tareas sin intervención humana).

Un ejemplo de telemanipulador es el barco teledirigido de Nicola Tesla (véase Figura 3), el cual fue presentado en el año de 1898 en el Madison Square Garden en la ciudad de Nueva York (Sánchez, Millán, Salvador, Palou, Rodríguez, Esquena y Villavicencio, 2007).

**Figura 3. Barco teledirigido de Nicolas Tesla**

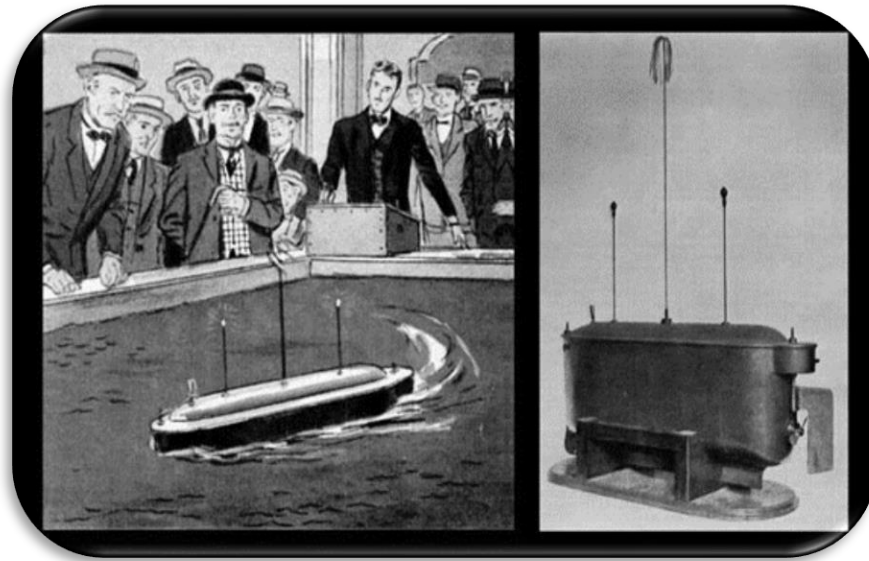


Figura 3. Representación gráfica del barco teledirigido creado por Nicola Tesla. Tomada de *Nikola Tesla: armas radiodirigidas* por I. Pasamar, 2017. Recuperado de <http://hrmediciones.com/index.php/blog-rei/87-contemporanea/171-nikola-tesla-armas-radiodirigidas>

El barco teledirigido de Nicola Tesla fue uno de los primeros telemanipuladores que aparecieron en la historia de la robótica y la mecánica, así como una de las máquinas precursoras de los actuales robots acuáticos.

Finalmente, el cyborg es una criatura que combina partes orgánicas, así como mecánicas en su composición total. Es conocido popularmente como *organismo cibernético* o *ser biónico* (Sánchez, Millán, Salvador, Palou, Rodríguez, Esquena y Villavicencio, 2007).

El cyborg es un ser vivo que fue modificado mecánicamente, o sea, algunas de las partes de su cuerpo fueron sustituidas por máquinas, por ejemplo, los brazos, las piernas, los pies, los dedos, los órganos o los ojos.

Un ejemplo de cyborg es la modelo y deportista Aimée Mullins (véase Figura 4), quien tiene dos prótesis como piernas, pues se las apuntaron antes de que aprendiera a caminar (Keska, 2006).



**Figura 4. Aimée Mullins**



Figura 4. Fotografía de Aimée Mullins. Tomada de *Aimée Mullins* por M. Persson y P. Andersson, 2020. Recuperada de <http://iconmagazine.se/portfolio/aimée-mullins/>

### **1.1.2. Subsistemas y partes de un robot**

El robot está conformado por tres subsistemas, así como por seis partes que le permiten cumplir con el objetivo de su creación, realizar las tareas encomendadas y reprogramar sus movimientos o acciones.

Los tres subsistemas de un robot son (Kumar, 2008):

- Subsistema de movimiento (mecánico): es la estructura física del robot que le permite realizar un movimiento deseado.
- Subsistema de reconocimiento (electrónica): es el conjunto de sensores que le permiten recabar información sobre el propio robot, de los objetos manipulados y del entorno en donde se desenvuelve.
- Subsistema de control (programación): es el que regula el movimiento del robot con el fin de lograr una determinada tarea.

Todos los robots cuentan con los tres subsistemas (movimiento, reconocimiento y control), la única diferencia es la complejidad de las partes utilizadas, por ejemplo, de los sensores o de los elementos mecánicos (véase Figura 5).

**Figura 5. Subsistemas de un robot**



Figura 5. Representación gráfica de los sistemas de un robot. Tomada de *Una introducción a la Robótica Industrial* por I. Olier, O. Avilés y J. Hernández, 1999, Revista de la Facultad de Ingeniería.

Las seis partes que conforman a un robot son (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007): estructura mecánica, actuadores, transmisiones, reductores, sensores y elementos terminales (véase Figura 6). A continuación, se explican cada una de ellas.

**Estructura mecánica:** Está formada por una serie de eslabones (partes sólidas, normalmente metálicas), unidos mediante articulaciones (elementos móviles), que permiten el movimiento del robot.

**Actuadores:** Dispositivos que generan el movimiento de los elementos del robot, los cuales pueden ser de tres tipos: neumáticos (la fuente de energía es el aire a presión), hidráulicos (utilizan aceites minerales a una presión comprimida) y eléctricos (motores de corriente continua, alterna o paso a paso).

**Transmisiones:** Elementos encargados de transmitir el movimiento desde los actuadores hasta las articulaciones. Estos pueden ser de tres tipos: transmisión por bandas-cadenas, engranajes y mecanismos de eslabones.

**Reductores:** Dispositivos encargados de adaptar la velocidad de salida del actuador, para que el robot pueda moverse sin complicaciones. Estos generalmente son de bajo peso.

**Sensores:** Dispositivos que permiten captar información, los cuales son de cinco tipos: internos (perciben datos del interior del robot), externos (captan el estado del exterior), de posición, de velocidad y de presencia.

**Elementos terminales:** Piezas finales que están encargadas de interactuar directamente con el entorno del robot, por ejemplo, los brazos, las garras, las manos, los dedos y las piernas mecánicas.

**Figura 6. Partes de un robot**

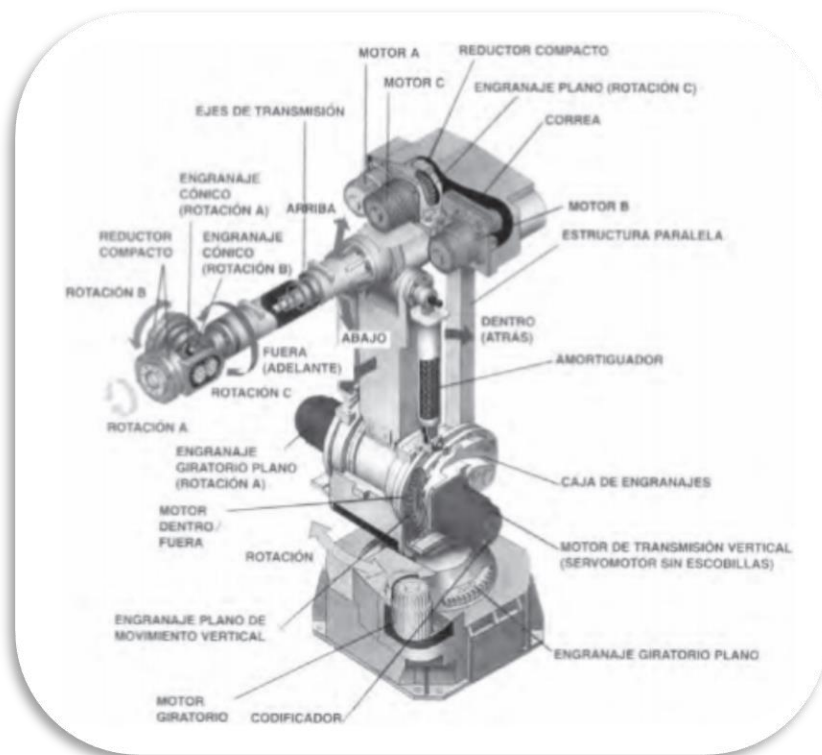


Figura 6. Representación gráfica de las partes de un robot. Tomada de *Fundamentos de la Robótica* por A. Barrientos, L. Peñín, C. Balaguer y R. Aracil, 2007, McGraw-Hill.

Cabe mencionar que el avance en la tecnología ha permitido que los robots incluyan otras partes como los convertidores o amplificadores; sin embargo, los mencionados son los elementos básicos de estas máquinas.

Los convertidores son piezas, generalmente estáticas, que permiten variar la velocidad de giro de las piezas del robot y los amplificadores son elementos electrónicos destinados al suministro de potencia en los actuadores (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007).

### 1.1.3. Clasificación de robots

Los robots pueden clasificarse de cinco formas: 1) por arquitectura, 2) por campo o área de aplicación, 3) por forma de control, 4) por método de programación y 5) por el medio en el que se desarrolla la actividad.

La clasificación de los robots por arquitectura los divide en cinco tipos (Arnaez, 2015): poliarticulados (tienen poco movimiento), móviles (pueden desplazarse), androides (reproducen total o parcialmente la forma o comportamiento del ser humano), zoomórficos (imitan diversos seres vivos) e híbridos (combinan los anteriores) (véase Tabla 1).

**Tabla 1 (cont.). Ejemplos de robots por arquitectura**





Robots por arquitectura	
<p><b>Poliarticulados: Robot PAKI-RCM</b></p> 	<p><b>Móviles: Sphinx</b></p> 
<p><b>Androides: Robot Asimo de Honda</b></p> 	<p><b>Zoomórficos: Robot insecto volador de la Universidad Berkeley</b></p> 

Tabla 1. Ejemplos de robots clasificados por arquitectura. Tomadas de *Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II)* por F. Sánchez, P. Jiménez, F. Millán, J. Salvador, V. Monllau, J. Palou y H. Villavicencio, 2007, *Actas urológicas españolas. Robótica. Guía Teórica y Práctica* por G. Zabala, 2007, Gradi. *Baxter* por Rethink robotics, 2015, Rethink robotics.

**Tabla 1. Ejemplos de robots por arquitectura**

Robots por arquitectura
<p><b>Híbridos: Baxter</b></p> 

Tabla 1. Ejemplos de robots clasificados por arquitectura. Tomadas de *Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II)* por F. Sánchez, P. Jiménez, F. Millán, J. Salvador, V. Monllau, J. Palou y H. Villavicencio, 2007, Actas urológicas españolas. *Robótica. Guía Teórica y Práctica* por G. Zabala, 2007, Gradi. *Baxter* por Rethink robotics, 2015, Rethink robotics.

Los robots por campo o área de aplicación, de acuerdo con Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil (2007), se dividen en seis tipos: espaciales, militares, aplicaciones submarinas/subterráneas, móviles industriales, médicos, así como agrícolas (véase Tabla 2).

**Tabla 2 (cont.). Ejemplos de robots por campo o área de aplicación**

Robots por campo o área de aplicación	
<p><b>Espaciales: Curiosity</b></p> 	<p><b>Militares: The Vision 60-v3.2</b></p> 

Tabla 2. Ejemplos de robots clasificados por campo o área de aplicación. Tomadas de *Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II)* por F. Sánchez, P. Jiménez, F. Millán, J. Salvador, V. Monllau, J. Palou y H. Villavicencio, 2007, Actas urológicas españolas. *Robótica. Guía Teórica y Práctica* por G. Zabala, 2007, Gradi. *Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control* por H. Moreno, R. Saltarén, L. Puglisi, I. Carrera, P. Cárdenas y C. Álvarez, 2014, Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial. *El robot "Curiosity" continúa su viaje a Marte* por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones, 2012, Antena de Telecomunicación. *First Steps Towards Full Model Based Motion Planning and Control of Quadrupeds: A Hybrid Zero Dynamics Approach* por W. Loong, K. Hamed y A. Ames, 2019, 53ª Conferencia Internacional IEEE.

**Tabla 2. Ejemplos de robots por campo o área de aplicación**

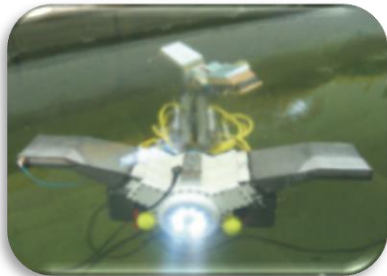



Robots por campo o área de aplicación	
<p><b>Aplicaciones submarinas/subterráneas: REMO</b></p> 	<p><b>Móviles industriales: Sphinx</b></p> 
<p><b>Médicos: Robot PAKI-RCM</b></p> 	<p><b>Agrícolas: Demeter</b></p> 

Tabla 2. Ejemplos de robots clasificados por campo o área de aplicación. Tomadas de *Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II)* por F. Sánchez, P. Jiménez, F. Millán, J. Salvador, V. Monllau, J. Palou y H. Villavicencio, 2007, Actas urológicas españolas. *Robótica. Guía Teórica y Práctica* por G. Zabala, 2007, Gradi. *Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control* por H. Moreno, R. Salterén, L. Puglisi, I. Carrera, P. Cárdenas y C. Álvarez, 2014, Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial. *El robot "Curiosity" continúa su viaje a Marte* por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones, 2012, Antena de Telecomunicación. *First Steps Towards Full Model Based Motion Planning and Control of Quadrapeds: A Hybrid Zero Dynamics Approach* por W. Loong, K. Hamed y A. Ames, 2019, 53ª Conferencia Internacional IEEE.

Los robots por control se dividen en dos tipos: trayectorias programadas e inteligentes (véase Tabla 3). Los primeros llevan a cabo una misma función repetidamente y los segundos aprenden con base en la experiencia, así como toman decisiones basados en la información almacenada (Villca, 2013).

**Tabla 3. Ejemplos de robots por forma de control**



Clasificación de robots por forma de control	
<p><b>Trayectorias programadas: RT3300</b></p> 	<p><b>Inteligentes: Asimo de Honda</b></p> 

Tabla 3. Ejemplos de robots clasificados por forma de control. *Tomadas de Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II)* por F. Sánchez, P. Jiménez, F. Millán, J. Salvador, V. Monllau, J. Palou y H. Villavicencio, 2007, Actas urológicas españolas. *Robótica. Manipuladores y robots móviles* por A. Ollero, 2001, MARCOMBO.

La clasificación de robots por método de programación los divide en dos tipos: online y offline (véase Tabla 4). Los primeros requieren el uso directo del robot para predeterminar las actividades, mientras que los segundos se programan en una terminal de computadora (Kumer, 2008).

**Tabla 4. Ejemplos de robots por método de programación**

Clasificación de robots por método de programación	
<p><b>Online: RT3300 de Seiko</b></p> 	<p><b>Offline: Baxter</b></p> 

Tabla 4. Ejemplos de robots clasificados por método de programación. *Tomadas de Baxter* por Rethink robotics, 2015, Rethink robotics. *Robótica. Manipuladores y robots móviles* por A. Ollero, 2001, MARCOMBO.

Finalmente, la clasificación de los robots según el medio en el que se desarrolla la actividad los divide en cuatro tipos (Zabala, 2007): acuáticos, terrestres, aéreos e híbridos (combinación de los anteriores) (véase Tabla 5).

**Tabla 5. Ejemplos de robots por el medio en el que se desarrolla la actividad**

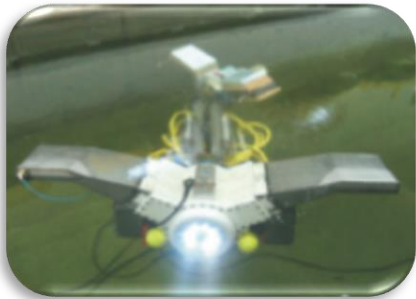


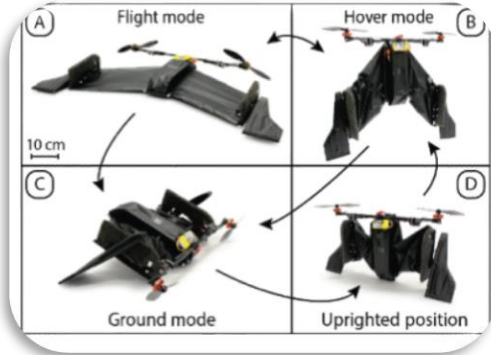
Clasificación de robots por el medio en el que se desarrolla la actividad	
<p><b>Acuáticos: REMO</b></p> 	<p><b>Terrestres: Sphinx</b></p> 
<p><b>Aéreos: Robot insecto volador de la Universidad Berkeley</b></p> 	<p><b>Híbridos: DALER</b></p> 

Tabla 5. Ejemplos de robots clasificados por el medio en el que se desarrolla la actividad. Tomadas de *Robótica. Guía Teórica y Práctica* por G. Zabala, 2007, Gradi. *Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control* por H. Moreno, R. Saltarén, L. Puglisi, I. Carrera, P. Cárdenas y C. Álvarez, 2014, Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial. *Prototipo virtual de un robot móvil multi-terreno para aplicaciones de búsqueda y rescate* por R. García y M. Arias, 2016, Asociación Mexicana de Mecatrónica.

Un mismo robot puede pertenecer a varias de las categorías mencionadas (acuáticos, híbridos, terrestres, inteligentes, médicos, móviles, entre otros), porque es posible que tenga rasgos característicos asociados a ellas.

Por ejemplo, el robot Asimo desarrollado por Honda puede ser clasificado en las categorías *inteligentes* y *androides*, debido a que hace uso de la Inteligencia Artificial para realizar sus actividades e imita la figura de los seres humanos.



## **1.2. La ciencia de los robots: la Robótica**

### **1.2.1. Concepto de robótica**

La palabra robótica ha tomado diferentes conceptualizaciones debido a que los teóricos de esta ciencia provienen de distintos campos del conocimiento, por ejemplo, de la ingeniería industrial y la literatura.

Algunas de las conceptualizaciones de la palabra robótica son:

- La robótica es una disciplina que se encarga del estudio y del diseño de los robots y del movimiento de objetos en el espacio (Arnaez, 2015).
- La robótica es la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de los robots (Villca, 2013).
- La robótica es una disciplina que combina todas aquellas actividades relacionadas con el estudio, diseño, construcción, operación y mantenimiento de robots (Quiroga, 2018).
- La robótica se puede considerar una de las áreas tecnológicas, fundamentada en el estudio de los robots (Pinto, Barrera y Pérez, 2010).
- La robótica es la ciencia que se encarga del estudio de los robots (Asimov, 1990 citado en Ruiz-Velasco, 2007).
- La robótica es la ciencia o rama tecnológica que observa la creación de máquinas e instrumentos que colaboran con los humanos en la realización de actividades cotidianas (Terrazas, Martínez, Morales y Rojas, 2017).

La mayoría de los autores coinciden que la robótica es la ciencia que se encarga del estudio, desarrollo, creación y aplicación de los robots (Villca, 2013), con la finalidad de contribuir a la solución de un problema social, cultural o humano.

Por ejemplo, algunos de los problemas a los que ha contribuido la robótica son al manejo de materiales radioactivos, el traslado de pacientes enfermos, la enseñanza de conocimientos y el ensamblado de piezas.

Principalmente, los temas en los que se centra la robótica son la arquitectura, trayectoria, cinemática (disciplina que estudia el movimiento sin considerar las

fuerzas) y dinámica (estudio de las fuerzas para ocasionar el movimiento) de los robots (Arnaez, 2015).

### **1.2.2. Leyes de la robótica**

La robótica tiene un total de cinco leyes que rigen el desarrollo, así como la creación de los robots, de las cuales cuatro las escribió el literato de la ciencia ficción Isaac Asimov y una el ingeniero James Fuller.

Isaac Asimov<sup>2</sup> escribió las primeras tres leyes de la robótica en una revista de ciencia ficción, publicado en el año de 1942, y la cuarta en su libro *Robot e Imperio* en 1985. Éstas dicen lo siguiente (Sánchez, Jiménez, Millán, Salvador, Monllau, Palou y Villavicencio, 2007):

Ley 0: Un Robot no debe actuar simplemente para satisfacer intereses individuales, sino que sus acciones deben preservar el beneficio común de toda la humanidad.

Ley 1: Un robot no debe dañar a un ser humano ni, por su inacción, dejar que un ser humano sufra de daño.

Ley 2: Un robot debe obedecer las órdenes que les son dadas por un ser humano, excepto si éstas entran en conflicto con la primera ley.

Ley 3: Un robot debe proteger su propia existencia, a menos que ésta entre en conflicto con las dos primeras leyes.

La robótica se pudo consolidar como un campo de estudio científico gracias a que Isaac Asimov redactó esas leyes, pues le permitió tener los tres elementos que toda ciencia necesita poseer:

- Un objeto de estudio: Los robots.

---

<sup>2</sup> Isaac Asimov es un escritor de ciencia ficción nacido en Rusia en 1920, que fue trasladado a Estados Unidos cuando tenía tres años. En 1939 se graduó de la carrera en Química en la Universidad de Columbia y en 1948 obtuvo su doctorado en Bioquímica en la misma institución.

El escritor Isaac Asimov publicó más de 500 libros, ganó varios premios Hugo y Nébula, así como recibió catorce doctorados honoris causa por su labor de divulgación. Falleció el 6 de abril de 1992, a los 72 años, por problemas renales (Trigo, 2000).

- Fundamentos teóricos: Las leyes de la robótica.
- Métodos de acercamiento: Método lógico-deductivo, método hipotético-deductivo, entre otros.

La quinta ley de la robótica la enunció James Fuller<sup>3</sup> en su libro *Robotics Introduction, Programming*, publicado en el año de 1999, la cual dice que “un robot podrá tomar el trabajo de un ser humano, pero no debe de dejar a esa persona sin empleo” (Fuller, 1999 citado en Kumar, 2008).

Esta ley nació a raíz de que muchas personas estaban perdiendo su trabajo por la incorporación de los robots en las grandes industrias. Se pensó con el propósito de motivar a los dueños o jefes a capacitar a sus empleados para el manejo de las máquinas robotizadas.

El propósito de esta ley se cumplió parcialmente, pues algunos dueños o jefes de las grandes industrias sí acataron la idea para estructurar sus organizaciones, sin embargo, en otras sustituyeron a la gran mayoría o a todo el personal por robots.

Por ejemplo, la empresa china Changying Precision Technology Company, dedicada a la producción de teléfonos móviles, sustituyó en el año 2015 el 90 % de sus trabajadores por robots (Barro y Rouhiainen, 2020).

### **1.2.3. Relación de la robótica con otros campos del conocimiento**

La robótica es un campo de estudio interdisciplinar (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007), es decir, retoma las ideas de otras ciencias o disciplinas para llevar a cabo el diseño, desarrollo, así como elaboración de los robots.

Fundamentalmente, la robótica se apoya de cinco ciencias que utilizan las matemáticas como base de sus procedimientos: la cinemática, la Inteligencia Artificial (IA), la mecánica, la informática y la dinámica.

---

<sup>3</sup> La bibliografía de James Fuller se desconoce, pues no se encuentran registros de sus datos personales y profesionales en ninguna fuente física o digital. La única información que se conoce de él es la publicación de su libro *Robotics Introduction, Programming*.

La cinemática es la ciencia que estudia el movimiento sin considerar las fuerzas que lo ocasionan (por ejemplo, el empuje o impacto de otro objeto). Principalmente, se interesa por la trayectoria de los cuerpos (Craig, 2006).

La cinemática en la construcción de robots se utiliza para analizar los movimientos de las partes terminales, por ejemplo, los brazos, las piernas, la cabeza, los codos, las bases móviles y los dedos.

La Inteligencia Artificial (IA) es la ciencia que estudia el mecanismo de la inteligencia humana, con el fin de crear máquinas inteligentes capaces de realizar cálculos, elaborar juicios y tomar decisiones (Villca, 2013).

La IA se utiliza principalmente en la construcción de robots tipo androide, pues estos están destinados a reproducir total o parcialmente a los humanos. Cabe mencionar que estas máquinas aún se encuentran en sus fases iniciales.

La dinámica es el campo dedicado al estudio de las fuerzas que se requieren para ocasionar el movimiento (Craig, 2006). Uno de los objetivos de esta ciencia es volver a los sistemas mecánicos más seguros (Gánem, García y García, 2014).

El conocimiento sobre dinámica en la construcción de robots permite verificar que las partes actúen conforme a lo encomendado, con la finalidad de evitar las fallas en las acciones finales de la máquina.

La informática es la ciencia que estudia/analiza la estructura, el comportamiento, así como la interacción entre los sistemas naturales y las tecnologías de la información (Cañedo, Ramos y Guerrero, 2005).

Esta ciencia en la robótica sirve para desarrollar el sistema informático que poseerá el robot, así como permite el desarrollo de la programación en diversos códigos de las acciones a llevar a cabo por la máquina.

Finalmente, la mecánica es el campo que estudia el movimiento y el reposo de los cuerpos. Esta ciencia en la robótica se encarga de analizar las máquinas en situaciones estáticas, así como en las dinámicas (Craig, 2006).

Asimismo, la robótica ayuda a otras ciencias para que puedan estudiar sus objetos de estudio, analizar los hechos relacionados con sus campos o dar solución a sus problemas. Tal es el caso de la Pedagogía.

La Pedagogía se auxilia de la robótica para planear procesos de enseñanza-aprendizajes dinámicos, que permitan el aprendizaje de contenidos, habilidades, actitudes y capacidades, a través de la construcción de robots (Ruiz-Velasco, 2007).

### **1.3. La robótica en el mundo**

#### **1.3.1. Historia de la robótica en el mundo**

La historia de la robótica se puede dividir en cinco etapas: 1) Surgimiento de las máquinas; 2) Nacimiento de los robots para el trabajo; 3) Preliminares de la robótica; 4) Auge de los robots industriales; y 5) Diversificación de los robots.

##### *Surgimiento de las máquinas (1300 a. C.-1600 d. C.)*

La primera etapa de la historia de la robótica va del año 1300 a. C. al 1600 d. C. y está caracterizada por la construcción de las primeras máquinas robotizadas, que tenían como principal finalidad el entretenimiento de las personas.

De acuerdo con Sánchez, Millán, Salvador, Palou, Rodríguez, Esquena y Villavicencio (2007), así como con Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil (2007), los principales hechos históricos de esta etapa son:

- **1300 a. C.:** Amenhotep manda a construir una estatua de Memnón que emite sonidos cuando la iluminan los rayos del sol.
- **500 a. C.:** King-su Tse inventa una urraca voladora de madera y bambú, así como un caballo del mismo material capaz de dar saltos.
- **400 a. C.:** Arquitas de Tarento (el padre de la ingeniería mecánica) construye un autómatas en forma de paloma, el cual era de madera y rotaba por sí solo gracias a un surtidor de agua.
- **300 a. C.:** Ctesibio inventa un reloj de agua (o clepsidra) y un órgano que emite sonidos por impulsos de agua.

- **200 a. C.:** Filón de Bizancio inventa un autómatas acuático y una catapulta automática.
- **62 d. C.:** Herón de Alejandría muestra en su libro *Autómata* los diseños de juguetes capaces de moverse por sí solos de forma repetida, a partir de la fuerza generada por aspas de molino o circuitos de agua.
- **335 d. C.:** Hsich Foc construye un Buda montado en un carro de cuatro ruedas, que se desplaza sin ayuda.
- **700 d. C.:** Huang Kun construye varias figuras animales y humanas que cantan y danzan.
- **770 d. C.:** Yang Wu-Lien construye un mono que alarga la mano y grita ¡Limosna!
- **840 d. C.:** El príncipe Kaya construye una muñeca que derrama agua.
- **890 d. C.:** Han Chin Ho presenta un gato de madera que caza ratones.
- **1050:** El príncipe hindú Bhoja narra el *Samarangana-sutradhara*, en el cual escribe comentarios sobre la construcción de máquinas capaces de actuar por sí solas.
- **1235:** Villard de Honnecourt escribe un libro con bocetos de dispositivos mecánicos antropomórficos.
- **1352:** Se construye el Gallo de Estrasburgo (ave que movía las alas y el pico).
- **1495:** Leonardo da Vinci diseña un caballo con armadura capaz de agitar los brazos y mover la cabeza.
- **1533:** Johann Müller construye varios pájaros voladores de metal y de madera.
- **1543:** John Dee presenta en Inglaterra un escarabajo de madera capaz de levantar el vuelo.

Actualmente, han desaparecido muchas de las máquinas robotizadas creadas en la primera etapa de la historia de la robótica, sólo se conservan algunas ilustraciones o algunos relatos que las mencionan.

El *Gallo de Estrasburgo* es uno de los pocos robots que se conservan de esta primera etapa, pues por mucho tiempo formó parte del reloj de la catedral ubicada

en la ciudad del mismo nombre (Sánchez, Millán, Salvador, Palou, Rodríguez, Esquena y Villavicencio, 2007).

Muchas de estas máquinas robotizadas desaparecieron porque sólo eran objetos de entretenimiento, regalos o presentes para figuras importantes de la sociedad, así como prototipos de futuros proyectos.

#### *Nacimiento de los robots para el trabajo (1600-1795)*

La segunda etapa de la historia de la robótica va del año 1600 al 1795. En ésta los robots diseñados ya no sólo tienen finalidades de entretenimiento, sino que ahora son máquinas para el trabajo y las tareas cotidianas.

Con base en lo que mencionan Sánchez, Millán, Salvador, Palou, Rodríguez, Esquena y Villavicencio (2007), así como con Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil (2007), los principales sucesos de la segunda etapa son:

- **1640:** René Descartes construye un autómatas que se llama *Mon fil Francine*.
- **1662:** Se inaugura el teatro de autómatas Takedo en Osaka.
- **1703:** Gottfried Wilhelm Von Leibniz aboga el empleo del sistema binario como base para el cálculo automático.
- **1738:** Jacques Vaucanson crea un autómatas flautista capaz de ejecutar melodías barrocas.
- **1760:** Friedrich Von Knauss presenta un autómatas escritor ante la corte del emperador de Prusia Francisco I, que rellenaba hojas de papel en blanco con textos a pluma.
- **1769:** El ingeniero húngaro Johann Wolfgang Ritter Von Kempelen construye una máquina para jugar ajedrez.
- **1770:** James Hargreaves inventa la hiladora giratoria.
- **1772:** Jaquet Droz, junto con sus hijos Henri-Louis y Jaquet, construyen diversos muñecos capaces de dibujar.
- **1779:** Samuel Crompton crea la hiladora mecánica.

- **1783:** Mical presenta en la academia de París dos cabezas metálicas parlantes que logran articular palabras y pronunciar frases como *El rey da la paz a Europa* y *La paz cubre al rey de gloria*.
- **1785:** Cartwright crea el telar mecánico.
- **1795:** Jean Frédéric Leschot, socio de Jaquet Droz, fabrica prótesis para sustituir miembros amputados.

El desarrollo de robots para el trabajo y las tareas cotidianas posibilitó que las personas tuvieran menor carga laboral, redujeran tiempo de producción, así como disminuyeran los costos de los productos finales.

Los trabajos o tareas que tenían estos robots principalmente eran escribir, hilar, tejer, dibujar, calcular, jugar ajedrez y producir música, pues eran las actividades más ejercidas en esa época histórica.

#### *Preliminares de la robótica (1795-1930)*

La tercera etapa de la historia de la robótica abarca del año 1795 a 1930 y se caracteriza por ser el lapso histórico en el cual se desarrollan las ciencias auxiliares de la robótica, por ejemplo, la cibernética, la mecánica o la electrónica.

De acuerdo con Sánchez, Millán, Salvador, Palou, Rodríguez, Esquena y Villavicencio (2007), Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil (2007), así como con Kumar (2008), los principales hechos históricos de esta etapa son:

- **1796:** Antoine Favre inventa la caja de música con la cual aporta dos conceptos de la robótica: el automatismo con repetición de una tarea programada y la precisión del mecanismo funcional.
- **1801:** Spencer crea una máquina que produce tornillos, tuercas y arandelas.
- **1828:** El físico inglés Roben Willis construye una máquina que pronunciaba las vocales mediante unos tubos de caña.
- **1834:** El físico André Marie Ampère sienta las bases de la cibernética, y con ello los principios de las ciencias del gobierno de máquinas.
- **1898:** Nicola Tesla presenta el primer barco teledirigido.
- **1891:** Tomas Alva Edison construye una muñeca parlante.



- **1900:** Comienza el desarrollo de la ingeniería en sus diferentes ramas (mecánica, electrónica, informática, telecomunicaciones, entre otras).
- **1906:** Lee de Forest desarrolla una bombilla incandescente, la cual fue utilizada en las máquinas de computación hasta la invención de los transistores.
- **1921:** Se usa por primera vez la palabra *robot* en la obra de teatro *Rossum's Universal Robots* (R.U.R), redactada por el escritor checo Karel Capek.
- **1926:** Thea von Harbou escribe *Metrópolis*, novela posteriormente llevada al cine por Fritz Lang.

Además, en la tercera etapa de la historia de la robótica aparecen por primera vez las novelas sobre los robots, lo cual permitió que los científicos de las ciencias duras se interesaran en el desarrollo de esas máquinas.

Principalmente, la obra *Rossum's Universal Robots*, escrita por el literato checo Karel Capek, fue una de la que más influyó para fomentar el interés entre los científicos, pues en ella aparece por primera vez el término *robot* y sus características.

#### *Auge de los robots industriales (1930-1970)*

La cuarta etapa va del año 1930 a 1970. Se caracteriza por ser la época histórica en la cual comienza el auge de la incorporación de los robots a las grandes industrias y por el nacimiento de la ciencia que se dedicará a su estudio: la robótica.

De acuerdo con Sánchez, Jiménez, Millán, Salvador, Monllau, Palou y Villavicencio (2007), Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil (2007), así como con Moro (2007), los principales sucesos de la cuarta etapa son:

- **1938:** H. Roselund y W. Pollard, de la compañía Devulbiss, construyen el primer brazo articulado, el primer robot incorporado a las cadenas de producción.
- **1939:** Existe un auge de las novelas sobre robots humanoides.
- **1942:** Asimov publica sus tres leyes de la robótica en una revista de ciencia ficción.

- **1943:** Herman Goldstine, Presper Eckert y John Mauchly construyen la primera computadora digital, la cual llamaron ENIAC (Electronic Numerical Integration and Calculator).
- **1947:** DS Halder de la compañía Ford acuña el término *automatización* y pone en marcha una estrategia para reemplazar a los humanos por máquinas.
- **1948:** Raymond Goertz del Argonne National Laboratory desarrolla el primer telemanipulador para controlar objetos radioactivos.
- **1950:** Alan Turing publica *Computing Machinery and Intelligence* y propone la máquina de Turing.
- **1951:** William Shockley inventa el transistor.
- **1952:** El Instituto Tecnológico de Massachusetts desarrolla una línea de investigación sobre el control numérico, que culmina con la definición del lenguaje de programación APT.
- **1953:** Se construye en Inglaterra el primer robot móvil autónomo de la historia, llamado *ELSIE* (Electro-Light-Sensitive-Internal-External).
- **1954:** Es solicitada la primera patente de un dispositivo robótico por el británico C. W. Kenward.
- **1956:** Allen Newell y Herbert Simon inventan *The Logic Theorist*, el primer sistema experto que resuelve problemas matemáticos y permite el diseño de algoritmos.
- **1957:** Plannet Corporation patenta el primer robot industrial controlado por interruptores de fin de carrera.
- **1960:** La industria nuclear y la submarina comienzan a interesarse en el uso de telemanipuladores.
- **1962:** General Motors Co. instala el primer robot en su planta automovilística, para asumir la soldadura en troquel.
- **1963:** La empresa American Machine y Foundry Co. introducen el robot comercial Versatran.
- **1965:** Joseph Weizenbaum termina de diseñar el *ELIZA*, el primer motor de charla programado.

- **1966:** La empresa Trallfa consigue importantes avances en la automatización de sus acciones al introducir un robot de pintura.
- **1968:** Stanford Research Institute crea Shakey, un robot de múltiples sensores y de medios, para desplazarse por el suelo.
- **1970:** La Universidad de Stanford crea el Stanford Cart, un robot que sigue visualmente líneas en el suelo.

Los robots que más se construyeron en esta etapa de la historia de la robótica fueron los brazos robotizados, los cuales contaban con grados de libertad disminuidos, así como sus acciones se limitaban a una o dos tareas.

Sin embargo, gracias a la creación de estos robots de características sencillas, se avanzó en los estudios sobre robótica, pues permitió conocer el alcance y las ventajas sociales que podían tener estas máquinas.

#### *Diversificación de los robots (1970-2019)*

La última etapa va del año 1970 al 2019. Se caracteriza por ser el momento histórico en el cual la robótica deja de ser sólo industrial y se utiliza para otros sectores, por ejemplo, el espacial, así como el educativo.

De acuerdo con Sánchez, Jiménez, Millán, Salvador, Monllau, Palou y Villavicencio (2007), así como con Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil (2007), los principales hechos históricos de la quinta etapa son:

- **1970:** La industria espacial se interesa por el uso de telemanipuladores.
- **1972:** Terry Winograd presenta SHRDLU, el primer programa computacional capaz de llevar a cabo una conversación en inglés con un ser humano.
- **1973:** La firma sueca ASEA construye el primer robot totalmente eléctrico.
- **1974:** Se forma el Instituto de Robótica de América (RIA).
- **1976:** El Viking norteamericano aterriza en Marte y pone en marcha un manipulador capaz de recoger muestras del suelo.
- **1978:** El robot PUMA comienza a trabajar en tareas de montaje para la General Motors Co.

- **1979:** La empresa Three Mile Island estimula el uso de robots en la industria nuclear.
- **1980:** Se funda la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo, Suecia.
- **1981:** La Universidad de Yamanashi desarrolla el robot SCARA.
- **1984:** Ocorre la primera muerte de un ser humano por un robot.
- **1985:** Robert Curl, Harold Kroto y Richard Smalley descubren los esferoides de carbono y sienta las bases de la nanotecnología.
- **1986:** Se inicia la investigación para implante robotizado de prótesis de cadera en el Centro de Investigación Thomas J. Watson de IBM y en la Universidad de California.
- **1994:** El robot Dante II consigue descender hasta el fondo del cráter del Monte Erebus.
- **1995:** Los robots industriales alcanzan las 700.000 unidades.
- **1996:** Aparece Robo Tuna, un robot diseñado por Barrett que permite estudiar el movimiento de las especies marinas.
- **1997:** Honda presenta el P-3, un androide de 1,60 m de altura, que es capaz de caminar en dos piernas.
- **1998:** La casa danesa Lego lanza Mindstorms, SONY pone en el mercado Aibo (un robot mascota canina) y Tiger Electronics vende un animal mecánico que reacciona ante los cambios del entorno.
- **2000:** Honda lanza AIMO, un robot androide de 120 cm.

La historia de la robótica en el mundo sigue construyéndose, cada día son más los profesionales de diversas áreas que se interesan sobre el estudio, diseño y desarrollo de los robots de diferentes características.

Se prevé que el estudio y desarrollo de los robots seguirá hasta el final de los tiempos, pues favorecen las actividades cotidianas de los humanos, así como la calidad de vida de las sociedades del mundo.

### 1.3.2. Principales pensadores

Existen tres grandes pensadores que le permitieron a la robótica ser una ciencia de interés científico en el siglo XXI: los literatos Karel Capek e Isaac Asimov, así como el matemático-científico Alan Turing.

Karel Capek fue el escritor checo que utilizó por primera vez el término robot en su obra de teatro *Rossum's Universal Robots (R.U.R)* en el año de 1921. La palabra provenía de *robota*, la cual significa trabajo de manera forzada (Kumer, 2008).

Gracias a Karel Capek otros literatos del mundo se interesaron por la creación de escritos que hablaran de los robots, tanto de forma positiva (ayudaban al desarrollo social), como de manera negativa (dominaban a la raza humana), entre ellos el padre de la robótica Isaac Asimov.

Isaac Asimov se le considera el padre de la robótica por tres aspectos: fue el inventor del término, escribió las cuatro leyes que rigen el actuar de las máquinas y divulgó el interés sobre esta ciencia, a partir de convertirla en el eje central de sus escritos.

Las obras más importantes de Isaac Asimov que hablan de la robótica o de los robots son: *Yo, robot* (1950), *El hombre bicentenario* (1976), *El robot completo* (1982), *Los robots del amanecer* (1983), *Robots e imperio* (1985) y *Sueños de robot* (1986).

Finalmente, el tercer gran pensador de la robótica fue Alan Turing, un matemático que posibilitó el desarrollo de la Inteligencia Artificial y con ello el surgimiento, así como la creación de robots inteligentes.

Alan Turing desarrolló un test que permite comprobar si el robot es inteligente o no, el cual consta de un conjunto de diversas pruebas basadas en las formas de razonamiento de los seres humanos (Álvarez, 2008).

El test de Alan Turing se lleva a cabo en siete pasos:

1. Se coloca a una persona en un cuarto.
2. Se coloca a un robot y a una persona en un segundo cuarto.

3. El robot y la persona del segundo cuarto responden un conjunto de preguntas.
4. La persona del primer cuarto analiza las respuestas.
5. La persona del primer cuarto determina quién es el robot, con base en las respuestas.
6. Si la persona del primer cuarto descubre al robot, se cataloga como no inteligente.
7. Si la persona del primer cuarto no descubre al robot, se cataloga como inteligente.

Cada día hay un número mayor de robots que aprueban y superan el test de Alan Turing, debido a los avances tecnológicos, la optimización de los códigos, así como al desarrollo de la Inteligencia Artificial.

Tal es el caso del ordenador que albergaba al agente interactivo Eugene Goostman, el cual superó el test de Alan Turing en junio del 2014, durante una competencia organizada por la Universidad de Reading (Rico, 2019).

### **1.3.3. Principales usos de la robótica en el mundo**

El avance tecnológico y científico ha permitido que la robótica se utilice en diferentes sectores de las actividades humanas, pues los robots ahora cuentan con mecanismos tan diversos, así como complejos que les permiten cumplir con las tareas encomendadas.

Los principales sectores en el mundo en los que se utilizan los robots, y por ende la robótica, son: industria manufacturera, industria de alimentos, uso doméstico, educación, entretenimiento, aplicaciones agrícolas (Comité Español de Automática, 2011) e investigación/exploración (Villca, 2013).

La industria manufacturera es la encargada de diseñar, elaborar o ensamblar piezas de productos de uso cotidiano, por ejemplo, autos, lavadoras, licuadoras, televisores, refrigeradores, consolas y teléfonos.

Las actividades que generalmente realizan los robots en el sector de la industria manufacturera son la manipulación de piezas, aplicaciones de materiales, control de calidad, soldadura y ensamblado (Comité Español de Automática, 2011).

La industria de alimentos es la encargada de controlar la producción, así como la calidad de los productos alimenticios, como las carnes de porcinos, bovinos y caprinos, los vegetales, las frutas o las leguminosas.

Los robots en el sector de la industria de alimentos realizan tareas como manipulación de piezas, chequeo de la calidad de los alimentos, recolección de producto, descontaminación, desinfección y cortado (Comité Español de Automática, 2011).

Los robots para uso doméstico están encargados de asistir a las personas en actividades que realizan dentro de sus hogares. Estas máquinas cada día son más usadas, porque casi todos los adultos en las familias desempeñan actividades laborales.

Los principales usos domésticos de los robots son la limpieza doméstica, la supervisión de menores, el cuidado de ancianos, la asistencia en el hogar, así como la preparación de diferentes alimentos (Comité Español de Automática, 2011).

Los robots para la educación o educativos (véase Tabla 6) son máquinas o kits robóticos que con su interacción o elaboración permiten impartir la enseñanza y fomentar el aprendizaje de conocimientos, habilidades, actitudes, así como capacidades (Ruiz-Velasco, 2007).

Los principales kits robóticos que se difunden en el mundo son: Lego Nxt (el más comercializado en los cinco continentes), Basic Stamp Starter Kit de Parallax y XiOR de la empresa XiOR Argentina (Zabala, 2007).

**Tabla 6. Ejemplos de robots para la educación o educativos**

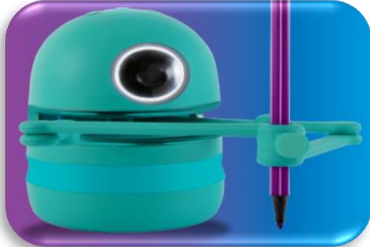

Robot educativo en forma de máquina	Kit robótico
<p style="text-align: center;"><b>Quincy</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Lego Mindstorms NXT</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Aspectos generales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sirve para el aprendizaje de las técnicas de dibujo.</li> <li>- Permite el desarrollo de la capacidad creativa.</li> <li>- Dibuja, habla y cuenta historias.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Aspectos generales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sirve para el aprendizaje de los lenguajes de programación.</li> <li>- Permite el desarrollo de la capacidad para resolver situaciones particulares.</li> <li>- Está compuesto por cuatro tipos de componentes: cerebro NXT, servomotores, sensores y fichas Lego.</li> </ul>

Tabla 6. Ejemplos de robots para la educación o educativos. Tomados de *Quincy the robot artist* por Odyssey Toys, 2019, Odyssey Toys. *Lego Mindstorms NXT: Juego como herramienta de aprendizaje de programación* por L. Jiménez, R. Arango y J. Jiménez, 2014, Lámpsakos.

Los robots en el sector del entretenimiento tienen como principal propósito fomentar la recreación o ayudar en las actividades formativas, así como de pasatiempo que llevan a cabo un conjunto de personas.

Las principales tareas que llevan a cabo los robots en el sector de entretenimiento son ser mascotas de acompañamiento, dar información en los parques de diversiones y explicar o ayudar en la exposición de contenidos o materiales dentro de los museos (Comité Español de Automática, 2011).

Un ejemplo de robots de entretenimiento es PARO (véase Figura 7), una foca mascota que les permite a las personas tener un agente de compañía, así como un objeto para reducir los niveles de estrés.



**Figura 7. Robot PARO**



Figura 7. Representación gráfica del robot PARO. Tomada de *Diseño de un robot móvil como mascota robótica de entretenimiento para personas con dependencia* por R. Pérula, A. Al-Kaff y J. García, 2013, 11th workshop Robocity2030.

El robot de entretenimiento PARO fue utilizado en Instituciones de Prevención Médica en el año 2000, para reducir el estrés y promover la comunicación en niños, igual que en ancianos (Pérula, Al-Kaff y García, 2013).

Los robots en el sector agrícola tienen como principal objetivo ayudar en las actividades básicas de la agricultura y la ganadería, con la finalidad de reducir los costos de producción, así como acelerar los procesos.

Las principales tareas que realizan los robots en el sector agrícola son la preparación de cultivos, la producción del alimento terminal, la recolección de los productos y la manipulación de plantas en macetas (Comité Español de Automática, 2011).

Finalmente, los robots en el sector de investigación/exploración se dedican a indagar zonas o lugares que son de difícil acceso para los seres humanos, con la finalidad obtener datos o información científica.

Principalmente, los robots exploran zonas como depósitos minerales submarinos, volcanes activos, cavernas bajo el agua, espacios radioactivos, planetas, así como satélites del sistema solar (Villca, 2013).

Un ejemplo de este tipo de robots es el Curiosity, el cual está destinado a explorar la superficie del planeta Marte, para sacar muestras del suelo, recolectar recursos, conocer el ambiente e indagar sobre las diferentes manifestaciones de vida.

El robot Curiosity es el cuarto vehículo todoterreno que mandó la NASA al espacio, para la exploración del planeta Marte (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones, 2012).

## **1.4. La robótica en México**

### **1.4.1. Historia de la robótica en México**

La historia de la robótica en México no tiene más de 80 años de haberse empezado, pues los pobladores del país se dedicaban a la agricultura y el uso de robots era escaso, tanto en las actividades laborales, como en las cotidianas.

Hasta el siglo XXI, la historia de la robótica en México tiene dos etapas: 1) el nacimiento o inicios (que va del año 1940-1990) y 2) el auge o esplendor de la robótica mexicana (de 1990 a la actualidad).

La etapa del nacimiento de la robótica en México está caracterizada por la llegada de las grandes industrias al país (Volkswagen, Nissan, entre otras) y por la industrialización de las actividades de producción que con anterioridad se realizaban manualmente (Haber, 1993).

Los robots en esta primera etapa de la historia de la robótica realizaban actividades predominantemente en el sector de la industria, como el diseño de piezas, el ensamblaje de objetos, el empaquetado y la soldadura de metales.

La segunda etapa de la historia de la robótica en México se caracteriza por ser el momento en el que las instituciones educativas y los investigadores empiezan a interesarse en el estudio, así como en el desarrollo de los robots.

Algunas de las instituciones educativas e investigadores que se empezaron a interesar en la robótica fueron: Instituto Politécnico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, Enrique Ruiz-Velasco Sánchez y Yukihiro Minami Koyama.

Los principales hechos de la segunda etapa de la historia de la robótica mexicana son (Pineda, 2011):

- 1) Se elaboran los primeros robots nacionales.
- 2) Se imparten por primera vez licenciaturas del tema en el país.
- 3) Se publican textos sobre la ingeniería robótica.

La elaboración de los primeros robots mexicanos se dio en el año de 1998, cuando se comenzó el proyecto *Diálogos Inteligentes Multimodales en Español (DIME)* por el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la UNAM (Pineda, 2011).

En este proyecto de la UNAM se desarrollaron un conjunto de robots que tenían como finalidad el establecer la “comunicación” hablada entre la máquina y el usuario, principalmente, en el lenguaje español.

Entre los principales robots que se crearon en el proyecto DIME de la UNAM están: el robot conversacional Golem, el sistema Adivina la carta: Golem en Universum, así como el Golem II + (Pineda, 2011).

La creación e impartición de licenciaturas o estudios superiores en robótica empezó a partir del año 2000, causada por la falta de empleados calificados para controlar, programar o rediseñar los robots que se habían implementado en diferentes sectores sociales.

Una de las instituciones pioneras en formar en robótica fue el Instituto Politécnico Nacional, el cual en el año 2003 comenzó con la impartición de la carrera en Ingeniería en robótica Industrial (Instituto Politécnico Nacional, 2003).

Finalmente, la publicación de textos sobre la robótica en México comenzó aproximadamente el año 2007, principalmente, por personas que estudiaron ingenierías, ciencias de la computación o informática.

Por ejemplo, en el año 2018 se publicó el libro *Mecatrónica y Robótica* de los mexicanos Juan Ramos, José Vargas y Efrén Gorrostieta, en el cual los autores explican cómo realizar diferentes tipos de robots.

#### **1.4.2. Principales usos de la robótica en México**

La robótica en México es utilizada principalmente en tres campos de acción: 1) la industria automotriz, 2) la cirugía asistida por máquinas robotizadas o mejor conocida como cirugía robótica y 3) la educación.

La robótica en la industria automotriz se utiliza generalmente en el ensamblado de piezas. A lo largo de toda la República Mexicana se cuenta con más de 600 empresas que se dedican a esta acción (Secretaría de Economía, 2012).

Cabe mencionar que la robótica también se utiliza en la creación de vehículos ligeros y pesados, sin embargo, todavía en la actualidad son muy pocas las empresas que se dedican a esta actividad industrial.

Las principales partes que se ensamblan en la industria automotriz de México son (Secretaría de Economía, 2012):

- Noroeste (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Durango): sistemas de aire acondicionado, calefacción, componentes de interiores, accesorios y sistemas eléctricos.
- Noreste (Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas): sistemas automotrices, partes plásticas, sistema eléctrico, partes para motor y maquinados.
- Centro (Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Jalisco y Guanajuato): estampados, componentes eléctricos, frenos, productos de hule, partes para motor y transmisión.
- Sureste (Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Veracruz, Tlaxcala, Yucatán, Puebla e Hidalgo): accesorios (asientos, aire acondicionado, entre otros), componentes de interiores, partes para motor, sistemas eléctricos, estampados y suspensión.

La robótica en la cirugía es utilizada principalmente para asistir en las operaciones que requieren una gran precisión en los movimientos o para explorar partes del cuerpo en las cuales es difícil acceder.

La cirugía asistida por robots en México se dio por primera vez en el año de 1996, cuando un conjunto de personas realizó una colecistectomía laparoscópica asistida por el sistema robótico AESOP 1000, en el Hospital General Regional número 20 del IMSS, ubicado en la Ciudad de Tijuana (Miller, 2003).

El éxito de la anterior cirugía permitió que los robots empezaran a utilizarse más en las operaciones médicas y se avanzara en la investigación sobre las aplicaciones de la robótica en este campo de acción.

Finalmente, la robótica en la educación tuvo su auge en el año de 1998, cuando grupo Lego, SONY y Tiger Electronics lanzaron sus robots y kits robóticos para comercializarlos como medios de entretenimiento (Sánchez, Jiménez, Millán, Salvador, Monllau, Palou y Villavicencio, 2007).

Los kits robóticos principalmente constaban de piezas electrónicas y mecánicas para construir robots de características simples (pocos grados de libertad, estáticos, programación en código básico, entre otras).

Actualmente, en México la robótica en la educación es fundamental, pues es vista como el medio para que pequeños, jóvenes y adultos se interesen en el campo de la tecnología o adquieran un conjunto de conocimiento, habilidades, actitudes, así como capacidades.

## **Cierre**

En este capítulo se explicaron las características que identifican y diferencian a los robots de otras máquinas de carácter similar, a partir de la conceptualización del término, el reconocimiento de los sistemas de mecanismos robóticos, así como del análisis de las clasificaciones elaboradas por diversos autores.

Asimismo, se expusieron los actuales usos de la robótica a nivel nacional e internacional, igual que los aspectos generales de los campos del conocimiento que auxilian o se apoyan de esta ciencia interdisciplinar, a través de un análisis de la historia y de los fundamentos científicos.

Por un lado, la información expuesta relacionada con las máquinas robotizadas permite comprender las características de los robots educativos que se pueden construir en los talleres, club, cursos y organizaciones académicas en las cuales se hace uso de la tecnología para fortalecer conocimientos, habilidades o actitudes.

Por otro lado, los datos sobre la historia, los fundamentos, así como los usos de la robótica a nivel nacional e internacional posibilitan dar un panorama general de la relación que se ha formado a través de tiempo entre la ciencia de los robots, la educación y la Pedagogía.

## Capítulo 2. Robótica pedagógica

*La concepción, diseño y desarrollo de un robot educativo sirve como un buen pretexto para que los estudiantes aprendan distintos temas.*

Enrique Ruiz-Velasco Sánchez

A lo largo de este capítulo se realiza un análisis de las diferentes concepciones de *robótica pedagógica*, así como una exposición detallada del construccionismo; la teoría en la cual se basa la disciplina que fundamenta la construcción de robots en la educación.

Además, se describen los principales beneficios de llevar a cabo procesos de enseñanza-aprendizaje o tener opciones de formación basados en los principios de la *robótica pedagógica*, dentro de las instituciones de Educación Básica, Media y Superior, así como en espacios no formales.

Las finalidades de este capítulo son tres:

- Explicar la relación que se ha establecido entre la ciencia de los robots y la educación, a través de la historia, para comprender el origen de la *robótica pedagógica*.
- Exponer los fundamentos pedagógicos de la construcción de robots en los procesos formativos.
- Dar a conocer la amplia variedad de instituciones educativas que actualmente basan sus procesos formativos en la *robótica pedagógica*.

Algunas preguntas que se responden son: ¿Qué es la *robótica pedagógica*?, ¿por qué se construyen robots en los procesos formativos formales o no formales? y ¿cuál es el fundamento del diseño de máquinas robóticas de carácter educativo en las instituciones escolares?

## **2.1. Características de la robótica pedagógica**

### **2.1.1. Conceptualización de la robótica pedagógica**

El término *robótica pedagógica* ha tomado diferentes significados a lo largo de la historia, pues los teóricos la conceptualizan con base en su enfoque pedagógico, así como área de especialización. Hasta la actualidad, se encuentran seis formas diferentes de percibirla:

#### 1) Como disciplina

Disciplina que se dedica a estudiar, diseñar y desarrollar robots educativos, para que los estudiantes aprendan conocimientos, habilidades y actitudes, principalmente, relacionados con las tecnologías y las ciencias exactas como las matemáticas o la física (Ruiz-Velasco, 2007).

#### 2) Como actividad

Actividad transdisciplinar de concepción y creación de objetos tecnológicos que reproducen fielmente los procesos o las herramientas robóticas, con fines didácticos, así como educativos (Pinto, Barrera y Pérez, 2010).

#### 3) Como medio

Medio de aprendizaje basado en el diseño y construcción de diferentes objetos robóticos, con el cual los estudiantes estimulan sus capacidades de creación, así como de razonamiento (Fontalvo, 2018).

#### 4) Como instrumento

Instrumento de aprendizaje que permite integrar y materializar algunos de los saberes abordados en otras áreas de la formación integral, a través del diseño, así como construcción de robots (Barrera, 2015).

#### 5) Como espacio

Espacio que permite el análisis y la reflexión de las posibilidades brindadas por los artefactos electrónicos programables (robots), para el aprendizaje, así como desarrollo de las habilidades de los estudiantes (Ghitis y Alba, 2014).



## 6) Como proceso

Proceso sistemático y organizado, en el que intervienen elementos tecnológicos interrelacionados (robots) como herramientas mediadoras, cuyo objetivo final es lograr aprendizajes (Pittí, Curto, Moreno y Rodríguez, 2014).

Sin embargo, los teóricos de la educación siempre le han atribuido a la *robótica pedagógica* rasgos característicos de disciplina. De acuerdo con Bravo y Forero (2012), así como con Ghitis y Alba (2014), estos son:

- Tiene como objetivo el desarrollo y creación de robots educativos con fines pedagógicos.
- Permite que el estudiante desarrolle sus conocimientos, habilidades, actitudes y capacidades, a través de la construcción de robots.
- Integra diversas ciencias como las matemáticas, la física, la electrónica, la mecánica y la informática.
- Se basa en la acción activa del docente y los estudiantes.
- Está fundamentada en la teoría del construccionismo de Papert.

Por lo anterior, la *robótica pedagógica* se va a entender en este trabajo como una disciplina dedicada al estudio de la elaboración de robots educativos, que les permiten a las personas desarrollar sus conocimientos, habilidades, actitudes y capacidades en diferentes áreas.

Cabe mencionar que los robots educativos construidos bajo el enfoque de la *robótica pedagógica* se pueden realizar con materiales de desecho o recursos electrónicos inservibles, pues la finalidad no es generar productos, sino el aprendizaje.

### **2.1.2. Historia de la robótica pedagógica**

La *robótica pedagógica* vio sus inicios como disciplina hace aproximadamente cincuenta años, cuando las tecnologías empezaron a formar parte de la vida cotidiana, académica, así como laboral de las personas.

El primer suceso relacionado con el desarrollo de esta disciplina se dio en el año de 1969, cuando Tom Callahan, el cual era miembro del MIT Lab, ensambló el robot educativo *La tortuga amarilla* (véase Figura 8) (Ghitis y Alba, 2014).

**Figura 8. La tortuga amarilla**



Figura 8. Representación gráfica de la tortuga amarilla. Tomada de *Los robots llegan a las aulas* por T. Ghitis y J. Alba, 2014, Revista Infancias Imágenes.

Tom Callahan diseñó este robot educativo especialmente para ser incluido en las aulas como un recurso que facilitara las interacciones entre los dos principales agentes del acto didáctico: el docente y los alumnos.

Tiempo después, en 1975 la Universidad de Du Maine en Francia empezó a utilizar la robótica con fines educativos, ya que ellos desarrollaron un sistema de control automatizado, para la administración de experiencias en el laboratorio de psicología experimental (Pinto, Barrera y Pérez, 2010).

A partir de ese año, la robótica con fines educativos comenzó a estudiarse en diferentes universidades del mundo, hasta que llegó a ser un tema de investigación en instituciones de Educación Superior en México.

En 1989, la Universidad Autónoma Metropolitana y la Universidad Nacional Autónoma de México realizaron trabajos sobre el aprendizaje de conceptos informáticos, a partir de la implementación de robots educativos (Pinto, Barrera y Pérez, 2010).

Estos trabajos demostraron que la construcción de robots permitía mejorar los procesos de aprendizaje de estudiantes de Educación Básica, Media, así como Superior, especialmente, en campos relacionados con las matemáticas y la tecnología.

En el 2004, la Universidad Pedagógica Nacional lideró proyectos de formación de docentes en *robótica pedagógica* (Pinto, Barrera y Pérez, 2010), para fortalecer los procesos de enseñanza y de aprendizaje dentro de las instituciones educativas.

La *robótica pedagógica* en la actualidad se implementa para la enseñanza y el aprendizaje de todas las áreas del conocimiento, así como es parte del currículo formal e informal de instituciones educativas que se encuentran a lo largo del territorio mexicano.

Por ejemplo, el colegio campestre (ubicado en Aguascalientes) imparte sus clases sobre tecnología, de carácter obligatorio y extracurricular, en educación primaria, secundaria y media superior, a partir de los principios de la *robótica pedagógica* (Google, 2020).

### **2.1.3. La construcción de robots educativos en los procesos de enseñanza-aprendizaje**

El estudio sobre la *robótica pedagógica* ha demostrado que la construcción de robots educativos favorece los procesos de enseñanza-aprendizaje, llevados a cabo en distintos espacios formativos formales y no formales.

Con base en Ghitis y Alba (2014), Pinto, Barrera y Pérez (2010), Bravo y Forero (2012), así como con Márquez y Ruiz (2014), la construcción de robots educativos ayuda a favorecer el proceso de enseñanza, porque permite que:

1) El docente pueda abordar los contenidos curriculares de manera distinta, es decir, le posibilita cambiar la enseñanza basada en la transmisión oral, por una centrada en la exploración, así como en la experimentación.

2) El docente pueda explicar conceptos complejos de las ciencias exactas, por ejemplo, electromagnetismo, fenómeno físico, problema matemático, cargas eléctricas, mecánica, sistema de locomoción y energía.

3) El docente pueda mantener la atención de los estudiantes, pues las actividades requieren de una constante participación en acciones relacionadas con la investigación, la exploración, el análisis, la búsqueda, así como con la construcción.

4) El docente pueda integrar saberes de diferentes áreas del conocimiento: matemáticas, literatura, ciencias ambientales, medicina, administración, ética, filosofía, física, química, arquitectura, economía, entre otras.

La construcción de robots educativos ayuda a favorecer el proceso de aprendizaje porque les posibilita a los estudiantes adquirir un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y capacidades fundamentales para la vida.

De acuerdo con los siguientes autores, la construcción de robots educativos específicamente les permite:

Hepp, Merino, Barriga y Huircapán (2013):

- Adquirir seguridad y confianza.
- Adquirir el sentimiento de pertenencia.

Márquez y Ruiz (2014):

- Desarrollar su interés por las ciencias e ingenierías.
- Visualizar una posibilidad de futuro profesional.
- Desarrollar su creatividad.
- Desarrollar sus habilidades manuales.

Fontalvo (2018):

- Llevar a cabo el proceso de asociación entre la teoría y la práctica.
- Desarrollar su pensamiento reflexivo.
- Desarrollar su habilidad para tomar decisiones.

Ruiz-Velasco (2007):

- Desarrollar su capacidad para buscar información.
- Desarrollar su capacidad para trabajar en equipo.
- Desarrollar sus habilidades comunicativas.
- Desarrollar una actitud de liderazgo.

García (2015):

- Desarrollar su capacidad para trabajar de forma colaborativa.
- Desarrollar su pensamiento crítico.

Bravo y Forero (2012):

- Desarrollar su capacidad de socialización.
- Desarrollar su capacidad para resolver problemas.
- Desarrollar su pensamiento sistémico y lógico.
- Desarrollar sus habilidades tecnológicas.

Pérez (2006):

- Ser autónomo.
- Ser autosuficiente en la búsqueda del conocimiento.
- Desarrollar el criterio moral y la reflexión ética.

Cabe mencionar que el grado de complejidad del robot, así como el tipo de actividades encomendadas en el proceso de elaboración, condicionan la adquisición de los aprendizajes por parte de los estudiantes.

Por ejemplo, si se encomienda la construcción individual de un robot pre-armado, los estudiantes probablemente desarrollen de forma mínima su capacidad de socialización, pues no se requiere de la cooperación e interacción con los otros (Bravo y Forero, 2012).

## **2.2. Fundamentos de la robótica Pedagógica**

### **2.2.1. El constructivismo**

Como se mencionó, la *robótica pedagógica* está sustentada principalmente en el constructivismo, una teoría que parte del constructivismo sustancialmente, porque Piaget y Papert trabajaron juntos en 1950 en el Centro de Epistemología Genética de Ginebra (Pinto, 2013).

El constructivismo y el constructivismo son dos teorías del aprendizaje que estipulan las formas en las cuales las personas se apropian de determinados conocimientos, habilidades, actitudes, así como capacidades.

El constructivismo generalmente menciona que las personas construyen sus aprendizajes activamente, a partir de la creación de ideas sobre el funcionamiento del mundo, con base en sus conocimientos presentes y pasados (Romero, 2009).

Esta teoría nace como una contraposición al conductismo, en el cual se cree que las personas generan aprendizajes, así como cambian sus conductas gracias a determinados estímulos positivos y negativos.

De acuerdo con Hernández (2008), existen cinco diferentes propuestas o tipos de constructivismos: 1) psicogenético, 2) cognitivo, 3) sociocultural, 4) social y 5) radical. A continuación, se explican cada uno de ellos.

#### 1) Constructivismo psicogenético

El constructivismo psicogenético es atribuido al psicólogo suizo Jean Piaget. De acuerdo con esta teoría, el aprendizaje se genera por los procesos de acomodación y asimilación, que se dan cuando el individuo tiene alguna experiencia. Sus principales postulados son:

- El conocimiento procede de lo que se hace con los objetos.

- El conocimiento está en procesos constantes de construcción y reconstrucción.
- El conocimiento no está preformado, ni en los objetos, ni en el sujeto.
- Se organiza constantemente lo que se sabe (Yale University, 1977).

## 2) Constructivismo cognitivo

El constructivismo cognitivo estipula que el aprendizaje se origina cuando la persona lleva a cabo la actividad mental de codificación y estructuración interna de la nueva información, con la almacenada en la memoria.

Este constructivismo tiene tres vertientes teóricas: 1) la teoría de la asimilación de Ausubel o del aprendizaje significativo, 2) la teoría de los esquemas y 3) la teoría del aprendizaje estratégico (véase la Tabla 7).

**Tabla 7 (cont.). Vertientes teóricas del constructivismo cognitivo**

Teoría	Principales ideas
Teoría de la asimilación de Ausubel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La persona realiza una construcción de sus conocimientos ya sea por la vía discursiva o por la realización de actividades autogeneradas y guiadas.</li> <li>• El aprendizaje significativo surge cuando la persona construye nuevos conocimientos, a partir de los ya adquiridos.</li> <li>• El aprendizaje significativo se genere por la interacción con otros.</li> </ul>
Teoría de los esquemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los esquemas son contruidos por el sujeto.</li> <li>• Los esquemas se construyen por vía inductiva.</li> <li>• El aprendizaje es un proceso analógico en el que intervienen los esquemas que posee el sujeto.</li> <li>• Los esquemas son modelos de interpretación de la información a aprender.</li> </ul>

Tabla 7. Información de las vertientes teóricas del constructivismo cognitivo. Tomada de *Los constructivismos y sus implicaciones para la educación* por G. Hernández, 2008, Perfiles Educativos.

**Tabla 7. Vertientes teóricas del constructivismo cognitivo**

Teoría	Principales ideas
Teoría del aprendizaje estratégico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La persona puede compensar las limitaciones de su sistema cognitivo con el uso reflexivo de estrategias.</li> <li>• Las estrategias deben ser útiles para el contexto.</li> <li>• Las personas aprenden las estrategias gracias a su interacción con otros.</li> <li>• La finalidad de los procesos formativos es que el sujeto aprenda a construir una forma personal de aprender.</li> <li>• El énfasis se coloca en lo individual, antes que en lo social.</li> </ul>

Tabla 7. Información de las vertientes teóricas del constructivismo cognitivo. Tomada de *Los constructivismos y sus implicaciones para la educación* por G. Hernández, 2008, Perfiles Educativos.

### 3) Constructivismo sociocultural

El constructivismo sociocultural es atribuido a Lev Vygotsky. De acuerdo con esta propuesta, el aprendizaje se genera cuando el individuo interacciona y comparte sus ideas con los otros. Sus principales postulados son:

- El énfasis se coloca en la co-construcción realizada entre el sujeto y los otros.
- Las prácticas sociales y culturales en las que participa el sujeto son aspectos que influyen en su desarrollo.
- La cultura preexiste al individuo y lo determina.
- Todo aprendizaje es situado, por lo que su estudio y comprensión requiere de considerar el contexto.

### 4) Constructivismo social

El constructivismo social fue desarrollado por D. Edwards, J. Lemke y R. Driver. De acuerdo con esta propuesta, el aprendizaje se genera a través del lenguaje, cuando la persona lleva a cabo prácticas cotidianas de interacción social. Sus principales postulados son:



- La realidad es creada por el lenguaje oral o escrito.
- El lenguaje es un medio para construir significados y desarrollar el pensamiento social.
- Realidad y mente son auténticas construcciones culturales y discursivas.
- No es importante la intencionalidad, ni las motivaciones de la persona.

#### 5) Constructivismo radical

El constructivismo radical fue teorizado por Ernst Von Glaserfeld. Con base en esta propuesta, el aprendizaje se genera sólo a través de las experiencias que tiene la persona en su acto de conocer. Sus principales postulados son:

- Sólo se conoce la realidad experiencial y no el mundo exterior.
- La actitud didáctica se considera una imposición inapropiada.
- Mente y realidad son enteramente construidas.
- No hay ninguna posibilidad de aceptar algún tipo de realismo.
- El conocimiento se construye para dar sentido y organizar las experiencias obtenidas.
- El conocimiento no puede ser transmitido por otros.

Es importante decir que el construccionismo de Peperit además de estar basado en el constructivismo psicogenético de Piaget, también retoma algunos de los principales postulados de las propuestas cognitiva y sociocultural.

Por ejemplo, el construccionismo estipula que el aprendizaje se da durante el trabajo colaborativo de construcción entre sujetos. Esta idea nace sustancialmente de la propuesta del constructivismo sociocultural.

#### **2.2.2. El construccionismo**

El construccionismo es una teoría elaborada por Seymour Peperit, un investigador reconocido del Massachusetts Institute of Technology (MIT), porque creó un laboratorio de Inteligencia Artificial en el año 1963 (Vicario, 2009).

Seymour Papert fue una de las primeras personas en indagar sobre la Inteligencia Artificial, así como su relación con áreas de estudio como la computación, las matemáticas, la física, la mecánica y la electrónica.

Desde la perspectiva del constructivismo, el aprendizaje se genera cuando la persona está en procesos activos de construcción de productos con significado propio, que puedan ser compartidos con otros sujetos (Fernández, Calderón, Méndez y Rolim, 2014).

Estos productos pueden ser organizadores gráficos, juegos, infografías, videos, podcasts, maquetas, manualidades, escritos, prototipos, dibujos, pinturas, canciones, poemas, esculturas u objetos más complejos como los robots.

Con base en Ruiz-Velasco (2007), Obaya (2003) y Pinto (2013), los principales postulados del constructivismo son:

- La construcción del conocimiento se hace en dos planos: la construcción en el cerebro y la construcción física de un producto.
- Entre más diverso sea el producto, más complejo será el conocimiento que construya la persona.
- El entorno debe proveerle a la persona los materiales que necesita para construir los productos.
- El entorno de construcción tiene que estar organizado y estructurado.
- La persona aprende a través de la interacción con su entorno físico, social y cultural.
- En cualquier proceso de construcción se debe considerar la personalidad y los intereses de la persona.
- La persona debe disfrutar de sus experiencias y de sus errores.
- El producto puede ser físico o digital.

Además, el constructivismo estipula que los procesos de enseñanza-aprendizaje deben permitir la labor lúdica, así como el trabajo en equipos, para adquirir conocimientos o desarrollar habilidades, actitudes y capacidades (Pinto, 2013).

Estos conocimientos, habilidades, actitudes y capacidades le van a permitir a los estudiantes actuar en diferentes ámbitos de sus vidas, porque les posibilita comprender las formas de comportarse frente a diferentes problemas.

### **2.2.3. El rol del docente y el estudiante desde el construccionismo**

El construccionismo propicia una visión revolucionaria sobre el rol del docente, así como del estudiante en los procesos de enseñanza-aprendizaje, porque les da una participación activa y colaborativa en la realización de los productos.

El rol del docente en los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde el construccionismo, es de un guía encargado de enseñar sólo los conocimientos esenciales, para que los estudiantes construyan sus productos.

De acuerdo con Obaya (2003), Barrera (2015), Vicario (2009), así como con Fernández, Calderón, Méndez y Rolim (2014), el docente en los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde el construccionismo, es el encargado de:

- Reconocer las características de los estudiantes.
- Guiar a los estudiantes en su labor hasta que puedan actuar de forma autónoma.
- Explicar los procedimientos y las estrategias, para solucionar los problemas que se encuentran en la elaboración de los productos.
- Buscar las fuentes de información que le permitan a los estudiantes la exploración y la invención.
- Proponer actividades interesantes que estimulen la capacidad de pensar de los estudiantes.
- Buscar actividades enfocadas hacia la cultura.
- Buscar materiales para la elaboración de los productos.
- Propiciar una actitud respetuosa entre los alumnos, para que actúen de forma democrática.
- Guiar las actividades con base en los objetivos de aprendizaje.
- Enseñar sólo lo sustancial del tema.

El rol del estudiante en los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde el construccionismo, es de un agente explorador, que quiere conocer sobre los temas y comprender los procesos para elaborar sus productos.

Con base en Vicario (2009), Obaya (2003), Pinto (2013), así como con Fernández, Calderón, Méndez y Rolim (2014), el estudiante en los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde el construccionismo, es el encargado de:

- Diseñar sus propios productos.
- Participar en los equipos, para solucionar los problemas.
- Enriquecer sus productos con ideas y motivaciones personales.
- Buscar materiales para construir los productos.
- Compartir con los otros sus ideas, para innovar en los productos.
- Investiga sobre los temas.

Es importante mencionar que el rol del docente llega a transformarse en los procesos de enseñanza-aprendizaje basados en el construccionismo, porque este agente adopta en varios momentos el papel de estudiante (Vicario, 2009).

En otras palabras, el docente llega a hacer las mismas acciones y actividades que los estudiantes, por ejemplo, buscar los materiales, ayudar en la construcción de los productos, así como participar en los equipos.

## **2.3. La robótica pedagógica en espacios de educación**

### **2.3.1. La robótica pedagógica en espacios de educación formal**

#### *Educación Básica*

La Educación Básica es el tipo de educación que ofrece los niveles inicial, preescolar, primaria y secundaria (Ley General de Educación, 2019), los cuales están destinados a impartir formación a los estudiantes desde el inicio de sus vidas hasta la edad aproximada de 15 años.

Algunas de las instituciones destinadas a impartir Educación Básica, utilizan la *robótica pedagógica* como fundamento para llevar a cabo procesos formativos que

les permitan a los estudiantes adquirir conocimientos, así como desarrollar habilidades, actitudes y capacidades (véase Anexo 1).

Tan solo en once estados<sup>4</sup> de la República Mexicana existen 176 instituciones de Educación Básica (53 de preescolar, 62 de primaria y 61 de secundaria) que utilizan la *robótica pedagógica* como fundamento para los procesos formativos (véase Figura 9) (Google, 2020).

**Figura 9. Instituciones de Educación Básica**

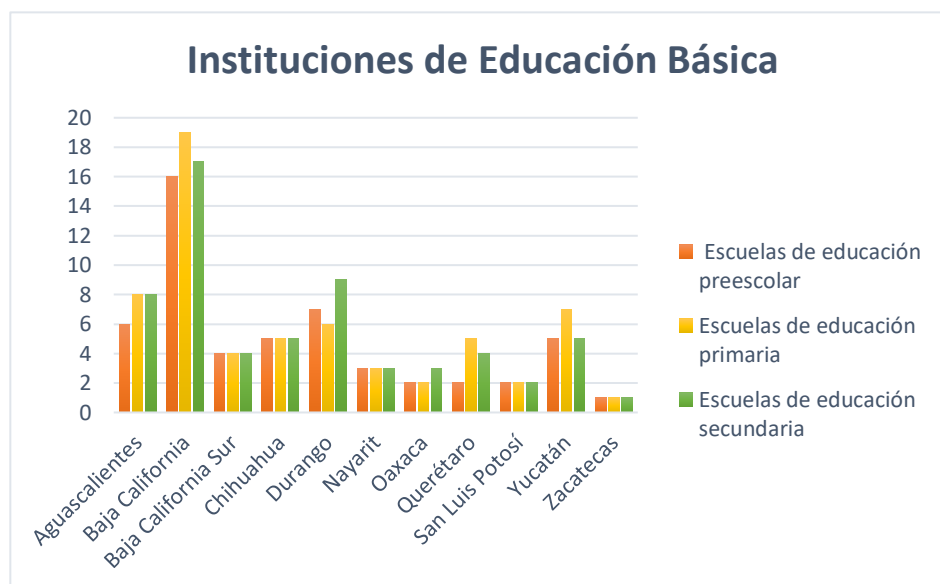


Figura 9. Gráfica en la cual se representa la presencia de instituciones de Educación Básica que utilizan la *robótica pedagógica*, para fundamentar los procesos formativos, en una muestra aleatoria de los estados de la República Mexicana. Elaborada con base en *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Las instituciones de Educación Básica que utilizan la *robótica pedagógica* como fundamento para los procesos formativos, son escuelas generalmente de preescolar, primaria y secundaria presenciales, de sostenimiento privado.

Los procesos formativos principalmente son extracurriculares, es decir, son talleres, cursos, clubes y laboratorios en los que se construyen robots educativos, para indagar sobre conocimientos o desarrollar habilidades.

<sup>4</sup> Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Yucatán y Zacatecas.

## Educación Media Superior

La Educación Media Superior es el tipo de educación que ofrece los niveles de bachillerato, profesional técnico bachiller y los equivalentes (Ley General de Educación, 2019), los cuales están destinados a impartir formación a los estudiantes de 15 a 18 años principalmente.

Al igual que en Educación Básica, algunas de las instituciones que imparten Educación Media Superior utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar determinados procesos educativos (véase Anexo 1).

Tan sólo en once estados<sup>5</sup> de la República Mexicana hay 27 instituciones de Educación Media Superior que utilizan la *robótica pedagógica* como fundamento para los procesos formativos (véase Figura 10) (Google, 2020).

**Figura 10. Instituciones de Educación Media Superior**

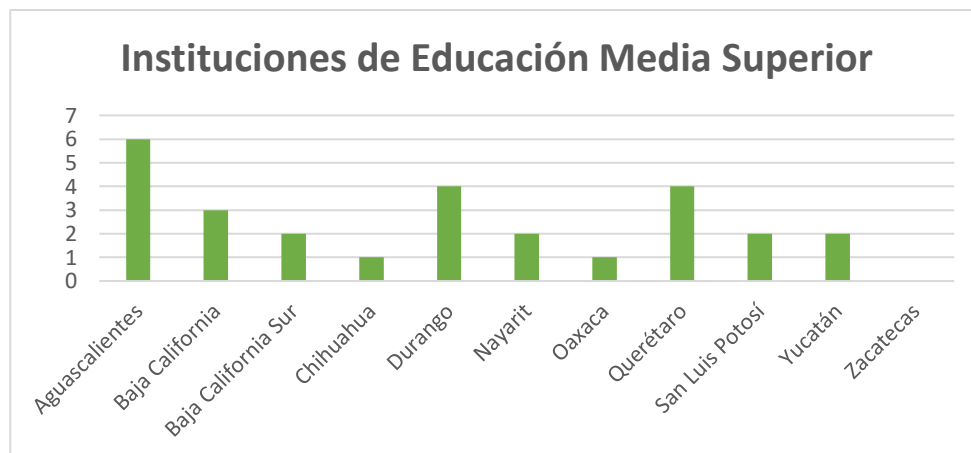


Figura 10. Gráfica en la cual se representa la presencia de instituciones de Educación Media Superior que utilizan la *robótica pedagógica*, para fundamentar los procesos formativos, en una muestra aleatoria de los estados de la República Mexicana. Elaborada con base en *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Las instituciones de Educación Media Superior que utilizan la *robótica pedagógica* como fundamento para los procesos formativos, son escuelas generalmente de preescolar, primaria y secundaria presenciales, de sostenimiento privado.

<sup>5</sup> Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Yucatán y Zacatecas.

Los procesos formativos principalmente son extracurriculares, es decir, son talleres, cursos, clubes y laboratorios en los que se construyen robots educativos, para indagar sobre conocimientos o desarrollar habilidades.

### *Educación Superior*

La Educación Superior es el tipo de formación que ofrece los niveles licenciatura, opción terminal, especialidad, maestría y doctorado, los cuales están destinados a impartir formación a los estudiantes mayores de 18 años generalmente.

Algunas instituciones de Educación Superior ofrecen licenciaturas, opciones terminales y especialidades sobre robótica, que les permiten a los estudiantes indagar, estudiar y profundizar este campo (véase Anexo 1).

Hay un total de 37 instituciones de Educación Superior que ofrecen alguna licenciatura, opción terminal o especialidad sobre robótica en la República Mexicana (véase Figura 11) (Google, 2020).

**Figura 11. Instituciones de Educación Superior**

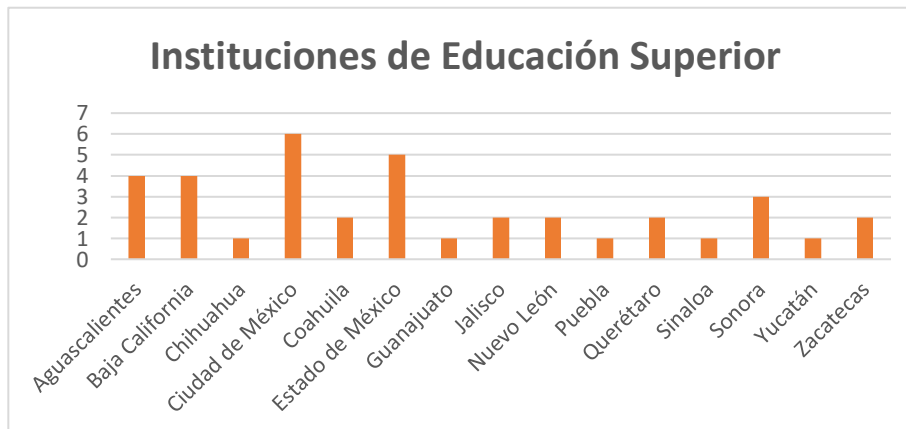


Figura 11. Gráfica en la cual se representa la presencia de instituciones de Educación Superior que imparten licenciaturas, opciones terminales y especialidades sobre robótica en los estados de la República Mexicana. Elaborada con base en *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Es importante mencionar que hay instituciones de Educación Superior que no ofrecen alguna licenciatura, opción terminal o especialidad sobre robótica, sin

embargo, tienen clubs u organizaciones académicas destinadas a impartir cursos y talleres relacionados con este campo.

Por ejemplo, la UNAM tiene dos organizaciones académicas que imparten talleres o cursos sobre robótica en su campus central: Club de Robótica de la Facultad de Ingeniería CROFI UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, 2021) y Taller de Robótica Abierta (Taller de Robótica Abierta, 2020).

### **2.3.2. La educación no formal**

Además de la formación formal, en todos los países se imparte educación no formal, que les permiten a las personas indagar sobre contenidos escolares, conocer temas de interés personal o desarrollar habilidades y actitudes.

La educación no formal se refiere a todos los procesos educativos organizados, sistemáticos y planificados, llevado a cabo por entidades o grupos reconocidos, que pueden o no estar relacionados con el Sistema Educativo Nacional (Pastor, 2001).

Este tipo de educación abarca a todos los talleres, cursos, diplomados y laboratorios, que se imparten en diferentes instituciones formales o no formales, así como en plataformas educativas nacionales e internacionales.

Los principales rasgos característicos de la educación no formal son (Trilla, 1993):

- Finalidad: Atiende a cualquier objetivo educativo.
- Educandos: No es exclusiva de un sector de la población.
- Educadores: El reclutamiento de educadores es variable, así como el sustento de su formación.
- Contenidos: Los temas son diversos.
- Métodos: No hay una metodología específica.
- Ubicación: Se puede impartir en cualquier sitio o institución.
- Tiempo: La duración es flexible.
- Gestión: La supervisión depende directamente de la institución que la promociona.
- Financiación: El dinero es aportado por instituciones públicas o privadas, así como por los educandos.



- Controles: No es necesario un título o grado escolar generalmente.

Asimismo, parte de la oferta de educación no formal no tiene un sistema de evaluación, que permita reconocer si los participantes aprendieron los contenidos vistos o desarrollaron las habilidades, actitudes y capacidades esperadas.

Si los participantes aprendieron los contenidos vistos o desarrollaron las habilidades, actitudes y capacidades esperadas, generalmente, es un dato que sólo conocen ellos mismos o personas cercanas (familiares, compañeros de trabajo, entre otros).

### 2.3.3. La robótica pedagógica en instituciones de educación no formal presenciales

Existen instituciones en México totalmente destinadas a la impartición de talleres o cursos presenciales, en los que se construyen robots bajo los postulados de la *robótica pedagógica*, es decir, elaboran estas máquinas para enseñar y aprender conocimientos, habilidades, actitudes o capacidades (véase Anexo 1).

Tan sólo hay 36 instituciones que imparten talleres y cursos presenciales basados en la *robótica pedagógica* en 11 estados<sup>6</sup> de la República Mexicana (véase Figura 12) (Google, 2020).

**Figura 12. Instituciones de educación no formal presenciales**

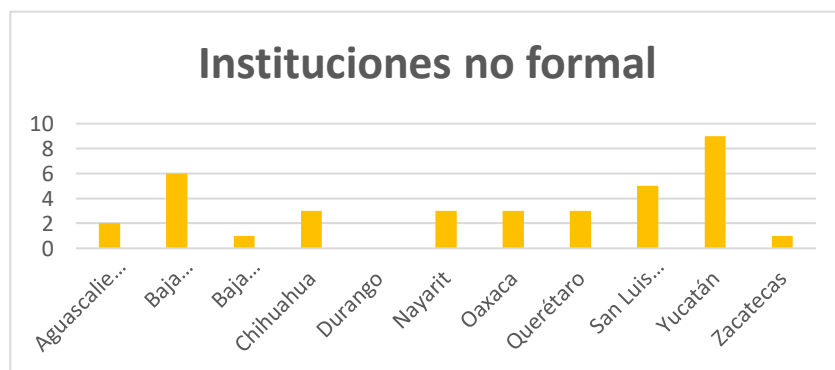


Figura 12. Gráfica en la cual se representa la presencia de instituciones de educación no formal que imparten talleres o cursos presenciales basados en la *robótica pedagógica*. Elaborada con base en *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperado de <https://www.google.com.mx/maps/>

<sup>6</sup> Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Yucatán y Zacatecas.

Cabe mencionar que algunas de las instituciones enfocadas en impartir talleres o cursos basados en la *robótica pedagógica* de forma presencial, también llevan a cabo capacitaciones con los mismos fines de manera virtual.

Por ejemplo, Creabótica: Escuela de Robótica y Tecnologías Avanzadas, ubicada en el estado de Zacatecas, ofrece cursos y talleres basados en la *robótica pedagógica* de forma presencial, así como virtual (Creabótica, 2021).

### **Cierre**

La información expuesta en este capítulo estuvo centrada en mostrar la relevancia de hacer investigación relacionada con la *robótica pedagógica*, pues esta disciplina actualmente es retomada para fundamentar procesos formativos en todos los niveles de educación.

Como se vio en las gráficas, tan solo en once estados de la República Mexicana hay 240 instituciones de educación Básica, Media y Superior que ofrecen programas formativos basados en los principios de la *robótica pedagógica*, es decir, talleres, cursos, laboratorios, entre otros.

Además, la información estuvo enfocada en la exposición de los roles de los docentes y estudiantes desde la *robótica pedagógica*, a partir de la identificación de los beneficios de construir robots educativos, porque esos datos permiten comprender las actividades del Taller de Robótica Abierta.

El Taller de Robótica Abierta es la organización académica en la cual se hicieron los dos estudios de investigación, con el fin de encontrar las posibles estrategias procedimentales que se pueden implementar para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

## Capítulo 3. Matemáticas

*La resolución de problemas es una actividad  
inherente al ser humano*

Roland Charnay

A lo largo de este capítulo se analiza la presencia de la Matemáticas en los diferentes niveles educativos, a partir de la identificación de la conceptualización, las características y los usos que se le han dado a esta ciencia a lo largo de las diferentes etapas de la historia.

Asimismo, se explica el concepto, los rasgos característicos, así como las clasificaciones de los problemas matemáticos, con base en una descripción general sobre las cinco ramas de las matemáticas: aritmética, geometría, álgebra, estadística y probabilidad.

Las finalidades que tiene este capítulo son cuatro:

- Exponer la relación de las matemáticas con el desarrollo de los robots.
- Explicar las características de los problemas matemáticos que se pueden derivar de las cinco ramas de las matemáticas.
- Exponer la presencia de los problemas matemáticos y las matemáticas en la educación, así como en las actividades cotidianas.
- Reconocer las razones por las cuales son importantes las estrategias procedimentales para solucionar problemas matemáticos.

Algunas preguntas que se responden son: ¿Cuál es la relación entre matemáticas, robótica y educación?, ¿cuáles son los rasgos característicos y las clasificaciones de los problemas matemáticos? y ¿cómo se define a las estrategias procedimentales?

## **3.1. La ciencia de las matemáticas**

### **3.1.1. Características de las matemáticas**

Desde la infancia hasta la adultez, las matemáticas son un campo del saber en el cual se ha formado a los seres humanos, pues los conocimientos generados desde ésta ayudan a realizar actividades cotidianas, académicas y laborales.

De acuerdo con la Real Academia Española (2020d) y Lluís (2006), las matemáticas son una ciencia que estudia las propiedades de los entes abstractos (números, figuras, símbolos, entre otros), para resolver problemas de la misma índole.

Algunos temas específicos que aborda las matemáticas son las operaciones básicas (sumas, restas, multiplicaciones y divisiones), los sistemas numéricos (romanos, decimales, entre otros), así como las conversiones de unidades.

Esta ciencia se divide principalmente en cinco ramas del saber que le permiten abordar en su totalidad su objeto de estudio: la aritmética, la geometría, el álgebra (Aguilar, Bravo, Gallegos, Cerón y Reyes, 2009), la estadística y la probabilidad (Mendenhall, Beaver y Beaver, 2010).

Cabe mencionar que el saber generado desde esta ciencia es utilizado por otras, para solucionar sus propios problemas, por ejemplo, la física, la química, la economía, la administración, la antropología y la robótica.

Las principales características de las matemáticas, según Lluís (2006), así como con Pérez y Beltrán (2011), son:

- Es universal.
- Es procesal y estructural.
- Poseen una lógica perfecta.
- Es la base de diferentes disciplinas.
- Se enfoca en la resolución de problemas.
- Es independiente, es decir, no requiere de equipos costosos para hacer sus comprobaciones.

Además, las matemáticas tienen seis elementos básicos, con los cuales aborda los problemas relacionados con el campo: la lógica, la intuición, el análisis, la construcción, la generalidad y la particularidad (Courant y Robbins, 1979).

Estos elementos básicos permiten que los resultados obtenidos en la resolución de los problemas sean exactos, así como confiables, es decir, puedan ser comprobados y demostrados por otras personas.

### **3.1.2. Uso de las matemáticas**

En la época actual, las matemáticas tienen múltiples aplicaciones y usos en las actividades humanas que se llevan a cabo en los diferentes países del mundo, tanto en el sector público, como en el privado.

Con base en Pineda (2009) y Lluís (2006), existen cinco principales aplicaciones/usos de las matemáticas:

- Transmisión de datos: Las matemáticas se utilizan para el diseño de algoritmos, que permitan la transmisión de datos entre dos lugares de manera eficiente, rápida, así como segura.
- Análisis de datos: Las matemáticas se emplean en los programas que analizan estados preoperatorios u operatorios, con el fin de predecir los resultados de los procesos que llevan a cabo.
- Diseño de tecnología: Las matemáticas se utilizan para desarrollar los sistemas operativos y mecánica de versiones actuales de automóviles, aviones, trenes, autobuses, celulares, computadoras, entre otros.
- Diseño de aplicaciones: Las matemáticas proporcionan una base para elaborar los códigos que les dan funcionamiento a las aplicaciones de equipos de cómputo, así como de teléfonos móviles.
- Desarrollo de robots: Las matemáticas se utilizan para diseñar la mecánica, la electrónica y el código que le da vida a diferentes tipos de robots (androides, zoomórficos, híbridos, militares, educativos, entre otros).

Es importante mencionar que el conocimiento de las matemáticas también se utiliza en actividades que se realizan de manera cotidiana como comprar, vender, así como jugar, ya sea de forma consciente o inconsciente.

Por ejemplo, las personas cuando van al supermercado usan el conocimiento matemático, para comprender la cantidad de dinero que se les cobra y se les regresa como cambio (el saber se utiliza de forma consciente).

Asimismo, las matemáticas se aplican y se usan en la educación que se imparte en los diferentes niveles educativos, para que los estudiantes resuelvan los problemas que se les presentan en sus diferentes procesos formativos.

De acuerdo con Schoefeld (1979 citado en Santos, 1992) los estudiantes hacen la resolución de los problemas a partir de conceptos matemáticos, teoremas, algoritmos, definiciones y estrategias.

## **3.2. Las matemáticas en la educación mexicana**

### **3.2.1. Las matemáticas en Educación Básica**

La enseñanza de las Matemáticas se lleva a cabo en todos los tipos de educación que ofrece el Sistema Educativo Nacional (Educación Básica, Media Superior y Superior), con mayor o menor predominancia.

Con base en el Acuerdo 15/06/19 (2019), la enseñanza de esta ciencia en Educación Básica está determinada por los Planes de estudio 2011 y 2017, pues actualmente se pasa por un proceso de rediseño curricular.

Las matemáticas en preescolar, primaria y secundaria se enseñan en todos los grados escolares como una asignatura base de la formación, para que los estudiantes adquieran los conocimientos básicos sobre aritmética, geometría, álgebra, probabilidad y estadística.

Los propósitos generales de esta asignatura en los diferentes niveles de Educación Básica son los siguientes (véase Tabla 8).

**Tabla 8 (cont.). Propósitos generales de la asignatura de matemáticas en los diferentes niveles de Educación Básica**

<p><b>Preescolar</b></p>	<p>Plan de estudio 2017:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar el razonamiento matemático en situaciones diversas que demanden utilizar el conteo y los primeros números.</li> <li>• Comprender las relaciones entre los datos de un problema y usar procedimientos propios para resolverlos.</li> <li>• Razonar para reconocer atributos, comparar y medir la longitud de objetos y la capacidad de recipientes, así como para reconocer el orden temporal de diferentes sucesos y ubicar objetos.</li> </ul>
<p><b>Primaria</b></p>	<p>Plan de estudio 2017 (aplicables para primero y segundo grado):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar de manera flexible la estimación, el cálculo mental y el cálculo escrito en las operaciones con números.</li> <li>• Identificar y simbolizar conjuntos de cantidades que varían proporcionalmente, y saber calcular valores faltantes.</li> <li>• Usar e interpretar representaciones para la orientación en el espacio, ubicar lugares y comunicar trayectos.</li> <li>• Conocer y usar las propiedades básicas de triángulos, cuadriláteros, polígonos rectangulares, círculos y prismas.</li> <li>• Estimar e interpretar medidas expresadas con distintos tipos de unidad.</li> <li>• Buscar y organizar datos con un propósito específico.</li> </ul> <p>Plan de estudio 2011 (aplicable de tercero a sexto grado):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprender a resolver y formular preguntas en que sea útil la herramienta matemática.</li> <li>• Usar el lenguaje aritmético, algebraico y geométrico.</li> <li>• Interpretar la información de los procesos de medición.</li> </ul>

Tabla 8. Información sobre los propósitos generales de la asignatura de matemáticas en los diferentes niveles de Educación Básica. Tomada de *Plan de estudios 2011. Educación Básica* por la Secretaría de Educación Pública, 2011, SEP. *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica* por Secretaría de Educación Pública, 2017a, SEP.

**Tabla 8 (cont.). Propósitos generales de la asignatura de matemáticas en los diferentes niveles de Educación Básica**

<b>Secundaria</b>	<p>Plan de estudio 2017 (aplicable para primero y segundo grado):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar de manera flexible la estimación, el cálculo mental y el cálculo escrito en las operaciones con números enteros, fraccionarios y decimales positivos y negativos.</li> <li>• Perfeccionar las técnicas para calcular valores faltantes en problemas de proporcionalidad y cálculo de porcentajes.</li> <li>• Modelar situaciones de variación lineal cuadrática y de proporcionalidad inversa; y definir patrones mediante expresiones algebraicas.</li> <li>• Razonar deductivamente al identificar y usar las propiedades de triángulos, cuadriláteros y polígonos rectangulares, y del círculo. Asimismo, a partir del análisis de casos particulares, generalizar los procedimientos para calcular perímetros, áreas y volúmenes de diferentes figuras y cuerpos, y justificar las fórmulas para calcularlos.</li> <li>• Expresar e interpretar medidas con distintos tipos de unidad, y utilizar herramientas como el teorema de Pitágoras, la semejanza y las razones trigonométricas, para estimar y calcular longitudes.</li> <li>• Elegir la forma de organizar y representar-tabular, algebraica o gráfica-más adecuada para comunicar información matemática.</li> <li>• Conocer las medidas de tendencia central y decidir cuándo y cómo aplicarlas en el análisis de datos y la resolución de problemas.</li> <li>• Calcular la probabilidad clásica y frecuencial de eventos simples y mutuamente excluyentes en experimentos aleatorios.</li> </ul>
-------------------	--

Tabla 8. Información sobre los propósitos generales de la asignatura de matemáticas en los diferentes niveles de Educación Básica. Tomada de *Plan de estudios 2011. Educación Básica* por la Secretaría de Educación Pública, 2011, SEP. *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica* por Secretaría de Educación Pública, 2017a, SEP.



**Tabla 8. Propósitos generales de la asignatura de matemáticas en los diferentes niveles de Educación Básica**

<b>Secundaria</b>	<p>Plan de estudio 2011 (aplicable para tercer grado):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprender a resolver y formular preguntas en que sea útil la herramienta matemática.</li> <li>• Justificar la validez de los procedimientos y resultados encontrados.</li> <li>• Transitar del razonamiento inductivo al deductivo.</li> <li>• Buscar información para el análisis.</li> </ul>
-------------------	---

Tabla 8. Información sobre los propósitos generales de la asignatura de matemáticas en los diferentes niveles de Educación Básica. Tomada de *Plan de estudios 2011. Educación Básica* por la Secretaría de Educación Pública, 2011, SEP. *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica* por Secretaría de Educación Pública, 2017a, SEP.

Cabe mencionar que muchas instituciones de Educación Básica, además de impartir la asignatura, llevan a cabo cursos, talleres o laboratorios extracurriculares que les permiten a los estudiantes reforzar sus conocimientos sobre las matemáticas.

Estos cursos, talleres y laboratorios extracurriculares generalmente imparten la enseñanza de forma lúdica e interactiva, con el uso de recursos innovadores como softwares de programación, videojuegos, así como robots.

### **3.2.2. Las matemáticas en Educación Media Superior**

Los principales servicios de Educación Media Superior son el Bachillerato General, así como el Bachillerato Tecnológico, porque albergan a la mayoría de los estudiantes de 14 a 18 años.

Las matemáticas en el Bachillerato General se enseñan como una asignatura base de primero a cuarto semestre, en quinto-sexto hay cuatro opciones propedéuticas relacionadas con esta ciencia: Calculo Diferencial/Integral, Probabilidad y Estadística I/II (Secretaría de Educación Pública, 2017b).

Los estudiantes en estas asignaturas refuerzan sus conocimientos sobre las cinco ramas de las matemáticas, vistos en nivel secundaria. Además, se inician en el estudio del cálculo diferencial, así como integral.

Las matemáticas en el Bachillerato Tecnológico se enseñan como una asignatura base de primero a cuarto semestre, en quinto-sexto hay dos opciones del componente de formación propedéuticas relacionadas con esta ciencia: Cálculo Integral y Probabilidad y Estadística (Secretaría de Educación Pública, 2017b).

En el Bachillerato Tecnológico cada semestre los estudiantes se adentran en el estudio de una rama de las matemáticas, con el fin de conocer sus aplicaciones en diversas situaciones que se pueden presentar en la existencia humana.

El estudio de las matemáticas, tanto en Bachillerato General, como en Bachillerato Tecnológico, tiene la finalidad de darle a los estudiantes los conocimientos base que requieren para su desempeño y formación a nivel superior, ya sea en una licenciatura o una ingeniería.

Como lo menciona Ortiz (2009), la educación sobre las matemáticas, de los 14-18 años, está centrada en sentar una base sólida, para que los estudiantes puedan incorporarse a los estudios superiores en cualquier institución.

### **3.2.3. Las matemáticas en Educación Superior**

El conocimiento sobre las matemáticas se estudia y se pone en práctica en Educación Superior en las diferentes carreras de las cuatro áreas del conocimiento: Físico-matemático e Ingenierías, Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales, así como Humanidades y las Artes.

El grado de profundidad del estudio y práctica del saber sobre las matemáticas varía de una carrera a otra (Espinosa, 2008), pues en algunas se llega al conocimiento puro de la ciencia y en otras sólo al análisis básico.

Las carreras con más estudio, así como práctica del conocimiento de las matemáticas son las procedentes del área Físico-matemático e Ingenierías, seguidas de las albergadas en el conjunto de las Ciencias Sociales.

Por ejemplo, las matemáticas se estudian y se aplican durante toda la carrera de Ingeniería Mecánica de la UNAM (pertenece al área Físico-matemático e Ingenierías), para la resolución de problemas derivados del campo (Universidad Nacional Autónoma de México, 2015c).

Las carreras que llevan a cabo un menor estudio, así como práctica de las matemáticas son las procedentes del área Humanidades y las Artes, seguidas de las albergadas en el conjunto de las Ciencias de la Salud.

Por ejemplo, las matemáticas se estudian y se aplican de manera básica en la carrera de Pedagogía de la UNAM (pertenece al área Humanidades y las Artes), sólo para sacar estadísticas en investigación o para comprender cifras educativas (Universidad Nacional Autónoma de México, 2007).

Cabe mencionar que el estudio y práctica del conocimiento de las matemáticas también se lleva a cabo en opciones de educación no formal que ofrecen las instituciones de Educación Superior, como talleres, cursos, diplomados y seminarios.

Tal es el caso del curso *Álgebra Básica* por la Universidad Nacional Autónoma de México, que se imparte a través de la plataforma educativa Coursera, en el cual se enseña a resolver ecuaciones de primer y segundo grado (Coursera, 2021a).

### **3.3. Ramas de las Matemáticas**

#### **3.3.1. Aritmética y geometría**

La aritmética es la rama de las matemáticas que se dedica al estudio de los números, así como a la aplicación de estos en las cuatro operaciones básicas: suma (adición), resta (sustracción), multiplicación y división (Rosas, 2009).

El eje de estudio de la aritmética son los números, los cuales son cifras que representan cantidades de sujetos u objetos de un mismo conjunto o de diversos. Algunos ejemplos de estos son 1, 315, 2654, 0.34,  $1/2$ ,  $5/6$  y 33567.

Con base en el eje de estudio de la Aritmética, los objetivos de esta rama son tres: 1) estudiar todo lo relacionado con el dominio de los números, 2) analizar los

procedimientos para resolver operaciones en diversos contextos y 3) estudiar las propiedades del sistema de numeración (Barajas, Parada y Molina, 2017).

Esta rama de las matemáticas se utiliza en diferentes actividades con grados de complejidad variados, por ejemplo, al hacer compras, al vender productos, al repartir tareas, al pagar deudas, así como al investigar el ingreso mensual de un hogar.

La geometría es la rama de las matemáticas que se dedica al estudio de las medidas en el espacio (Rosas, 2009), así como a la indagación sobre las líneas, las figuras y los cuerpos con respecto a su forma, extensión o posición (Bruño, 1911).

Esta rama de las matemáticas es la encargada de estudiar, así como formular explicaciones sobre las propiedades de los círculos, triángulos, rectángulos, hexágonos, prismas, pentágonos, dodecaedros y pirámides.

El eje de estudio de la geometría son las figuras geométricas, las cuales son conjuntos de elementos (puntos, rectas o planos) en los que se puede contener cualquier forma. Estas se clasifican en tres tipos (Izquierdo, 2000):

- Figura de primera categoría: constituidas por elementos de una sola especie.
- Figuras de segunda categoría: constituidas por elementos de dos especies.
- Figuras de tercera categoría: constituidas por elementos de las tres especies.

La geometría se divide en dos grandes partes, que le permiten abordar de forma integral su eje de estudio: 1) Geometría plana o bidimensional y 2) Geometría en el espacio o tridimensional (Bruño, 1911).

La geometría se utiliza en múltiples disciplinas y ciencias, como la física, biología, arquitectura, astronomía o geología (Aufmann y Lockwood, 2013), igual que en actividades de la vida cotidiana, académica y laboral.

Algunos de las aplicaciones del conocimiento de la Geometría son la elaboración de planos de viviendas o edificaciones, el diseño a detalle de piezas mecánicas y la creación de prototipos de medios de transporte.

### 3.3.2. Álgebra, estadística y probabilidad

El álgebra es la rama de las Matemáticas que tiene como objetivo estudiar las combinaciones de elementos numéricos y letras (representan cantidades desconocidas), para encontrar la solución a determinados problemas (Rosas, 2009).

Esta rama de las matemáticas en muchas ocasiones es confundida con la aritmética, sin embargo, la primera está centrada en encontrar los resultados a un problema con datos desconocidos y la segunda con conocidos.

De acuerdo con Barrera (2014), así como con Aufmann y Lockwood (2013), el álgebra es la rama de las matemáticas que tiene dos ejes de estudio: 1) las expresiones algebraicas y 2) las ecuaciones (véase Tabla 14).

**Tabla 9. Ejes de estudio del álgebra**

<b>Expresiones algebraicas</b>	Combinación que contiene una o más variables (letras), las cuales representan cantidades desconocidas o cambiables.
	$4x$
<b>Ecuaciones</b>	Igualdad entre dos expresiones, que sólo es verdad para ciertos valores, las cuales están separadas por el símbolo de igual.
	$5x + 3x = 10x - 2x$

Tabla 9. Información sobre los ejes de estudio del álgebra. Tomada de *Diccionario de matemáticas* por J. Rosas, 2009, Editores Mexicanos Unidos. *Álgebra Elemental* por R. Aufmann y J. Lockwood, 2013, CENGAGE Learning.

El álgebra se estudia en las instituciones escolares mexicanas desde la secundaria, hasta la Educación Superior, en mayor o menor grado de profundidad (depende de la visión y misión de cada escuela).

Sin embargo, el álgebra, junto con el cálculo diferencial e integral, son los pilares de la formación matemática de los estudiantes inscritos en carreras relacionadas con las ciencias duras, así como con las ingenierías (Barrera, 2014).

La estadística es la rama que se dedica al estudio de un conjunto de datos numéricos de un mismo grupo de cosas, para deducir leyes que rigen ciertos fenómenos o formular previsiones, a través de procesos de reunión u ordenación (Rosas, 2009).

La probabilidad es la rama de las matemáticas que se enfoca en el estudio/análisis de la razón, así como de la relación que existe entre el número de eventos totales y la cantidad de sucesos favorables (Rosas, 2009).

Los problemas de probabilidad pueden incluir (Penalva, Posadas y Roig, 2010):

- Dibujos gráficos.
- Introducciones.
- Ejemplos sobre problemas relacionados.
- Contraejemplos.
- Diagramas.
- Procedimientos de prueba y verificación.

Las aplicaciones de la estadística y probabilidad son variadas, ya que se utilizan en diferentes campos del conocimiento como la economía, la pedagogía, las ingenierías, la medicina, la historia, así como la administración.

De acuerdo con Osorio y Suárez (2014), algunas de las principales aplicaciones de la estadística y probabilidad son: procesos de control en sistemas de fabricación, diseño de productos, manejo de la calidad, estudio de confiabilidad, así como simulaciones.

### **3.4. Problemas matemáticos**

#### **3.4.1. Conceptualización de los problemas matemáticos**

Resolver problemas matemáticos es una situación a la que los estudiantes y los docentes de diversas áreas se enfrentan cuando estudian/actúan en sus campos, porque muchas de las ciencias han utilizado el conocimiento de las matemáticas, para abordar sus propios objetos de estudio.

Los problemas son situaciones que no tienen una solución inmediatamente accesible, sólo tienen un planteamiento inicial, por lo cual la persona o personas que deseen resolverlos, necesitan realizar diversas acciones para encontrar el resultado (Alfaro y Barrantes, 2008).

Los problemas pueden ser de distintas índoles, por ejemplo, médicos, económicos, sociales, administrativos, científicos, educativos, químicos, históricos, alimenticios, culturales, ambientales, así como matemáticos.

Los problemas matemáticos son situaciones concretas contextualizadas, en las que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones y se hacen cálculos, para encontrar las soluciones (Penalva, Posadas y Roig, 2010).

Los problemas matemáticos pueden tener diferentes niveles de complejidad, así como estar vinculados con otras áreas del conocimiento, por ejemplo, la biología, la antropología, la medicina y la robótica (véase Tabla 10).

**Tabla 10. Problemas matemáticos**

<b>Problemas matemáticos</b>
<b>Problema matemático para niños de sexto grado de primaria</b>
Guadalupe fue a la mercería a comprar 15.5 m de encaje blanco que necesita para la clase de costura. Si cada metro cuesta \$5.60, ¿cuánto pagó por todo el encaje que necesita? También pidió 4.75 m de cinta azul que le encargó su mamá. Si el metro cuesta 8.80 y su mamá le dio \$40.00, ¿le alcanzará el dinero para comprarla? ¿Le falta o le sobra dinero? ¿Cuánto? (Secretaría de Educación Pública, 2019, p.21).
<b>Problema matemático para adolescentes en tercer grado de preparatoria</b>
El número de bacterias de cierto cultivo se incrementó de 600 a 1800 entre las 7:00 horas a.m. y a las 9:00 horas a.m. Suponga que el crecimiento es exponencial y que usando métodos de cálculo se llega que después de $t$ horas de las 7:00 horas, el número $f(t)$ de bacterias está dado por: $f(t) = 600e^{(t/2)}$ aceptamos $e=3$
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Calcula el número de bacterias en el cultivo a las 8:00 a.m., a las 10:00 a.m. y a las 11:00 a.m.</li> <li>b) Dibuja la gráfica de <math>f</math> desde <math>t=0</math> hasta <math>t=4</math>. (Moctezuma y Collins, 2013, p.28).</li> </ul>

Tabla 10. Ejemplos de problemas matemáticos, para reconocer sus niveles de complejidad y su relación con otras áreas del conocimiento. Tomados de *Desafíos matemáticos* por la Secretaría de Educación Pública, 2019, SEP. *Geometría y Trigonometría* por R. Moctezuma y J. Collins, 2013, Editorial Alec.

En muchas ocasiones los problemas matemáticos son confundidos con las operaciones matemáticas, por sus similitudes conceptuales y percepciones cotidianas, sin embargo, son diferentes.

Las operaciones matemáticas son procedimientos específicos que se realizan en la resolución de un problema matemático, a partir de lo dado y lo buscado, los cuales contribuyen a encontrar los resultados (Pérez y Beltrán, 2011).

Las operaciones que se utilizan siempre en la resolución de problemas matemáticos son las sumas, restas, divisiones y multiplicaciones, debido a que los valores incógnitos de las situaciones se pueden encontrar a través de ellas.

#### **3.4.2. Características de los problemas matemáticos**

Los problemas matemáticos tienen un conjunto de rasgos característicos, los cuales permiten determinar si las situaciones enfrentadas son de esa índole o pertenecen a otras categorías.

Con base en Penalva, Posadas y Roig (2010), Piñeiro, Pinto y Díaz (2015), así como Alfaro y Barrantes (2008), los problemas matemáticos tienen seis rasgos característicos que los hacen ser situaciones de esa índole:

1. *Exigen la realización de tareas, para encontrar sus soluciones:* Los problemas matemáticos sólo pueden resolverse al realizar un conjunto de actividades matemáticas, como operaciones y cálculos (Penalva, Posadas y Roig, 2010).
2. *Requieren de un nivel de abstracción, para ser resueltos:* Las personas al resolver problemas matemáticos deben llevar a cabo procesos de reflexión y razonamiento, que les permitan ver las situaciones en sus múltiples dimensiones (Penalva, Posadas y Roig, 2010).
3. *Pueden generar o producir otros problemas:* En la búsqueda por encontrar las soluciones de los problemas matemáticos, se pueden originar situaciones que requieran su propio procedimiento de resolución (Penalva, Posadas y Roig, 2010).



4. *Son situaciones inherentes a los seres humanos:* Los problemas matemáticos sólo se pueden plantear y solucionar por las personas, pues son las únicas que tienen las capacidades cognitivas para resolverlos (Piñeiro, Pinto y Díaz, 2015).
5. *Parten de hechos conocidos y determinados:* El planteamiento de los problemas matemáticos se enuncia a partir de los datos o información que se tiene (Piñeiro, Pinto y Díaz, 2015).
6. *Desarrollan el pensamiento crítico:* Las personas deben poner en marcha sus capacidades para el análisis de información, en la búsqueda de las soluciones de los problemas matemáticos (Alfaro y Barrantes, 2008).

Además, los problemas matemáticos requieren de la implementación de procedimientos específicos, en los que se hacen operaciones y cálculos secuenciales, para llegar a sus soluciones, es decir, estrategias procedimentales (Bruño, 1911).

Las estrategias ayudan a las personas a visualizar las múltiples acciones que se deben realizar, así como a analizar el problema en sus diferentes dimensiones, para encontrar las situaciones de forma rápida e inmediata.

Con base en Contreras (2013), las estrategias procedimentales son conjuntos de acciones, métodos, técnicas y actividades, relacionadas con el procedimiento, que las personas ponen en acción, con la finalidad de llegar a las soluciones o metas.

Las estrategias procedimentales pueden ser reconocidas, principalmente, por las personas que tienen una gran experiencia en la resolución de problemas, porque se han informado o enfrentado a situaciones similares.

En muchas ocasiones, durante la resolución de problemas matemáticos, las estrategias no son evidentes para las personas sin esa gran experiencia (Pérez y Beltrán, 2011), por cual deben apoyarse de fuentes de información en las que se especifiquen.

Por ello, la investigación que se llevó a cabo con el fin de encontrar las estrategias procedimentales, para resolver los problemas matemáticos en la construcción de robots educativos, tomó como participantes a los integrantes del TRA.

Los integrantes del TRA son estudiantes que tienen una gran experiencia en la construcción de robots, pues los han diseñado durante sus procesos formativos dentro de la organización, así como en los que han llevado fuera de ella.

### 3.4.3. Tipos de problemas matemáticos

Los problemas matemáticos pueden ser categorizados de diferentes formas, ya que tienen características distintas, así como sus planteamientos están relacionados con determinadas ramas de las matemáticas. Existen dos principales clasificaciones: 1) por eje y 2) por estructura.

La clasificación por eje divide a los problemas matemáticos en seis grupos: aritméticos, geométricos, de razonamiento lógico, de recuento sistémico, de razonamiento inductivo y de probabilidad (véase Tabla 11) (Echenique, 2006 citado en Muñoz, 2011).

**Tabla 11 (cont.). Clasificación por eje de los problemas matemáticos**

Grupo	Características
Problemas aritméticos	<p>Son aquellos en los que se presentan datos en forma de cantidades y necesitan de la resolución de operaciones aritméticas, para llegar a su solución. Pueden ser de tres niveles:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Primer nivel: Requieren sólo de un par de operación para llegar a su resolución (adición-sustracción o multiplicación-división).</li> <li>2) Segundo nivel: Requieren de hacer varias operaciones, en determinado orden, para llegar a su solución.</li> </ol>

Tabla 11. Información sobre la clasificación por eje de los problemas matemáticos. Tomada de *Tipos de problemas matemáticos* por C. Muñoz, 2011, Pedagogía Magna.

**Tabla 11. Clasificación por eje de los problemas matemáticos**

Grupo	Características
Problemas aritméticos	3) Tercer nivel: Requieren de hacer varias operaciones que combinan números naturales, decimales, fraccionarios y porcentuales.
Problemas geométricos	Son aquellos en los que los datos están relacionados con los conceptos del ámbito geométrico (formas, figuras, orientaciones, visión espacial, líneas, puntos, entre otros).
Problemas de razonamiento lógico (algebraicos)	Son aquellos que permiten desarrollar destrezas relacionadas con el componente lógico. Se dividen en cuatro tipos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Numéricos.</li> <li>• Balanzas.</li> <li>• Enigmas.</li> <li>• Análisis de proposiciones.</li> </ul>
Problemas de recuento sistémico	Son aquellos que pueden llegar a tener varias respuestas a las incógnitas y es necesario encontrarlas todas, para encontrar la solución.
Problemas de razonamiento inductivo	Son aquellos en los que se enuncian propiedades numéricas o geométricas, a partir de la identificación de hechos que suceden con regularidad.
Problemas de probabilidad	Son aquellos en los que los planteamientos están relacionados con la probabilidad de ganar en los juegos, así como con predicciones con cierta base científica.

Tabla 11. Información sobre la clasificación por eje de los problemas matemáticos. Tomada de *Tipos de problemas matemáticos* por C. Muñoz, 2011, Pedagogía Magna.

Los problemas de recuento sistémico y de razonamiento inductivo se pueden agrupar en una sola categoría, pues pertenecen a procesos relacionados con la estadística, por lo que la clasificación podría estar integrada solo por cinco tipos:

- Problemas aritméticos.
- Problemas geométricos.
- Problemas algebraicos.

- Problemas estadísticos.
- Problemas de probabilidad.

La clasificación por estructura divide a los problemas matemáticos en dos grandes grupos: 1) problemas de estructura cerrada y 2) problemas de estructura abierta (Piñeiro, Pinto y Díaz, 2015). Las características de cada uno son:

Los problemas matemáticos de estructura cerrada son aquellos en los que los planteamientos iniciales están organizados, las tareas a desarrollar se estipulan de forma entendible y las respuestas se pueden deducir a partir de los datos.

Los problemas matemáticos de estructura abierta son aquellos en los que los planteamientos no están organizados, no tienen una formulación coherente, faltan datos y no hay procedimientos que garanticen llegar a las respuestas.

### **Cierre**

En este capítulo se explicaron los rasgos característicos de los diferentes problemas matemáticos que se pueden encontrar en la realización de las actividades humanas, a partir de un análisis general sobre las matemáticas, así como de sus cinco ramas (aritmética, geometría, álgebra, estadística y probabilidad).

La información relacionada con los rasgos característicos permite comprender el tipo de problemas matemáticos que se encontraron durante el estudio uno de la investigación, a partir del cual se plantearon los casos de simulación para el análisis número dos.

Cabe mencionar que los datos generales sobre las matemáticas, así como de sus cinco ramas se utilizaron como base para la elaboración de los criterios de las herramientas de investigación del estudio número uno, es decir, de las guías y el instrumento de valoración especial.

Además, la exposición de la presencia de las matemáticas en la educación Básica, Media y Superior posibilita la comprensión del tipo de conocimientos y habilidades

que tienen los estudiantes sobre esta ciencia, en especial, los integrantes del Taller de Robótica Abierta.

## Capítulo 4. El Taller de Robótica Abierta (TRA) y aspectos generales de los estudios exploratorios

*La Robótica y otras combinaciones harán que  
el mundo sea bastante fantástico en  
comparación con el hoy*

Bill Gates

A lo largo de este capítulo se exponen los objetivos y propósitos del Taller de Robótica Abierta (TRA), a partir del análisis de los hechos históricos que permitieron la consolidación de esa organización académica dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Asimismo, se describen de forma detallada los aspectos generales de los dos estudios exploratorios de la investigación que permitieron identificar algunas posibles estrategias procedimentales, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

Las finalidades de la información expuesta son tres:

- Identificar las principales actividades del TRA.
- Explicar la metodología que se siguió para hacer los estudios exploratorios.
- Dar a conocer la formación de los integrantes del TRA que participaron en los estudios exploratorios.

Algunas de las preguntas que se responden son: ¿Qué actividades se llevan a cabo dentro del TRA?, ¿quién coordina esta organización académica de la UNAM?, ¿qué objetivos persigue la investigación? y ¿cuál fue la metodología que se siguió para hacer los estudios exploratorios?

## **4.1. EI TRA**

### **4.1.1. Características generales**

El Taller de Robótica Abierta, o mejor conocido como TRA, es una organización académica que pertenece a una de las instituciones de Educación Superior con mayor reconocimiento internacional: la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las instalaciones formales de esta organización académica se encuentran en el Edificio J, dentro del Anexo de la Facultad de Ingeniería, en Ciudad Universitaria, sobre Avenida Universidad #3000, Coyoacán, Ciudad de México (véase Anexo 2) (Google, 2020).

Las instalaciones informales en las que los integrantes llevan a cabo actividades del taller se localizan en el tercer piso del Centro de Ingeniería Avanzada (CIA), el cual también pertenece a la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

El Centro de Ingeniería Avanzada (CIA) se ubica en el Anexo de la Facultad de Ingeniería de Ciudad Universitaria, cerca de la biblioteca Enrique Rivero Borrell, sobre Avenida Universidad #3000 (véase Anexo 2) (Google, 2020).

En las instalaciones formales se encuentra las herramientas de uso mecánico, así como las máquinas para construcción. En las informales se localizan los aparatos electrónicos y los robots que se han elaborado en el taller.

El propósito general del TRA es ser un espacio colaborativo en el cual los alumnos desarrollen proyectos de robótica (robots educativos), relacionados con la mecatrónica e inteligencia artificial, con la finalidad de que se coadyuve en la formación integral de los ingenieros (Minami, Peñuelas y Arenas, 2018).

El TRA está supervisado por un trio de profesores y es coordinado por un par de estudiantes de la Facultad de Ingeniería, que han dedicado varios años de sus vidas al estudio, análisis, construcción y/o evaluación de robots con una mirada educativa.

El horario de atención del TRA es de lunes a viernes, de 10 a 17 horas, en las instalaciones formales del taller (cabe mencionar que los integrantes, en ocasiones,

extienden la jornada, para resolver diferentes situaciones relacionadas con sus proyectos).

#### **4.1.2. Objetivos del TRA**

El TRA es una organización académica que cumple con varios objetivos formativos. Con base en lo mencionado por Minami, Peñuelas y Arenas (2018), estos son los siguientes:

- Ser un espacio en el cual se desarrollen proyectos de robótica que coadyuven en la formación de los estudiantes.
- Ser un espacio en el cual se desarrollen proyectos de robótica potencialmente útiles para la sociedad.
- Ser un espacio en el cual se ofrezcan servicios de asesoría a estudiantes interesados en principios de diseño mecánico y eléctrico, manufactura, programación de microcontroladores, entre otros.
- Ser un espacio en el cual los estudiantes puedan realizar su servicio social, así como sus trabajos de titulación.
- Ser un espacio en el cual los estudiantes realicen investigación o innovación tecnológica que les permita aprender nuevos conceptos y aplicar sus conocimientos en proyectos.
- Ser un espacio en el cual se propicie la colaboración entre estudiantes y profesores, con el fin de que el conocimiento sea compartido, así como distribuido entre los miembros.
- Ser un espacio en el cual se desarrollen herramientas cognitivas y ambientes de aprendizaje que motiven a los estudiantes a aprender sobre la robótica.
- Ser un espacio en el cual se construyan robots incorporando ambientes de aprendizaje interdisciplinarios y la vinculación de la teoría con la práctica.
- Ser un espacio en el cual se presten herramientas de mano y algunas otras eléctricas, tales como taladro de banco e inalámbrico, caladora, lijadora orbital y cautín.



Además, los integrantes del TRA imparten cursos y talleres sobre aspectos relacionados con la robótica, con la finalidad de compartir sus saberes, así como conocimientos con otros estudiantes interesados en el tema.

Algunos de los cursos y talleres que son impartidos por los integrantes del TRA son (TRA, 2020): *Introducción a la placa de Arduino UNO* (enseñado en línea) e *Introducción a ROS* (lenguaje para programar robots).

#### **4.1.3. Historia del TRA**

La historia del TRA se puede dividir en dos etapas: los preliminares de su creación (del año 2001-2012) y el nacimiento-esplendor del taller (2012-2020). A continuación, se describen los principales hechos de cada una de ellas con base en lo mencionado por Minami, Peñuelas y Arenas (2018).

##### *Preliminares de la creación del TRA*

En el año 2001 las autoridades de la Facultad de Ingeniería decidieron crear un laboratorio de investigación tecnológica, en el cual los alumnos pudieran crear proyectos de impacto social que les permitiera titularse.

En esta facultad, al igual que en la mayoría de las instituciones de la UNAM, los estudiantes tenían problemas con su proceso de titulación, porque no poseían las bases para hacer sus trabajos escritos o no identificaban un tema interesante de investigación.

Dos años después, en el 2004, se inició el proyecto denominado *Creación de un laboratorio remoto accedido por Internet para la asignatura Cinemática y Dinámica* financiado por el programa PAPIME, en cual se proponía el diseño de seis prácticas de la materia en forma remota.

Cabe mencionar que PAPIME es un programa encaminado a apoyar, así como a financiar proyectos de innovación tecnológica que mejoren los procesos de enseñanza y de aprendizaje dentro de los planteles de la UNAM.

El proyecto fue tan ambicioso que los prototipos de las seis prácticas remotas se terminaron de diseñar hasta el 2012, ocho años después de la elaboración de la propuesta base, así como de su aprobación.

En el año 2009 nació un nuevo proyecto en la Facultad denominado *Diseño y construcción de un robot robusto como herramienta para investigación*, el cual tenía como objetivo elaborar un robot que pudiera ser usado para investigación en robótica móvil y manipulación remota.

El proyecto de la construcción de un robot robusto fue financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIT) y tardó en desarrollarse dos años aproximadamente.

#### *Nacimiento-esplendor del TRA*

En el año 2012 la Facultad de Ingeniería inició el proyecto *Mejoramiento de la calidad educativa en Ciencias Básicas a través de la robótica*, basado en los postulados de la *robótica pedagógica*, que tenía como objetivo el fortalecer el aprendizaje de los estudiantes, por medio de la construcción de robots.

Los resultados del proyecto cumplían con las expectativas de las autoridades de la facultad, por lo que decidieron crear un espacio en el cual los estudiantes pudieran desarrollar proyectos de robótica, para el aprendizaje significativo de temas relacionados con sus carreras.

Finalmente, en enero del año 2013, las autoridades de la Facultad de Ingeniería terminaron de instalar, así como de equipar este nuevo espacio formativo para los estudiantes. Lo llamaron Taller de Robótica Abierta (TRA).

## **4.2. La comunidad del TRA**

### **4.2.1. Aspectos generales**

El TRA actualmente está dirigido por tres académicos y es organizado por dos estudiantes que fungen el papel de coordinadores (cada uno de ellos se encarga de gestionar las actividades de un turno: mañana o tarde).

Los tres académicos y los dos estudiantes coordinadores del taller son: Yukihiro Minami Koyama, Ulises Martín Peñuelas Rivas, Stalin Muñoz Gutiérrez, Sergio Hernández Sánchez y Roberto Ángel García García.

Los tres académicos dirigen, gestionan, administran, cooperan, así como trabajan en beneficio del TRA, desde el año en el que fue inaugurado como un espacio para la formación integral de ingenieros de calidad.

La cantidad total de estudiantes que conforman a los integrantes del taller es de 15 personas, todos estudian alguna de las carreras que se ofrecen en la Facultad de Ingeniería de la UNAM (véase Tabla 12) (TRA, 2020).

**Tabla 12. Integrantes del TRA**

Integrantes del TRA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sergio Hernández Sánchez</li> <li>• Ehecatl Elí Barón Arriaga</li> <li>• Roberto Ángel García Gacía</li> <li>• Alfonso Murrieta Villegas</li> <li>• Alex Javier Rojas Mosqueda</li> <li>• Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda</li> <li>• Saúl Alejandro Badillo Hernández</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerardo Vázquez Ramos</li> <li>• César Pineda Leonardo</li> <li>• Mauro Rivero Espíndola</li> <li>• Manuel Alejandro Lara Huerta</li> <li>• Jakob Culebro Reyes</li> <li>• Jorge Luis Aguirre Serralde</li> <li>• Humberto Cruz Moreno</li> <li>• Gabriel Gutiérrez Santillán</li> </ul>

Tabla 12. Nombres de los integrantes del Taller de Robótica Abierta. Tomados de *Taller de Robótica Abierta* por Taller de Robótica Abierta, 2020. Recuperado de <http://dcb.fi-c.unam.mx/TallerRobotica/nosotros.html>

Es importante mencionar que de los 15 integrantes del TRA, sólo asisten frecuentemente siete de ellos (listados en la columna derecha de la Tabla 12), porque el resto tienen tareas y trabajos que les impiden dedicarle más horas a las actividades del taller.

Sin embargo, todos los integrantes están obligados a participar en los proyectos que se desarrollan en el TRA, ya sea como coordinadores, investigadores de información, conseguidores de piezas o verificadores de calidad.

#### **4.2.2. Formación de los académicos dirigentes del TRA**

Como se mencionó, el TRA actualmente es dirigido por tres académicos que trabajan en la Facultad de Ingeniería de la UNAM: Yukihiro Minami Koyama, Ulises Martín Peñuelas Rivas y Stalin Muñoz Gutiérrez.

Yukihiro Minami Koyama es profesor titular del Área de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional Autónoma de México y es tutor en el curso *Arduino algunas aplicaciones*, que se imparte en la plataforma educativa Coursera (Couser, 2021b).

El profesor Yukihiro Minami Koyama tiene una amplia trayectoria como profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, así como ha investigado por varios años temas relacionados con la robótica y la mecánica.

Yukihiro Minami Koyama es ingeniero Mecánico Electricista (titulado en el año 1984) y maestro en Ingeniería Eléctrica (en el 2004) por la Facultad de Ingeniería de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, 2012).

Obtuvo el grado de ingeniero Mecánico Electricista con la tesis *Impresora de llantas telefónicas* y el nombramiento como maestro en Ingeniería Eléctrica con el trabajo *Determinación de la posición de un robot móvil usando transmisiones ultrasónicas*.

Ulises Martín Peñuelas Rivas es profesor de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, imparte las asignaturas de *Circuitos Digitales* y *Diseño mecatrónico* (Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, 2014).

Las dos asignaturas que enseña el profesor en la facultad se imparten en séptimo (Circuitos Digitales), así como noveno (Diseño mecatrónico) semestre de la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Ulises Martín Peñuelas Rivas es ingeniero Mecánico (titulado en el año 2002) y maestro en Ingeniería Mecánica (en el 2007) por la Facultad de Ingeniería de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, 2012).

Obtuvo el grado de ingeniero Mecánico con la tesis *Desarrollo de un sistema basado en un PIC 16F874 para aplicaciones mecatrónicas* y el nombramiento como maestro en Ingeniería Mecánica con el trabajo *Metodología para diseño mecatrónico*.

Stalin Muñoz Gutiérrez está adscrito en el Centro de Ciencias de la Complejidad de la UNAM y es tutor en los cursos *Razonamiento artificial*, *Resolución de problemas por búsqueda* e *Ingeniería artificial: Proyecto final* en la plataforma educativa Coursera (Coursera, 2021c).

El profesor Stalin Muñoz Gutiérrez ha dedicado su vida a la docencia e investigación relacionada con la aplicación de la Inteligencia Artificial, para resolver problemas en diversos campos del conocimiento.

Stalin Muñoz Gutiérrez es ingeniero en Computación (Universidad Nacional Autónoma de México, 2012) y maestro en Ciencia de la Complejidad por la UNAM (Coursera, 2021c). Su primer título lo consiguió en 1998.

Obtuvo el grado de ingeniero en Computación con la tesis *Estabilización y observación simultáneas utilizando estrategias evolutivas*, la cual es un trabajo de grado de extensión corta (72 páginas).

#### **4.2.3. Formación de los integrantes del TRA**

Las personas que ingresan al TRA son estudiantes de los últimos semestres de las carreras de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica, Eléctrica-Electrónica y Computación, así como profesionales que estudian maestrías relacionadas con el área de las matemáticas e ingenierías (TRA, 2020).

La principal razón por la cual los integrantes deben de ser estudiantes de los últimos semestres de estas carreras es porque se necesitan conocimientos básicos en matemáticas, mecánica, electricidad, así como programación, para elaborar cualquier tipo de robot.

Con base en los planes de estudio de las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica (UNAM, 2015a), Computación (UNAM, 2015b), Mecánica (UNAM, 2015c) y Mecatrónica (UNAM, 2015d), los estudiantes de estas cuatro carreras tienen una formación en las siguientes áreas:

- Cálculo.
- Álgebra.
- Geometría.
- Estadística.
- Programación.
- Cinemática.
- Dinámica.
- Probabilidad.
- Manufactura.
- Electricidad.
- Magnetismo.
- Mecánica.

Asimismo, las personas que ingresan al TRA son estudiantes que han tomado algún curso, taller o programa formativo relacionado con la robótica, principalmente, dentro de las instalaciones de la UNAM o en instituciones privadas.

La mayoría de los integrantes del TRA tienen más de un año en esta organización académica, así como han participado como colaboradores en alguno de los proyectos de diseño, así como construcción de robots.

Algunos de los robots que se han construido en el TRA son: *Robots autónomos*, *Ballbot*, *Robot esférico*, *Robot serpiente*, *Robot subacuático* y *FinDER* (véase Anexo 3) (TRA, 2020).

### **4.3. Estudio exploratorio**

#### **4.3.1. Metodología**

La indagación sobre las posibles estrategias procedimentales que los integrantes del TRA utilizan para resolver problemas matemáticos, se realizó bajo el enfoque cualitativo de la investigación, con base en el método de estudio de caso.

El estudio de caso es un método de exploración donde se estudia a profundidad cualquier unidad de un sistema, para comprender los problemas, las situaciones, las características o los aspectos generales del mismo (Monje, 2011).

Este método se escogió por la variedad de instrumentos que se pueden utilizar para recolectar, analizar y evaluar datos, así como por su estructura flexible, la cual permite utilizar metodologías variadas en la exploración del campo.

La metodología de exploración del campo se retomó de la investigación que hizo la doctora Mercedes de Agüero, para obtener su doctorado en la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México (De Agüero, 2006).

El trabajo de la doctora Mercedes de Agüero fue titulado *El pensamiento práctico de una cuadrilla de pintores. Estrategias para la solución de problemas en situaciones matematizables de la vida cotidiana*.

De acuerdo con De Agüero (2006), los estudios que se deben hacer para encontrar las estrategias que utilizan determinadas comunidades en la resolución de problemas de índole matemático son tres:

- 1) Comprensión de la actividad: Se identifican los problemas de corte matemático.

Se identifican las principales actividades que se matematizan (medición, estimación, preparación, cálculo de dimensiones, entre otros), a través de observaciones y entrevistas, para identificar los problemas de índole matemático.

Las observaciones y las entrevistas se registran en una bitácora y se centran en la recopilación de comentarios, así como en la descripción de los procesos, las herramientas, los materiales y/o las actividades que se matematizan.

- 2) Trayectoria de trabajo: Se analiza la formación de los participantes.

Se identifican los motivos, las razones, los objetivos, los valores, así como los significados del quehacer de los participantes, a través de historias de vida, para identificar la relación entre la formación y los procesos de solución de problemas.

Las historias de vida se organizan en tres ejes (familiar, escolar y laboral), así como con base en seis dimensiones: experiencias, conocimientos, opiniones/valores, sentimientos, antecedentes y expectativas.

- 3) Situación de simulación: Se encomienda a los participantes resolver casos de simulación.

Se diseñan un conjunto de casos, a partir de los resultados de las observaciones y las entrevistas, para reconocer los procedimientos, igual que las razones por las cuales se solucionaron de esa manera.

A partir del reconocimiento de los procesos y las razones, se identifican las estrategias que utilizan los participantes para evaluar, así como resolver los problemas matemáticos.

En esta investigación sólo se llevaron a cabo los estudios uno y tres, porque son las exploraciones fundamentales, para encontrar las posibles estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del TRA en la resolución de problemas matemáticos.

El objetivo general de la investigación fue: Analizar las posibles estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del Taller de Robótica Abierta (TRA), para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

Los objetivos específicos que se persiguieron fueron:

- Identificar los problemas matemáticos a los que se enfrentan los integrantes del TRA en la construcción de robots educativos.
- Distinguir las acciones, métodos, técnicas y actividades que utilizan los integrantes del TRA, para resolver los problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.
- Diferenciar las posibles estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del TRA, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

La pregunta de investigación fue: ¿Cuáles son las estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del Taller de Robótica Abierta (TRA), para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos?

La investigación y el análisis de las estrategias procedimentales que implementan los integrantes del TRA, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos tuvo seis finalidades principales:



- Ayudar a los integrantes del TRA a identificar las estrategias procedimentales que ellos implementan en la resolución de problemas matemáticos, para fortalecer los procesos didácticos dentro de la organización.
- Identificar datos sobre la resolución de problemas en la construcción de robots, para que los nuevos integrantes del TRA tengan fuentes información sobre el tema.
- Aumentar el conocimiento sobre el uso de estrategias procedimentales, para resolver problemas matemáticos.
- Generar las bases para que se diseñen futuros materiales que sirvan en los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de los talleres o cursos basados en la *robótica pedagógica*.
- Ayudar a los docentes y estudiantes a aclarar su pensamiento, para que puedan solucionar los problemas matemáticos a los cuales se enfrentan en la construcción de robots.
- Generar nuevas líneas de investigación pedagógica, para ampliar el conocimiento sobre las estrategias procedimentales que pueden implementar docentes y estudiantes en la resolución de problemas matemáticos.

Además, la investigación sobre las estrategias que implementan los integrantes del TRA, después de su valoración en otro momento, pueden servir como base para diseñar procesos específicos a seguir en casos similares.

#### **4.3.2. Participantes de la investigación**

El grupo con el cual se hicieron los estudios estuvo conformado por cinco participantes del TRA, que aceptaron contribuir en la investigación de forma libre, así como comprometida hasta su término. Sus nombres son:

- Sergio Hernández Sánchez.
- Ehecatl Elí Barón Arriaga.
- Roberto Ángel García García.
- Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.
- Saúl Alejandro Badillo Hernández.

Sergio Hernández Sánchez tiene 26 años y es estudiante en el posgrado de Ingeniería Mecánica que ofrece la UNAM, específicamente, cursa el tercer semestre de la maestría en Diseño Mecánico. Actualmente, funge como coordinador del TRA.

Él tiene alrededor de seis años dentro del TRA y asiste o realiza actividades del taller doce horas a la semana aproximadamente. Sus propósitos personales, para formar parte de esta organización académica son:

- Liderar el equipo que desarrolla el FinDER, para generar un robot capacitado.
- Conocer aspectos específicos sobre la construcción de robots.
- Comprender temas sobre programación y mecánica de robots.

Ehecatl Elí Barón Arriaga tiene 24 años y es egresado de la carrera en Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, actualmente, se encuentra en proceso de titulación.

Él tiene alrededor de tres años dentro del TRA y asiste o realiza actividades del taller veinte horas a la semana aproximadamente. Sus propósitos personales, para formar parte de esta organización académica son:

- Aprender y desarrollar robots, para desarrollar su proyecto de tesis.
- Coordinar el Taller de Robótica Abierta.
- Aprender sobre la construcción de robots, para comprender las aplicaciones de la mecánica y programación.
- Trabajar en proyectos que conjunten varias áreas del conocimiento.

Roberto Ángel García García tiene 24 años y cursa el décimo semestre de la carrera en Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Actualmente, funge como coordinador del TRA (sucedió a Elí Barón en el puesto).

Él tiene alrededor de dos años dentro del TRA y asiste o realiza actividades del taller veinte y cinco horas a la semana aproximadamente. Sus propósitos personales, para formar parte de esta organización académica son:

- Liberar trámites administrativos como servicio social y proceso de titulación.

- Apoyar en proyectos del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME).
- Conocer sobre la construcción y la programación de los robots.

Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda tiene 25 años y cursa el décimo semestre de la carrera en Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Actualmente, participa en un proyecto PAPIME.

Ella tiene alrededor de dos años dentro del TRA y asiste o realiza actividades del taller diez horas a la semana aproximadamente. Sus propósitos personales, para formar parte de esta organización académica son:

- Apoyar en proyectos del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME).
- Desarrollar su proyecto de tesis.
- Trabajar el proyecto PAPIME dentro del taller.

Saúl Alejandro Badillo Hernández tiene 20 años y cursa el quinto semestre de la carrera en Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Él participa en el TRA, porque quiere liberar el servicio social.

Él tiene alrededor de un año dentro del TRA y asiste o realiza actividades del taller quince horas a la semana aproximadamente. Sus propósitos personales, para formar parte de esta organización académica son:

- Aprender sobre construcción y manejo de robots.
- Liberar su servicio social.
- Vincular conocimientos sobre su carrera con la construcción de robots.

Los integrantes del TRA que participaron en la investigación aceptaron contribuir y realizar los estudios, a través de una invitación que les hizo llegar el egresado Ehecatl Elí Barón Arriaga (véase Anexo 4).

### **4.3.3. Estudios uno y dos**

La investigación sobre las posibles estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del TRA, para solucionar problemas matemáticos en la construcción de robots educativos, se llevó a cabo en dos estudios.

El primer estudio de la investigación tuvo como finalidad identificar los problemas matemáticos a los que se enfrentan los integrantes del TRA en la construcción de robots educativos, a través de entrevistas y observaciones, así como de un análisis de resultados.

Las entrevistas se realizaron con base en una guía de entrevista semiestructurada (véase Anexo 5), enfocada en la indagación sobre los procesos que se utilizan para construir robots, así como en la investigación de los posibles problemas matemáticos.

La guía de entrevista fue estructurada en cinco secciones:

- Primera sección (tabla): Enfocada en la recopilación de datos como nombre del participante, lugar del estudio y fecha, para identificar los aspectos generales de la entrevista.
- Segunda sección (preguntas 1-6): Centrada en la recopilación de datos sobre las motivaciones personales y las actividades dentro del TRA, para comprender los argumentos de los participantes.
- Tercera sección (preguntas 7-14): Enfocada en la recopilación de datos sobre la construcción de robots, para conocer los momentos donde se pueden presentar posibles problemas matemáticos.
- Cuarta sección (preguntas 15-25): Enfocada en la recopilación de datos sobre los posibles problemas matemáticos que los integrantes identifican en la construcción de robots.
- Quinta sección (preguntas 26 y 27): Enfocada en la recopilación de datos sobre conclusiones generales de los participantes del estudio, para dar cierre a la entrevista.

Las preguntas se estructuraron a partir de la información sobre las características de los robots, el análisis de los rasgos identificatorios de las instituciones basados en la *robótica pedagógica* y los ejes de estudio de las ramas de las matemáticas.

Todas las entrevistas fueron grabadas en formato audio y se registraron mediante anotaciones en una bitácora de exploración, bajo el consentimiento de cada uno de los participantes de la investigación.

Las entrevistas duraron dos horas aproximadamente, así como se realizaron en las fechas y los horarios que se acordaron con los integrantes del TRA, por mensajería instantánea (WhatsApp) (véase Anexo 6).

Las observaciones se realizaron con base en una guía de observación (véase Anexo 7), la cual toma como ejes los aspectos relacionados con la construcción de robots y las ideas asociadas con los problemas matemáticos.

La guía de observación fue estructurada en tres secciones:

- Primera sección (tabla): Enfocada en la recopilación de datos como nombre del participante, lugar del estudio y fecha, para identificar los aspectos generales de la observación.
- Segunda sección (categoría construcción de robots): Enfocada en la recopilación de datos sobre las maquinas robotizadas, para comprender los procesos en los que se presentan posibles problemas matemáticos.
- Tercera sección (categoría problemas matemáticos): Enfocada en la recopilación de datos sobre las actividades que se matematizan en la construcción de robots.

Los criterios e indicadores de la guía de observación fueron estipulados a partir de la información sobre los robots y las matemáticas, especialmente, de las actividades que estudian las ramas de esta ciencia.

Las observaciones duraron dos horas aproximadamente, así como se realizaron en las fechas y los horarios que se acordaron con los integrantes del TRA, por mensajería instantánea (WhatsApp) (véase Anexo 6).

El análisis de los resultados de las observaciones y entrevistas, para identificar los problemas matemáticos, se hizo a partir de un instrumento de evaluación especial (véase Anexo 8).

El instrumento de evaluación está centrado en doce criterios de valoración, los cuales permiten identificar si el posible problema efectivamente es de índole matemática o solo es una operación o problemática de otro campo del conocimiento.

Los doce criterios de valoración son:

1. Es una situación concreta contextualizada, en las que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones y se hacen cálculos, para encontrar las soluciones.
2. Está relacionado con la resolución de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones con números.
3. Está relacionado con la medición de extensiones y la búsqueda de la relación entre ángulos o puntos.
4. Está relacionado con la resolución de sumas, restas, multiplicaciones o divisiones con números y símbolos.
5. Está relacionado con el cálculo de media, mediana y moda de conjuntos de datos.
6. Está relacionado con cálculos para verificar las posibilidades de que suceda un hecho.
7. Exige la realización de tareas, para encontrar sus soluciones.
8. Requiere de un nivel de abstracción para ser resuelto.
9. Puede generar o producir otros problemas.
10. Es una situación inherente a los seres humanos.
11. Parten de hechos conocidos.
12. Desarrolla el pensamiento crítico.

Los criterios de valoración del instrumento se estipularon a partir de la conceptualización y las características de los problemas matemáticos, así como de los ejes de estudio de las cinco ramas de las Matemáticas.

El segundo estudio tuvo como finalidad identificar las posibles estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del TRA, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos, a través de casos de simulación.

Los casos de simulación se plantearon con base en los resultados que se obtuvieron en el primer estudio, o sea, en el análisis de las observaciones y entrevistas aplicadas a los integrantes del TRA, para identificar los problemas matemáticos.

La resolución de los casos de simulación consistió en la explicación del conjunto de actividades, técnicas, métodos y acciones, es decir, de las posibles estrategias procedimentales que cada integrante llevaría a cabo para solucionar los problemas matemáticos.

Los procesos de resolución de los casos de simulación se grabaron en video, bajo las condiciones y los medios que se acordaron con los integrantes del TRA, vía mensajería instantánea (WhatsApp) (véase Anexo 9).

Los resultados de las entrevistas, observaciones y casos se analizaron con base en tres grandes categorías de análisis: presencia de la robótica pedagógica, ideas relacionadas con los problemas matemáticos, así como determinación de las posibles estrategias procedimentales.

### **Cierre**

A lo largo de este capítulo se explicaron aspectos generales del Taller de Robótica Abierta, así como información relacionada con la formación de los integrantes de esta organización académica de la Universidad Nacional Autónoma de México que participaron en la investigación.

Además, se expusieron a detalle los procedimientos que se siguieron con el fin de llevar a cabo los dos estudios exploratorios destinados a identificar las posibles estrategias procedimentales que implementan los integrantes del TRA, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robot educativos.

La explicación de la información del capítulo cuatro posibilita la comprensión de la unidad de estudio de la investigación (el Taller de Robótica Abierta), específicamente, su ubicación, origen, propósitos, objetivos, historia y finalidades de la formación impartida a sus integrantes.

Además, permite analizar diferentes aspectos de los resultados obtenidos, tales como tipos de problemáticas que se presentan en la construcción de robots educativos, relación de la formación con las posibles estrategias procedimentales y procedimientos para resolver problemas matemáticos.



## Capítulo 5. Presentación, análisis y resultados de los estudios exploratorios

*Un gran descubrimiento resuelve un gran problema, pero hay una pizca de descubrimiento en la solución de cualquier problema*

George Pólya

A lo largo de este capítulo, se exponen los resultados generales de los estudios uno (el análisis de las entrevistas, así como de las observaciones) y dos de la investigación (la resolución de los casos de simulación por parte de los integrantes del TRA).

Asimismo, se explican las conclusiones a las que se llegaron sobre los resultados de los estudios, a partir de la estipulación de tres categorías de análisis: presencia de la *robótica pedagógica*, ideas relacionadas con los problemas matemáticos y determinación de las posibles estrategias procedimentales.

Las finalidades de la información expuesta son tres:

- Identificar los problemas matemáticos a los que se enfrentan los integrantes del TRA en la construcción de robots.
- Dar a conocer las posibles estrategias procedimentales que se pueden implementar para resolver problemas matemáticos.
- Exponer las conclusiones a las que se llegaron después del analizar los resultados de los estudios.

Algunas de las preguntas que se responden son: ¿Qué problemas matemáticos se encontraron en la investigación?, ¿cuáles son las posibles estrategias procedimentales que se puede implementar para resolver estas problemáticas? y ¿cómo se analizan los resultados desde la perspectiva pedagógica?

## **5.1. Estudio 1: Problemas matemáticos en la construcción de robots educativos**

El estudio de la investigación número uno (las entrevistas a los cinco participantes, las observaciones de la práctica dentro del TRA y el análisis de resultados), se realizó de noviembre del año 2019 a enero del 2020.

El primer estudio de la investigación tuvo como finalidad identificar los problemas matemáticos a los que se enfrentan los integrantes del TRA en la construcción de robots educativos, a través del análisis de entrevistas y observaciones.

Es importante recordar que los problemas matemáticos se refieren a situaciones concretas contextualizadas, en las que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones y se hacen cálculos, para encontrar las soluciones (Penalva, Posadas y Roig, 2010).

Los problemas matemáticos se clasifican en cinco tipos:

- Problemas aritméticos.
- Problemas geométricos.
- Problemas algebraicos.
- Problemas estadísticos.
- Problemas de probabilidad.

### **Entrevistas**

Las entrevistas se realizaron con base en una guía de entrevista semiestructurada (véase Anexo 5), enfocada en la indagación sobre los procesos que se utilizan para construir robots, así como en la investigación de los posibles problemas matemáticos.

Los posibles problemas matemáticos que se identificaron en las entrevistas fueron reconocidos durante la contestación a diferentes preguntas del instrumento de indagación, por ejemplo, la siete, diez, once, quince, dieciséis, veintidós y veintitrés.

Entrevista 1			
<b>Participante</b>	Saúl Alejandro Badillo Hernández		
<b>Carrera o posgrado</b>	Quinto semestre de la Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM		
<b>Fecha</b>	29 de noviembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de entrevista
<b>Antigüedad</b>	1 año	<b>Asistencia al TRA</b>	15 horas a la semana

La primera entrevista se realizó con el participante Saúl Alejandro Badillo Hernández, en las instalaciones principales del TRA. Ésta se llevó a cabo el 29 de noviembre de 2019 y duró una hora aproximadamente.

La entrevista se realizó de forma presencial, se grabó en formato audio con un teléfono móvil (véase Anexo 10) y fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Se identificaron cuatro posibles problemas matemáticos en esta entrevista:

- 1) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones.
- 2) Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot.
- 3) Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso.
- 4) Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot.

**El posible problema matemático número 1** *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones*, se identificó cuando el participante explicó el proceso que siguen para construir robots dentro del taller.

El argumento específicamente se localizó en el discurso en el que el participante contestó a la pregunta siete *¿cuál es el proceso general que utilizas para construir un robot?*, la cual pertenece a la sección tres del instrumento.

El discurso del participante es el siguiente:

Se trata de proponer un diseño, teniendo incluido el peso que se espera del robot, el peso que se espera que cargue, la velocidad y el tamaño del robot. Creamos una propuesta de diseño en papel (bosquejo) o en una herramienta de CAD. A partir de ahí se escoge el diseño, se genera un CAD más específico (plano), se manda a producción, se arma y se le agrega la electrónica. [...] Al agregar la electrónica, empiezas a generar el software.<sup>7</sup>

El diseño de un robot puede considerarse un posible problema matemático, porque implica, como lo comentó el participante, la elaboración de bosquejos y planos donde se determinan características, medidas y tamaños de los componentes.

La elaboración de los bosquejos y planos requiere de la aplicación en especial del conocimiento de la geometría bidimensional y tridimensional, para generar los modelos que determinan las dimensiones de las piezas.

Además, el diseño a detalle se puede considerar un problema matemático, porque:

- Es una situación concreta contextualizada, en la que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones y se hacen cálculos para encontrar la solución.
- Está relacionado con la resolución de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones con números.
- Está relacionado con la resolución de sumas, restas, multiplicaciones, así como divisiones con números y símbolos.

Por lo anterior, el posible problema matemático número uno *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones* puede clasificarse en tres categorías: 1) aritméticos, 2) geométricos y 3) algebraicos.

**El posible problema matemático número 2** *Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot*, se reconoció en el momento en el que el participante comentó una parte del proceso del rediseño del robot FinDER V3.

Al igual que el anterior posible problema, el argumento se identificó cuando el participante contestó a la pregunta siete de la entrevista, la cual pertenece a la sección tres del instrumento.

---

<sup>7</sup> Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

Éste dice lo siguiente:

En la versión cuatro estamos tratando de hacer un enfoque integral, queremos que, al hacer el diseño mecánico, tomemos en cuenta la electrónica que va a llevar adentro, para que haya menos problemas de espacios. Ese fue el problema FinDER V3.<sup>8</sup>

La concordancia entre la parte mecánica y electrónica es un posible problema matemático, porque es necesario medir los componentes, así como pensar en los acomodos de los elementos internos, para que no se superen las dimensiones de la estructura externa del robot.

Asimismo, la búsqueda de la concordancia entre la parte mecánica y electrónica requiere de:

- Hacer cálculos para determinar la distribución de los componentes internos.
- Sumar las dimensiones de las componentes, para buscar una solución en la que la parte mecánica no obstruya la electrónica y viceversa.
- Buscar posibles soluciones, a partir de planteamientos algebraicos, es decir, casos en los que se trabaje con símbolos abstractos.

En el posible problema matemático número dos principalmente se deben aplicar conocimientos, así como saberes de tres ramas de las matemáticas: 1) aritmética, 2) geometría y 3) álgebra.

**El posible problema matemático número 3** *Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso* se reconoció cuando el participante habló de sus planes para elaborar una nueva versión del robot serpiente (un proyecto de titulación de un excompañero).

El argumento específicamente se identificó cuando el participante contestó a la pregunta once *¿cuáles son los principales materiales que utilizas para construir un robot?*, la cual pertenece a la sección tres del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

---

<sup>8</sup> Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

Yo planeo en un futuro hacer un posible rediseño del robot serpiente, que fue un proyecto de tesis anterior. Me gustaría reducir su peso con impresión 3D o con algún metal más ligero. [...] El robot serpiente es un poco lento por el peso y, también, por el tipo de comunicación que utiliza, cada nodo está controlado por una computadora distinta, es decir, placas.<sup>9</sup>

El rediseño de un robot implica la modificación de todas las partes que lo conforman, por lo cual se deben hacer operaciones, así como cálculos para realizar cambios en sus dimensiones, características y pesos.

Se puede considerar el rediseño de un robot un problema matemático, porque requiere de hacer mediciones de las piezas, recalcular las dimensiones de los componentes externos e internos, así como sumar los pesos de los elementos que lo conforman.

**El posible problema matemático número 4** *Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot*, se localizó en el momento en el que el participante comentó los problemas a los que se enfrentan al escoger los motores.

El argumento específicamente se identificó cuando contestó a la pregunta *¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la aritmética?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Hay que cuidar la parte de control, como es mucha electricidad y electrónica, también tenemos que cuidar la parte de consumo de energía. Por ejemplo, regresando igual al prototipo, estos motores son de alta potencia, lo que significa que cuando están dando su mayor esfuerzo están jalando seis amperes. Ese es un problema que tenemos que resolver, porque la batería que estamos usando para el prototipo sólo da 6.4 amperes. Con una batería en su máxima carga, sólo podemos alimentar un motor. Entonces, hay que calcular cuál es la carga máxima que le podemos dar a los motores, para que no sobrepasen la capacidad de la batería.<sup>10</sup>

En el proceso de construcción de un robot, es fundamental calcular la cantidad de energía que gastan los motores, pues eso le va a permitir su óptimo funcionamiento, así como realizar de forma eficaz sus actividades.

---

<sup>9</sup> Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

<sup>10</sup> Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

La búsqueda de la cantidad total de energía que gasta un robot puede ser un posible problema matemático, porque se realizan esos cálculos para encontrar el gasto energético de cada motor, además de otras operaciones para descubrir el trabajo de los diferentes componentes.

Sin embargo, este posible problema está más relacionado con el campo de la física, porque es necesario hacer cálculos en los que se relacionan potencias, gastos energéticos y trabajo de la máquina.

<b>Entrevista 2</b>			
<b>Participante</b>	Ehecatl Elí Barón Arriaga		
<b>Carrera o posgrado</b>	Egresado de la Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM		
<b>Fecha</b>	29 de noviembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de entrevista
<b>Antigüedad</b>	3 años	<b>Asistencia al TRA</b>	20 horas a la semana

La segunda entrevista se realizó con el participante Ehecatl Elí Barón Arriaga, en las instalaciones principales del TRA. Ésta se llevó a cabo el 29 de noviembre de 2019 y duró una hora con 15 minutos aproximadamente.

La entrevista con el participante se realizó de forma presencial, se grabó en formato audio con un teléfono móvil (véase Anexo 10) y fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Se identificaron seis posibles problemas matemáticos en esta entrevista:

- 1) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones.
- 2) Probabilidad de fallo de las funciones del robot.
- 3) Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot.
- 4) Conversión de unidades.
- 5) Cambio de la posición de la extremidad de un robot (ángulo).

6) Búsqueda de la distancia que puede recorrer un robot, con base en sus características y el tipo de superficie.

**El posible problema matemático número 1** *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones*, se identificó cuando el participante Ehecatl Elí Barón Arriaga explicó la metodología que utilizan para construir robots.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta siete *¿cuál es el proceso general que utilizas para construir un robot?*, la cual pertenece a la tercera sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Aquí en el taller de Robótica, el maestro Yukihiro nos inculcó seguir una metodología de diseño del autor Crick. Él tiene un libro, lo que nosotros hacemos es leer cinco capítulos, que básicamente son los cinco pasos para diseñar cualquier cosa en ingeniería, aquí las aplicamos para el diseño de robots. [...] Los cinco capítulos, que son los cinco pasos, son formulación del problema, análisis del problema, búsqueda de soluciones, toma de decisión y especificación de la solución.<sup>11</sup>

El diseño a detalle de un robot puede considerarse un posible problema porque durante todos los pasos, se realizan operaciones y cálculos relacionados con las diferentes ramas de las matemáticas, principalmente, con la geometría, la aritmética y el álgebra.

Por ejemplo, en el paso cuatro *Toma de decisiones*, generalmente, se realiza un bosquejo de la estructura del robot. La persona para elaborarlo debe hacer cálculos relacionados con la geometría, pues debe tomar dimensiones, hacer escalas y calcular áreas.

Además, el diseño a detalle de un robot se puede considerar un posible problema matemático, porque exige realizar tareas matemáticas específicas, así como hacer acciones que demandan la abstracción del pensamiento.

---

<sup>11</sup> Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.



Como se mencionó en el capítulo tres, estos dos aspectos son características de los problemas matemáticos, que pueden tener relación con más de una ciencia o campo de estudio.

**El posible problema matemático número 2** *Probabilidad de fallo de las funciones del robot*, se reconoció en el momento en el que el participante comentó los principales problemas a los que se enfrentan en la construcción.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta quince *¿cuáles son los principales problemas a los que te enfrentas cuando construyes robots?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

De repente no funcionan cosas. Hay componentes que fallan. En el diseño consideramos factores de seguridad, pero hay piezas que de repente se rompen o truenan. [...] Ya que está hecho el robot y se echa a andar, entonces, ahí viene la verdadera resolución de problemas, porque de repente se detiene. Ya que tienes todo integrado, partes mecánicas con partes eléctricas, incluyendo la programación, pues tienes que buscar en todos los niveles cuál es la falla. Lo que se hace es ir descartando, primero, si no está fallando el software, hay que revisar toda la electrónica. Si no está fallando la electrónica, entonces, a lo mejor, es una parte mecánica, puede estar interfiriendo o ya no está teniendo contacto. [...] Hay filtros que incluyen cuál es la probabilidad de que pueda [...] fallar o tener una lectura correcta.<sup>12</sup>

La búsqueda de la probabilidad de fallo de la funcionalidad del robot es un posible problema matemático, porque es necesario hacer una secuencia de pruebas sobre la operatividad de los diversos componentes, para conocer el número de veces que se puede presentar un error.

Estas pruebas se realizan una cantidad considerable y se repiten, como lo mencionó el participante, con todos los componentes de los tres subsistemas base de cualquier robot: mecánico, electrónico y programación.

Sin embargo, estas pruebas, a pesar de que están relacionadas con un proceso estadístico, requieren de hacer cálculos de problemas de física, por ejemplo, buscar la distancia recorrida por la máquina con base en su energía.

---

<sup>12</sup> Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

**El posible problema matemático número 3** *Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot*, se identificó en el momento en el que el participante explicó los problemas a los cuales se enfrentan cuando analizan un circuito eléctrico.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta dieciséis *¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la aritmética?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Si se analiza un circuito, hay que considerar la resistencia de los conductores, (para) que a cada componente le llegue la corriente necesaria, no menos, ni tampoco muchísima, porque es un desperdicio de energía.<sup>13</sup>

El identificar la cantidad de energía que gasta un robot requiere de calcular la cantidad de corriente que le llega a cada componente, para que todas las partes del robot funcionen, así como realicen sus movimientos.

Asimismo, el calcular la distribución de energía en los diferentes componentes demanda hacer sumas y restas de potencias, así como proyecciones de las resistencias de los conductores, como lo comentó el participante.

La realización de sumas, así como de restas son operaciones de índole matemática, sin embargo, al tener relación con potencias y resistencias, pasan a ser parte de los cálculos de procesos físicos.

**El posible problema matemático número 4** *Conversión de unidades*, se reconoció en el momento en el cual el participante explicó algunas de las operaciones aritméticas que se realizan en la construcción de robots.

Igual que en el posible problema matemático anterior, el argumento se mencionó cuando el participante contestó a la pregunta dieciséis, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento.

El argumento es el siguiente:

Conversiones, también, de sistemas a sistemas. Unidades que se trabajan de milímetros a pulgadas, o velocidades que están en centímetros por segundo y se cambian a metros por

---

<sup>13</sup> Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

segundo. Fuerzas, casi siempre los componentes están en sistema inglés, que son libras por pie o libras por pulgada, a veces hay que transformarlos por lo de las distancias y velocidades, pues hay que transformarlos a newton-metro o a newton-centímetro.<sup>14</sup>

La conversión de unidades siempre ha sido una actividad de índole matemática, porque requiere de hacer sumas, restas, multiplicaciones y divisiones para conocer las medidas o cantidades en otros sistemas.

En la construcción de robots, como mencionó el participante, las medidas o cantidades se convierten de sistemas a sistemas, principalmente, a libras, pulgadas, newton-metro y metros por segundo.

Por lo anterior, la conversión de unidades se puede considerar un posible problema matemático, sin embargo, esta actividad tiene más características asociadas a las operaciones de índole matemática.

Como se citó en el capítulo tres, las operaciones son procedimientos específicos que se realizan en la resolución de un problema matemático, a partir de lo dado y lo buscado, los cuales contribuyen a encontrar los resultados.

**El posible problema matemático número 5** *Cambio de la posición de la extremidad de un robot (ángulos)*, se reconoció en el momento en el que el participante hace una comparación entre un robot manipulador y un brazo humano.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta veintidós *¿cuáles son los momentos en los que has resuelto algún problema matemático?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Cuando tienes un brazo manipulador, lo que se hace es describir ese robot con base en todas estas tetas, son los ángulos de las juntas, es como nuestro brazo, ahorita no estoy consciente de qué ángulo haya entre aquí o aquí o entre aquí y aquí, yo no, pero mi cerebro sí, él está calculando todo eso. Entonces, si veo que la botella está ahí, sé que tengo que abrir este ángulo un poquito más. Todos esos cálculos son desarrollados. Si se quiere mover (la pinza del brazo manipulador) de este punto a este punto, entonces, el ángulo va a cambiar

---

<sup>14</sup> Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

y hay que hacer transformaciones de un sistema de referencia a otro, para conocer el punto final.<sup>15</sup>

El movimiento de cualquier extremidad de un robot, en las diferentes direcciones que le permiten sus grados de libertad, genera un ángulo de apertura entre sus componentes movibles, así como una tensión en las partes en las cuales se juntan las piezas.

El cambio de posición de la extremidad de un robot puede considerarse un posible problema matemático, porque se deben calcular los ángulos de apertura entre los componentes movibles del robot.

Sin embargo, el cálculo de los ángulos de apertura requiere de hacer un análisis de las fuerzas de tensión entre las piezas, para que no se rompan o se descompongan, lo cual requiere de la aplicación de conocimientos de la física.

**El posible problema matemático número 6** *Búsqueda de la distancia que puede recorrer un robot*, se identificó cuando el participante explicó el significado de odometría y su relación con el movimiento de los robots.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a una pregunta derivada del cuestionamiento veintitrés *¿cuáles son los problemas matemáticos a los que te has enfrentado en la construcción de robots?*

Éste dice lo siguiente:

Odometría significa que conozcas que tanto te has movido, a partir de cuanto se han movido tus actuadores. Es como una persona. Una persona diciendo “me voy a tapar los ojos y voy a caminar 10 pasos y voy a llegar al arbolito”. Si de verdad llegó al arbolito, podemos decir que su odometría fue exacta. Sólo le faltó un metro, quiere decir que su odometría no está tan bien. Es lo mismo con un robot. El robot puede saber que si da 10 vueltas va a llegar a moverse un metro.<sup>16</sup>

La búsqueda de la distancia que puede recorrer un robot es un posible problema matemático, porque es necesario calcular la cantidad de metros de circulación autónoma de la máquina, para determinar la eficiencia del sistema de locomoción.

---

<sup>15</sup> Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

<sup>16</sup> Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga, Ciudad Universitaria, México, 29 de noviembre de 2019.

Asimismo, es un posible problema matemático, porque es necesario hacer operaciones básicas para determinar su velocidad en cada uno de los momentos de su trayectoria.

Sin embargo, calcular la distancia recorrida demanda la realización de muchos cálculos y/u operaciones relacionadas con la distancia, el tiempo, la aceleración, la velocidad, la energía, la potencia y la resistencia.

Estas temáticas son abordadas principalmente por la física, ya que esta es la ciencia encargada de estudiar las propiedades de la materia y el comportamiento de los fenómenos.

<b>Entrevista 3</b>			
<b>Participante</b>	Roberto Ángel García García		
<b>Carrera o posgrado</b>	Décimo semestre de la Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM		
<b>Fecha</b>	2 de diciembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de entrevista
<b>Antigüedad</b>	2 años	<b>Asistencia al TRA</b>	25 horas a la semana

La tercera entrevista se realizó con el participante Roberto Ángel García García, en las instalaciones principales del TRA. Ésta se llevó a cabo el 2 de diciembre de 2019 y duró una hora aproximadamente.

La entrevista con el participante se realizó de forma presencial, se grabó en formato audio con un teléfono móvil (véase Anexo 10) y fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Se identificaron cinco posibles problemas matemáticos en esta entrevista:

- 1) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones.
- 2) Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot.

- 3) Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida.
- 4) Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot.
- 5) Cambio de la posición de la extremidad de un robot (ángulo).

**Los posibles problemas matemáticos número 1** *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones* y **2** *Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot*, se identificaron cuando el participante explicó el proceso general que siguió para construir su dispositivo robotizado.

El argumento específicamente se mencionó en el momento en el que contestó a la pregunta siete *¿cuál es el proceso general que utilizas para construir un robot?*, la cual pertenece a la tercera sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Lo primero que se hizo fue pensar de manera general en medidas, las dimensiones aproximadas. Antes de eso, hay que plantear los objetivos y las necesidades de lo que se va a construir. [...] Para llegar a esa necesidad, (se plantean) ciertos requerimientos [...]. Teniendo delimitado el proyecto, se procede a hacer modelos tridimensionales que nos ayudaran a visualizar cómo quedaría la base al final. Al paralelo de hacer los modelos tridimensionales, íbamos definiendo los mecanismos, sus dimensiones y los cálculos necesarios para que funcionara. [...] Al definir uno, lo que hicimos fue hacer la manufactura. La manufactura, en el caso de las piezas de aluminio, no las hacemos nosotros, nosotros la mandamos a hacer con un ingeniero en manufactura, porque no tenemos la herramienta para manufacturar aluminio. Lo que sí hicimos nosotros fueron las piezas que ves en color plástico, son impresión 3D. Con el diseño hecho se hacen planos, se mandan con el ingeniero en manufactura y él nos da las piezas. Una vez realizado esto, procedimos al ensamble y a verificar si todo funcionaba mecánicamente.<sup>17</sup>

Además, **el posible problema matemático número 2** *Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot*, se reconoció cuando el participante explicó los materiales que utilizan para diseñar y construir máquinas robotizadas.

---

<sup>17</sup> Entrevista con Roberto Ángel García García, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

El argumento específicamente se mencionó en el momento en el que contestó a la pregunta diez *¿cuáles son las principales herramientas que utilizas en la construcción de robots?*, la cual también pertenece a la tercera sección del instrumento. Éste dice lo siguiente:

Usamos papel, para hacer los modelos en 3D. A veces, primero hacemos bocetos de cómo va a funcionar (y hacemos) las notas. Muchos cálculos de éste los hicimos a mano. Hay cálculos fáciles y cálculos difíciles. [...] Casi todos los bocetos que tienen que ver con algo mecánica, se empiezan por realizar las partes sin detalle.<sup>18</sup>

Tanto en el diseño de una pieza, como en la elaboración de todo el robot, se hacen cálculos para determinar dimensiones y características en los bosquejos, así como en los modelados tridimensionales.

Los principales cálculos que se realizan cuando se diseña una pieza o se elabora el robot son: conversión de unidades, medición de distancias, identificación de áreas y búsqueda de proporcionalidad de tamaños.

Los problemas matemáticos uno y dos se pueden considerar como tales, porque:

- Son situaciones concretas contextualizadas en las que se hacen cálculos, para encontrar las soluciones.
- Se hacen operaciones aritméticas, geométricas y algebraicas.
- Requieren del planteamiento de situaciones abstractas, para ser resueltos.

Además, estos problemas se pueden clasificar en tres categorías de la clasificación por eje de las problemáticas de índole matemática: 1) aritméticos, 2) geométricos y 3) algebraicos; ya que tienen relación con estas ramas de las matemáticas.

**El posible problema matemático número 3** *Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida*, se identificó cuando el participante explicó la resistencia mecánica de la base que diseñó para su dispositivo robotizado.

El argumento específicamente se mencionó en el momento en el que contestó a la pregunta nueve *¿cuáles son las características físicas que pretendes siempre incluir*

---

<sup>18</sup> Entrevista con Roberto Ángel García García, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

*en tus robots?*, la cual también pertenece a la tercera sección del instrumento. Éste dice lo siguiente:

La resistencia mecánica, dicho de otra manera, que no se vaya a romper. Creo que es lo más importante. Para esta base en particular, a pesar de que se ve que no se va a romper, fuimos cuidadosos con eso, hicimos un análisis de las piezas, de las fuerzas que iban a interactuar con estas piezas, si iban a soportar o no mecánicamente hablando.<sup>19</sup>

La búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, como lo mencionó el participante, demanda de hacer cálculos y operaciones para determinar las fuerzas a las que van a estar sometidas las piezas de la máquina.

Las piezas de un robot sólo pueden soportar determinadas fuerzas, por las propiedades de resistencia de los materiales con los cuales están elaboradas (papel, cartón, plástico, madera, aluminio, acero, cobre, entre otros).

Los cálculos básicos de la búsqueda de la resistencia de una pieza pueden apuntar a que es un posible problema matemático, porque se realizan operaciones aritméticas como sumas, restas y multiplicaciones.

Sin embargo, todas las operaciones están relacionadas con las fuerzas, así como con la tensión aplicada a los componentes, las cuales son temáticas que también estudia el campo científico de la física.

**El posible problema matemático número 4** *Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot*, se identificó cuando el participante mencionó los principales problemas a los que se enfrentan cuando construyen máquinas robotizadas.

El argumento específicamente se mencionó en el momento en el que contestó a la pregunta quince *¿cuáles son los principales problemas a los que te enfrentas cuando construyes robots?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento. Éste dice lo siguiente:

El principal problema [...], por mucho que crees que sigues un diseño y una metodología, eventualmente hay cosas que no viste. [...] Por ejemplo, en este, el problema fue en la parte de atrás. Para pasar todos estos cables, te parecerá ridículo, pero se nos olvidó hacer los

---

<sup>19</sup> Entrevista con Roberto Ángel García García, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.



orificios. No teníamos orificios para pasar todos los cables de la circuitería. Se los tuvimos que hacer aquí. [...] (Por ejemplo) en el robot FinDER, el diseño mecánico es muy bueno, tiene bastantes cosas interesantes, tiene un sistema de suspensión que se diseñó aquí mismo, que es como una tijera que baja y sube, pero el problema fue que ya estaba toda la parte mecánica, pero, para alambrear la parte electrónica, no se había pensado en dejar orificios o canales o algo para pasar todos los cables.<sup>20</sup>

La búsqueda de la concordancia entre la parte mecánica y electrónica del robot es un problema al cual se enfrentan constantemente las personas que elaboran este tipo de máquinas, pues en muchas ocasiones se enfocan en el perfeccionamiento de un sistema.

Se puede considerar a la búsqueda de la concordancia entre la parte mecánica y electrónica del robot un posible problema matemático, porque se deben hacer operaciones para determinar los espacios por los cuales van a pasar los cables de la circuitería del robot.

Asimismo, se puede considerar un posible problema matemático, porque:

- Demanda hacer nuevos bosquejos y planos, en los cuales se aplican los conocimientos de geometría.
- Es necesario hacer mediciones en las que se resuelvan operaciones aritméticas básicas.
- Es necesario hacer operaciones con símbolos y números, para encontrar valores desconocidos.

El problema número cuatro también se puede clasificar en tres categorías de la clasificación por eje de las problemáticas de índole matemática: 1) aritméticos, 2) geométricos y 3) algebraicos.

**El posible problema matemático número 5** *Cambio de la posición de la extremidad de un robot*, se identificó cuando el participante explicó a detalle las operaciones que se hacen para saber la distancia a la cual cambia una extremidad de un brazo robótico.

---

<sup>20</sup> Entrevista con Roberto Ángel García García, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

El argumento específicamente se mencionó en el momento en el que contestó a la pregunta diecisiete *¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la geometría?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento. Éste dice lo siguiente:

Un ejemplo muy común, un brazo robótico. Supongamos que tiene tres grados de libertad, que son los puntos en lo que un robot puede girar. Para posicionarlo correctamente y programar y decir que quiero que se mueva de este punto, que es su punto final, a esta posición, tienes que saber cuál es el ángulo de una referencia hacia tus partes móviles. De la parte móvil hacia la referencia tiene un ángulo, luego, entre esta parte móvil y ésta hay otro ángulo. Entre estas dos también hay un ángulo. Definiendo estos ángulos y las longitudes con procesos de geometría básicos, puede llegar a saber en qué punto está este punto final.<sup>21</sup>

Como lo mencionó el participante, el cambiar la posición de las diferentes partes móviles o extremidades del robot generan determinados ángulos entre los componentes, así como hacia los puntos de referencia.

Estos ángulos pueden ser calculados a través de procesos de geometría básica, por lo cual el cambio de la posición de la extremidad de un robot se puede considerar un posible problema matemático.

Sin embargo, como fue explicado en la entrevista con Elí Barón, el cálculo de los ángulos de apertura requiere de hacer un análisis de las fuerzas de tensión entre las piezas, lo cual requiere de la aplicación de conocimientos de la física.

<b>Entrevista 4</b>			
<b>Participante</b>	Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda		
<b>Carrera o posgrado</b>	Décimo semestre de la Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM		
<b>Fecha</b>	2 de diciembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de entrevista
<b>Antigüedad</b>	2 años	<b>Asistencia al TRA</b>	10 horas a la semana

<sup>21</sup> Entrevista con Roberto Ángel García García, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

La cuarta entrevista se realizó con la participante Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda, en las instalaciones principales del TRA. Ésta se llevó a cabo el 2 de diciembre de 2019 y duró media hora aproximadamente.

La entrevista con la participante Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda se realizó de forma presencial, se grabó en formato audio con un teléfono móvil (véase Anexo 10) y fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Se identificaron tres posibles problemas matemáticos en esta entrevista:

- 1) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones.
- 2) Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida.
- 3) Probabilidad de fallo de las funciones del robot.

**El posible problema matemático número 1** *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones*, se identificó en el momento en el que la participante explicó el proceso general para construir robots.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta siete *¿cuál es el proceso general que utilizas para construir un robot?*, la cual pertenece a la tercera sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Enfocándome en el objetivo, primero investigo qué cumple con el objetivo, qué necesito de materiales y ya defino un proceso. [...] Ya tengo los objetivos, empiezo mi investigación, como un estado de la técnica, qué han hecho otras personas para cumplir con esos objetivos y qué de lo que hicieron a mí me sirve. Empiezo a hacer un planteamiento: podría reproducir esto de esta manera. [...] Seguiría definir materiales, hacer primero algunos diagramas, las propuestas de solución. Tengo mi propuesta, le doy forma, le doy números, la expongo y se evalúa. [...] (Sigue) la retroalimentación, esto se puede hacer, esto cámbialo de tal manera. Se vuelve a evaluar y ya se construye.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Entrevista con Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

El diseño a detalle del robot implica el realizar diversas actividades que están vinculadas con las matemáticas, como lo mencionó la participante, entre ellas están la elaboración de diagramas y la evaluación de la funcionalidad.

La elaboración de diagramas y la evaluación de la funcionalidad implican el determinar medidas, sacar probabilidades, así como el reducir tamaños, por lo que se puede considerar como un posible problema matemático.

Además, el diseño a detalle de un robot puede considerarse un posible problema matemático, porque cumple con todas las características de las problemáticas relacionadas con esta ciencia.

Las principales características que cumple este posible problema matemático son: exige la realización de tareas, requiere de un nivel de abstracción para ser resuelto y parte de hechos conocidos.

**El posible problema matemático número 2** *Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida*, se identificó en el momento en el que la participante comentó las características y los tipos de materiales con los cuales se construyen los robots.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta nueve de la entrevista *¿cuáles son las características físicas que pretendes siempre incluir en tus robots?*, la cual también pertenece a la tercera sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

(Los robots) deben de ser robusto, lo que se refiere es que sean sólidos, o sea, que no los vas a tocar y se van a empezar a desarmar [...]. Para prototipos (de robot), usamos madera, pero ya fijo pues acero o aluminio.<sup>23</sup>

La búsqueda de la resistencia de una pieza del robot requiere de calcular las fuerzas a las cuales van a estar sometidas, para que no se rompan los materiales e impidan el funcionamiento de la máquina.

---

<sup>23</sup> Entrevista con Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

En el cálculo de las fuerzas, se hacen operaciones matemáticas relacionadas con la aritmética, por ejemplo, sumas de fortalezas, divisiones de los grados de impacto, así como restas de los niveles de resistencia de los materiales.

Sin embargo, como fue explicado en la entrevista de Roberto García, todas las operaciones están relacionadas con la fuerza y la tensión, las cuales son temáticas que analiza el campo científico de la física.

**El posible problema matemático número 3** *Probabilidad de fallo de las funciones del robot*, se identificó cuando la participante explicó las situaciones estadísticas y de probabilidad a las que se enfrentan cuando se llegan a construir robots u otras máquinas de características similares.

El argumento específicamente se mencionó en el momento en el que contestó a la pregunta diecinueve *¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la Estadística?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

La Estadística sé que es muy importante para poder definir qué probabilidades tengo de que falle esta opción, de que falle esta, o que ocupe este algoritmo respecto a otro [...]. Se utiliza sobre todo para saber la probabilidad de fallo. Tengo duda si ocupo este material respecto a este otro, por ejemplo, por qué aluminio o por qué acero. Podrías definir una probabilidad o una estadística sobre cuál funciona mejor y por qué. En eso fundamentas tu decisión.<sup>24</sup>

Buscar la probabilidad de que falle la funcionalidad de alguna parte del robot requiere de hacer un conjunto de pruebas sobre eficiencia, para determinar la cantidad de eventos de error, los cuales se pueden presentar de forma constante o interrumpida.

Los datos arrojados con las pruebas sobre eficiencia se someten a procesos estadísticos y probabilísticos, con el fin de determinar el grado de fallo, para realizar los cambios o modificaciones que se le deben hacer al robot.

---

<sup>24</sup> Entrevista con Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda, Ciudad Universitaria, México, 2 de diciembre de 2019.

Por lo anterior, la búsqueda de la probabilidad de fallo de las funciones se puede considerar un posible problema matemático, debido a que estos procesos tienen relación con dos ramas de las matemáticas: estadística y probabilidad.

Sin embargo, como fue comentado, los procesos también requieren de llevar a cabo cálculos derivados de temáticas de la física que se llegan a presentar en la construcción de robots.

<b>Entrevista 5</b>			
<b>Participante</b>	Sergio Hernández Sánchez		
<b>Carrera o posgrado</b>	Posgrado de Ingeniería Mecánica de la UNAM		
<b>Fecha</b>	10 de enero de 2020	<b>Instrumento</b>	Guía de entrevista
<b>Antigüedad</b>	6 años	<b>Asistencia al TRA</b>	12 horas a la semana

La quinta entrevista se realizó con el participante Sergio Hernández Sánchez, en las instalaciones principales del TRA. Ésta se llevó a cabo el 10 de enero de 2020 y duró una hora aproximadamente.

La entrevista con el participante Sergio Hernández Sánchez se realizó de forma presencial, se grabó en formato audio con un teléfono móvil (véase Anexo 10) y fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Se identificaron tres posibles problemas matemáticos en esta entrevista:

- 1) Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso.
- 2) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones.
- 3) Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot.

**El posible problema matemático número 1** *Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso*, se identificó cuando el participante Sergio

Hernández Sánchez explicó uno de los proyectos que hay dentro del taller: la modificación del FinDER.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a un cuestionamiento derivado de la pregunta seis *¿quién es la autoridad dentro del taller que te encomienda realizar determinado robot?*, la cual pertenece a la tercera sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

Uno de los proyectos es el rediseño del FinDER [...]. El robot que tenemos pesa 72 kilos, o sea, es muy pesado. En el terremoto que ocurrió, pues se buscaba que fueran perros los que estuvieran buscando, para que no provocaran más derrumbes. Lo que se busca es un robot más ligero, tan ligero como un perro, para que pueda darnos la capacidad en cuanto a masa del perro y con otras capacidades como tener cámaras, sensores, entre otros.<sup>25</sup>

El rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y pesos requiere de hacer modificaciones, así como cambios en sus componentes mecánicos y electrónicos, en cuanto a tamaños, rasgos característicos o materiales.

En el proceso en el que se realizan modificaciones y cambios se llevan a cabo tareas matemáticas como:

- Sumas, restas y multiplicaciones, para determinar dimensiones.
- Dibujo de figuras geométricas, para estipular la forma de los nuevos componentes.
- Cálculos algebraicos, para determinar medidas que hacen falta.

Por ello, el rediseño de un robot, para reducción de dimensiones y peso se puede considerar un posible problema matemático, pues se realizan operaciones relacionadas con la aritmética, la geometría y el álgebra.

Además, este posible problema matemático cumple con todas las características que deben poseer las problemáticas vinculadas con las matemáticas, por ejemplo, requiere de un nivel de abstracción y exige la realización de tareas concretas.

---

<sup>25</sup> Entrevista con Sergio Hernández Sánchez, Ciudad Universitaria, México, 10 de enero de 2020.

**El posible problema matemático número 2** *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones*, se identificó durante la explicación del proceso general para elaborar cualquier máquina robotizada.

El argumento específicamente se mencionó cuando contestó a la pregunta siete *¿cuál es el proceso general que utilizas para construir un robot?*, la cual pertenece a la tercera sección del instrumento.

Éste dice lo siguiente:

La metodología básica de diseño (de robots es) identificación del problema, análisis del problema, definición de requerimientos [...] y realización de prototipos o pruebas, para validar si esos requerimientos necesitamos [...]. Si se valida de forma práctica o mediante el estado de la técnica, se empieza un poco el diseño a detalle. Con un software de CAD, se hace el modelo renderizado de lo que se quiere, esto nos lleva a un diseño a detalle, que no sólo es la forma, sino también es dónde van a ir los tornillos, cuántos tornillos necesita, entre otros.<sup>26</sup>

El diseño a detalle del robot, como lo mencionó el participante, requiere de pensar la forma de la máquina, así como de determinar las dimensiones, tamaños y posiciones de todos los componentes, hasta de los que parecen insignificantes, por ejemplo, los tornillos.

Pensar la forma de la máquina, así como determinar las dimensiones, tamaños y posiciones de los componentes requiere de hacer tareas matemáticas, para hacer el diseño del robot, por ejemplo:

- Buscar las medidas, a través de la realización de operaciones básicas, para determinar las dimensiones finales.
- Calcular volúmenes totales de los componentes del robot, a partir de fórmulas geométricas.
- Hacer operaciones con números y símbolos, para determinar el posicionamiento de las partes.

La realización de estas tareas en el diseño a detalle de un robot con base en especificaciones son los aspectos que permiten reconocer a esa situación como un posible problema matemático.

---

<sup>26</sup> Entrevista con Sergio Hernández Sánchez, Ciudad Universitaria, México, 10 de enero de 2020.



**El posible problema matemático número 3** *Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot*, se reconoció cuando el participante explicó algunos de los cálculos que hace durante la construcción de robots.

El argumento se mencionó cuando contestó a la pregunta dieciséis *¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la aritmética?*, la cual pertenece a la cuarta sección del instrumento. Éste dice lo siguiente:

El cálculo de la potencia del motor. Ahí se necesita saber, con base en las características de la masa del robot, cuál es la potencia que va a necesitar para poder moverse. De nada sirve tener un robot si no se puede mover.<sup>27</sup>

Los robots actuales se caracterizan por tener diferentes sistemas de locomoción, los cuales les permiten moverse en diferentes entornos, por ejemplo, terrenos arenosos, agua, zonas pantanosas y espacios con escombros.

Los motores que mueven los sistemas de locomoción necesitan una cantidad determinada de energía, la cual se identifica a través de cálculos de las potencias de las baterías y de la dispersión del componente energético en las partes del robot.

Los cálculos básicos de las potencias de las baterías y de la dispersión de componente energético son operaciones como sumas, restas, así como divisiones, por lo que se puede determinar que este posible problema es de índole matemática.

Sin embargo, como se mencionó, estas operaciones al tener relación con potencias y resistencias pasan a ser parte de los cálculos de procesos que estudia el campo científico de la Física.

### Observaciones

Se realizaron con base en una guía de observación (véase Anexo 7), la cual toma como ejes los aspectos relacionados con la construcción de robots y las ideas asociadas con los problemas matemáticos.

---

<sup>27</sup> Entrevista con Sergio Hernández Sánchez, Ciudad Universitaria, México, 10 de enero de 2020.

La realización de observaciones forma parte de las acciones que se llevaron a cabo en el estudio uno de la investigación, para reconocer los posibles problemas matemáticos a los que se enfrentan los integrantes del TRA.

<b>Observación 1</b>			
<b>Participante</b>	Saúl Alejandro Badillo Hernández		
<b>Fecha</b>	29 de noviembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de observación

La primera observación que se realizó tuvo como eje analizar las actividades del participante Saúl Alejandro Badillo Hernández dentro del TRA, con base en el instrumento diseñado para esta valoración.

Ésta se llevó a cabo el 29 de noviembre de 2019 y duró dos horas aproximadamente. Además, fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Saúl Alejandro Badillo Hernández, en el periodo de observación, se dedicó a elaborar un dibujo a lápiz y papel del sistema de locomoción (llantas), del prototipo de madera de un robot diseñado dentro del taller (véase Figura 13).

**Figura 13. Evidencia de la observación de las actividades del participante Saúl Badillo**



Figura 13. Fotografía del dibujo a lápiz y papel del sistema de locomoción elaborado por el participante Saul Alejandro Badillo Hernández, durante el periodo de observación. Tomada por I. Cruz, 2019.

Saul Badillo tomó medidas del robot, así como analizó una base de metal de llantas que se había construido en otro momento en el taller, para determinar las dimensiones y las características del sistema de locomoción.

El participante se encontraba en el momento de la construcción en el cual se elabora el diseño conceptual y los prototipos de las piezas, para determinar las características finales que va a tener la máquina.

Se identificaron dos posibles problemas matemáticos en esta observación: 1) Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot (sistema de locomoción) y 2) Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida.

**El posible problema matemático número 1** *Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot* se identificó cuando el participante elaboró un dibujo a lápiz del posible diseño de las llantas.

Se determinó que el diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot era un posible problema matemático, porque:

- Se toman medidas del robot, para determinar las dimensiones de las piezas faltantes.
- Se dibujan posibles diseños de las piezas, a partir de figuras geométricas básicas.
- Se establecen concordancias entre las piezas, a partir cálculo aritméticos y algebraicos básicos.

**El posible problema matemático número 2** *Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida*, se reconoció en el momento en el que el participante analizó la base de metal de las llantas.

En el análisis, el participante inspeccionó las características de la base, así como hizo una primera verificación de la resistencia de la pieza, a partir de ligeras flexiones en el material con las palmas de sus manos.

Se determinó que la búsqueda de la resistencia de una pieza del robot era un posible problema matemático, porque:

- Es una situación contextualizada en la que se hacen algunas operaciones.
- Exige la realización de tareas, para encontrar la solución.
- Parte de hechos conocidos.
- Se analizan las dimensiones de la pieza.

Sin embargo, el proceso general de la búsqueda de la resistencia de una pieza del robot requiere de hacer pruebas estadísticas, que parten de resolver situaciones relacionadas con la Física, como la aplicación de tensión en los puntos de quiebre.

<b>Observación 2</b>			
<b>Participante</b>	Ehecatl Elí Barón Arriaga		
<b>Fecha</b>	29 de noviembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de observación

La segunda observación que se realizó tuvo como eje analizar las actividades del participante Ehecatl Elí Barón Arriaga dentro del TRA, con base en el instrumento diseñado para esta valoración.

Ésta se llevó a cabo el 29 de noviembre de 2019 y duró una hora con 30 minutos aproximadamente. Además, fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Ehecatl Elí Barón Arriaga, durante el periodo de observación, se dedicó a modificar el diseño en computadora del robot que elaboraba para su proyecto de titulación, porque no embonaban algunas partes en su modelo en 3D (véase Figura 14).

**Figura 14. Evidencia de la observación de las actividades del participante Elí Barón**

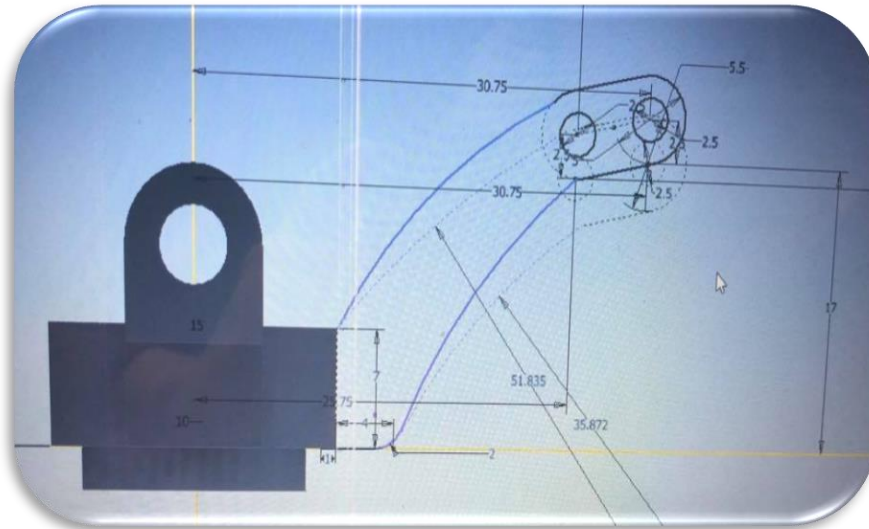


Figura 14. Fotografía del diseño en computadora del robot que elaboraba el participante Ehecatl Elí Barón Arriaga, durante el periodo de observación. Tomada por I. Cruz, 2019.

Ehecatl Elí Barón Arriaga tomó medidas de varias partes del modelo 3D, así como como hizo cambios de prueba en el diseño en computadora, para determinar los aspectos que debía modificar o eliminar en su robot.

El participante se encontraba en el momento de la construcción en el cual se vuelven a elaborar algunas piezas del robot, debido a que no permiten el óptimo funcionamiento de la máquina.

Se identificaron dos posibles problemas matemáticos en esta observación: 1) Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot y 2) Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot.

**El posible problema matemático número 1** *Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot* se identificó cuando el participante tomaba medidas a su modelo en 3D, para cambiar el diseño en computadora.

Se determinó que la modificación de las dimensiones y características de una pieza de un robot era un posible problema matemático, porque:

- Es una situación contextualizada que requiere la realización de operaciones matemáticas.
- Es necesario hacer mediciones, para hacer cálculos de dimensiones.
- Es fundamental diseñar nuevas partes de la pieza, a partir de figuras geométricas básicas.
- Es necesario hacer operaciones algebraicas, para encontrar las medidas de la pieza que van a permitir el óptimo funcionamiento del robot.

**El posible problema matemático número 2** *Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot* se reconoció cuando el participante realizó los cambios de prueba al diseño en computadora, para determinar la pieza final.

Se decidió que el diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot era un posible problema matemático, porque:

- Es una situación contextualizada en la que se resuelven operaciones.
- Requiere de un nivel de abstracción, para ser resuelto.
- Se resuelven operaciones con números y ecuaciones algebraicas.
- Se diseña la estructura de la nueva pieza, a partir de la aplicación de conocimientos de geometría plana y tridimensional.

Los dos posibles problemas encontrados en esta observación se pueden clasificar en tres categorías por eje de problemáticas de índole matemática: aritméticos, algebraicos y geométricos.

<b>Exposición (sustitución de las observaciones 3 y 4)</b>			
<b>Participante</b>	Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda		
<b>Fecha</b>	2 de diciembre de 2019	<b>Instrumento</b>	Guía de observación

La tercera y cuarta observación tenían como eje analizar las actividades de Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda, con base en el

instrumento diseñado para esta valoración, sin embargo, fueron sustituidas por una exposición oral que prepararon estos participantes.

Se decidió cambiar las observaciones por la exposición, porque los participantes Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda trabajaban en un proyecto que no implicaba el diseño o la construcción de robots.

La exposición se llevó a cabo el día 2 de diciembre de 2019, duró 30 minutos aproximadamente y tuvo como eje explicar a detalle las características de un dispositivo robotizado, destinado a demostrar la ley de enfriamiento de Newton (véase Figura 15).

Los participantes en la exposición explicaron el proceso de construcción del dispositivo robotizado, comentaron las pruebas de funcionalidad que realizaron, así como mencionaron las dificultades a las cuales se enfrentaron durante el proceso de elaboración (véase Anexo 10).

**Figura 15. Dispositivo robotizado destinado a demostrar la ley de enfriamiento de Newton**



Figura 15. Fotografía del sistema robotizado destinado a demostrar la ley de enfriamiento de Newton elaborado por los participantes Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda. Tomada por I. Cruz, 2019.

Se identificaron tres posibles problemas matemáticos en esta exposición: 1) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones, 2) Probabilidad de fallo de las

funciones del robot y 3) Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot.

**El posible problema matemático número 1** *Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones* se reconoció cuando los participantes explicaron el proceso que siguieron para construir el dispositivo robotizado destinado a demostrar la ley de enfriamiento de Newton.

Durante la explicación, los participantes mencionaron que realizaron acciones y tareas relacionadas con las matemáticas, para elaborar su dispositivo, como:

- Elaboración de planos y bosquejos de cada una de las piezas, con base en conocimientos de geometría.
- Cálculos algebraicos, para buscar la concordancia de las piezas.
- Mediciones de las piezas, para determinar las dimensiones finales del robot.

**El posible problema matemático número 2** *Probabilidad de fallo de las funciones del robot* se identificó cuando los participantes explicaron las pruebas de funcionalidad que realizaron, para conocer la posición idónea de los ventiladores que iban a enfriar el contenedor principal.

Se decidió que la probabilidad de fallo de las funciones del robot era un posible problema matemático, porque:

- Es una situación concreta contextualizada, en la que se realizan operaciones.
- Se llevan a cabo procesos estadísticos, para conocer las posibilidades de fallo.
- Requieren de un nivel de abstracción, para ser resueltos.

Sin embargo, como se mencionó, a pesar de que se realizan procesos estadísticos, se requiere de hacer cálculos relacionados con temas de la física, por ejemplo, tensión, potencia, presión y resistencia.

**El posible problema matemático número 3** *Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot* se identificó cuando los participantes



explicaron que una de las dificultades a la cual se enfrentaron fue hacer concordar los sistemas del dispositivo.

Se decidió que la *Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot* era un posible problema matemático, porque:

- Es una situación contextualizada en la que se hacen operaciones de índole matemática.
- Es necesario hacer mediciones, para encontrar los lugares en que no exista choque entre los sistemas de la máquina.
- Se realizan operaciones aritméticas y algebraicas, para determinar los cambios que se deben hacer en la estructura mecánica.

Además, el posible problema número tres encontrado en esta observación se pueden clasificar en tres de las categorías de problemáticas de índole matemática: aritméticos, algebraicos y geométricos.

<b>Observación 5</b>			
<b>Participante</b>	Sergio Hernández Sánchez		
<b>Fecha</b>	17 de enero de 2020	<b>Instrumento</b>	Guía de observación

La quinta y última observación que se realizó tuvo como eje analizar las actividades del participante Sergio Hernández Sánchez dentro del TRA, con base en el instrumento diseñado para esta valoración.

Ésta se llevó a cabo el 17 de enero de 2020, duró una hora aproximadamente. Además, fue registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración de la indagación.

Sergio Hernández Sánchez, durante el periodo de observación, se dedicó a calcular el campo de visión de una cámara, que se pretendía colocar en la cara principal del robot FinDER (véase Figura 16).

**Figura 16. Evidencia de la observación de las actividades del participante Sergio Hernández**

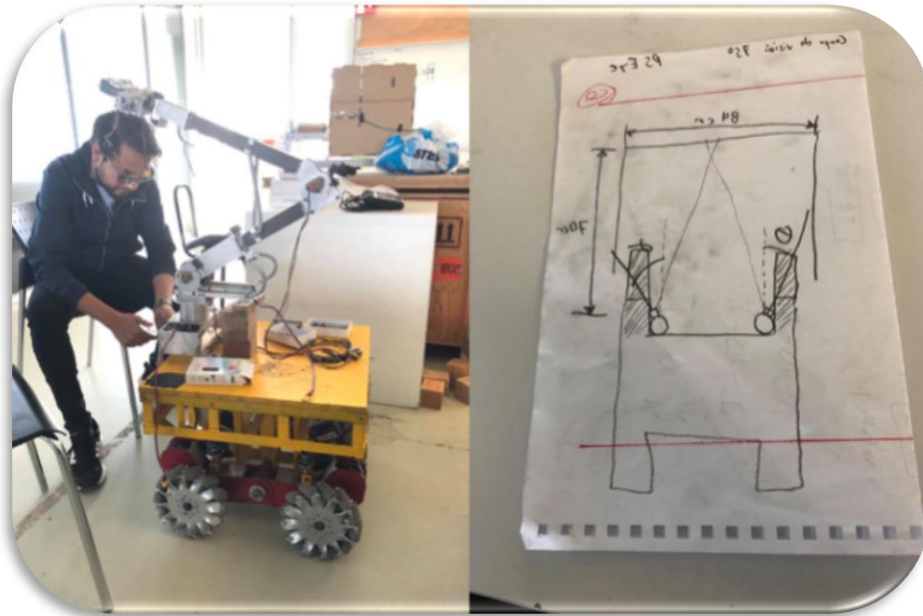


Figura 16. Fotografías del momento en el que calculaba el campo de visión de una cámara el participante Sergio Hernández Sánchez. Tomada por I. Cruz, 2020.

Sergio Hernández colocó objetos a diversas distancias y ángulos, para observar si eran o no percibidos por la cámara, así como realizó algunas operaciones con el fin de determinar el campo de visión que podría tener el robot.

El participante se encontraba en el momento de la construcción en el cual se colocan los sensores de movimientos, visión, entre otros, con el fin de dotar al robot de mecanismos para interactuar con el entorno.

Se identificó un posible problema matemático en esta observación: Definición del campo de visión de los sensores de un robot, específicamente, de cámaras controladas a través de computadoras convencionales.

La definición del campo de visión de los sensores de un robot se puede considerar un posible problema matemático, porque:

- Es necesario calcular las distancias entre los objetos y el robot.

- Se hacen operaciones relacionadas con la Aritmética y la Geometría, para encontrar los ángulos de visión.
- Se hacen operaciones algebraicas, para encontrar la amplitud del campo de visión de los sensores.
- Es necesario realizar pruebas de probabilidad, para conocer la percepción del sensor.

Además, el posible problema encontrado en esta observación se puede clasificar en cuatro categorías de problemáticas de índole matemática: aritméticos, algebraicos, geométricos y de probabilidad.

### **Validación de los resultados del estudio uno (entrevistas y observaciones)**

Las observaciones, así como las entrevistas con los cinco participantes de la investigación, arrojaron un total de doce posibles problemas matemáticos que se pueden presentar durante el proceso de construcción de robots.

Los doce posibles problemas matemáticos que se identificaron fueron:

#### 1. Conversión de unidades:

- Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

#### 2. Definición del campo de visión de los sensores de un robot:

- Observación con Sergio Hernández Sánchez.

#### 3. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso:

- Entrevista con Sergio Hernández Sánchez.
- Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández.

#### 4. Cambio de la posición de la extremidad de un robot:

- Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga.
- Entrevista con Roberto Ángel García García.

#### 5. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot:

- Observación con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

#### 6. Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones:

- Entrevista con Sergio Hernández Sánchez.

- Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

- Entrevista con Roberto Ángel García García.

- Entrevista con Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.

- Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández.

- Exposición de Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.

#### 7. Probabilidad de fallo de las funciones del robot:

- Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

- Entrevista con Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.

- Exposición de Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.

#### 8. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot:

- Entrevista con Roberto Ángel García García.

- Observación con Saúl Alejandro Badillo Hernández.

- Observación con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

#### 9. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot:

- Exposición de Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.

- Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández.

- Entrevista con Roberto Ángel García García.

#### 10. Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot:

- Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

- Entrevista con Saúl Alejandro Badillo Hernández.

- Entrevista con Sergio Hernández Sánchez.

11. Búsqueda de la distancia que puede recorrer un robot:

- Entrevista con Ehecatl Elí Barón Arriaga.

12. Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida:

- Entrevista con Roberto Ángel García García.

- Entrevista con Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.

- Observación con Saúl Alejandro Badillo Hernández.

Los doce posibles problemas matemáticos se sometieron a un análisis detallado, para determinar si efectivamente pertenecían a esa categoría o sólo eran operaciones, así como problemáticas de otros campos del conocimiento (véase Anexo 11).

El análisis detallado de los problemas matemáticos se realizó con base en el instrumento diseñado para esta valoración, el cual toma como base la conceptualización y las características de los problemas matemáticos, así como los ejes de estudio de las ramas de las matemáticas.

El proceso que se siguió para hacer el análisis constó de tres fases:

- 1) Marcar todos los criterios de valoración que cumplía cada posible problema matemático.
- 2) Mencionar las ideas que se concluyeron sobre las entrevistas y observaciones.
- 3) Determinar si efectivamente eran un problema matemático o sólo eran operaciones o problemáticas de otros campos del conocimiento.

Los resultados del análisis determinaron que sólo seis eran problemas matemáticos, pues los otros eran operaciones, así como problemáticas de la física, porque estaban más relacionados con el cálculo de distancias, aceleraciones, velocidades, energías, potencias, presiones, resistencias y tensiones.

Es importante recordar que los problemas matemáticos se refieren a situaciones concretas contextualizadas, donde se resuelven operaciones y se hacen cálculos

relacionados principalmente con las ramas de las matemáticas: aritmética, geometría, álgebra, estadística y probabilidad.

Los problemas en los que se llegan a hacer algunas operaciones, así como cálculos durante su resolución no se pueden denominar matemáticos, pues siempre están más relacionados con otras áreas o campos del conocimiento, en este caso, con la ciencia de la física.

Los seis problemas matemáticos identificados fueron: 1) Definición del campo de visión de los sensores de un robot, 2) Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso, 3) Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot, 4) Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones, 5) Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot y 6) Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot.

Cabe mencionar que los seis problemas matemáticos identificados se pueden clasificar en cuatro grupos de problemáticas de índole matemática: aritméticos, geométricos, algebraicos y de probabilidad (sólo definición del campo de visión de los sensores de un robot).

## **5.2. Estudio 2: Casos de simulación**

El segundo estudio de la investigación tuvo como fin identificar las posibles estrategias procedimentales que implementan los integrantes del TRA, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

Es importante recordar que las estrategias procedimentales son conjuntos de acciones, métodos, técnicas y actividades, relacionadas con el procedimiento, que las personas ponen en acción, con la finalidad de llegar a las soluciones, en este caso, de los problemas matemáticos.

La identificación de las posibles estrategias procedimentales, para resolver problemas matemáticos, se llevó a cabo a través del análisis de la resolución de casos de simulación por parte de los cinco integrantes que participaron en la investigación.

Los casos de simulación que se diseñaron fueron un total de seis (véase Anexo 12), los cuales tuvieron como eje los problemas matemáticos encontrados en el análisis de las observaciones y entrevistas hechas en el estudio uno.

El eje de análisis de cada caso de simulación fue:

- Caso 1: Identificar las posibles estrategias procedimentales que se implementan para definir el campo de visión de los sensores de un robot.
- Caso 2: Identificar las posibles estrategias procedimentales que se implementan con el fin de hacer el rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso.
- Caso 3: Identificar las posibles estrategias procedimentales que se implementan para hacer la modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot.
- Caso 4: Identificar las posibles estrategias procedimentales que se implementan para hacer el diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot.
- Caso 5: Identificar las posibles estrategias procedimentales que se implementan para buscar la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot.
- Caso 6: Identificar las posibles estrategias procedimentales que se implementan para hacer el diseño a detalle del robot, con base en especificaciones.

Los casos de simulación pasaron por varios procesos de revisión y análisis que realizaron los coordinadores del TRA, así como los profesores encargados de supervisar las actividades de esta organización académica.

Los procesos de revisión y análisis se llevaron a cabo de marzo a octubre del año 2020. Los coordinadores, así como los profesores en estos revisaron los planteamientos de los casos de simulación, para que no hubiera incongruencias.

*Resultados de los casos de simulación resueltos por Saúl Alejandro Badillo  
Hernández*

La resolución de los casos de simulación por parte del participante Saúl Alejandro Badillo Hernández se llevó a cabo el día 22 de octubre del año 2020, aproximadamente, la explicación de sus respuestas le demoró una hora.

El participante Saúl Alejandro Badillo Hernández resolvió los casos de simulación en una reunión presencial, la cual fue grabada en formato video con un teléfono móvil (véase Anexo 10) y registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Las posibles estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos comunes en la construcción de robots educativos, que se identificaron durante la reunión en la cual el participante solucionó los casos de simulación, son las siguientes.

<b>Posibles estrategias procedimentales Saúl Alejandro Badillo Hernández (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
1. Preparación de la prueba.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se conecta el sensor a un dispositivo que permita ver su campo de visión.</li> <li>• Se coloca el sensor en un punto fijo.</li> <li>• Se colocan en el espacio objetos de detección a distancias conocidas.</li> </ul>
2. Búsqueda de los límites máximos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocan cuatro esferas en los límites máximos horizontales y verticales del campo de visión del sensor.</li> <li>• Se coloca una esfera en línea recta del sensor, a una distancia conocida.</li> <li>• Se miden las distancias entre el sensor y las cuatro primeras esferas.</li> </ul>
3. Prueba empírica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se mide la distancia entre la esfera que se encuentra en el límite vertical derecho e izquierdo.</li> <li>• Se forma un triángulo con tres distancias:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- La distancia entre el sensor y la esfera que se encuentra en el límite vertical derecho.</li> <li>- La distancia entre el sensor y la esfera que se encuentra en el límite vertical izquierdo.</li> <li>- La distancia entre el límite vertical derecho e izquierdo.</li> </ul> </li> </ul>



<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Saúl Alejandro Badillo Hernández (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
3. Prueba empírica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se calcula el ángulo que se forma del sensor hacia las esferas por teorema de Pitágoras, para obtener el campo de visión vertical.</li> <li>• Se replican todas las acciones, pero en el plano horizontal y diagonal.</li> </ul>
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
1. Análisis de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un análisis de las características del robot.</li> <li>• Se analizan las posibilidades para reducir las dimensiones del robot.</li> <li>• Se identifican los componentes del robot que no se pueden modificar.</li> <li>• Se identifican los componentes del robot que se pueden reducir o eliminar.</li> <li>• Se identifican los materiales ligeros que se pueden utilizar para rediseñar el robot.</li> </ul>
2. Planteamiento de soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se investigan diseños de robots que tengan medidas reducidas.</li> <li>• Se hacen varios bosquejos de una nueva estructura del robot, que permita reducir peso y dimensiones.</li> <li>• Se selecciona una de las estructuras.</li> <li>• Se hace un modelado en 3D de la nueva estructura del robot en un software de diseño (AutoCAD, Fusion 360, entre otros).</li> </ul>
3. Evaluación y elaboración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se valora si la nueva versión cumple con los requerimientos.</li> <li>• Se analizan las características de la nueva versión del robot, para valorar si es viable su construcción.</li> <li>• Se elaboran las nuevas piezas del robot.</li> <li>• Se reestructura el robot.</li> </ul>
<b>Caso 3. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot</b>	
1. Valoración de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se miden las diferentes dimensiones del robot.</li> <li>• Se analizan los requerimientos.</li> <li>• Se busca la relación de las características actuales de la pieza del robot con las nuevas.</li> </ul>
2. Evaluación del motor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifica la potencia del motor.</li> <li>• Se analiza la eficiencia del motor para mover una pieza con dimensiones mayores.</li> </ul>
3. Elaboración de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un dibujo a lápiz y papel en el que se aumenten las dimensiones de la pieza.</li> <li>• Se hace el diseño a detalle de la pieza en un software especializado.</li> </ul>

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Saúl Alejandro Badillo Hernández (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 3. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot</b>	
3. Elaboración de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elaboran o se mandan a facturar la nueva pieza.</li> </ul>
<b>Caso 4. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot</b>	
1. Análisis primario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analizan los requerimientos para el diseño de la pieza.</li> <li>• Se identifican las dimensiones de los componentes que van a tener contacto con la pieza.</li> <li>• Se analiza el terreno en el que va a estar el robot.</li> </ul>
2. Realización del diseño conceptual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñan a lápiz y papel los diferentes componentes de la pieza.</li> <li>• Se elaboran varios modelos de la pieza.</li> <li>• Se dibuja a lápiz y papel el robot con los diferentes modelos de la pieza.</li> <li>• Se elabora un diseño en 3D de los diferentes modelos de la pieza.</li> <li>• Se elabora diferentes diseños en 3D en los que se junte la estructura actual del robot con los diferentes modelos de la pieza.</li> <li>• Se analizan las ventajas y desventajas de cada modelo de la pieza.</li> </ul>
3. Realización del diseño a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona uno de los modelos de la pieza.</li> <li>• Se diseñan cada uno de los componentes de la pieza en un software especializado de diseño.</li> <li>• Se colocan las especificaciones sobre materiales, peso, dimensiones, entre otros.</li> </ul>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
1. Evaluación del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los componentes del robot.</li> <li>• Se reconocen los componentes que se deben modificar.</li> <li>• Se realiza un análisis de los cambios, para determinar la cantidad de modificaciones que se deben hacer en la mecánica y electrónica.</li> </ul>
2. Modificación de la mecánica del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analizan las características del material con el que está construido el robot.</li> <li>• Se hace un análisis de las posibilidades para modificar o cambiar el material con el que está construido el robot.</li> <li>• Se hacen las modificaciones en la mecánica del robot.</li> </ul>

Posibles estrategias procedimentales	
Saúl Alejandro Badillo Hernández	
Etapas	Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
3. Modificación de la electrónica del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un análisis de los componentes electrónicos y de sus posibilidades para ser reducidos.</li> <li>• Se analiza el sistema de cableado y su posibilidad para ser reducido.</li> <li>• Se hacen las modificaciones en la electrónica del robot.</li> </ul>
Nota: Si las modificaciones en la mecánica y electrónica le impidieran al robot su óptimo funcionamiento, hay que rediseñarlo totalmente.	
<b>Caso 6. Diseño a detalle del robot con base en especificaciones</b>	
1. Análisis general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analizan las especificaciones sobre el diseño del robot.</li> <li>• Se les asigna un nivel de prioridad a cada una de las especificaciones.</li> <li>• Se analizan las fuentes de ingreso económico, para conocer el presupuesto.</li> </ul>
2. Búsqueda de las soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se investigan los materiales con los cuales se puede hacer el robot.</li> <li>• Se escogen los sensores que va a llevar el robot.</li> <li>• Se buscan las formas de desplazamiento que va a tener el robot.</li> <li>• Se analiza los procesos de elaboración y manufactura que se necesitan para crear todas las piezas del robot.</li> <li>• Se elabora una propuesta de solución.</li> </ul>
3. Diseño del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseña la parte mecánica del robot.</li> <li>• Se diseña el sistema de locomoción del robot.</li> <li>• Se diseña la electrónica del robot.</li> <li>• Se programa el robot.</li> <li>• Se hacen pruebas de funcionalidad del robot.</li> </ul>

*Resultados de los casos de simulación resueltos por Ehecatl Elí Barón Arriaga*

La resolución de los casos de simulación por parte del participante Ehecatl Elí Barón Arriaga se llevó a cabo el día 30 de octubre del año 2020, aproximadamente, la explicación de sus respuestas le demoró dos horas.

El participante Ehecatl Elí Barón Arriaga resolvió los casos de simulación en una reunión virtual, la cual fue grabada en formato video con un programa de

computadora (véase Anexo 10) y registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Las posibles estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos comunes en la construcción de robots educativos, que se identificaron durante la reunión en la cual el participante solucionó los casos de simulación, son las siguientes.

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Ehecatl Elí Barón Arriaga (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
1. Búsqueda de antecedentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se indaga sobre lo que se ha hecho sobre el problema.</li> <li>• Se busca documentación sobre los sensores.</li> <li>• Se consulta la hoja de especificaciones de los sensores.</li> </ul>
2. Preparación de los sensores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se prenden los sensores.</li> <li>• Se colocan los sensores frente a una pared, a una distancia conocida (recomendación: 30 centímetros de distancia).</li> <li>• Se colocan marcas en la pared en el eje horizontal y vertical.</li> </ul>
3. Prueba empírica de sensores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se toma una primera captura de lo que ven los sensores.</li> <li>• Se acercan dos centímetros los sensores al objeto.</li> <li>• Se toma una segunda captura.</li> <li>• Se repiten las dos últimas acciones constantemente, hasta que la distancia entre sensores y objeto sea de dos centímetros.</li> </ul>
4. Análisis de los datos obtenidos y obtención de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elabora una tabla con siete columnas (distancia sensores-pared, distancia de visión horizontal, distancia de visión vertical, hipotenusa de los triángulos horizontales, hipotenusa de los triángulos verticales, ángulo horizontal y ángulo vertical), en la que se especifiquen todos los datos obtenidos en las capturas.</li> <li>• Se calcula la hipotenusa de todos los triángulos que se forman entre las distancias sensores-pared y las distancias de visión horizontal, a través del teorema de Pitágoras.</li> <li>• Se calcula la hipotenusa de todos los triángulos que se forman entre las distancias sensores-pared y las distancias de visión vertical, a través del teorema de Pitágoras.</li> <li>• Se anotan los datos en la tabla.</li> <li>• Se calculan los ángulos con los datos (revisar ley de senos y cosenos).</li> <li>• Se anotan los datos en la tabla.</li> <li>• Se multiplica cada dato de los ángulos por dos, para obtener la información sobre la visión horizontal, así como vertical del robot.</li> </ul>

**Posibles estrategias procedimentales**  
**Ehecatl Elí Barón Arriaga (cont.)**

<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
1. Identificación del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hacen entrevistas con expertos o supervisores del proyecto.</li> <li>• Se investiga el presupuesto y los tiempos de entrega.</li> <li>• Se reconoce el equipo con el que se va a hacer el rediseño.</li> </ul>
2. Análisis del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puntúan las características actuales del robot.</li> <li>• Se puntúan las características deseables del robot.</li> <li>• Se someten a valoración los requerimientos que se solicitan por los expertos o supervisores del proyecto.</li> <li>• Se identifican las vías de solución del problema.</li> <li>• Se identifican las dificultades y las restricciones que pueden presentarse en cada vía de solución.</li> </ul>
3. Investigación del sistema de locomoción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se investigan otras formas en las que se puede mover el robot.</li> <li>• Se valoran las opciones investigadas.</li> </ul>
4. Toma de una decisión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se comparan y se evalúan las opciones de solución, para hacer el rediseño.</li> <li>• Se selecciona una opción.</li> </ul>
5. Especificación de la opción de solución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los materiales que se van a requerir.</li> <li>• Se determinan las dimensiones de las partes que se van a rediseñar del robot.</li> <li>• Se identifican los cambios que se van a hacer en la electrónica.</li> <li>• Se inicia el proceso de rediseño del robot.</li> </ul>
<b>Caso 3. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot</b>	
1. Análisis de las especificaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se examinan los requerimientos solicitados.</li> <li>• Se analizan las restricciones.</li> <li>• Se valora si es necesario rediseñar sólo la pieza o todo el robot.</li> </ul>
2. Análisis del actuador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evalúa la capacidad del motor que mueve la pieza del robot.</li> <li>• Se analiza la posibilidad de cambiar el actuador.</li> </ul>
3. Análisis de la forma de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evalúan las características de la pieza.</li> <li>• Se evalúan las partes de la pieza.</li> </ul>
4. Modificación de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se determinan las dimensiones de la pieza y cada una de sus partes.</li> <li>• Se analizan los materiales para hacer la pieza.</li> <li>• Se especifica el proceso de manufactura de la pieza.</li> </ul>

**Posibles estrategias procedimentales**

**Ehecatl Elí Barón Arriaga (cont.)**

<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 4. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot</b>	
1. Identificación y análisis del problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se especifica el problema.</li> <li>• Se identifican las características actuales del robot.</li> <li>• Se identifican las posibles vías de solución.</li> <li>• Se analizan los requerimientos establecidos.</li> <li>• Se hace un análisis de las posibles formas que tendrá la pieza faltante.</li> </ul>
2. Toma de una decisión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establecen los criterios que van a regir el diseño de la pieza.</li> <li>• Se analiza el entorno en que se va a desplazar el robot.</li> <li>• Se proponen algunas soluciones, en las que se especifiquen las dimensiones generales de la pieza.</li> </ul>
3. Realización del diseño conceptual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dibujan a lápiz y papel los componentes en la posición que van a estar colocados.</li> <li>• Se dibujan a lápiz y papel la cantidad de componentes que va a tener la pieza.</li> <li>• Se somete a valoración el diseño de los componentes de la pieza.</li> </ul>
4. Realización del diseño a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñan a detalle los componentes de la pieza en programas especializados de diseño (NX, Inventor, Solid Edge, entre otros).</li> <li>• Se detallan las dimensiones y forma de cada componente de la pieza.</li> <li>• Se determinan los componentes eléctricos que se van a requerir para mover la pieza.</li> <li>• Se somete a valoración el diseño a detalle.</li> <li>• Se hacen modificaciones y ajustes del diseño a detalle.</li> <li>• Se generan los planos de manufactura.</li> </ul>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
1. Revisión del proceso de diseño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analiza el problema.</li> <li>• Se replantea el diseño conceptual del robot.</li> <li>• Se buscan vías para optimizar el proceso de rediseño del robot.</li> <li>• Se determinan los criterios que debe cumplir la nueva versión del robot.</li> </ul>
2. Determinación de la solución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las posibles soluciones.</li> <li>• Se hace un diseño conceptual nuevo, en el que se consideren los componentes eléctricos.</li> <li>• Se detallan las dimensiones y forma de la nueva versión del robot.</li> </ul>
3. Realización del diseño a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñan a detalle los componentes del robot en programas especializados de diseño (NX, Inventor, Solid Edge, entre otros).</li> <li>• Se incluyen en el diseño a detalle los componentes eléctricos y se especifican las posiciones de los agujeros.</li> </ul>

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Ehecatl Elí Barón Arriaga</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
4. Elaboración y modificación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elaboran o se mandan a hacer los nuevos componentes del robot.</li> <li>• Se modifica el robot.</li> </ul>
<b>Caso 6. Diseño a detalle del robot con base en especificaciones</b>	
1. Análisis de la situación general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifica el presupuesto para diseñar el robot.</li> <li>• Se hace un análisis de los materiales que se pueden usar para la construcción del robot, con base en el presupuesto.</li> <li>• Se comenta la situación financiera con todos los involucrados en el proceso de desarrollo del robot.</li> </ul>
2. Análisis del problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se categorizan los requerimientos.</li> <li>• Se listan los requerimientos sobre el diseño del robot, con base en su nivel de importancia.</li> </ul>
3. Investigación de casos similares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se investigan características predominantes en los robots similares al que se pretende diseñar.</li> <li>• Se investigan los procesos específicos para la construcción de ese tipo de robots.</li> </ul>
4. Toma de una decisión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se plantean propuestas para diseñar el robot.</li> <li>• Se escoge una de las propuestas para diseñar al robot.</li> <li>• Se especifican las dimensiones exactas que tendrá el robot, así como sus componentes.</li> <li>• Se especifica el mecanismo para el desplazamiento del robot.</li> </ul>
5. Elaboración y revisión de la funcionalidad del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace el diseño conceptual del robot.</li> <li>• Se hace el diseño a detalle del robot.</li> <li>• Se determinan los componentes mecánicos y electrónicos del robot.</li> <li>• Se hace el ensamble de la mecánica y electrónica del robot.</li> <li>• Se hace la programación del robot.</li> <li>• Se hacen pruebas sobre la funcionalidad del robot.</li> </ul>

*Resultados de los casos de simulación resueltos por Roberto Ángel García García*

La resolución de los casos de simulación por parte del participante Roberto Ángel García García se llevó a cabo el día 9 de noviembre del año 2020, aproximadamente, la explicación de sus respuestas le demoró dos horas.

El participante Roberto Ángel García García resolvió los casos de simulación en una reunión virtual, la cual fue grabada en formato video con un programa de computadora (véase Anexo 10) y registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Las posibles estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos comunes en la construcción de robots educativos, que se identificaron durante la reunión en la cual el participante solucionó los casos de simulación, son las siguientes.

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Roberto Ángel García García (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
1. Análisis de los sensores de visión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifica la categoría a la que pertenecen los sensores (cámaras, infrarrojos, ultrasónicos, entre otros).</li> <li>• Se identifican las características generales de los sensores del robot.</li> </ul>
2. Revisión de la hoja de especificaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se busca la hoja de especificaciones de los sensores.</li> <li>• Se identifican los ángulos de visión en la hoja de especificaciones.</li> <li>• Se hacen algunas pruebas con los sensores para corroborar los datos que vienen estipulados en la hoja de especificaciones.</li> </ul>
3. Prueba empírica con los sensores (si no existe el dato de los ángulos en la hoja de especificaciones).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se coloca el sensor a una distancia conocida de un objeto.</li> <li>• Se dibuja un círculo alrededor del sensor.</li> <li>• Se marcan los grados en el círculo que se dibujó alrededor del sensor.</li> <li>• Se identifica el ángulo de visión del sensor.</li> <li>• Se acerca el sensor al objeto y se repite la última acción.</li> <li>• Se repite la última acción 30 veces aproximadamente.</li> </ul>
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
1. Análisis de las características del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un análisis de las características actuales del robot, para identificar los aspectos que se desean rediseñar.</li> <li>• Se hace un listado de los aspectos que se desean rediseñar del robot.</li> <li>• Se realiza una jerarquía de los aspectos que se desean rediseñar por nivel de importancia.</li> <li>• Se analiza la pertinencia de modificar esos aspectos, para que no resulte contraproducente el cambio.</li> </ul>



## Posibles estrategias procedimentales

Roberto Ángel García García (cont.)

Etapas	Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
2. Análisis de los subsistemas del robot.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifican los subsistemas que tiene el robot (estructura del robot, locomoción, electrónica, entre otros).</li><li>• Se hace un análisis de los componentes que se pueden modificar en cada uno de los subsistemas.</li><li>• Se hace un análisis de las posibles vías para modificar esos componentes de los subsistemas.</li></ul>
3. Análisis del entorno en el que se va a mover y actuar el robot.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifica el tipo de terreno en el que se va a mover el robot.</li><li>• Se hace un análisis de las características del tipo de terreno en el que se va a mover el robot.</li><li>• Se identifican los posibles obstáculos que se va a encontrar el robot en el terreno donde se va a mover.</li><li>• Se analiza la pertinencia de cambiar el sistema de locomoción.</li></ul>
4. Realización de las modificaciones básicas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifican los cambios básicos que se le deben hacer al robot.</li><li>• Se realizan los cambios básicos en el robot.</li><li>• Se prueba la funcionalidad del robot.</li></ul>
5. Realización de las modificaciones complejas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifican los cambios complejos que se le deben hacer al robot.</li><li>• Se rediseñan los componentes del robot.</li><li>• Se analiza las posibilidades para unir los nuevos componentes del robot con los anteriores.</li><li>• Se elaboran los nuevos componentes del robot.</li><li>• Se ensamblan los nuevos componentes del robot.</li></ul>
<b>Caso 3. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot</b>	
1. Análisis de los rasgos generales de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se analizan los aspectos que se desean modificar en la pieza.</li><li>• Se analiza el impacto de la modificación de la pieza en otros componentes del robot.</li></ul>
2. Elaboración del diagrama de rediseño.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se elabora una representación gráfica de la pieza.</li><li>• Se marcan en la representación gráfica de la pieza las posibles modificaciones.</li><li>• Se identifican las dimensiones que debe tener la pieza, para que pueda cumplir con su función.</li></ul>
3. Diseño de la nueva pieza.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se elabora una representación gráfica de la nueva pieza.</li><li>• Se analiza la capacidad de los actuadores para mover la pieza.</li><li>• Se identifica la cantidad de actuadores que tendrá la pieza.</li><li>• Se elabora un diagrama completo de la pieza del robot.</li><li>• Se manda a elaborar o manufacturar la nueva pieza.</li></ul>

**Posibles estrategias procedimentales**

**Roberto Ángel García García (cont.)**

<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 4. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot</b>	
1. Análisis de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se definen las necesidades por las cuales se va a hacer la pieza.</li> <li>• Se definen los requerimientos que debe cumplir la pieza.</li> <li>• Se identifican posibles soluciones para cumplir con los requerimientos.</li> </ul>
2. Búsqueda de la solución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elaboran propuestas escritas para diseñar la pieza.</li> <li>• Se elabora una tabla de decisión en la que se listen las ventajas y desventajas de las propuestas.</li> <li>• Se someten a valorización cada una de las propuestas.</li> <li>• Se escoge una de las propuestas para diseñar la pieza.</li> </ul>
3. Definición de detalles de la electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los componentes electrónicos que van a posibilitar el movimiento o la actuación de la pieza.</li> <li>• Se analizan las características de los posibles motores que van a mover la pieza.</li> <li>• Se analizan las características de las posibles baterías que van a mover la pieza.</li> <li>• Se busca la concordancia entre los componentes electrónicos del diseño actual del robot con los que va a requerir la nueva pieza.</li> </ul>
4. Realización del diseño conceptual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dibuja a lápiz y papel la pieza.</li> <li>• Se especifican las dimensiones de la pieza.</li> <li>• Se dibujan los componentes que va a tener la pieza.</li> </ul>
5. Realización del diseño a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñan a detalle los componentes de la pieza en programas especializados de diseño (NX, SolidWorks, CATIA, Inventor, entre otros).</li> <li>• Se ilustran todos los detalles que va a tener la pieza.</li> <li>• Se somete el diseño a detalle a un proceso de valoración, para reconocer los cambios que se deben hacer.</li> </ul>
6. Elaboración de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las herramientas que van a permitir la elaboración de los componentes de la pieza.</li> <li>• Se elaboran los componentes que son posibles de crear con esas herramientas.</li> <li>• Se mandan a hacer los componentes faltantes de la pieza a un taller de manufactura.</li> </ul>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
1. Análisis de los componentes internos del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se revisan las características de los sensores y circuitos del robot.</li> <li>• Se identifican las características de los microcontroladores del robot.</li> <li>• Se realiza un análisis de las separaciones entre los componentes internos.</li> </ul>

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Roberto Ángel García García</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
2. Modificación de la organización de los componentes internos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un análisis de los espacios necesarios que van a requerir los componentes.</li> <li>• Se buscan mecanismos para disminuir el espacio que requiere cada componente.</li> </ul>
3. Rediseño de componentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñan nuevos componentes electrónicos.</li> <li>• Se elaboran los nuevos componentes.</li> <li>• Se disminuyen las longitudes de los cables que tienen los componentes.</li> </ul>
4. Organización y sustitución de componentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se organizan los componentes electrónicos, para que puedan entrar en el robot.</li> <li>• Se conectan todos los componentes electrónicos.</li> <li>• Se colocan todos los componentes electrónicos dentro del robot.</li> <li>• Se hacen pruebas sobre la funcionalidad del robot.</li> </ul>
<b>Caso 6. Diseño a detalle del robot con base en especificaciones</b>	
1. Análisis general de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un análisis de las necesidades por las cuales se va a diseñar el robot.</li> <li>• Se analizan las posibles características del robot.</li> <li>• Se determinan las posibles funciones del robot.</li> </ul>
2. Determinación de los subsistemas del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se definen los rasgos característicos del sistema de locomoción.</li> <li>• Se definen los rasgos característicos del sistema de navegación.</li> <li>• Se definen los rasgos característicos del sistema mecánico.</li> <li>• Se definen los rasgos característicos del sistema de programación.</li> <li>• Se definen los rasgos característicos de otros sistemas del robot.</li> </ul>
3. División de tareas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dividen en equipos a los participantes del diseño del robot.</li> <li>• Se les asignan a los equipos el desarrollo de uno o más sistemas del robot.</li> <li>• Se establecen acuerdos generales para desarrollar los sistemas del robot.</li> </ul>
4. Realización de tareas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se les pide a los equipos la elaboración del diseño conceptual de el o los sistemas que les tocaron.</li> <li>• Se realizan reuniones periódicas para ver el avance y encontrar la concordancia entre los diferentes sistemas del robot.</li> <li>• Se someten a valoración los diseños de los diferentes equipos, para encontrar deficiencias.</li> <li>• Se elaboran los sistemas del robot.</li> </ul>

### *Resultados de los casos de simulación resueltos por Sergio Hernández Sánchez*

La resolución de los casos de simulación por parte del participante Sergio Hernández Sánchez se llevó a cabo el día 24 de noviembre del año 2020, aproximadamente, la explicación de sus respuestas le demoró dos horas.

El participante Sergio Hernández Sánchez resolvió los casos de simulación en una reunión virtual, la cual fue grabada en formato video con un programa de computadora (véase Anexo 10) y registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Las posibles estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos comunes en la construcción de robots educativos, que se identificaron durante la reunión en la cual el participante solucionó los casos de simulación, son las siguientes.

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Sergio Hernández Sánchez (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
1. Análisis general de la situación.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifican los ángulos de visión que son deseables.</li><li>• Se analizan las características de los sensores, para determinar si son óptimos para percibir los objetos objetivo.</li><li>• Se analizan las características de otros tipos de sensores (cámaras, infrarrojos, térmicos, entre otros).</li><li>• Se analiza la posibilidad de utilizar otros sensores.</li></ul>
2. Investigación.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifican diversas fuentes de información que aborden el tema de campo de visión.</li><li>• Se indaga sobre el significado de campo de visión en las diferentes fuentes de información.</li></ul>
3. Prueba empírica.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se conecta uno de los sensores a una computadora, para que se muestre la imagen que logra percibir.</li><li>• Se coloca el sensor a una distancia conocida de un objeto.</li><li>• Se toma una fotografía de lo que ve el sensor.</li><li>• Se mide la distancia que hay entre el centro de la percepción del sensor a uno de los lados.</li><li>• Se dibuja un triángulo con la distancia conocida, la obtenida entre el centro de la percepción del sensor a uno de los lados y la medida que hay entre estas dos.</li></ul>

**Posibles estrategias procedimentales**  
**Sergio Hernández Sánchez (cont.)**

<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
3. Prueba empírica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se calcula la medida de la recta que hay entre la distancia conocida y la obtenida entre el centro de la percepción del sensor a uno de los lados, por teorema de Pitágoras.</li> <li>• Se calcula el ángulo del triángulo.</li> <li>• Se multiplica el resultado por dos, para obtener el ángulo de visión vertical.</li> <li>• Se repiten las últimas siete acciones en el plano horizontal y diagonal, para sacar los ángulos restantes.</li> <li>• Se hacen todas las acciones de esta etapa con todos los sensores.</li> </ul>
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
1. Análisis general de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las funciones principales del robot.</li> <li>• Se analizan los requerimientos para el rediseño del robot.</li> <li>• Se analiza el entorno en el que va a funcionar el robot.</li> <li>• Se analiza el sistema de locomoción del robot.</li> </ul>
2. Búsqueda de soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se plantean nuevos sistemas de locomoción que puede tener el robot, para que pueda funcionar en el entorno.</li> <li>• Se analizan los componentes mecánicos del robot, para identificar las partes que se pueden reducir.</li> <li>• Se analizan los componentes electrónicos del robot, para identificar las partes que se deben cambiar.</li> <li>• Se identifican motores de peso reducido que permiten darle funcionamiento al robot.</li> </ul>
3. Análisis de los materiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican materiales que sean resistentes y ligeros.</li> <li>• Se analiza la accesibilidad al material.</li> <li>• Se comparan precios de los materiales.</li> <li>• Se hace una comparación de la forma en la que se vende el material (prismas, tiras, entre otros), para analizar el proceso de manufactura.</li> </ul>
4. Generación de la nueva versión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elabora un bosquejo a papel y lápiz de la nueva versión del robot.</li> <li>• Se analiza la posible funcionalidad de la nueva versión del robot.</li> <li>• Se hace el diseño a detalle de la nueva versión del robot, a través de un software asistido por computadora.</li> <li>• Se hace el diseño de cada uno de los componentes de la nueva versión del robot.</li> <li>• Se elaboran los componentes o se mandan a manufacturar.</li> <li>• Se ensamblan los componentes mecánicos de la nueva versión del robot.</li> </ul>

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Sergio Hernández Sánchez (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
4. Generación de la nueva versión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se arma la electrónica y se realiza la programación.</li> <li>• Se hacen pruebas de funcionalidad de la nueva versión del robot.</li> </ul>
<b>Caso 3. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot</b>	
1. Análisis de la funcionalidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las acciones que hace el robot.</li> <li>• Se analiza el grado de eficiencia del robot en cada una de esas acciones.</li> <li>• Se analiza la capacidad de los motores para mover una pieza con dimensiones mayores.</li> </ul>
2. Modificación de las dimensiones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analizan las dimensiones actuales de la pieza del robot.</li> <li>• Se hace un diseño a lápiz y papel de una nueva versión de la pieza del robot, con base en una ampliación por escala.</li> </ul>
3. Elaboración de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace el diseño a detalle de la pieza.</li> <li>• Se maquina la pieza.</li> <li>• Se monta la pieza en el robot.</li> <li>• Se hacen pruebas de funcionalidad del robot, para determinar su eficiencia.</li> </ul>
<b>Caso 4. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot</b>	
1. Análisis general de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los requerimientos generales sobre la nueva pieza.</li> <li>• Se analiza el tipo de terreno en el que va a emplearse el robot.</li> <li>• Se analizan y evalúan las características de los diferentes sistemas de locomoción.</li> </ul>
2. Búsqueda de la solución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona un tipo de sistema de locomoción, con base en el análisis.</li> <li>• Se analizan las características de los posibles motores que van a mover el sistema de locomoción.</li> <li>• Se analizan las características de las posibles baterías que van a mover el sistema de locomoción.</li> <li>• Se analizan los materiales con los que está hecho el robot, para determinar la materia y el tipo de ensamble de la nueva pieza.</li> </ul>
3. Realización del diseño conceptual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elabora un dibujo a lápiz y papel de la nueva pieza del robot.</li> <li>• Se elabora un dibujo a lápiz y papel de los diferentes componentes de la nueva pieza del robot.</li> </ul>
4. Realización del diseño a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñan a detalle los componentes de la pieza en programas especializados de diseño.</li> <li>• Se diseñan a detalle los componentes que van a acoplar la pieza con otros elementos del robot.</li> <li>• Se generan los planos de los componentes que se van a mandar a manufacturar, con todos los detalles sobre dimensiones, estructuras y materiales.</li> </ul>

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Sergio Hernández Sánchez (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 4. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot</b>	
4. Realización del diseño a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se prueba la funcionalidad de la nueva pieza en un simulador.</li> </ul>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
1. Análisis de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analizan los grados y lados a los que va a girar el robot.</li> <li>• Se realiza un análisis de los elementos externos con los cuales va a interactuar el robot.</li> </ul>
2. Identificación de las posibles soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analiza la posibilidad de colocar los componentes electrónicos fuera de la estructura mecánica del robot.</li> <li>• Se analiza la estructura de los componentes internos, para identificar los posibles cambios de acomodo.</li> <li>• Se identifican los componentes internos que pueden ser eliminados o cambiados.</li> <li>• Se hace un análisis sobre la posibilidad de modificar las dimensiones y la forma de la estructura exterior del robot.</li> <li>• Se hace un análisis de las repercusiones de modificar las dimensiones y la forma de la estructura exterior del robot.</li> </ul>
3. Modificación del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un bosquejo y un diseño a detalle de la nueva estructura exterior del robot.</li> <li>• Se genera una versión en simulador del robot, para conocer su funcionalidad con la nueva estructura.</li> <li>• Se manda a manufacturar la nueva estructura exterior del robot.</li> <li>• Se ensamblan todos los componentes del robot.</li> <li>• Se hacen pruebas de funcionalidad del robot.</li> </ul>
<b>Caso 6. Diseño a detalle del robot con base en especificaciones</b>	
1. Conocimiento del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las capacidades de las personas que van a participar en el desarrollo del robot.</li> <li>• Se lleva a cabo un análisis de las posibles tareas que puede desarrollar cada persona.</li> </ul>
2. Organización del trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establecen formas de trabajo, para desarrollar el robot.</li> <li>• Se establecen fechas de reuniones, entregas y exposición de avances.</li> </ul>
3. Análisis del problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elabora una tabla con las especificaciones.</li> <li>• Se valoran las especificaciones con base en el nivel de importancia.</li> </ul>

Posibles estrategias procedimentales	
Sergio Hernández Sánchez	
Etapas	Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos
<b>Caso 6. Diseño a detalle del robot con base en especificaciones</b>	
3. Análisis del problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recolecta información de las características de los usuarios que van a utilizar al robot, a través de entrevistas, encuestas, entre otros.</li> <li>• Se hace un análisis del entorno en el que se va a utilizar el robot.</li> </ul>
4. Determinación de las características del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se determina el tipo de estructura que va a tener el robot.</li> <li>• Se define el tipo de locomoción del robot.</li> <li>• Se identifican los posibles motores que le van a dar movilidad al robot.</li> <li>• Se determinan los tipos de sensores que va a tener el robot.</li> <li>• Se determinan las posiciones en las que se van a colocar los sensores.</li> <li>• Se identifican materiales para hacer el robot, que permitan cumplir con los requerimientos.</li> <li>• Se identifican los posibles componentes electrónicos del robot.</li> </ul>
5. Elaboración del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elabora un prototipo del robot, con materiales básicos (cartón, madera, entre otros), para conocer su funcionalidad.</li> <li>• Se identifican los defectos que tienen el robot.</li> <li>• Se hace el diseño a detalle de las piezas del robot en un software especializado de diseño.</li> <li>• Se elaboran o se mandan a manufacturar las piezas del robot.</li> <li>• Se ensamblan las piezas del robot.</li> <li>• Se ensamblan los componentes electrónicos del robot.</li> <li>• Se hace la programación del robot.</li> <li>• Se hacen pruebas de funcionalidad del robot.</li> </ul>

*Resultados de los casos de simulación resueltos por Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda*

La resolución de los casos de simulación por parte de la participante Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda se llevó a cabo el día 4 de diciembre del año 2020, aproximadamente, la explicación de sus respuestas le demoró una hora con 30 minutos.

La participante Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda resolvió los casos de simulación en una reunión virtual, la cual fue grabada en formato video con un programa de



computadora (véase Anexo 10) y registrada a través de anotaciones en una bitácora de exploración.

Las posibles estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos comunes en la construcción de robots educativos, que se identificaron durante la reunión en la cual la participante solucionó los casos de simulación, son las siguientes.

<b>Posibles estrategias procedimentales</b>	
<b>Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda (cont.)</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 1. Definición del campo de visión de los sensores de un robot</b>	
1. Análisis general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se identifica el tipo de sensores que se colocaron en el robot (laser, de luminosidad, cámaras, entre otros).</li> <li>Se analizan las características de los sensores.</li> </ul>
2. Búsqueda de información sobre los sensores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se busca información sobre el tipo de sensores.</li> <li>Se busca la datasheet de los sensores, para conocer la apertura de visión.</li> </ul>
3. Realización de una prueba.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se elabora un diagrama de cuerpo del robot a lápiz y papel.</li> <li>Se identifican los lugares en el robot en los que se colocaron los sensores.</li> <li>Se marca en el diagrama la distancia de apertura de visión de cada uno de los sensores.</li> <li>Se analizan las diferentes aperturas de visión de los sensores.</li> <li>Se calculan los ángulos de visión del robot, con base en las aperturas de percepción de los sensores.</li> </ul>
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
1. Análisis general de la situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se identifica el objetivo del robot.</li> <li>Se identifican las características y funciones básicas que debe cumplir el robot.</li> <li>Se analizan los requerimientos.</li> </ul>
2. Búsqueda de soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se investiga sobre los procesos de solución que han llevado a cabo la comunidad científica, para resolver problemas similares.</li> <li>Se buscan propuestas de diseño de robots que cumplan con las características, funciones y requerimientos.</li> <li>Se analizan las situaciones a las que se enfrentaron las personas que diseñaron esos robots.</li> <li>Se analizan las ventajas y desventajas de cada diseño.</li> </ul>

## Posibles estrategias procedimentales

Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda (cont.)

Etapas	Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos
<b>Caso 2. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso</b>	
3. Planteamiento de las soluciones.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se identifican las posibles formas del robot.</li><li>• Se investigan los posibles materiales que se van a utilizar.</li><li>• Se determina los posibles sistemas de movilidad que va a tener.</li><li>• Se determinan las posibles características del sistema de locomoción.</li><li>• Se determinan los posibles componentes que van a integrar su software (tarjeta de control, cableado, entre otros).</li><li>• Se analizan todas las posibles soluciones, a través de la reflexión de sus ventajas y desventajas.</li></ul>
4. Realización del concepto a detalle.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se definen los elementos que van a integrar la nueva versión del robot.</li><li>• Se elaboran dibujos a lápiz y papel de la nueva versión del robot.</li><li>• Se especifica el tipo de material que se va a utilizar.</li><li>• Se especifican las medidas de las partes y costos.</li></ul>
5. Elaboración.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se elabora un modelo en 3D de la nueva versión del robot.</li><li>• Se analizan las ventajas y desventajas de la nueva versión del robot.</li><li>• Se elaboran las nuevas piezas.</li><li>• Se identifican los elementos del robot que se van a modificar.</li><li>• Se hacen las modificaciones del robot.</li></ul>
<b>Caso 3. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot</b>	
1. Análisis del actuador.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se analiza la mecánica del robot.</li><li>• Se identifica el tipo de motor que mueve la pieza.</li><li>• Se busca información sobre el motor que mueve la pieza.</li><li>• Se analiza la capacidad que podría tener el motor para mover una pieza de dimensiones mayores.</li></ul>
2. Modificación del diseño.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se busca el diseño a detalle de la pieza.</li><li>• Se aumentan las dimensiones de la pieza, a través de un proceso de escala.</li></ul>
3. Prueba de funcionalidad de la pieza.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se prueba la funcionalidad de la pieza a través de un simulador (NX, Solid Edge, SolidWorks, CATIA, entre otros).</li><li>• Se prueba la funcionalidad de la pieza a partir de la elaboración de un prototipo.</li><li>• Se modifica el diseño a detalle la pieza con base en los resultados de la prueba.</li><li>• Se elaboran o se mandan a manufacturar los componentes de la pieza.</li></ul>

**Posibles estrategias procedimentales**  
**Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda (cont.)**

<b>Etapas</b>	<b>Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos</b>
<b>Caso 4. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot</b>	
1. Análisis general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evalúa la estructura actual del robot.</li> <li>• Se identifica el peso de robot.</li> <li>• Se elabora un diagrama de cuerpo libre del robot.</li> <li>• Se analiza la distribución del peso en el robot.</li> <li>• Se identifican los elementos del robot con mayor peso.</li> </ul>
2. Búsqueda de la solución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las posibles formas de la pieza.</li> <li>• Se analiza la funcionalidad de la pieza en el entorno en que se va a utilizar el robot.</li> <li>• Se analizan las ventajas y desventajas de las diferentes formas de la pieza.</li> <li>• Se selecciona una de las formas.</li> </ul>
3. Realización del diseño conceptual y a detalle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace un dibujo a lápiz y papel del robot con la pieza faltante.</li> <li>• Se colocan las dimensiones generales de todas las piezas del robot.</li> <li>• Se diseñan todos los componentes de la pieza faltante en un software especializado (NX).</li> <li>• Se identifican los posibles cambios que se le deben hacer a los componentes que van a estar en contacto con la pieza.</li> </ul>
<b>Caso 5. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot</b>	
1. Búsqueda de soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los componentes que se pueden modificar, cambiar o reducir de la parte electrónica.</li> <li>• Se analizan los posibles acomodos de los componentes electrónicos, para que ocupen menos espacio.</li> <li>• Se analiza el tipo de manipulación que se le dará al robot.</li> <li>• Se analizan la forma del robot, para conocer las posibles modificaciones que se le pueden hacer.</li> <li>• Se identifican soluciones para no modificar la estructura del robot.</li> </ul>
2. Modificación de la parte interna del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseña una posible estructura interna del robot.</li> <li>• Se modifican, cambian o reducen los componentes electrónicos.</li> <li>• Se acomodan los componentes electrónicos para que puedan entrar dentro de la estructura del robot.</li> </ul>
3. Modificación de la parte externa del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican las partes de la estructura del robot que deben ser modificadas.</li> <li>• Se analizan las posibilidades de cambiar la forma de la estructura del robot.</li> <li>• Se hacen las modificaciones en la estructura del robot.</li> </ul>

Posibles estrategias procedimentales	
Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda	
Etapas	Acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos
<b>Caso 6. Diseño a detalle del robot con base en especificaciones</b>	
1. Análisis general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los requerimientos sobre el diseño del robot.</li> <li>• Se investiga sobre lo que se ha hecho para diseñar robots con las características que demandan los requerimientos.</li> <li>• Se investiga sobre las posibles formas del robot.</li> <li>• Se analizan posibles formas de movimiento que puede tener el robot.</li> <li>• Se analizan los requerimientos sobre el diseño, para valorar el nivel de importancia de cada uno de ellos.</li> </ul>
2. Identificación de posibles soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los sensores que se van a colocar en el robot.</li> <li>• Se identifica el posible sistema de locomoción del robot.</li> <li>• Se identifican los materiales con los cuales se va a elaborar el robot.</li> <li>• Se determinan al menos tres soluciones de diseño general del robot.</li> </ul>
3. Elaboración del diseño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dibujan a lápiz y papel los diseños de robot que se determinaron.</li> <li>• Se diseñan las soluciones de diseño del robot en un simulador.</li> <li>• Se valora la funcionalidad del robot a partir de los datos que arroje el simulador.</li> <li>• Se escoge un diseño.</li> <li>• Se diseña a detalle el robot en un software especializado.</li> </ul>
4. Diseño final del robot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analizan los procesos de elaboración y manufactura que se necesitan para crear todas las piezas del robot.</li> <li>• Se construye la estructura mecánica del robot.</li> <li>• Se arma la electrónica y se hace la programación del robot.</li> <li>• Se hacen pruebas sobre la funcionalidad del robot.</li> </ul>

### 5.3. Análisis de los resultados de los estudios uno y dos

Los resultados de los estudios de la investigación se pueden valorar a partir de tres grandes categorías de análisis: presencia de la *robótica pedagógica*, ideas relacionadas con los problemas matemáticos y determinación de las posibles estrategias procedimentales.

#### *Presencia de la robótica pedagógica*

Los resultados de los estudios han dejado en evidencia que efectivamente todas las actividades que se llevaban a cabo dentro del TRA están fuertemente influenciadas

por las ideas del construccionismo, la *robótica pedagógica*, así como por las leyes que dominan a los robots.

Las autoridades y los integrantes de esta organización académica no realizan las actividades con base en estos tres aspectos explícitamente, sin embargo, lo hacen de forma implícita, a través de sus acciones y/o comentarios.

La presencia de las ideas del construccionismo en el taller es demostrada cuando se hace evidente que los estudiantes están en constantes procesos de construcción en los dos planos: estructuración de las ideas en el cerebro y elaboración física de diversos productos.

La estructuración de ideas en el cerebro la llevan a cabo cada vez que se enfrentan a las diferentes actividades realizadas dentro del TRA, por ejemplo, al construir los robots y al realizar los equipos de trabajos, como fue evidenciado en las entrevistas, pues deben reconstruir pensamientos para comprender los procesos de atención.

La elaboración física de diversos productos principalmente la realizan cuando atienden las demandas del diseño de robots, pues deben construir piezas, esquemas, dibujos, modelos tridimensionales de las partes, bosquejos, circuitos electrónicos y códigos, como se presentó en las observaciones.

Cabe mencionar que los integrantes también realizan otros tipos de productos físicos, los cuales están más relacionados con sus procesos formativos dentro de la organización, por ejemplo, reportes, calendarios, esquemas organizacionales, tareas de investigación y resúmenes.

Los principios de la *robótica pedagógica* se ven reflejados en las formas en la que llevan a cabo los procesos de construcción de los diferentes robots, pues siempre se hacen enfocados en el fortalecimiento de los conocimientos, las habilidades, las actitudes y las capacidades de los integrantes.

Algunos de los conocimientos, habilidades y actitudes, los cuales se evidenciaron que fortalecieron los integrantes del TRA durante la construcción de los diferentes robots, fueron:

- Diseño de objetos
- Trabajo en equipo
- Trabajo bajo presión
- Liderazgo
- Resolución de problemas
- Proactividad
- Creatividad
- Autonomía

La presencia de las cinco leyes de la robótica, finalmente, se ve evidenciada en las características de los robots que se construyen dentro del TRA, ya que ninguna de estas hace que las máquinas integralmente atenten contra las ideas estipuladas en los principios enunciados por Issac Asimov y James Fuller.

Por ejemplo, el robot FinDER tiene sensores de movimiento y visión que les pueden ayudar a los rescatistas a localizar objetos debajo de los escombros, lo cual le permite a la máquina contribuir al trabajo de estas personas, no a dejarlas sin empleo o actividades.

Además, los resultados de los estudios permitieron reconocer que en los talleres basados en la *robótica pedagógica* se hacen actividades formativas complementarias (no solo el diseño de robots), así como se realiza la construcción de máquinas de características similares.

Algunas de las actividades formativas complementarias que se realizan específicamente en este taller donde se construyen robots son: capacitaciones entre pares, participaciones en concursos nacionales e internacionales y divulgación de los postulados de la robótica.

- Las capacitaciones entre pares se llevan a cabo de forma constante, peculiarmente, de los integrantes con una trayectoria más amplia hacia los que acaban de ingresar. Esta actividad formativa les da flexibilidad y diversidad a los procesos formativos de este taller.

- La participación en concursos nacionales e internacionales generalmente la realizan cada año, en los cuales muestran nuevas versiones de los robots contruidos en el taller y compiten contra instituciones educativas que se dedican a elaborar máquinas de características similares.
- La divulgación de los postulados de la robótica se realiza a partir de la impartición de talleres, cursos y simposios por los coordinadores e integrantes del taller hacia otros estudiantes de las diferentes ingenierías de la UNAM, ya sea de forma presencial o en línea.

Las principales máquinas de rasgos característicos similares a los robots, que se llegan a construir dentro de los talleres basados en la *robótica pedagógica*, son de dos tipos principalmente: 1) telemanipuladores y 2) mecanismos, dispositivos o sistemas robotizados.

Tal es el caso del dispositivo destinado a demostrar la ley de enfriamiento de Newton, que elaboraron los integrantes del TRA Roberto García y Jazmín Ramírez, el cual es un mecanismo robotizado destinado a apoyar en las prácticas de laboratorio de los estudiantes de la UNAM.

Esta amplia diversidad de los tipos de robots y de máquinas de características similares que se llegan a construir en los talleres basados en la *robótica pedagógica* les permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones diferentes, lo cual favorece el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes o capacidades.

Asimismo, esta amplia diversidad de máquinas construidas en estos talleres puede servir en tiempos futuros para crear inventos especiales, que puedan ser usados en diferentes sectores o en la cotidianidad, con la finalidad de favorecer la existencia humana y la preservación de la vida en la tierra.

#### *Ideas relacionadas con los problemas matemáticos*

Los problemas matemáticos que se reconocieron durante el estudio uno fueron un total de seis, los cuales cumplen con todas las características de problemáticas de esta índole y tienen relación principalmente con tres ramas de las matemáticas: la aritmética, la geometría y el álgebra.

En el estudio de la investigación, casi no se hicieron presentes los problemas matemáticos relacionados principalmente con la estadística y la probabilidad (sólo se reconoció en esta categoría a la definición del campo de visión), sin embargo, en futuras indagaciones se podría centrar la atención en encontrarlos.

Cabe mencionar que además en el estudio uno se identificaron seis problemas relacionados con la física, los cuales no se retomaron para la indagación sobre la identificación de las posibles estrategias procedimentales, porque se sobrepasaban los objetivos de la investigación. Se determinó que estos problemas no eran matemáticos porque demandaban la realización de cálculos u operaciones de distancias, aceleraciones, velocidades, energías, potencias, presiones, resistencias y tensiones, temáticas que aborda el campo de estudio de la física.

De estas afirmaciones, se puede concluir que en la construcción de robots educativos los estudiantes se van a enfrentar a problemas de diferentes índoles, principalmente matemáticos y físicos, porque la robótica es interdisciplinar, es decir, retoma y/o aplica conocimientos de diversas áreas del saber.

Además, los problemas matemáticos que se encontraron son de estructura cerrada (es decir, son problemáticas en las cuales las respuestas se pueden deducir a partir de los datos) y tienen diferentes niveles de complejidad, lo cual favorece los procesos formativos de los estudiantes.

En algunos problemas matemáticos, solo se requiere la realización de operaciones aritméticas y geométricas, para encontrar las soluciones, en otros además es necesario hacer planteamientos algebraicos básicos, así como indagar temas de matemáticas que se han investigado a lo largo de la historia.

Es importante mencionar que los problemas matemáticos, a pesar de sus variantes en grado de complejidad, siempre van a demandar la realización de actividades en las cuales sea necesario revisar o modificar los tres subsistemas básicos o las piezas del robot.

La resolución de los seis problemas matemáticos, durante el estudio dos de la investigación, permitió conocer, identificar, comprender, analizar, evaluar,



reconocer, sintetizar, así como concluir algunas ideas importantes para el desarrollo del campo pedagógico:

1) Los problemas matemáticos tienen diferentes vías de solución y requieren de la aplicación de los conocimientos de las ramas de las matemáticas, por lo cual es importante complementar los procesos formativos que se llevan a cabo dentro de los talleres de *robótica pedagógica* con enseñanzas sobre esta área.

2) Los estudiantes del TRA para resolver problemas matemáticos a los cuales se enfrentan en la construcción de robots, aplican los conocimientos sobre matemáticas que adquirieron durante su formación escolar previa, específicamente, se pueden listar los siguientes:

- Conteo de números.
- Procedimientos para resolver operaciones aritméticas.
- Formas para medir longitudes y capacidades de recipientes.
- Estimación de cantidades.
- Técnicas para calcular valores faltantes.
- Formas para reconocer figuras geométricas.
- Lenguaje aritmético, geométrico y algebraico.
- Procedimientos para calcular perímetros, áreas y volúmenes.

3) La formación constante en matemáticas les permite a los estudiantes del TRA desarrollar la capacidad para resolver problemas matemáticos de diferentes grados de complejidad y vinculados a varias ramas de esta ciencia, que se pueden presentar en la construcción de robots.

4) La resolución de los problemas matemáticos requiere que los estudiantes pongan en práctica habilidades relacionadas con la lógica, la intuición, el análisis, la construcción, la generalidad y la particularidad, las cuales han adquirido durante su formación formal y no formal.

5) La resolución de problemas matemáticos les permite a los estudiantes del TRA desarrollar capacidades, habilidades y actitudes para el desarrollo personal, así

como profesional, por ejemplo, el pensamiento divergente, la creatividad, la cooperación y el liderazgo.

### *Determinación de las posibles estrategias procedimentales*

Las posibles estrategias procedimentales que se identificaron durante la resolución de los seis casos de simulación de la investigación tienen de tres a seis etapas, así como es necesario realizar de dos a diez acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos en cada una de ellas.

La mayoría de las posibles estrategias procedimentales que se identificaron requieren de la realización de tres etapas específicamente:

- Búsqueda de soluciones.
- Análisis general o de la situación.
- Modificación o elaboración.

Las acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos de cada una de las etapas de las posibles estrategias procedimentales no solo requieren de hacer cálculos y/u operaciones, sino también tareas de otras índoles que implícitamente están relacionadas con las matemáticas.

Algunos de los cálculos y operaciones que se deben hacer en las posibles estrategias procedimentales son: medir la distancia entre los sensores y objetos que se colocan en una posición determinada, así como calcular el ángulo formado entre piezas del robot.

Algunas de las tareas de otras índoles que implícitamente están relacionadas con las matemáticas que se deben hacer en las posibles estrategias procedimentales son: dibujar a lápiz los diseños de los robots determinados, así como elaborar modelos en 3D de una nueva versión de una pieza.

Cabe mencionar que todas las acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos, llevados a cabo durante las diferentes etapas de las posibles estrategias procedimentales, se pueden realizar de forma individual o colectiva, así como de manera simultánea o secuencial.

Con base en los resultados de los dos estudios, se identificó que las posibles estrategias procedimentales estaban determinadas por las experiencias educativas que los integrantes habían adquirido durante su formación formal, así como no formal, en especial, la proporcionada por el taller.

Los integrantes de esta organización académica han pasado 15 años mínimo en procesos formativos formales en los cuales aprendieron matemáticas, así como resolvieron problemas relacionados con los números, las figuras geométricas, la búsqueda de datos y la probabilidad de sucesos.

Además, los integrantes han estado en diferentes cursos o talleres en los que fortalecieron sus conocimientos, habilidades, actitudes y/o capacidades, para abordar problemáticas relacionadas con los campos de estudio de las matemáticas y la robótica.

El Taller de Robótica Abierta también les ha proporcionado a los integrantes amplias experiencias para enfrentarse a los problemas matemáticos que se presentan en la construcción de robots, pues constantemente están en la elaboración de los sistemas o piezas de este tipo de máquinas.

Una investigación interesante que se podría hacer desde el campo pedagógico es el análisis de la influencia de cada una de las experiencias en la determinación de las estrategias procedimentales, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos.

Después de la determinación y el análisis general de las posibles estrategias procedimentales, para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos, estipuladas por los integrantes que participaron en la investigación, se pueden concluir seis ideas:

- Las posibles estrategias procedimentales encontradas en esta investigación deben pasar por un proceso de valoración y reestructuración, para adecuarlas a cada uno de los procesos formativos llevados a cabo en los diferentes talleres basados en la *robótica pedagógica*.

- Las posibles estrategias procedimentales, después del análisis y la valorización, se pueden detallar, así como categorizar con base en los diferentes grupos de los robots que existen actualmente o por grado de complejidad.
- Las posibles estrategias procedimentales encontradas en esta investigación les pueden permitir a los docentes de los talleres basados en *robótica pedagógica* enriquecer los procesos didácticos, es decir, las prácticas de enseñanza y las formas de adquisición de aprendizajes.
- La mayoría de los estudiantes de los diferentes niveles educativos pueden apoyarse de estas posibles estrategias procedimentales, para solucionar los problemas matemáticos, ya que se hacen acciones, tareas, actividades, técnicas y métodos básicos.
- Las posibles estrategias les pueden ayudar a los estudiantes a encontrar la solución de los problemas matemáticos de forma rápida, lo cual los va a motivar a seguir con sus procesos formativo, lo cual después de tiempo será la pauta para crear más talleres basados en la *robótica pedagógica*.
- La información sobre las posibles estrategias les puede ayudar a los talleres a elaborar materiales sobre el tema, tanto físicos como digitales, que les sirvan a todos los estudiantes interesados en la robótica, así como en las matemáticas.

Cada una de las conclusiones listadas pueden ser la pauta inicial para idear nuevas líneas de investigación e indagación científicas, que permitan el desarrollo del campo pedagógica y enriquezcan las prácticas educativas llevadas a cabo en la nación mexicana.

## Conclusiones

Las instituciones educativas cada día implementan más talleres, clubs, cursos o prácticas escolares basadas en la *robótica pedagógica*, porque los agentes educativos que las dirigen reconocen los múltiples beneficios de llevarlos a cabo en los diferentes ciclos escolares.

Entre los principales beneficios se encuentran la dinamización de las metodologías de enseñanza, la asociación del saber teórico con el práctico, el aprendizaje a través de experiencias, así como la vinculación de los conocimientos de múltiples ciencias y disciplinas.

Los talleres, clubs, cursos y prácticas escolares basados en la *robótica pedagógica* tienen menos de cincuenta años de haberse empezado, pues antes de los setenta no se veía al diseño y a la construcción de robots como un medio para la enseñanza o el aprendizaje.

Actualmente, la mayoría de las instituciones educativas que imparten talleres, clubs, cursos y prácticas escolares basadas en la *robótica pedagógica* son privadas, sin embargo, ya hay proyectos e iniciativas en escuelas públicas para empezar con estas opciones formativas.

En las instituciones públicas no se llevaban a cabo generalmente talleres, clubs, cursos y prácticas escolares basadas en la *robótica pedagógica*, porque existía la idea de que la construcción de robots siempre demandaba un gasto excesivo de recursos económicos.

Las investigaciones actuales sobre la *robótica pedagógica* han demostrado que los robots pueden diseñarse y construirse con materiales de reciclaje o de bajo costo, por ejemplo, cartón, componentes electrónicos de aparatos viejos, papel, madera, así como plásticos.

La puesta en marcha de talleres, clubs, cursos y prácticas escolares basados en la *robótica pedagógica*, tanto en instituciones públicas, como privadas, ha dejado en

evidencia que es necesario seguir con la investigación en el campo, pues todavía hay aspectos por indagar.

Tal es el caso de las estrategias procedimentales llevadas a cabo para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos, pues no existía investigación sobre el tema que apoyara a los docentes y estudiantes en la búsqueda de soluciones.

Por ello, esta investigación de dos estudios se centró en buscar esas posibles estrategias procedimentales, con el fin de aumentar el conocimiento sobre el tema, generar las bases de futuros materiales informativos y crear nuevas líneas de indagación científica.

Los resultados del estudio uno, el cual estaba enfocado en buscar los problemas matemáticos que se presentan en la construcción de robots educativos, les sirve a los docentes y estudiantes en dos aspectos específicos:

1. Reconocer problemas matemáticos similares.

Los docentes y estudiantes pueden hacer un análisis de los problemas matemáticos que se encontraron durante las observaciones, así como entrevistas de esta investigación, para identificar aquellos a los cuales se han enfrentado en sus procesos formativos.

2. Buscar alternativas propias.

Los docentes y estudiantes pueden analizar los problemas matemáticos encontrados en esta investigación, para plantear sus propias estrategias procedimentales, con base en su experiencia en la construcción de robots de diferentes características.

Además, los resultados del estudio uno le puede servir a los expertos en la educación para crear materiales informativos sobre los problemas que se pueden encontrar en la construcción y diseño de robots educativos, especialmente, los de índole matemática.

Algunos de estos materiales informativos pueden ser artículos de divulgación, videos institucionales, video pláticas de compartición del conocimiento, presentaciones, murales digitales, folletos, trípticos, infografías, carteles y organizadores gráficos creativos.

Los posibles problemas matemáticos que se encontraron en el estudio uno fueron un total de doce, sin embargo, se descartaron seis de ellos porque demandaban hacer operaciones y cálculos derivados de temáticas que aborda el campo científico de la física.

Las problemáticas relacionadas con el campo de la física se descartaron para no desviar la investigación a otros objetivos específicos, desvinculados con el propósito general de esta indagación científica: encontrar las posibles estrategias procedimentales para solucionar problemas matemáticos.

Los problemas que se descartaron en este trabajo pueden ser retomados en otras investigaciones, donde se busquen las posibles estrategias procedimentales para resolver problemas relacionados con la física, que se presentan en la construcción de robots educativos.

Los resultados del estudio dos le sirven a toda la comunidad educativa para reconocer el conjunto de acciones, actividades, métodos y técnicas, es decir, las posibles estrategias procedimentales que pueden implementarse para solucionar problemas matemáticos en la construcción de robots.

Las posibles estrategias procedimentales encontradas en el estudio dos fueron un total de treinta, cinco por cada uno de los problemas matemáticos que se ubicaron en las entrevistas, las observaciones, así como en el análisis exploratorio número uno de la investigación.

Todas las posibles estrategias procedimentales encontradas en el estudio dos describen de forma general las acciones, actividades, métodos y técnicas que se deben hacer para solucionar los problemas matemáticos presentes en la construcción de robots.

Sin embargo, es importante comentar que todas las posibles estrategias procedimentales encontradas deben pasar por un proceso de análisis, valoración, modificación, así como reestructuración, para adecuarlas a las exigencias de cada situación educativa.

Asimismo, las posibles estrategias deben de pasar por un proceso de análisis, valoración, modificación y reestructuración, porque en esta investigación sólo se llegó a la identificación, así como al análisis general, por lo que se pueden presentar algunas fallas.

El análisis, valoración, modificación, así como reestructuración de las posibles estrategias procedimentales encontradas en esta investigación pueden ser el propósito de indagación de otros trabajos académicos o estudios exploratorios del campo pedagógico.

Como pedagoga considero que tanto los resultados del estudio uno, como los del dos, representan un cumulo de información importante que les puede servir a diferentes agentes educativos y a los estudiantes de los distintos niveles de educación impartidos en la nación mexicana.

Sé que los resultados de esta investigación todavía se deben someter a diferentes procesos de análisis, incluso, realizar una indagación similar con una población mayor, sin embargo, son un primer avance para la indagación de las estrategias procedimentales.

Además, considero que los resultados de esta investigación dejaron al descubierto diferentes situaciones que pueden ser objeto de estudio de investigaciones futuras, ya sea para la obtención de grados o con el fin de contribuir a una indagación específica del campo pedagógico.



## Glosario

**Actuadores:** Dispositivos que generan el movimiento de los elementos del robot, los cuales pueden ser de tres tipos: neumáticos, hidráulicos y eléctricos (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007).

**Álgebra:** Rama de las Matemáticas que tiene como objetivo estudiar las combinaciones de elementos numéricos y letras, para encontrar la solución a determinados problemas (Rosas, 2009).

**Aritmética:** Rama de las Matemáticas que se dedica al estudio de los números, así como a la aplicación de estos en las cuatro operaciones básicas: suma, resta, multiplicación y división (Rosas, 2009).

**Autómata:** Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado, así como encierra dentro de sí un mecanismo simple (Real Academia Española, 2021a).

**CAD:** Software de diseño asistido por computador que permite la elaboración de cuadros sinópticos, diagramas, gráficos estadísticos, así como de representaciones bidimensionales y tridimensionales de piezas (Rojas y Rojas, 2006).

**Cibernética:** Ciencia que analiza racionalmente el significado de gobernar y se encarga de estudiar el desempeño de las máquinas simples capaces de captar información de un sistema, así como de proporcionar órdenes (Acosta, 2000).

**Circuito:** Agrupación ordenada de componentes físicos, que utilizan voltaje, corriente y resistencia, para realizar algún efecto útil: luz, calor, movimiento, entre otros (Floyd, 2007).

**Construccionismo:** Teoría elaborada por Seymour Pepert, en la cual se menciona que el aprendizaje se genera cuando la persona está en procesos activos de construcción de productos con significado propio (Fernández, Calderón, Méndez y Rolim, 2014).

**Electrónica o sistema electrónico:** Conjunto de componentes que aprovechan la electricidad (resistencias, capacitadores, entre otros), para generar, transmitir o almacenar información (Rossano, 2009).

**Estadística:** Rama de las Matemáticas enfocada en el estudio de un conjunto de datos numéricos de un mismo grupo de cosas, para deducir leyes que rigen ciertos fenómenos o formular previsiones (Rosas, 2009).

**Estrategias procedimentales:** Conjuntos de métodos, técnicas y actividades, relacionadas con el procedimiento, que las personas ponen en acción, con la finalidad de llegar a las soluciones o metas (Contreras, 2013).

**Geometría:** Rama de las Matemáticas que se dedica al estudio de las medidas en el espacio (Rosas, 2009), así como a la indagación sobre las líneas, las figuras y los cuerpos con respecto a su forma, extensión o posición (Bruño, 1911).

**Grados de libertad:** Números de movimientos independientes que es capaz de realizar una articulación de un robot o de una máquina mecánica (Trejo y Hernández, 2018).

**Inteligencia Artificial:** Ciencia que estudia el mecanismo de la inteligencia humana, con el fin de crear máquinas inteligentes capaces de elaborar juicios y tomar decisiones (Villca, 2013).

**Manufactura:** Proceso de conversión que requiere de la aplicación de operaciones físicas o químicas, para transformar las propiedades de los materiales y lograr la apariencia final (Noriega, López, Mital y Castaño, 2017).

**Masa despreciable:** Cantidad de materia de un cuerpo (Real Academia Española, 2021c), que no se toma en cuenta debido a su insignificancia (Real Academia Española, 2021b).

**Matemáticas:** Ciencia que estudia las propiedades de los entes abstractos (números, figuras, símbolos, entre otros), para resolver problemas de la misma índole (Real Academia Española, 2020d) y (Lluis, 2006).

**Mecánica o sistema mecánico:** Serie de elementos rígidos, unidos entre sí por articulaciones, que conforman la estructura de los robots (Olier, Avilés y Hernández, 1999).

**Nanotecnología:** Diseño y caracterización de estructuras a escala nanométrica, mediante el control de la forma, el tamaño, así como de las propiedades (Mendoza y Rodríguez, 2007).

**Operaciones matemáticas:** Procedimientos específicos que se realizan en la resolución de un problema matemático, a partir de lo dado y lo buscado, los cuales contribuyen a encontrar los resultados (Pérez y Beltrán, 2011).

**Probabilidad:** Rama de las Matemáticas que se enfoca en el estudio de la razón, así como de la relación que existe entre el número de eventos totales y la cantidad de sucesos favorables (Rosas, 2009).

**Problemas matemáticos:** Situaciones concretas contextualizadas, en las que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones y se hacen cálculos, para encontrar las soluciones (Penalva, Posadas y Roig, 2010).

**Programación:** Trabajo de elaboración de un programa, a partir de la escritura de un código, que tiene como fin el cumplir con el objetivo para el cual fue creado (Juganaru, 2014).

**Robot:** Máquina reprogramable que cuenta con un determinado grado de movilidad, la cual realiza un conjunto de tareas de forma independiente y se adapta al mundo donde opera (Zabala, 2007).

**Robots educativos:** Máquinas o kits robóticos que con su interacción o elaboración permiten impartir la enseñanza y fomentar el aprendizaje de conocimientos, habilidades, así como actitudes (Ruiz-Velasco, 2007).

**Robótica:** Ciencia que se encarga del estudio, desarrollo, creación y aplicación de los robots, con la finalidad de contribuir a la solución de un problema social, cultural o humano (Villca, 2013).

**Robótica pedagógica:** Disciplina que se dedica a estudiar, diseñar y desarrollar robots educativos, para que los estudiantes aprendan conocimientos, habilidades, así como actitudes (Ruiz-Velasco, 2007).

**Sensores:** Dispositivos que permiten captar información, los cuales son de cinco tipos: internos, externos, de posición, de velocidad y de presencia (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007).

**Sistema de locomoción:** Tipo de traslación que utiliza un robot para moverse de un lugar a otro, constituido por dispositivos como ruedas, patas y orugas (Barrientos, García y Silva, 2007).

## Referencias

- Acosta, L. (2000). Cibernética y teoría de sistemas. En Aguilar, J. y Martín, A. (Coord.). *Las matemáticas del siglo XX: una mirada en 101 artículos* (pp. 233-236). España: Nivola.
- Acuerdo 15/06/19. Diario Oficial de la Federación de la República Mexicana, México, 25 de junio de 2019.
- Aguilar, A., Bravo, F., Gallegos, H., Cerón, M. y Reyes, R. (2009). *Matemáticas simplificadas*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Alfaro, C. y Barrantes, H. (2008) ¿Qué es un problema matemático? Percepciones en la enseñanza media costarricense. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, (4), 83-98.
- Álvarez, L. (2008). Inteligencia Artificial (Test de Turing). *Revista de Información, Tecnología y Sociedad*, (1), 54-55.
- Arnaez, E. (2015). *Enfoque práctico de la teoría de robots. Con aplicaciones en Matlab*. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Aufmann, R. y Lockwood, J. (2013). *Álgebra Elemental*. México: CENGAGE Learning Editores.
- Barajas, C., Parada, S. y Molina, J. (abril, 2017). Procedimientos Aritméticos en la Resolución de Problemas de Fenómenos Variacionales. *Bolema*, 32 (60), 75-91.
- Barrera, F. (2014). *Álgebra lineal*. México: Grupo Editorial Patria.
- Barrera, N. (enero-junio, 2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6 (11), 215-234.
- Barrientos, A., Peñín, L., Balaguer, C. y Aracil, R. (2007). *Fundamentos de la robótica*. España: McGraw-Hill.
- Barrientos, V., García, J. y Silva, R. (2007). Robots Móviles: Evolución y Estado del Arte. *Polibits*, (35), 12-17.
- Barro, S. y Rouhiainen, L. (2020). *Innovación y Tecnologías Inteligentes*. España: Foro Económico de Galicia.

- Bravo, F. y Forero, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de la Educación, Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13 (2), 120-136.
- Bruño, G. (1911). *Elementos de Geometría*. París: Editorial Bouret.
- Cañedo, R., Ramos, R. y Guerrero, J. (2005). La Informática, la Computación y la Ciencia de la Información: una alianza para el desarrollo. *Acimed*, 13 (5), 1-15.
- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones. (abril, 2012). El robot “Curiosity” continúa su viaje a Marte. *Antena de Telecomunicación*, 28-32.
- Comité Español de Automática. (2011). *El libro blanco de la robótica en España. Investigación, tecnologías y formación*. España: CEA.
- Contreras, E. (julio-diciembre, 2013). El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica. *Pensamiento & Gestión*, (35), 152-181.
- Courant, R. y Robbins, H. (1979) *¿Qué es la matemática?* España: Aguilar.
- Coursera. (2021a). *Álgebra básica*. Recuperado de <https://es.coursera.org/learn/algebra-basica>
- Coursera. (2021b). *Arduino y algunas aplicaciones*. Recuperado de <https://www.coursera.org/learn/arduino-aplicaciones#instructors>
- Coursera. (2021c). *Stalin Muñoz Gutiérrez*. Recuperado de <https://www.coursera.org/instructor/~219322>
- Craig, J. (2006). *Robótica*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Creabótica. (2021). *Creabótica*. Recuperado de <https://creaboticavirtual.company.site/>
- De Agüero, M. (2006). *El pensamiento práctico de una cuadrilla de pintores. Estrategias para la solución de problemas en situaciones matematizables de la vida cotidiana*. México: Universidad Iberoamericana.
- Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación. (2014). *Ulises Martín Peñuelas Rivas*. Recuperado de <https://cutt.ly/vkGOzQh>

- Espinosa, D. (2008). La formación matemática en la educación superior. *El Hombre y la Máquina*, (31), 52-63.
- Fernández, J., Calderón, A., Méndez, A. y Rolim, R. (septiembre-diciembre, 2014). Teoría Construccionalista del aprendizaje en formación del profesorado. Perspectivas de alumnado y profesorado desde la investigación cuantitativa y cualitativa. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 18 (3), 213-228.
- Floyd, T. (2007). *Principios de circuitos eléctricos*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Fontalvo, F. (diciembre, 2018). Robótica educativa desde la investigación como estrategia pedagógica apoyada en tic en la escuela. *Cultura, Educación y Sociedad*, 9 (3), 699-708.
- Gánem, R., García, R. y García, A. (2014). *Dinámica. Las leyes del movimiento*. México: Grupo Editorial Patria.
- García, J. (septiembre, 2015). Robótica Educativa. La programación como parte de un proceso educativo. *Revista de Educación a Distancia*, 46 (8), 1-11.
- García, R. y Arias, M. (2016). Prototipo virtual de un robot móvil multi-terreno para aplicaciones de búsqueda y rescate. En Ramos, J., Vargas, J. y Tovar, S. (Coord.). *Ingeniería Mecatrónica en México 2016* (pp. 337-351). México: Asociación Mexicana de Mecatrónica.
- Ghitis, T. y Alba, J. (enero-junio, 2014). Los robots llegan a las aulas. *Revista Infancias Imágenes*, 13 (1), 143-147.
- Google. (2020). *Mapa de México en Google maps*. Recuperado de <https://www.google.com.mx/maps/>
- Haber, S. (1993). La industrialización de México: historiografía y análisis. *Hmex*, 42 (3), 649-688.
- Hendarto, H. y Setiawa, J. (2014). ANFIS Application for Calculating Inverse Kinematics of Programmable Universal Machine for Assembly (PUMA) Robot. *1st International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering*. Indonesia: Universidad Diponegoro.

- Hepp, P., Merino, M., Barriga, M. y Huircapán, A. (2013). Tecnología robótica en contextos escolares vulnerables con estudiantes de la etnia Mapuche. *Estudios Pedagógicos*, 39 (Número Especial), 75-84.
- Hernández, G. (2008). Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. *Perfiles Educativos*, 30 (122), 38-77.
- Instituto Politécnico Nacional. (2003). *Mapa curricular de la Ingeniería en Robótica Industrial*. México: IPN.
- Izquierdo, F. (2000). *Geometría descriptiva*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Jiménez, J., Ovalle, D. y Branch, J. (agosto, 2008). Comunicación en sistemas de múltiples robots desde la metodología MAD-Smart. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 28 (2), 59-65.
- Jiménez, L., Arango, R. y Jiménez, J. (julio-diciembre, 2014). Lego Mindstorms NXT: juego como herramienta de aprendizaje de programación. *Lámpsakos*, (12), 72-78.
- Juganaru, M. (2014). *Introducción a la programación*. México: Grupo Editorial Patria.
- Keska, M. (2006). Cuerpo y nuevas tecnologías: el concepto de cyborg en el arte contemporáneo. *43º Congreso de Filósofos Jóvenes*. España: Universidad de Granada.
- Kumar, S. (2008). *Introducción a la robótica*. México: McGraw-Hill.
- Ley General de Educación. Diario Oficial de la Federación de la República Mexicana, México, 30 de septiembre de 2019.
- Lluís, E. (marzo-junio, 2006). Teorías matemáticas, matemática aplicada y computación. *Ciencia Ergo Sum*, 13 (1), 91-98.
- Loong, W., Hamed, K. y Ames, A. (2019). First Steps Towards Full Model Based Motion Planning and Control of Quadrupeds: A Hybrid Zero Dynamics Approach. *53ª Conferencia Internacional IEEE*. China.
- Márquez, J. y Ruiz, J. (diciembre, 2014). Robótica educativa aplicada a la enseñanza básica secundaria. *Didáctica, Innovación y Multimedia*, (30), 1-12.



- Mendenhall, W., Beaver, R. y Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. México: CENGAGE Learning.
- Mendoza, G. y Rodríguez, J. (enero-junio, 2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. *Perfiles Latinoamericanos*, (29), 161-186.
- Miller, H. (enero-marzo, 2003). Cirugía robótica en México. Los sistemas inteligentes, perspectivas actuales y a futuro en el ámbito mundial. *Revista Mexicana de Cirugía Endoscópica*, 4 (1), 45-50.
- Minami, Y., Peñuelas, U. y Arenas, A. (2018). Taller de Robótica Abierta: Espacio académico multipropósito. *5º Congreso Internacional de Investigación y Transformación Educativa en el siglo XXI*. México: Centro Regional de Formación Docente e Investigación Educativa.
- Moctezuma, R. y Collins, J. (2013). *Geometría y Trigonometría*. México: Editorial Alec.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Moreno, H., Saltarén, R., Puglisi, L., Carrera, I. Cárdenas, P. y Álvarez, C. (2014). Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 11, 3-19.
- Moro, M. (2007). ELIZA: cuarenta años de terapias virtuales. *Revista de Historia de la Psicología*, 28 (2/3), 67-76.
- Muñoz, C. (febrero, 2011). Tipos de problemas matemáticos. *Pedagogía Magna*, (11), 265-274.
- Noriega, S., López, F., Mital, A. y Castaño, V. (2017). *Ingeniería de Manufactura en el siglo XXI. Un enfoque Estructural para Desarrollo, Diseño y Manufactura de Productos de Consumo*. México: Academia de Ingeniería México.
- Obaya, A. (2003). El construccionismo y sus repercusiones en el aprendizaje asistido por computadora. *Contactos*, 48, 61-64.
- Odyssey Toys. (2019). *Quincy the robot artist*. USA: Odyssey Toys.

- Olier, I., Avilés, O. y Hernández, J. (noviembre, 1999). Una introducción a la Robótica Industrial. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 8, 53-67.
- Ollero, A. (2001). *Robótica. Manipuladores y robots móviles*. España: MARCOMBO.
- Ortiz, A. (2009). Lógica y Pensamiento Aritmético. *PNA*, 3 (2), 51-72.
- Osorio, M. y Suárez, A. (marzo-agosto, 2014). Importancia de la probabilidad y la estadística en la formación del Ingeniero. *Investigación, Innovación e Ingeniería*, (2), 26-37.
- Pasamar, I. (2017). Nikola Tesla: armas radiodirigidas [Blog]. *HRM ediciones*. Recuperado de <https://cutt.ly/lkOujZJ>
- Pastor, M. (septiembre-diciembre, 2001). Orígenes y evolución del concepto de educación no formal. *Revista Española de Pedagogía*, (220), 525-544.
- Penalva, M., Posadas, J. y Roig, A. (diciembre, 2010). Resolución y planteamiento de problemas: Contextos para el aprendizaje de la probabilidad. *Educación Matemática*, 22 (3), 23-54.
- Pérez, M. (2006). Robotics and Development of Intellectual Abilities in Children. *IRIE*, 6, 84-90.
- Pérez, Y. y Beltrán, C. (enero-marzo, 2011) ¿Qué es un problema en Matemática y cómo resolverlo? Algunas consideraciones preliminares. *EduSol*, 11 (34), 74-89.
- Persson, M. y Andersson, P. (2020). Aimee Mullins [Blog]. *ICON*. Recuperado de <http://iconmagazine.se/portfolio/aimee-mullins/>
- Pérula, R., Al-Kaff, A. y García, J. (2013). Diseño de un robot móvil como mascota robótica de entretenimiento para personas con dependencia. *11th workshop Robocity2030*. España: Universidad Carlos III de Madrid.
- Pineda, D. (enero, 2009). Las matemáticas en nuestro mundo cotidiano. *Revista Digital Universitaria*, 10 (1). Recuperado de <https://cutt.ly/vkOard9>
- Pineda, L. (julio-septiembre, 2011). De los sistemas convencionales a los robots parlantes. *Ciencia*, 62 (3), 29-37.
- Pinto, A. (2013). Pedagogía constructorista en la enseñanza de las ciencias sociales. *Clío*, 39, 1-12.

- Pinto, M., Barrera, N. y Pérez, W. (julio, 2010). Uso de la Robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 10 (1), 15-23.
- Piñeiro, J., Pinto, E. y Díaz, D. (febrero, 2015) ¿Qué es la Resolución de Problemas? *Revista Virtual Redipe*, 2. Recuperado de <https://cutt.ly/PkOuosF>
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V. y Rodríguez, M. (marzo, 2014). Uso de la Robótica como Herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España. *VAEP-RITA*, 2 (1), 41-48.
- Quiroga, L. (2018). La robótica: otra forma de aprender. *Revista de Educación & Pensamiento*, (25), 51-54.
- Real Academia Española. (2021a). Autómata. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/aut%C3%B3mata>
- Real Academia Española. (2021b). Despreciable. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/despreciable>
- Real Academia Española. (2021c). Masa. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/masa>
- Real Academia Española. (2020d). Matemático, ca. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/matem%C3%A1tico#ObS8ajk>
- Rethink robotics. (2015). *Baxter*. USA: Rethink robotics.
- Rico, A. (2019). Hacia el reconocimiento de la subjetividad en los agentes artificiales. Una delimitación del sujeto artificial en la semiótica. *Tópicos del seminario*, (41), 147-169.
- Rojas, O. y Rojas L. (2006). Diseño asistido por computador. *Industria Data*, 9 (1), 7-15.
- Romero, F. (julio, 2009). Aprendizaje significativo y constructivismo. *Temas para la Educación*, (3). Recuperado de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd4981.pdf>
- Rosas, J. (2009). *Diccionario de matemáticas*. México: Editores Mexicanos Unidos.

- Rossano, V. (2009). *Electrónica Digital. Guía de aprendizaje*. Argentina: USERS.
- Ruiz-Velasco, E. (2007). *Educatrónica. Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sagues, C., Mosteo, A., Tardioli, D., Murillo, A., Villarroel, J. y Montano, L. (2012). Sistema multi-robot para localización e identificación de vehículos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 9, 69-80.
- Sánchez, F., Jiménez, P., Millán, F., Salvador, J., Monllau, V., Palou, J. y Villavicencio, H. (marzo, 2007). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II). *Actas urológicas españolas*, 31 (3), 185-196).
- Sánchez, F., Millán, F., Salvador, J., Palou, J., Rodríguez, F., Esquena, S. y Villavicencio, H. (febrero, 2007). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte I). *Actas urológicas españolas*, 31 (2), 69-76.
- Santos, L. (agosto, 1992). Resolución de Problemas; El Trabajo de Alan Schoenfeld: Una propuesta a Considerar en el Aprendizaje de las Matemáticas. *Educación Matemática*, 4 (2), 16-24.
- Secretaría de Economía. (2012). *Industria Automotriz*. México: Secretaría de Economía.
- Secretaría de Educación Pública. (2011). *Plan de estudios 2011. Educación Básica*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (2017a). *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (2017b). *Plan de estudio de referencia del marco curricular común de la educación media superior*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (2019). *Desafíos matemáticos. Sexto grado*. México: SEP.
- Taller de Robótica Abierta. (2020). *Taller de Robótica Abierta*. Recuperado de <http://dcb.fi-c.unam.mx/TallerRobotica/>

- Terrazas, T., Martínez, J., Morales, R. y Rojas, A. (diciembre, 2017). La robótica educativa: medio para el desarrollo de la competencia comunicativo-ortográfica. *Revista de Tecnología y Educación*, 1 (2), 55-65.
- Trejo, J. y Hernández, R. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de robot con tres grados de libertad para posicionamiento de objetos*. El Salvador: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.
- Trigo, V. (2000). Bibliografía de Isaac Asimov. *Autores Científico-Técnicos y Académicos*, (15), 73-93.
- Trilla, J. (1993). *La educación fuera de la escuela. Ámbitos no formales y educación social*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2007). *Proyecto de modificación del plan y los programas de estudio de la licenciatura en Pedagogía*. México: UNAM.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2012). *TESIUNAM* [Base de datos]. Recuperado de <http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F?RN=344395681>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2015a). *Plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Eléctrica Electrónica*. México: UNAM.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2015b). *Plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería en Computación*. México: UNAM.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2015c). *Plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Mecánica*. México: UNAM.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2015d). *Plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica*. México: UNAM.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2021). *Agrupaciones Estudiantiles*. Recuperado de <https://agrupaciones.ingenieria.unam.mx/>
- Vicario, C. (abril-junio, 2009). Construccinismo. Referente sociotecnopedagógico para la era digital. *Innovación Educativa*, 9 (47), 45-50.
- Villca, W. (2013). Robótica. *Revista de Información, Tecnología y Sociedad*, (1), 132-136.

- Yale University. (YouTube). *Piaget on Piaget* (Video). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=NuDjscvqE08>
- Zabala, G. (2007). *Robótica. Guía Teórica y Práctica*. Lomas de Zamora: Gradi.

## Anexos

### Anexo 1: Instituciones que utilizan la robótica pedagógica para fundamentar sus procesos formativos

Instituciones de educación preescolar (cont.)		
Nombre de la institución	Ubicación	Más información
<b>Aguascalientes</b>		
1. Escuela de la Ciudad de Aguascalientes	Prol. Gral. Ignacio Zaragoza 311, Jardines de la Concepción II, 20120 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http://www.eca.edu.mx/">http://www.eca.edu.mx/</a>
2. Instituto Stanford Aguascalientes	Av. Providencia #104, Rancho Santa Mónica, 20286 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LuCagi5">https://cutt.ly/LuCagi5</a>
3. Instituto Tepeyac campus Aguascalientes	Av. Eugenio Garza Sada, Pocitos, Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http://www.eca.edu.mx/">http://www.eca.edu.mx/</a>
4. Colegio Valladolid Aguascalientes	Av Siglo XXI 2902, Pintores Mexicanos, 20179 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
5. Colegio Valladolid Aguascalientes Misión del Campanario	Misión de La Soledad 302, Misión del Campanario, 20118 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
6. Colegio Campestre	Adrian Muñoz 109, Unión Ganadera, 20130 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/XiHQarg">https://cutt.ly/XiHQarg</a>
<b>Baja California</b>		
1. Colegio de Occidente Ejido Puebla Mexicali	Calle 1ra. Casi esquina con Av. Zaragoza Ejido Puebla, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio de Occidente Lagos del Sol Mexicali	Calz Manuel Gómez Morín 1701, Ladrillera, 21395 Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio de Occidente Tijuana Colinas	Avenida La Paz, Fraccionamiento Colinas de California, Colinas, 22647 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
4. Colegio de Occidente Tijuana Mesa	Camino al Murua No.15951, Colonia Alamar, 22465 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
5. Colegio de Occidente Tijuana Urbana	Av. Tehuacán 9222, Pob Delejido Francisco Villa, 22234 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
6. Instituto Ramiro Kolbe Santa Fe	Calle 185 Inería Plaza Otay Sur 150, Plaza Otay, Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
7. Instituto Ramiro Kolbe Otay	Calle Canseco 11998, Pórticos De San Antonio, 22666 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
8. Instituto Ramiro Kolbe Presidentes	Ave. Del Águila Azteca 7072 Col. Guaycura 22216 Tijuana Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>

Información sobre instituciones de educación preescolar que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de educación preescolar (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Baja California</b>		
9. Colegio del Valle Plaza Tijuana	Av. De los Insurgentes 829, Cerro Colorado, Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.cvalle.edu.mx/tijuana/">https://www.cvalle.edu.mx/tijuana/</a>
10. Instituto Colinas	Paseo de La Escondida 6562, Colinas de Agua Caliente, 22030 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.icolinas.com/">https://www.icolinas.com/</a>
11. Howard Gardner	Calle Gobernador Lugo 10, Davila, 22044 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PsNcJ7A">https://cutt.ly/PsNcJ7A</a>
12. Colegio Bilingüe Calmécac plantel Maestros Federales	Esteban Cantú S/N, Maestros Federales, Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="http://calmecac.edu.mx/cbc/">http://calmecac.edu.mx/cbc/</a>
13. Colegio Bilingüe Calmécac plantel Nuevo Mexicali	Km. 2 Carretera Ejido Islas Agrarias, Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="http://calmecac.edu.mx/cbc/">http://calmecac.edu.mx/cbc/</a>
14. Colegio El Arca	Paseo Playas de Tijuana 1578, Playas, Jardines Playas de Tijuana, 22500 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/isNLKYq">https://cutt.ly/isNLKYq</a>
15. Soleil Montessori	Guanabana 1225, Las Huertas 4ta Secc. 22460 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/NsNCqrW">https://cutt.ly/NsNCqrW</a>
16. Colegio Real De Minas	Gral. Lázaro Cárdenas 136, Pob Delejido Francisco Villa, 22236 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Ms8gSMX">https://cutt.ly/Ms8gSMX</a>
<b>Baja California Sur</b>		
1. Colegio Valladolid la Paz Centro	Benito Juárez y Boulevard Kino No. 1935, Colonia Los Olivos, La Paz, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Valladolid la Paz Urbana	Av. Prosperidad s/n entre Kaly y Kazahual, Colonia El Progreso, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Liceo Los Cabos, campus centro	5 de febrero, Ejidal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
4. Liceo Los Cabos, campus Tezal	Principal Camino al Tezal1A 1B, El Tezal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
<b>Chihuahua</b>		
1. Colegio Regional de México Juárez Centro	Calle Coyoacán, Margaritas, 32300 Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Regional de México Juárez Montemayor	Monte Mayor 4115, El Roble, Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio Regional de México Juárez Zaragoza	Aurelio Paez Chávez, Parcelas Ejido Zaragoza, Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
4. Instituto Valladolid Chihuahua Norte	Manuel García 10501, Deportista, 31125 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
5. Instituto Valladolid Chihuahua Sur	Av Palestina 10704, Tabalaopa, 31376 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>

Información sobre instituciones de educación preescolar que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>



**Instituciones de educación preescolar (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Durango</b>		
1. Colegio Valladolid Durango	Av. Constituyentes, Fraccionamiento Las Fuentes, 34220 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/UuCdFeK">https://cutt.ly/UuCdFeK</a>
2. Colegio Valladolid Gómez Palacio	Blvrd México, 15 de mayo, 35044 Gómez Palacio, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/UuCdFeK">https://cutt.ly/UuCdFeK</a>
3. Instituto Cumbres Durango	Anillo Periférico 100 Predio, El Saltito, 34105 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/0pxZ2Lr">https://cutt.ly/0pxZ2Lr</a>
5. Colegio Anglo Español de Durango	Real del Mezquital 92, Real del Mezquital, 34199 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PpcwvzL">https://cutt.ly/PpcwvzL</a>
6. Colegio Irlandés Americano	Av Francisco Sarabia 416, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/1pctJDQ">https://cutt.ly/1pctJDQ</a>
7. Instituto Miguel de Cervantes Saavedra	Paloma 441 Oriente, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/epcaisJ">https://cutt.ly/epcaisJ</a>
<b>Nayarit</b>		
1. Colegio Valladolid Tepic	Blvd. Granate, Col. La Floresta, 63173 Tepic, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Preescolar Mercurio	Av. Ignacio Allende 220, Centro, 63000 Tepic, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Jpz4aiq">https://cutt.ly/Jpz4aiq</a>
3. Colegio Simón Bolívar	Calle Valle de Compostela 32 Fraccionamiento Valles, 63194 Xalisco, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/QpxrMe4">https://cutt.ly/QpxrMe4</a>
<b>Oaxaca</b>		
1. Colegio Valladolid Oaxaca	Av. Fuerza Aérea Mexicana 1108, Reforma, 68050 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Valladolid Oaxaca Urbana	Río Salado 14, Segunda Sección el Llano, 71236 San Antonio de la Cal, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
<b>Querétaro</b>		
1. Colegio Valladolid Querétaro	Boulevard Bernardo Quintana, La Loma VI, 76116 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Montpellier	Calle José Ma. Morelos 197-A, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/6pkn3TJ">https://cutt.ly/6pkn3TJ</a>
<b>San Luis Potosí</b>		
1. Colegio Valladolid San Luis Potosí	Carretera Río Verde Km 8 S/N, 78434 Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Chapultepec De San Luis	Prol. Avenida Chapultepec 1280 Fraccionamiento, Privadas del Pedregal, 78000 San Luis, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://colegiochapultepec.com/">https://colegiochapultepec.com/</a>
<b>Yucatán</b>		
1. Colegio Regional de México Mérida Brisas	Calle 26 Diagonal 112, Las Brisas, 97144 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Regional de México Mérida Joya	Entre calle 42 y calle 44, Calle 81, Ampliación Tixcacal Opichen, 97246 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Centro Escolar Emeritense Las Américas	Calle s/n 132 x 59 E Tablaje 23870 Fracc. Las Américas II Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LpW4iq1">https://cutt.ly/LpW4iq1</a>
4. Colegio Americano	Calle 72 499, Parque Santiago, Centro, 97000 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/vpEn0Kl">https://cutt.ly/vpEn0Kl</a>

Información sobre instituciones de educación preescolar que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de educación preescolar		
Nombre de la institución	Ubicación	Más información
<b>Yucatán</b>		
5. Juan García Ponce	Por 20G y 20 H, Calle 17 268, Jardines del Nte., 97139 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/QpEWRzP">https://cutt.ly/QpEWRzP</a>
<b>Zacatecas</b>		
1. Colegio Valladolid Guadalupe Zacatecas	Vialidad Siglo XXI No. 801 Fracc. Villa Fontana, Guadalupe, Zacatecas.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>

Información sobre instituciones de educación preescolar que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de educación primaria (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Aguascalientes</b>		
1. Bosques International School	Paseo de la Soledad, 2ª sección 169, Trojes de Oriente II, 20115 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://bosques.edu.mx/">https://bosques.edu.mx/</a>
2. Centro Escolar Triana	Adolfo López Mateos Ote No. 1704, Bona Gens, 20255 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http:// triana.edu.mx/">http:// triana.edu.mx/</a>
3. Escuela de la Ciudad de Aguascalientes.	Prol. Gral. Ignacio Zaragoza 311, Jardines de la Concepción II, 20120 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http://www.eca.edu.mx/">http://www.eca.edu.mx/</a>
4. Instituto Stanford Aguascalientes	Av. Providencia #104, Rancho Santa Mónica, 20286 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LuCagi5">https://cutt.ly/LuCagi5</a>
5. Instituto Tepeyac campus Aguascalientes.	Av. Eugenio Garza Sada, Pocitos, Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://www.tepeyac.mx/">https://www.tepeyac.mx/</a>
6. Colegio Valladolid Aguascalientes	Av. Siglo XXI 2902, Pintores Mexicanos, 20179 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
7. Colegio Valladolid Aguascalientes Misión del Campanario	Misión de La Soledad 302, Misión del Campanario, 20118 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
8. Colegio Campestre	Adrian Muñoz 109, Unión Ganadera, 20130 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/XiHQarg">https://cutt.ly/XiHQarg</a>
<b>Baja California</b>		
1. Colegio de Occidente Ejido Puebla Mexicali.	Calle 1ra. Casi esquina con Av. Zaragoza Ejido Puebla, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio de Occidente Lagos del Sol Mexicali	Calz Manuel Gómez Morín 1701, Ladrillera, 21395 Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio de Occidente Tijuana Colinas	Avenida La Paz, Fraccionamiento Colinas de California, Colinas, 22647 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
4. Colegio de Occidente Tijuana Mesa	Camino al Murua No.15951, Colonia Alamar, 22465 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
5. Colegio de Occidente Tijuana Urbana	Av. Tehuacán 9222, Pob Delejido Francisco Villa, 22234 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
6. Instituto Ramiro Kolbe Santa Fe	Calle 189inería Plaza Otay Sur 150, Plaza Otay, Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
7. Instituto Ramiro Kolbe Otay	Calle Canseco 11998, Pórticos De San Antonio, 22666 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
8. Instituto Ramiro Kolbe Presidentes	Ave. Del Águila Azteca 7072 Col. Guaycura 22216 Tijuana Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
9. Colegio Eiffel	Flores Magón 7950, Zona Centro, 22000 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://colegioeiffel.edu.mx/">https://colegioeiffel.edu.mx/</a>

Información sobre instituciones de educación primaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de educación primaria (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Baja California</b>		
10. Colegio Argentino Los Pibes	Calle Cedros, Camino a Microondas Trinidad Kilómetro 1, Loma Linda, 22860 Ensenada, Baja California.	Enlace: <a href="https://calp.mx/">https://calp.mx/</a>
11. Colegio del Valle Plaza Tijuana	Av. De los Insurgentes 829, Cerro Colorado, Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.cvalle.edu.mx/tijuana/">https://www.cvalle.edu.mx/tijuana/</a>
12. Instituto Colinas	Paseo de La Escondida 6562, Colinas de Agua Caliente, 22030 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.icolinas.com/">https://www.icolinas.com/</a>
13. Howard Gardner	Calle Gobernador Lugo 10, Davila, 22044 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PsNcJ7A">https://cutt.ly/PsNcJ7A</a>
14. Colegio Bilingüe Calmécac plantel Maestros Federales	Av. Del Cabildo 624, Profesores Federales, 21370 Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="http://calmecac.edu.mx/cbc/">http://calmecac.edu.mx/cbc/</a>
15. Colegio Bilingüe Calmécac plantel Nuevo Mexicali	Km. 2 Carretera Ejido Islas Agrarias, Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="http://calmecac.edu.mx/cbc/">http://calmecac.edu.mx/cbc/</a>
16. Colegio Alamar	Alamar 9, Ex ejido 190inería190ingo, 22465 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/xsNlnQo">https://cutt.ly/xsNlnQo</a>
17. Colegio El Arca	Paseo Playas de Tijuana 1578, Playas, Jardines Playas de Tijuana, 22500 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/isNLKYq">https://cutt.ly/isNLKYq</a>
18. Soleil Montessori	Guanabana 1225, Las Huertas 4ta Secc. 22460 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/NsNCqrW">https://cutt.ly/NsNCqrW</a>
19. Colegio Real De Minas	Gral. Lázaro Cárdenas 136, Pob Delejido Francisco Villa, 22236 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Ms8gSMX">https://cutt.ly/Ms8gSMX</a>
<b>Baja California Sur</b>		
1. Colegio Valladolid la Paz Centro	Benito Juárez y Boulevard Kino No. 1935, Colonia Los Olivos, La Paz, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Valladolid la Paz Urbana	Av. Prosperidad s/n entre Kaly y Kazahual, Colonia El Progreso, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Liceo Los Cabos, campus centro	5 de febrero, Ejidal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
4. Liceo Los Cabos, campus Tezal	190inerí Principal Camino al Tezal1A 1B, El Tezal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
<b>Chihuahua</b>		
1. Colegio Regional de México Juárez Centro	Calle Coyoacán, Margaritas, 32300 Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Regional de México Juárez Montemayor	Monte Mayor 4115, El Roble, Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio Regional de México Juárez Zaragoza	Aurelio Paez Chávez, Parcelas Ejido Zaragoza, Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
4. Instituto Valladolid Chihuahua Norte	Manuel García 10501, Deportista, 31125 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>

Información sobre instituciones de educación primaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de educación primaria (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Chihuahua</b>		
5. Instituto Valladolid Chihuahua Sur	Av. Palestina 10704, Tabalaopa, 31376 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
<b>Durango</b>		
1. Colegio Valladolid Durango	Av. Constituyentes, Fraccionamiento Las Fuentes, 34220 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/UuCdFeK">https://cutt.ly/UuCdFeK</a>
2. Colegio Valladolid Gómez Palacio	Blvrd México, 15 de mayo, 35044 Gómez Palacio, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/UuCdFeK">https://cutt.ly/UuCdFeK</a>
3. Instituto Cumbres Durango	Anillo Periférico 100 Predio, El Saltito, 34105 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/0pxZ2Lr">https://cutt.ly/0pxZ2Lr</a>
4. Colegio Anglo Español de Durango	Real del Mezquital 92, Real del Mezquital, 34199 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PpcwzL">https://cutt.ly/PpcwzL</a>
5. Colegio Irlandés Americano	Av. Francisco Sarabia 416, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/1pctJDQ">https://cutt.ly/1pctJDQ</a>
6. Instituto Miguel de Cervantes Saavedra	Paloma 441 Oriente, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/epcajsJ">https://cutt.ly/epcajsJ</a>
<b>Nayarit</b>		
1. Colegio Valladolid Tepic	Blvd. Granate, Col. La Floresta, 63173 Tepic, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Mercurio	Av. Ignacio Allende 328, Centro, 63000 Tepic, Nay.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/JpR4aiq">https://cutt.ly/JpR4aiq</a>
3. Colegio Simón Bolívar	Calle Valle de Compostela 32 Fraccionamiento Valles, 63194 Xalisco, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/QpxrMe4">https://cutt.ly/QpxrMe4</a>
<b>Oaxaca</b>		
Colegio Valladolid Oaxaca	Av. Fuerza Aérea Mexicana 1108, Reforma, 68050 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
Colegio Valladolid Oaxaca Urbana	Río Salado 14, Segunda Sección el Llano, 71236 San Antonio de la Cal, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
<b>Querétaro</b>		
1. Colegio Valladolid Querétaro	Boulevard Bernardo Quintana, La Loma VI, 76116 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Anglo Mexicano de Querétaro	Blvd. Bernardo Quintana #148, Carretas, 76050 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/lpR4Vwy">https://cutt.ly/lpR4Vwy</a>
3. Colegio Álamos	Acceso al Aeropuerto 1000, Arboledas, 76140 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://www.alamos.edu.mx/">https://www.alamos.edu.mx/</a>
4. Colegio Montpellier	Calle José Ma. Morelos 197-A, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/6pkn3TJ">https://cutt.ly/6pkn3TJ</a>
5. Colegio Miguel Ángel	Simón Montemayor 108, Las Campanas, 76010 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/npkIq2r">https://cutt.ly/npkIq2r</a>
<b>San Luis Potosí</b>		
1. Colegio Valladolid San Luis Potosí	Carretera Río Verde Km 8 S/N, 78434 Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Chapultepec De San Luis	Prol. Avenida Chapultepec 1280 Fraccionamiento, Privadas del Pedregal, 78000 San Luis, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://colegiochapultepec.com/">https://colegiochapultepec.com/</a>

Información sobre instituciones de educación primaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de educación primaria		
Nombre de la institución	Ubicación	Más información
<b>Yucatán</b>		
1. Colegio Regional de México Mérida Brisas	Calle 26 Diagonal 112, Las Brisas, 97144 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Regional de México Mérida Joya	Entre calle 42 y calle 44, Calle 81, Ampliación Tixcacal Opichen, 97246 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Centro Escolar Emeritense Pensiones	Calle 42 no. 155 x 7 y 9, San Damián, Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LpW4iq1">https://cutt.ly/LpW4iq1</a>
4. Colegio Kukulcán	Calle 28 410 X 87 Y 89, Morelos Oriente, 97174 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/dpEq5Tm">https://cutt.ly/dpEq5Tm</a>
5. Colegio Americano	Calle 72 499, Parque Santiago, Centro, 97000 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/vpEn0Kn">https://cutt.ly/vpEn0Kn</a>
6. Juan García Ponce	Por 20G y 20 H, Calle 17 268, Jardines del Nte., 97139 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/QpEWRzP">https://cutt.ly/QpEWRzP</a>
7. Comunidad Educativa Rochester	Tablaje 15709 Int. 973, 97203 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LpEYXt7">https://cutt.ly/LpEYXt7</a>
<b>Zacatecas</b>		
1. Colegio Valladolid Guadalupe Zacatecas	Vialidad Siglo XXI No. 801 Fracc. Villa Fontana, Guadalupe, Zacatecas.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>

Información sobre instituciones de educación primaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de educación secundaria (cont.)		
Nombre de la institución	Ubicación	Más información
<b>Aguascalientes</b>		
1. Centro Escolar Triana	Adolfo López Mateos Ote No. 1704, Bona Gens, 20255 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http:// triana.edu.mx/">http:// triana.edu.mx/</a>
2. Cumbres International School Aguascalientes	Alcaldes 101, Desarrollo Especial Rancho Pozo Bravo, 20175 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/8uXLqOq">https://cutt.ly/8uXLqOq</a>
3. Escuela de la Ciudad de Aguascalientes.	Prof. Gral. Ignacio Zaragoza 311, Jardines de la Concepción II, 20120 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http://www.eca.edu.mx/">http://www.eca.edu.mx/</a>
4. Instituto Stanford Aguascalientes	Av. Providencia #104, Rancho Santa Mónica, 20286 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LuCagi5">https://cutt.ly/LuCagi5</a>
5. Instituto Tepeyac campus Aguascalientes.	Av. Eugenio Garza Sada, Pocitos, Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http://www.eca.edu.mx/">http://www.eca.edu.mx/</a>
6. Colegio Valladolid Aguascalientes	Av. Siglo XXI 2902, Pintores Mexicanos, 20179 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
7. Colegio Valladolid Aguascalientes Misión del Campanario	Misión de La Soledad 302, Misión del Campanario, 20118 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
8. Colegio Campestre	Adrian Muñoz 109, Unión Ganadera, 20130 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/XiHQarg">https://cutt.ly/XiHQarg</a>
<b>Baja California</b>		
1. Colegio de Occidente Ejido Puebla Mexicali.	Calle 1ra. Casi esquina con Av. Zaragoza Ejido Puebla, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio de Occidente Lagos del Sol Mexicali	Calz. Manuel Gómez Morín 1701, Ladrillera, 21395 Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio de Occidente Tijuana Colinas	Avenida La Paz, Fraccionamiento Colinas de California, Colinas, 22647 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
4. Colegio de Occidente Tijuana Mesa	Camino al Murua No.15951, Colonia Alamar, 22465 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
5. Colegio de Occidente Tijuana Urbana	Av. Tehuacán 9222, Pob. Delejido Francisco Villa, 22234 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
6. Instituto Ramiro Kolbe Santa Fe	Calle 193 Plaza Otay Sur 150, Plaza Otay, Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
7. Instituto Ramiro Kolbe Otay	Calle Canseco 11998, Pórticos De San Antonio, 22666 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
8. Instituto Ramiro Kolbe Presidentes	Ave. Del Águila Azteca 7072 Col. Guaycura 22216 Tijuana Baja California.	Enlace: <a href="http://irk.mx/">http://irk.mx/</a>
9. Colegio Baja California	De Los Economistas 709, Universidad Otay, 22427 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="http://colegiobc.com/">http://colegiobc.com/</a>

Información sobre escuelas de educación secundaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de educación secundaria (cont.)		
Nombre de la institución	Ubicación	Más información
<b>Baja California</b>		
10. Colegio Argentino Los Pibes	Calle Cedros, Camino a Microondas Trinidad Kilómetro 1, Loma Linda, 22860 Ensenada, Baja California.	Enlace: <a href="https://calp.mx/">https://calp.mx/</a>
11. Colegio del Valle Plaza Tijuana	Av. De los Insurgentes 829, Cerro Colorado, Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.cvalle.edu.mx/tijuana/">https://www.cvalle.edu.mx/tijuana/</a>
12. Instituto Colinas	Paseo de La Escondida 6562, Colinas de Agua Caliente, 22030 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.icolinas.com/">https://www.icolinas.com/</a>
13. Howard Gardner	Calle Gobernador Lugo 10, Davila, 22044 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PsNcJ7A">https://cutt.ly/PsNcJ7A</a>
14. Colegio Bilingüe Calmécac plantel Maestros Federales	Bv. Benito Juárez 4535, Maestros Federales, Parcela 44, Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="http://calmecac.edu.mx/cbc/">http://calmecac.edu.mx/cbc/</a>
15. Colegio Bilingüe Calmécac plantel Nuevo Mexicali	Km. 2 Carretera Ejido Islas Agrarias, Mexicali, Baja California.	Enlace: <a href="http://calmecac.edu.mx/cbc/">http://calmecac.edu.mx/cbc/</a>
16. Colegio El Arca	Paseo Playas de Tijuana 1578, Playas, Jardines Playas de Tijuana, 22500 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/isNLKYq">https://cutt.ly/isNLKYq</a>
17. Colegio Real De Minas	Gral. Lázaro Cárdenas 136, Pob Delejido Francisco Villa, 22236 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Ms8gSMX">https://cutt.ly/Ms8gSMX</a>
<b>Baja California Sur</b>		
1. Colegio Valladolid la Paz Centro	Benito Juárez y Boulevard Kino No. 1935, Colonia Los Olivos, La Paz, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Valladolid la Paz Urbana	Av. Prosperidad s/n entre Kaly y Kazahual, Colonia El Progreso, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Liceo Los Cabos, campus centro	5 de febrero, Ejidal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
4. Liceo Los Cabos, campus Tezal	Acceso Principal Camino al Tezal1A 1B, El Tezal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
<b>Chihuahua</b>		
1. Colegio Regional de México Juárez Centro	Calle Coyoacán, Margaritas, 32300 Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Regional de México Juárez Montemayor	Monte Mayor 4115, El Roble, Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio Regional de México Juárez Zaragoza	Aurelio Paez Chávez, Parcelas Ejido Zaragoza, Cd Juárez, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
4. Instituto Valladolid Chihuahua Norte	Manuel García 10501, Deportista, 31125 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
5. Instituto Valladolid Chihuahua Sur	Av. Palestina 10704, Tabalaopa, 31376 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
<b>Durango</b>		
1. Colegio Valladolid Durango	Av. Constituyentes, Fraccionamiento Las Fuentes, 34220 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/UuCdFeK">https://cutt.ly/UuCdFeK</a>

Información sobre escuelas de educación secundaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>



**Instituciones de educación secundaria (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Durango</b>		
2. Colegio Valladolid Gómez Palacio	Blvd México, 15 de mayo, 35044 Gómez Palacio, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/UuCdFeK">https://cutt.ly/UuCdFeK</a>
3. Escuela secundaria Técnica 1-Durango	Blvd. Felipe Pescador S/N Ote, Nueva Vizcaya, 34080 Durango, Durango.	<a href="https://est1dgo.edu.mx/home/">https://est1dgo.edu.mx/home/</a>
4. Instituto Cumbres Durango	Anillo Periférico 100 Predio, El Saltito, 34105 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/0pxZ2Lr">https://cutt.ly/0pxZ2Lr</a>
5. Escuela secundaria No. 4 José Vasconcelos	Calle Gral. Guadalupe Victoria 1400, Gral. Domingo Arrieta, 34180 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/4px4e5k">https://cutt.ly/4px4e5k</a>
6. Colegio Juan Pablo II	De Zarco 108, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://juanpabloii.edu.mx/">https://juanpabloii.edu.mx/</a>
7. Colegio Anglo Español de Durango	Real del Mezquital 92, Real del Mezquital, 34199 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PpcwvzL">https://cutt.ly/PpcwvzL</a>
8. Colegio Irlandés Americano	Av. Francisco Sarabia 416, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/1pctJDQ">https://cutt.ly/1pctJDQ</a>
9. Instituto Miguel de Cervantes Saavedra	Paloma 441 Oriente, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/epcajsJ">https://cutt.ly/epcajsJ</a>
<b>Nayarit</b>		
1. Colegio Valladolid Tepic	Blvd. Granate, Col. La Floresta, 63173 Tepic, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Mercurio	Av. Ignacio Allende 328, Centro, 63000 Tepic, Nay.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Jpz4aiq">https://cutt.ly/Jpz4aiq</a>
3. Colegio Simón Bolívar	Calle Valle de Compostela 32 Fraccionamiento Valles, 63194 Xalisco, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/QpxrMe4">https://cutt.ly/QpxrMe4</a>
<b>Oaxaca</b>		
1. Colegio Valladolid Oaxaca	Av. Fuerza Aérea Mexicana 1108, Reforma, 68050 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Valladolid Oaxaca Urbana	Río Salado 14, Segunda Sección el Llano, 71236 San Antonio de la Cal, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Instituto Cumbres Oaxaca	Av. Alonso García Bravo 1001, Ex Hacienda Sangre de Cristo, 68130 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Enlace: <a href="http://www.cumbresoaxaca.com/">http://www.cumbresoaxaca.com/</a>
<b>Querétaro</b>		
1. Colegio Valladolid Querétaro	Boulevard Bernardo Quintana, La Loma VI, 76116 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Anglo Mexicano de Querétaro	Blvd. Bernardo Quintana #148, Carretas, 76050 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pTrsEy">https://cutt.ly/5pTrsEy</a>
3. Colegio Álamos	Acceso al Aeropuerto 1000, Arboledas, 76140 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://www.alamos.edu.mx/">https://www.alamos.edu.mx/</a>
4. Colegio Montpellier	Cedros 12, La Capilla, 76170 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/6pkn3TJ">https://cutt.ly/6pkn3TJ</a>

Información sobre escuelas de educación secundaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de educación secundaria		
Nombre de la institución	Ubicación	Más información
<b>San Luis Potosí</b>		
1. Colegio Valladolid San Luis Potosí	Carretera Río Verde Km 8 S/N, 78434 Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Chapultepec De San Luis	Prol. Avenida Chapultepec 1280 Fraccionamiento, Privadas del Pedregal, 78000 San Luis, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/gpTICjL">https://cutt.ly/gpTICjL</a>
<b>Yucatán</b>		
1. Colegio Regional de México Mérida Brisas	Calle 26 Diagonal 112, Las Brisas, 97144 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
2. Colegio Regional de México Mérida Joya	Entre calle 42 y calle 44, Calle 81, Ampliación Tixcacal Opichen, 97246 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>
3. Colegio Kukulcán	Calle 28 410 X 87 Y 89, Morelos Oriente, 97174 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/dpEq5Tm">https://cutt.ly/dpEq5Tm</a>
4. El Castañar	CALLE 40 #310 X 5 Y 7, San Pedro Uxmal, 97203 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/7pEhPFU">https://cutt.ly/7pEhPFU</a>
5. Colegio Americano	Calle 72 499, Parque Santiago, Centro, 97000 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/vpEn0Kn">https://cutt.ly/vpEn0Kn</a>
<b>Zacatecas</b>		
1. Colegio Valladolid Guadalupe Zacatecas	Vialidad Siglo XXI No. 801 Fracc. Villa Fontana, Guadalupe, Zacatecas.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/5iGtVYI">https://cutt.ly/5iGtVYI</a>

Información sobre escuelas de educación secundaria que utilizan la *robótica pedagógica* para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de Educación Media Superior (cont.)**

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Aguascalientes</b>		
1. Centro Escolar Triana	Adolfo López Mateos Ote No. 1704, Bona Gens, 20255 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http:// triana.edu.mx/">http:// triana.edu.mx/</a>
2. Cumbres International School Aguascalientes	Alcaldes 101, Desarrollo Especial Rancho Pozo Bravo, 20175 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/8uXLqOg">https://cutt.ly/8uXLqOg</a>
3. Escuela de la Ciudad de Aguascalientes.	Prol. Gral. Ignacio Zaragoza 311, Jardines de la Concepción II, 20120 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="http://www.eca.edu.mx/">http://www.eca.edu.mx/</a>
4. Instituto Stanford Aguascalientes	Av. Providencia #104, Rancho Santa Mónica, 20286 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/LuCagi5">https://cutt.ly/LuCagi5</a>
5. Preparatoria Morelos Aguascalientes	Eliseo Trujillo 135, Barrio El Encino, Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/3uXZW0o">https://cutt.ly/3uXZW0o</a>
6. Colegio Campestre	Adrian Muñoz 109, Unión Ganadera, 20130 Aguascalientes, Aguascalientes.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/XiHQarg">https://cutt.ly/XiHQarg</a>
<b>Baja California</b>		
1. Instituto Colinas	Paseo de La Escondida 6562, Colinas de Agua Caliente, 22030 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://www.icolinas.com/">https://www.icolinas.com/</a>
2. Colegio Real De Minas	Gral. Lázaro Cárdenas 136, Pob. Delejido Francisco Villa, 22236 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Ms8qSMX">https://cutt.ly/Ms8qSMX</a>
3. Prepa Tech	Boulevard Lázaro Cárdenas 405, PLAZA TIJUANA 5 Y 10 junto a Soriana, Planta Baja, 22115 Tijuana, Baja California.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/hs8bkEO">https://cutt.ly/hs8bkEO</a>
<b>Baja California Sur</b>		
1. Liceo Los Cabos, campus centro	5 de febrero, Ejidal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
2. Liceo Los Cabos, campus Tezal	Acceso Principal Camino al Tezal1A 1B, El Tezal, Cabo San Lucas, Baja California Sur.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/piJL5u5">https://cutt.ly/piJL5u5</a>
<b>Chihuahua</b>		
1. Prepa Anáhuac Chihuahua	Av. Colegio 2000, Haciendas del Valle I Etapa, 31217 Chihuahua, Chihuahua.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/CplwBE7">https://cutt.ly/CplwBE7</a>
<b>Durango</b>		
1. Prepa Anáhuac Durango	Anillo Periférico, 100, 34105 Ciudad de México, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/EplydHW">https://cutt.ly/EplydHW</a>
2. Colegio Anglo Español de Durango	Av. Paseo del Cóndor # 100, esquina con el Blvd. Durango, Fracc. Real del Mezquital, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PpcwzwL">https://cutt.ly/PpcwzwL</a>
3. Colegio Irlandés Americano	Av. Francisco Sarabia 416, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/1pctJDQ">https://cutt.ly/1pctJDQ</a>
4. Instituto Miguel de Cervantes Saavedra	Paloma 441 Oriente, Zona Centro, 34000 Durango, Durango.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/epcajsJ">https://cutt.ly/epcajsJ</a>
<b>Nayarit</b>		
1. Instituto Mercurio	Av. Ignacio Allende 234, Centro, 63000 Tepic, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/Jpz4aiq">https://cutt.ly/Jpz4aiq</a>
2. Colegio Simón Bolívar	Calle Valle de Compostela 32 Fraccionamiento Valles, 63194 Xalisco, Nayarit.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/QpxrMe4">https://cutt.ly/QpxrMe4</a>

Información sobre instituciones de Educación Media Superior que utilizan la *robótica pedagógica*, para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

<b>Instituciones de Educación Media Superior</b>		
<b>Nombre de la institución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Más información</b>
<b>Oaxaca</b>		
1. Prepa Anáhuac Oaxaca	Av. Alfonso García Bravo 1001 Ex Hacienda, Sangre de Cristo, 68130 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/PplgBup">https://cutt.ly/PplgBup</a>
<b>Querétaro</b>		
1. Colegio Anglo Mexicano de Querétaro	Blvd. Bernardo Quintana #148, Carretas, 76050 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/mpTzyHV">https://cutt.ly/mpTzyHV</a>
2. Colegio Álamos	Acceso al Aeropuerto 1000, Arboledas, 76140 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://www.alamos.edu.mx/">https://www.alamos.edu.mx/</a>
3. Colegio Montpellier	Cedros 12, La Capilla, 76170 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/6pkn3TJ">https://cutt.ly/6pkn3TJ</a>
4. Prepa Anáhuac Querétaro	Avenida El Campanario 88 Interior A Col, El Campanario, 76146 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/hplkR7V">https://cutt.ly/hplkR7V</a>
<b>San Luis Potosí</b>		
1. Colegio Chapultepec De San Luis	Prol. Avenida Chapultepec 1280 Fraccionamiento, Privadas del Pedregal, 78000 San Luis, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://colegiochapultepec.com/">https://colegiochapultepec.com/</a>
2. Prepa Anáhuac Sal Luis Potosí	Av. Real del Potosí No 500, Lomas 4ta Sección, 78216 San Luis, San Luis Potosí.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/ipllOWi">https://cutt.ly/ipllOWi</a>
<b>Yucatán</b>		
1. Prepa Anáhuac Mérida	Residencial Montecristo, 97133 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/gply5Dh">https://cutt.ly/gply5Dh</a>
2. Colegio Americano	Calle 72 499, Parque Santiago, Centro, 97000 Mérida, Yucatán.	Enlace: <a href="https://cutt.ly/vpEn0Kn">https://cutt.ly/vpEn0Kn</a>

Información sobre instituciones de Educación Media Superior que utilizan la *robótica pedagógica*, para fundamentar sus procesos formativos. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de Educación Superior (cont.)			
Nombre de la institución	Nombre de la oferta	Ubicación	Más información
<b>Presenciales</b>			
<b>Aguascalientes</b>			
1. Universidad del Desarrollo Profesional sede Aguascalientes	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Blvd. José María Chávez 1323, Rústicos Calpulli, 20235 Aguascalientes, Aguascalientes.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
2. Universidad Tecnológica Metropolitana de Aguascalientes	Técnico Superior en Mecatrónica área en Robótica	Av. Gerónimo de la Cueva s/n, Villas del Río, 20126 Aguascalientes, Aguascalientes.	Tiene una duración de dos años y medio. Enlace: <a href="https://www.utma.edu.mx/">https://www.utma.edu.mx/</a>
3. Universidad Panamericana Campus Aguascalientes	Especialidad en Sistemas robóticos inteligentes	Av. Josemaría Escrivá de Balaguer 101, Rústicos Calpulli, 20290 Aguascalientes, Aguascalientes.	Tiene una duración de un año. Enlace: <a href="https://cutt.ly/LuCraFG">https://cutt.ly/LuCraFG</a>
4. Universidad Autónoma de Aguascalientes	Ingeniería Robótica	Avenida Universidad 940, C.U., 20130 Aguascalientes, Aguascalientes.	Tiene una duración de cuatro años y medio. Enlace: <a href="https://cutt.ly/qiJqall">https://cutt.ly/qiJqall</a>
<b>Baja California</b>			
5. Universidad del Desarrollo Profesional sede Mexicali	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Bulevar Venustiano Carranza 1999, Plutarco Elías Calles, 21376 Mexicali, Baja California.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
6. Universidad del Desarrollo Profesional sede Tijuana	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Boulevard Manuel J. Clouthier No. 19410, Lago Sur, 22210 Tijuana, Baja California.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
7. Universidad CIES	Ingeniería en Robótica	Blvd. Federico Benítez 5, El Pedregal Oeste, 22104 Tijuana, Baja California.	Tiene una duración de cinco años. Enlace: <a href="http://www.universidadcies.com/">http://www.universidadcies.com/</a>
8. Centro Universitario de Baja California campus Tijuana	Ingeniería en Sistemas Computacionales y Robótica	Callejón de servicios #14121, Santa Cruz, 22105 Tijuana, Baja California.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/is8au0c">https://cutt.ly/is8au0c</a>
<b>Chihuahua</b>			
9. Universidad del Desarrollo Profesional sede Chihuahua	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Blvrd. Antonio Ortiz Mena, Virreyes, Campestre-Lomas, 31210 Chihuahua, Chihuahua.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
<b>Ciudad de México</b>			
10. Universidad Panamericana campus México	Especialidad en Robótica y manufactura	Augusto Rodin No. 498 Col. Insurgentes Mixcoac CP 03920 Del. Benito Juárez, CDMX.	Tiene una duración de un año. Enlace: <a href="https://cutt.ly/juCtFXJ">https://cutt.ly/juCtFXJ</a>
11. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Ciudad de México	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	María Auxiliadora 7, Coapa, San Bartolo el Chico, Tlalpan, 14380 Ciudad de México, CDMX.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>
12. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Santa Fe	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Av. Carlos Lazo 100, Santa Fe, La Loma, Álvaro Obregón, 01389 Ciudad de México, CDMX.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>

Información sobre instituciones de Educación Superior que imparten licenciaturas, opciones terminales y especialidades sobre robótica. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de Educación Superior (cont.)**

Nombre de la institución	Nombre de la oferta	Ubicación	Más información
<b>Presenciales</b>			
<b>Ciudad de México</b>			
13. Universidad Tecnológica de México (Cuitláhuac)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Calle Nte. 67 23460, San Salvador Xochimanca, Azcapotzalco, 02870 Ciudad de México, CDMX.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
14. Universidad Tecnológica de México (Sur)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Ermita Iztapalapa 557, Granjas Esmeralda, Iztapalapa, 09810 Ciudad de México, CDMX.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
15. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (IPN)	Ingeniería en Robótica Industrial	El Jaguey, Azcapotzalco, 02519 Ciudad de México, CDMX.	Tiene una duración de cuatro años y medio. Enlace: <a href="https://cutt.ly/iplJoJ2">https://cutt.ly/iplJoJ2</a>
<b>Coahuila</b>			
16. Universidad del Desarrollo Profesional sede Saltillo	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Calle Reynosa 431 Edif. La Jolla Tercer Piso, Los Maestros, 25280 Saltillo, Coahuila.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
17. Universidad del Desarrollo Profesional sede Torreón	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Santa Rosa 5752, Villas del Valle, Torreón, Coahuila.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
<b>Estado de México</b>			
18. Universidad Tecnológica de México (Atizapán)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Bulevar Calacoaya 7, Ermita, Ciudad López Mateos, México.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
19. Universidad Tecnológica de México (Ecatepec)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Av. Central 375, Industrias Tulpetlac, 55107 Ecatepec de Morelos, México.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
20. Universidad Tecnológica de México (Los Reyes)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Carretera Federal México-Puebla Km 17.5, Los Reyes, 56400 Los Reyes Acaquilpan, México.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
21. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Toluca	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Avenida Eduardo Monroy Cárdenas 2000 San Antonio Buenavista, 50110 Toluca de Lerdo, México.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>
22. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Estado de México	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Av. Lago de Guadalupe KM 3.5, Margarita Maza de Juárez, 52926 Cd López Mateos, México.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>
<b>Guanajuato</b>			
23. Instituto de Ciencias y Humanidades ICYTEG	Ingeniería en Robótica	Calle Fco. Sarabia 189, Rodriguez, 36690 Irapuato, Guanajuato.	Tiene una duración de cinco años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/cuZ77mM">https://cutt.ly/cuZ77mM</a>
<b>Jalisco</b>			
24. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Guadalajara	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Av. Gral. Ramón Corona No 2514, Colonia Nuevo México, 45201 Zapopan, Jalisco.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>

Información sobre instituciones de Educación Superior que imparten licenciaturas, opciones terminales y especialidades sobre robótica. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

**Instituciones de Educación Superior (cont.)**

Nombre de la institución	Nombre de la oferta	Ubicación	Más información
<b>Presenciales</b>			
<b>Jalisco</b>			
25. Universidad Tecnológica de México (Guadalajara)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Calz. Lázaro Cárdenas 405, Lomas de Tlaquepaque, 45559 San Pedro Tlaquepaque, Jalisco.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
<b>Nuevo León</b>			
26. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Tecnológico, 64849 Monterrey, Nuevo León.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>
27. Universidad Tecnológica de México (Monterrey)	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Av. Benito Juárez 313, Nuevo San Sebastián, 67180 Guadalupe, Nuevo León.	Tiene una duración máxima de 4 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/5pfYImH">https://cutt.ly/5pfYImH</a>
<b>Puebla</b>			
28. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Puebla	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Atlixcáyotl 5718, Reserva Territorial Atlixcáyotl, 72453 Puebla, Puebla.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>
<b>Querétaro</b>			
29. Universidad del Desarrollo Profesional sede Querétaro	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Avenida Universidad 34, Villas del Oriente, 76000 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
30. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Querétaro	Ingeniería en Robótica y Sistemas Digitales	Epigmenio González 500, San Pablo, 76130 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Tiene una duración de cuatro años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/ziH6QCm">https://cutt.ly/ziH6QCm</a>
<b>Sinaloa</b>			
31. Universidad del Desarrollo Profesional sede Culiacán	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Blvrd Alfonso G. Calderón 2191, Congreso del Estado, 80050 Culiacán Rosales, Sinaloa.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
<b>Sonora</b>			
32. Universidad del Desarrollo Profesional sede Cananea	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Aurelio Rodríguez LB, Agropecuaria, 84623 Cananea, Sonora.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
33. Universidad del Desarrollo Profesional sede Hermosillo	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Bv. Paseo de las Quintas, Montecarlo, 83288 Hermosillo, Sonora.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
34. Universidad del Desarrollo Profesional sede Nogales	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Avenida de los niños 12, Boulevard El Greco, Nogales, Sonora.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
<b>Yucatán</b>			
35. Universidad Politécnica de Yucatán	Ingeniería en Robótica Computacional	Tablaje Catastral 7193, Carretera, Mérida – Tetiz Km.4.5, 97357 Yucatán.	Tiene una duración de cinco años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/bpEr8hT">https://cutt.ly/bpEr8hT</a>

Información sobre instituciones de Educación Superior que imparten licenciaturas, opciones terminales y especialidades sobre robótica. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones de Educación Superior			
Nombre de la institución	Nombre de la oferta	Ubicación	Más información
<b>Presenciales</b>			
<b>Zacatecas</b>			
36. Universidad del Desarrollo Profesional sede Zacatecas	Ingeniería en Manufactura y Robótica	Avenida Universidad 274, Fracc, La Loma, 98066 Zacatecas, Zacatecas.	Tiene una duración de tres años. Enlace: <a href="https://unidep.mx/">https://unidep.mx/</a>
37. Universidad Autónoma de Zacatecas	Ingeniería en Robótica y Mecatrónica	Carretera Villanueva – Zacatecas, La Escondida, 98160 Zacatecas.	Tiene una duración de cinco años. Enlace: <a href="https://www.uaz.edu.mx/">https://www.uaz.edu.mx/</a>

Información sobre instituciones de Educación Superior que imparten licenciaturas, opciones terminales y especialidades sobre robótica. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>



Instituciones con oferta de educación no formal presencial (cont.)		
Nombre	Ubicación	Más información
<b>Aguascalientes</b>		
1. Robotools	Av. Moscatel 109, Bosques del Prado Oriente, 20159 Aguascalientes, Aguascalientes.	Oferta dirigida a personas de 5 a 15 años. Enlace: <a href="http://robotools.mx/">http://robotools.mx/</a>
2. Spark	San José de Los Reynoso 104, Bosques del Prado Sur, 20130 Aguascalientes, Aguascalientes.	Oferta dirigida a personas mayores de nueve años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/biFCr8p">https://cutt.ly/biFCr8p</a>
<b>Baja California</b>		
1. Wibots. Escuela de Robótica Educativa	Playas, Playas Coronado, 22504 Tijuana, Baja California.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/iiJh3Fi">https://cutt.ly/iiJh3Fi</a>
2. Wibots	Centro Comercial Soriana, Calz del Tecnológico 1370, INDECO Universidad, 22414 Tijuana, Baja California.	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://cutt.ly/FiJnils">https://cutt.ly/FiJnils</a>
3. Bunker Robotics	Avenida Mar 630, entre 6ta y, Calle Séptima, Zona Centro, Ensenada, Baja California.	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://cutt.ly/viJk2Yd">https://cutt.ly/viJk2Yd</a>
4. Escuela de Robótica Recreativa Mindbots	Av. Ruiz 444, Zona Centro, 22800 Ensenada, Baja California.	Ofrecen talleres para niños y adolescentes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/QiJzI2h">https://cutt.ly/QiJzI2h</a>
5. MiniLabs Robotics	Calle Río Culiacan #88-2, Prohogar, 21240 Mexicali, Baja California.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://minilabsrobotics.com/">https://minilabsrobotics.com/</a>
6. El Garage Project Hub	Magisterio 550, Parcela 44, Mexicali, Baja California.	Ofrecen talleres para niños (7-15 años). Enlace: <a href="https://elgaragehub.com/">https://elgaragehub.com/</a>
<b>Baja California Sur</b>		
1. 7Robot – Mobile Education and Engineering	Calle Toronja 4490, Libertad, 23070 La Paz, Baja California Sur	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://wp.7robot.net/">https://wp.7robot.net/</a>
<b>Chihuahua</b>		
1. RÓBO-ED	Av. San Felipe 307, San Felipe III Etapa, 31203 Chihuahua, Chihuahua.	Ofrece talleres para niños, jóvenes y docentes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/8oPsdvi">https://cutt.ly/8oPsdvi</a>
2. Creatronix	Av. Tomás Valles Vivar 6910, Cumbres el Pedregal, Chihuahua, Chihuahua.	Ofrecen talleres para niños y docentes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/BoPdAKD">https://cutt.ly/BoPdAKD</a>
3. EDUBOTS	Colegio Cumbres 2480, Paseo de las misiones, 31160 Chihuahua, Chihuahua.	Ofrece talleres para niños (6-9 años) y jóvenes (10 en adelante). Enlace: <a href="https://cutt.ly/AoPFopv">https://cutt.ly/AoPFopv</a>
<b>Nayarit</b>		
1. ORBIK	León Nte. 259, Centro, 63000 Tepic, Nayarit.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/3oOVXfn">https://cutt.ly/3oOVXfn</a>

Información sobre instituciones no formales que imparten talleres o cursos presenciales basados en la *robótica pedagógica*. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones con oferta de educación no formal presencial (cont.)		
Nombre	Ubicación	Más información
<b>Nayarit</b>		
2. IMO	San Luis Sur 184 <sup>a</sup> , Centro, 63000 Tepic, Nayarit.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/soOBCXP">https://cutt.ly/soOBCXP</a>
3. Minibotix	Getsemaní 43 a, Hermosa Provincia, 63197 Tepic, Nayarit.	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://cutt.ly/bpzECby">https://cutt.ly/bpzECby</a>
<b>Oaxaca</b>		
1. Robobrick Oaxaca	Calle Jazmines 705, Reforma, 68050 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="http://robobrick.mx/">http://robobrick.mx/</a>
2. Robobrick Ocotlán	16 de septiembre #207 esq. Calle rayón, Ocotlán de Morelos Centro, Oaxaca.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="http://robobrick.mx/">http://robobrick.mx/</a>
3. Koaliblocks	Tulipanes 116, El Bosque Nte., 71228 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/Npk9wZ1">https://cutt.ly/Npk9wZ1</a>
<b>Querétaro</b>		
1. Robocrea-Milenio	Av Senda Eterna 428 <sup>a</sup> , Milenio 3ra Secc, 76060 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://www.robocrea.com/web/">https://www.robocrea.com/web/</a>
2. Clubex Querétaro	Calle Ezequiel Montes 77, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Querétaro.	Ofrece el taller para niños mayores de ocho años. Enlace: <a href="https://www.clubex.com.mx/">https://www.clubex.com.mx/</a>
3. The Robot Center	Rufino Tamayo 45, Nuevo, 76900 El Pueblito, Querétaro.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://www.therobotcenter.com/">https://www.therobotcenter.com/</a>
<b>San Luis Potosí</b>		
1. Robokids	Bulevar Río Española 450, Española, 78378 San Luis, San Luis Potosí.	Ofrecen talleres para niños. Enlace: <a href="https://cutt.ly/8oR58zb">https://cutt.ly/8oR58zb</a>
2. Robocrea- San Luis Potosí	Prol. Avenida Chapultepec #1280, Privadas del Pedregal, San Luis Potosí, San Luis Potosí.	Ofrece talleres para niños y jóvenes (4 a 14 años). Enlace: <a href="https://www.robocrea.com/web/">https://www.robocrea.com/web/</a>
3. Intelirobot. Escuela de Robótica	Alfredo M. Terrazas 315, Amado Nervo, De Tequisquiapan, San Luis Potosí.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="http://www.intelirobot.com.mx/">http://www.intelirobot.com.mx/</a>
4. Robogeek	Murillo 122, Himno Nacional 1ra Secc, 78280 San Luis, San Luis Potosí.	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://cutt.ly/HoO0qWL">https://cutt.ly/HoO0qWL</a>
5. Briko Robotics	Carretera San Luis-Guadalajara #1510, Lomas del tecnológico, San Luis Potosí.	Ofrece talleres para niños, jóvenes y docentes. Enlace: <a href="https://brikorobotics.com/">https://brikorobotics.com/</a>
<b>Yucatán</b>		
1. Robotix (Mérida)	Calle 1 <sup>ª</sup> 130, México Nte., 97128 Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://www.soyrobotix.com/">https://www.soyrobotix.com/</a>
2. High Tech Robotics School	Calle 11 332, Fraccionamiento del Nte, 97120 Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/RpQCIU1">https://cutt.ly/RpQCIU1</a>

Información sobre instituciones no formales que imparten talleres o cursos presenciales basados en la *robótica pedagógica*. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

Instituciones con oferta de educación no formal presencial		
Nombre	Ubicación	Más información
<b>Yucatán</b>		
3. YOUNGUI	Calle 21 165d, México Oriente, 97137 Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://www.escuelayougui.com.mx/">https://www.escuelayougui.com.mx/</a>
4. Robótica Binario	Calle 20-LL 181, Jardines del Nte., 97139 Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para personas de 4 a 8 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/YpQ9kLg">https://cutt.ly/YpQ9kLg</a>
5. SoftAcademy*	Calle 42, Francisco de Montejo, 97203 Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/xpQ4YOy">https://cutt.ly/xpQ4YOy</a>
6. Robgam robotics	Calle 107 #564 entre 138ª y 138 Los Héroes, 97306 Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños y jóvenes. Enlace: <a href="https://cutt.ly/FpQ6QMv">https://cutt.ly/FpQ6QMv</a>
7. Labkidia	97135, Av Yucatán 661, Jardines de Mérida, Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños de 5 a 12 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/zpWXAnM">https://cutt.ly/zpWXAnM</a>
8. Logiscool Mérida	Calle 73 #550 por 68 A y 70, Av. Maquiladoras, Polígono, Felipe Carrillo Puerto, Dzityá, Yucatán.	Ofrece talleres para niños de 6 a 14 años. Enlace: <a href="https://cutt.ly/SpWNzZL">https://cutt.ly/SpWNzZL</a>
9. LIOTA	Calle 22 321, x22 y 25, Montebello, Mérida, Yucatán.	Ofrece talleres para niños. Enlace: <a href="https://cutt.ly/2pES0e3">https://cutt.ly/2pES0e3</a>
<b>Zacatecas</b>		
1. Creabótica: Escuela de Robótica y Tecnologías Avanzadas	Av. 4, Col., Av. Pedro Coronel 107, Lomas de Bernárdez, 98600 Guadalupe, Zacatecas.	Ofrecen talleres para niños y jóvenes (8 a 17 años). Enlace: <a href="https://cutt.ly/loRBtmB">https://cutt.ly/loRBtmB</a>

Información sobre instituciones no formales que imparten talleres o cursos presenciales basados en la *robótica pedagógica*. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperada de <https://www.google.com.mx/maps/>

## Anexo 2: Ubicaciones de las instalaciones del TRA

### Ubicación de las instalaciones centrales del TRA



Representación gráfica de la ubicación de las instalaciones formales del Taller de Robótica Abierta. Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperado de <https://www.google.com.mx/maps/>

### Ubicación del CIA



Representación gráfica de la ubicación del Centro de Ingeniería Avanzada (CIA). Tomada de *Mapa de México en Google maps* por Google, 2020. Recuperado de <https://www.google.com.mx/maps/>

### Anexo 3: Robots construidos en el TRA



Fotografías de los robots que se han elaborado en el Taller de Robótica Abierta. Tomadas de *Taller de Robótica Abierta* por Taller de Robótica Abierta, 2020. Recuperado de <http://dcb.fi-c.unam.mx/TallerRobotica/proyectosRob.html>

## Anexo 4: Invitación entregada a los integrantes del TRA, para participar en la investigación



Universidad Nacional Autónoma de México

### Invitación

Estimado integrante del Taller de Robótica Abierta (TRA):

Por medio de la presente se te hace la cordial invitación a participar en los dos estudios de la investigación titulada *Estrategias procedimentales para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots educativos: un estudio sobre el “Taller de Robótica Abierta” (TRA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México*, que lleva a cabo la egresada Itzel Anai Cruz Fernández, para obtener el título de Licenciada en Pedagogía.

En el primer estudio la egresada observará y realizará anotaciones de tus prácticas dentro las instalaciones del TRA, así como te hará una entrevista (grabada sólo en audio) sobre las operaciones matemáticas en la construcción de robots. Aproximadamente, le llevará dos horas realizar lo mencionado.

En el segundo estudio la egresada te realizará una prueba para identificar las estrategias procedimentales que utilizas para resolver problemas matemáticos en la construcción de robots, la cual grabará en video (cabe mencionar que nunca se capturará tu rostro). Aproximadamente, le llevará una hora realizar esta parte de la investigación.

Por tu atención, muchas gracias.

### Datos generales del participante

Por favor llena los siguientes apartados, si te interesa colaborar con la investigación.

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Permito que mi nombre  
sea publicado:

Sí

No

Edad: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Institución educativa: \_\_\_\_\_

Nombre de la carrera o posgrado estudiado: \_\_\_\_\_

Semestre: \_\_\_\_\_

Día (s) que asistes al taller: \_\_\_\_\_

Motivo (s) por el que asistes al taller:

---

---

---

---

---

---

---

---

## Anexo 5: Guía de entrevista para el estudio uno

### -----Primera sección-----

<b>Fecha:</b>	<b>Hora de inicio:</b>	<b>Hora de fin:</b>
<b>Lugar:</b>		
<b>Entrevistado:</b>		
<b>Entrevistador:</b> Itzel Anai Cruz Fernández		

### Introducción

La siguiente entrevista que se te hará es para recabar información sobre los problemas matemáticos a los que te enfrentas en la construcción de robots. Agradeciendo tu tiempo, comencemos.

### -----Segunda sección-----

#### Preguntas:

- 1 ¿Cuánto tiempo llevas dentro del taller?
- 2 ¿Cuántas horas a la semana vas al taller?
- 3 ¿Qué fue lo que te motivó a entrar al taller?
- 4 ¿Cómo es la enseñanza dentro del taller?
- 5 ¿Qué tipo de robots son los que construyes dentro del taller?
- 6 ¿Quién es la autoridad dentro del taller que te encomienda realizar determinado robot?

### -----Tercera sección-----

- 7 ¿Cuál es el proceso general que utilizas para construir un robot?



8 ¿Cuánto tiempo tardas en construir un robot?

9 ¿Cuáles son las características físicas que pretendes siempre incluir en tus robots?

10 ¿Cuáles son las principales herramientas que utilizas en la construcción de robots?

11 ¿Cuáles son los principales materiales que utilizas para construir un robot?

12 ¿Cuáles son las fuentes de información que utilizas para construir un robot?

13 ¿Cuáles son algunos de los robots que has construido dentro del taller?

14 ¿Construyes los robots de forma individual o grupal? ¿Por qué?

-----**Cuarta sección**-----

15 ¿Cuáles son los principales problemas a los que te enfrentas cuando construyes robots?

16. En la construcción de robots, ¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la aritmética?

17. En la construcción de robots, ¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la geometría?

18. En la construcción de robots, ¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con el álgebra?

19. En la construcción de robots, ¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la estadística?

20. En la construcción de robots, ¿cuáles son las principales operaciones que tú realizas relacionadas con la probabilidad?

21 ¿Qué entiendes por problema matemático?

22. En el proceso de construcción de un robot, ¿cuáles son los momentos en los que has resuelto algún problema matemático?

23 ¿Cuáles son los problemas matemáticos a los que te has enfrentado en la construcción de robots?

24 ¿Qué proceso sigues para resolver el problema matemático que se te presentó en la construcción del robot?

25 ¿A quién o a qué acudes cuando no puedes solucionar un problema matemático que se te presentó en la construcción del robot?

-----**Quinta sección**-----

26 ¿Cuál es la relación de tu formación universitaria con la brindada dentro del taller?

27. Finalmente, ¿qué es lo más significativo que has aprendido dentro del taller?

**Observaciones:**

**Anexo 6: Fechas y horarios en los que se realizaron las entrevistas, así como las observaciones del estudio uno**

<b>Entrevistas</b>			
<b>Participante</b>	<b>Fecha</b>	<b>Horario</b>	<b>Tipo</b>
Sergio Hernández Sánchez	10 de enero de 2020	3:35 p.m. – 4:26 p.m.	Presencial
Ehecatl Elí Barón Arriaga	29 de noviembre de 2019	4:25 p.m. – 5:40 p.m.	Presencial
Roberto Ángel García García	2 de diciembre de 2019	12:40 p.m. – 1:51 p.m.	Presencial
Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda	2 de diciembre de 2019	2:35 p.m. – 3:00 p.m.	Presencial
Saúl Alejandro Badillo Hernández	29 de noviembre de 2019	12:10 p.m. – 1:09 p.m.	Presencial

<b>Observaciones</b>			
<b>Participante</b>	<b>Fecha</b>	<b>Horario</b>	<b>Tipo</b>
Sergio Hernández Sánchez	17 de enero de 2020	5:00 p.m. – 6:08 p.m.	Presencial
Ehecatl Elí Barón Arriaga	29 de noviembre de 2019	5:42 p.m. —7:00 p.m.	Presencial
Roberto Ángel García García	2 de diciembre de 2019	3:00 p.m. – 3.30 p.m.	Presencial
Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda	2 de diciembre de 2019	3:00 p.m. – 3.30 p.m.	Presencial
Saúl Alejandro Badillo Hernández	29 de noviembre de 2019	1:11 p.m. – 3:03 p.m.	Presencial

**Anexo 7: Guía de observación para el estudio uno**

Fecha:	Duración:
Hora de inicio:	Hora de fin:
Nombre del participante:	
Lugar de la observación:	
Realizó la observación: Itzel Anai Cruz Fernández	

<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Observaciones</b>
Construcción de robots	Características del robot	
	Procesos	
	Herramientas	
	Materiales	
	Fuentes de información	
Problemas matemáticos	Relacionados con la aritmética (Resolución de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones con números).	

	<p>Relacionados con la geometría (Medición de extensiones y búsqueda de la relación entre ángulos o puntos).</p>	
	<p>Relacionados con el álgebra (Resolución de sumas, restas, multiplicaciones o divisiones con números y símbolos).</p>	
	<p>Relacionados con la estadística (Cálculo de media, mediana y moda de conjuntos de datos).</p>	
	<p>Relacionados con la probabilidad</p>	

	(Cálculos para verificar las posibilidades de que suceda un hecho).	
--	---	--

### Anexo 8: Instrumento de evaluación de los resultados de las entrevistas y observaciones

Posible problema matemático	Criterios por valorar, para determinar si es un problema matemático												Observaciones	Resultado	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			

Criterios por valorar, para determinar si es un problema matemático
1. Es una situación concreta contextualizada, en las que se formulan planteamientos, se resuelven operaciones y se hacen cálculos, para encontrar las soluciones.
2. Está relacionado con la resolución de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones con números.
3. Está relacionado con la medición de extensiones y la búsqueda de la relación entre ángulos o puntos.
4. Está relacionado con la resolución de sumas, restas, multiplicaciones o divisiones con números y símbolos.
5. Está relacionado con el cálculo de media, mediana y moda de conjuntos de datos.
6. Está relacionado con cálculos para verificar las posibilidades de que suceda un hecho.
7. Exige la realización de tareas, para encontrar sus soluciones.
8. Requiere de un nivel de abstracción para ser resuelto.
9. Puede generar o producir otros problemas.
10. Es una situación inherente a los seres humanos.
11. Parten de hechos conocidos.
12. Desarrolla el pensamiento crítico.

**Anexo 9: Fechas y horarios en los que se resolvieron los casos de simulación del estudio dos**

<b>Casos de simulación</b>			
<b>Participante</b>	<b>Fecha</b>	<b>Horario</b>	<b>Tipo</b>
Sergio Hernández Sánchez	24 de noviembre de 2020	6:00 p.m. – 7:41 p.m.	Virtual
Ehecatl Elí Barón Arriaga	30 de octubre de 2020	12:00 p.m. – 2:03 p.m.	Virtual
Roberto Ángel García García	9 de noviembre de 2020	3:00 p.m. – 4:49 p.m.	Virtual
Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda	4 de diciembre de 2020	12:00 p.m. – 1:25 p.m.	Virtual
Saúl Alejandro Badillo Hernández	22 de octubre de 2020	1:18 p.m. – 2:30 p.m.	Presencial



### Anexo 10: Audios y videos tomados durante los estudios

Nombre	Enlace
Exposición de los participantes Roberto Ángel García García y Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.	<a href="https://youtu.be/3lcAQTHTIFl">https://youtu.be/3lcAQTHTIFl</a>
Entrevista con el participante Saúl Alejandro Badillo Hernández.	<a href="https://youtu.be/cd02dS5sn0Q">https://youtu.be/cd02dS5sn0Q</a>
Entrevista con el participante Ehecatl Elí Barón Arriaga.	<a href="https://youtu.be/YGNBLNChE08">https://youtu.be/YGNBLNChE08</a>
Entrevista con el participante Roberto Ángel García García.	<a href="https://youtu.be/wlFupR8EcGk">https://youtu.be/wlFupR8EcGk</a>
Entrevista con la participante Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.	<a href="https://youtu.be/9OgamzT9mA4">https://youtu.be/9OgamzT9mA4</a>
Entrevista con el participante Sergio Hernández Sánchez.	<a href="https://youtu.be/5CjHx2q5QPs">https://youtu.be/5CjHx2q5QPs</a>
Resolución de casos por parte del participante Saúl Alejandro Badillo Hernández.	<a href="https://youtu.be/p9ElcGyNQX0">https://youtu.be/p9ElcGyNQX0</a>
Resolución de casos por parte del participante Ehecatl Elí Barón Arriaga.	<a href="https://youtu.be/peZzPlbR3rY">https://youtu.be/peZzPlbR3rY</a>
Resolución de casos por parte del participante Roberto Ángel García García.	<a href="https://youtu.be/39DqBS1aFMg">https://youtu.be/39DqBS1aFMg</a>
Resolución de casos por parte del participante Sergio Hernández Sánchez.	<a href="https://youtu.be/A0kLQeOw4S4">https://youtu.be/A0kLQeOw4S4</a>
Resolución de casos por parte de la participante Zaa Ribe Jazmín Ramírez Grajeda.	<a href="https://youtu.be/G-GzOe4Ostw">https://youtu.be/G-GzOe4Ostw</a>

### Anexo 11: Resultados del análisis de los posibles problemas matemáticos

Posible problema matemático	Criterios por valorar, para determinar si es un problema matemático												Observaciones	Resultado	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1. Conversión de unidades.		X		X			X	X	X	X	X	X	X	Es un procedimiento específico que se realiza en la resolución de un problema matemático.	No es problema matemático.
2. Definición del campo de visión de los sensores de un robot.	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	Se hacen operaciones, tareas, así como actividades matemáticas de cuatro tipos: aritméticas, geométricas, algebraicas y de probabilidad.	Sí es un problema matemático.
3. Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	Se hacen operaciones, tareas, así como actividades matemáticas de tres tipos: aritméticas, geométricas y algebraicas.	Sí es un problema matemático.
4. Cambio de la posición de la extremidad de un robot (ángulo).	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	Requiere de hacer un análisis constante de las fuerzas de tensión entre las piezas, lo cual requiere de la aplicación de conocimientos de la Física.	No es problema matemático.

Posible problema matemático	Criterios por valorar, para determinar si es un problema matemático												Observaciones	Resultado	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
5. Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		Se hacen operaciones, tareas, así como actividades matemáticas de tres tipos: aritméticas, geométricas y algebraicas.	Sí es un problema matemático.
6. Diseño a detalle de un robot con base en especificaciones.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		Se hacen operaciones, tareas, así como actividades matemáticas de tres tipos: aritméticas, geométricas y algebraicas.	Sí es un problema matemático.
7. Probabilidad de fallo de las funciones del robot.	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Requiere de hacer cálculos relacionados con temas de la Física, específicamente, con la tensión, potencia, presión y resistencia.	No es problema matemático.
8. Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		Se hacen operaciones, tareas, así como actividades matemáticas de tres tipos: aritméticas, geométricas y algebraicas.	Sí es un problema matemático.
9. Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica de un robot.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		Se hacen operaciones, tareas, así como actividades matemáticas de tres tipos: aritméticas, geométricas y algebraicas.	Sí es un problema matemático.

Posible problema matemático	Criterios por valorar, para determinar si es un problema matemático												Observaciones	Resultado
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
10. Búsqueda de la cantidad de energía que gasta un robot.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	Requiere de hacer cálculos de procesos físicos en los que se relacionan potencias, gastos energéticos, trabajo de la máquina y resistencia.	No es problema matemático.
11. Búsqueda de la distancia que puede recorrer un robot, con base en sus características y el tipo de superficie.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	Requiere de hacer cálculos y operaciones relacionadas con la distancia, el tiempo, la aceleración, la velocidad, la energía, la potencia, así como la resistencia, los cuales son temas que aborda la Física.	No es problema matemático.
12. Búsqueda de la resistencia de una pieza del robot, por el tipo de material con el que está construida.	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	Requiere de hacer operaciones relacionadas con la fuerza y la tensión, temas que aborda la Física.	No es problema matemático.

## **Anexo 12: Casos de simulación para el estudio dos**

### **Estudio dos: Casos de simulación**

#### **Introducción**

El segundo estudio del trabajo de investigación tiene como objetivo identificar las estrategias procedimentales que utilizan los integrantes del TRA, para resolver problemas matemáticos comunes en la construcción de robots.

Las estrategias procedimentales refieren a todas aquellas acciones, actividades y métodos que las personas ponen en práctica, para llegar a un objetivo, en este caso a la solución de los problemas matemáticos.

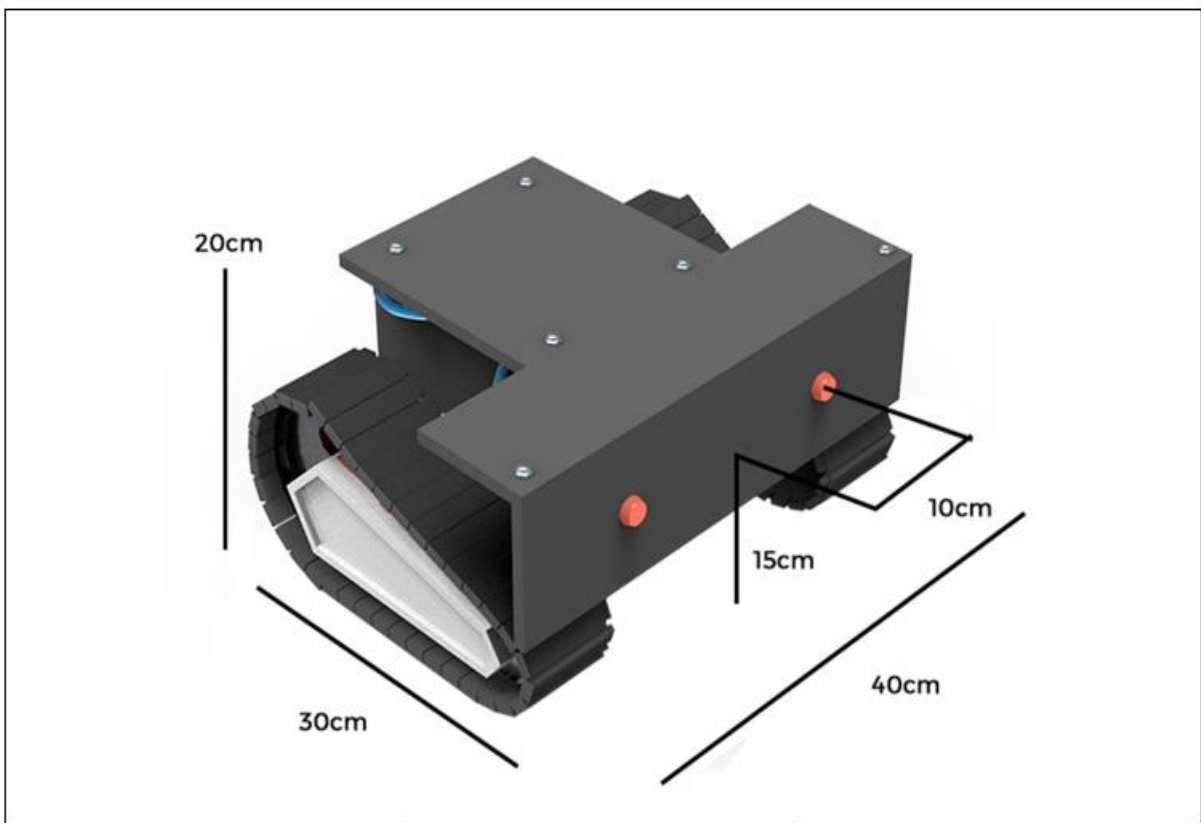
Agradeciendo tu tiempo, comencemos.

## Definición del campo de visión de los sensores de un robot

Los alumnos del taller de Robótica *DR* construyeron el *Elisa-VII* (véase figura 1), el cual es un robot móvil terrestre destinado a la exploración de entornos. Sus dimensiones son las siguientes: largo 30 cm, ancho 40 cm y alto 20 cm.

Los robots de exploración de entornos tienen como finalidad permitir la detección y el análisis de espacios geográficos que son difíciles de explorar por las personas, por ejemplo, zonas pantanosas o espacios de derrumbe.

Los sensores de visión del robot *Elisa-VII* (mostrados en color rojo en la figura mencionada), se colocaron en la cara principal, a una altura de 15 cm desde el suelo, separados cada uno a 10 cm del centro.



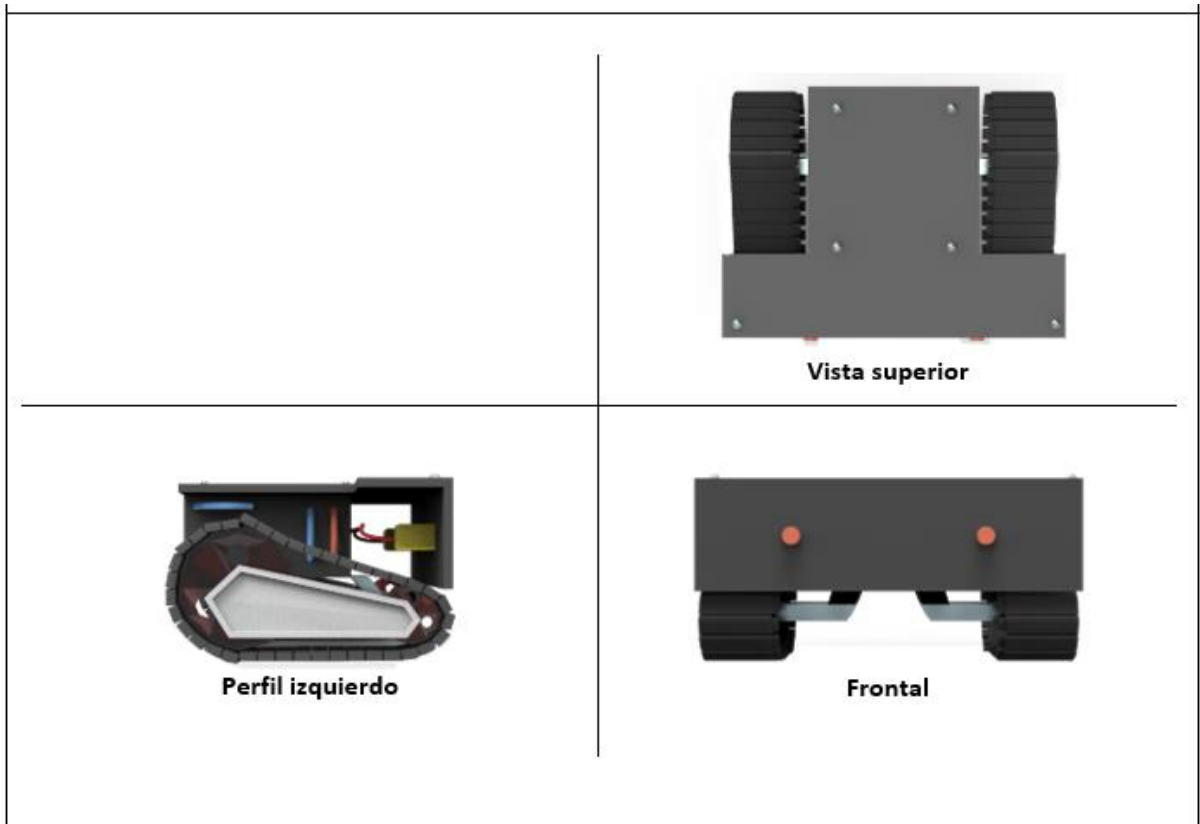


Figura 1. Robot *Elisa-VII*.

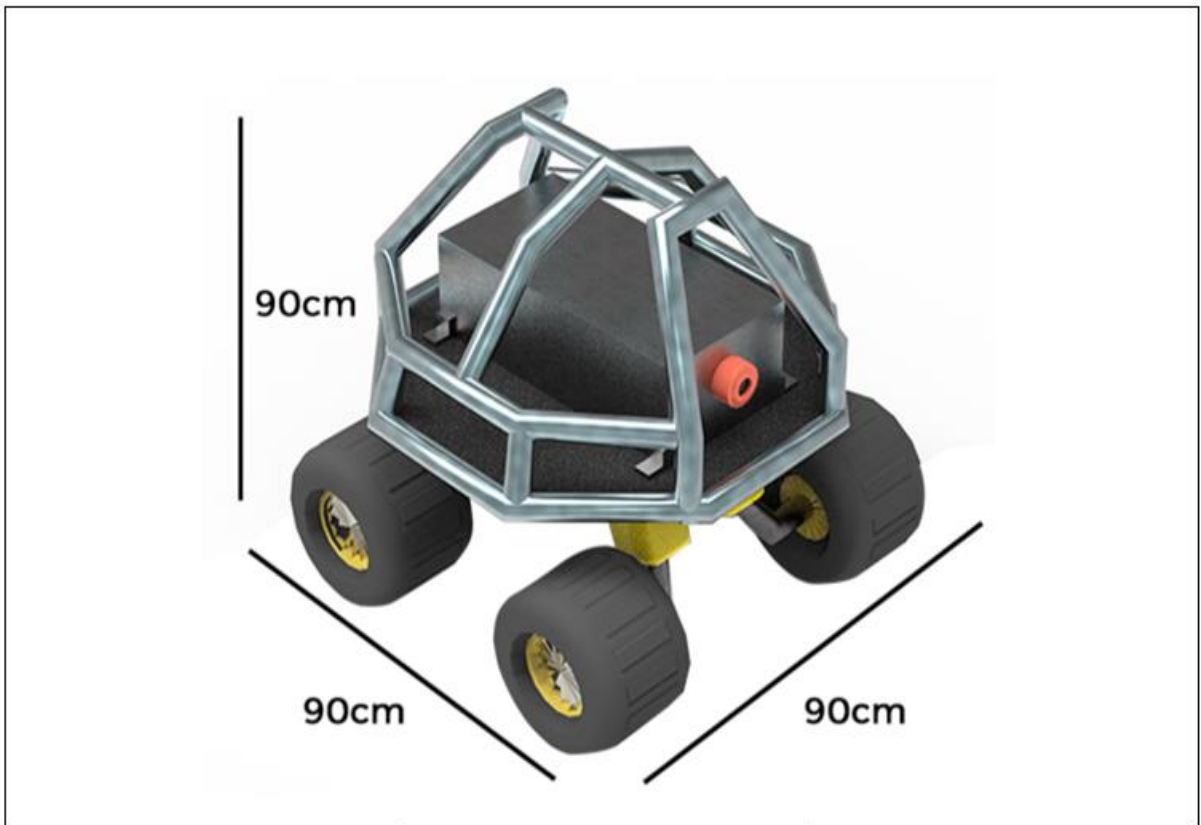
**Fuente:** Elaborado por Leo Sánchez.

Sin embargo, los alumnos del taller *DR* tienen un problema, no saben cuáles son los ángulos de visión horizontal, vertical y diagonal ¿Cuál sería la estrategia procedimental que utilizarías para encontrar el resultado?

## Rediseño de un robot, para la reducción de dimensiones y peso

Los alumnos del taller *UM* diseñaron el *J-300* (véase figura 2), el cual es un robot móvil terrestre construido con la finalidad de localizar personas que se quedan atrapadas en escombros.

Las dimensiones del robot *J-300* son las siguientes: largo 90 cm, ancho 90 cm y alto 90 cm. Asimismo, este robot tiene un peso total de 73 kg y se mueve a partir de ruedas.





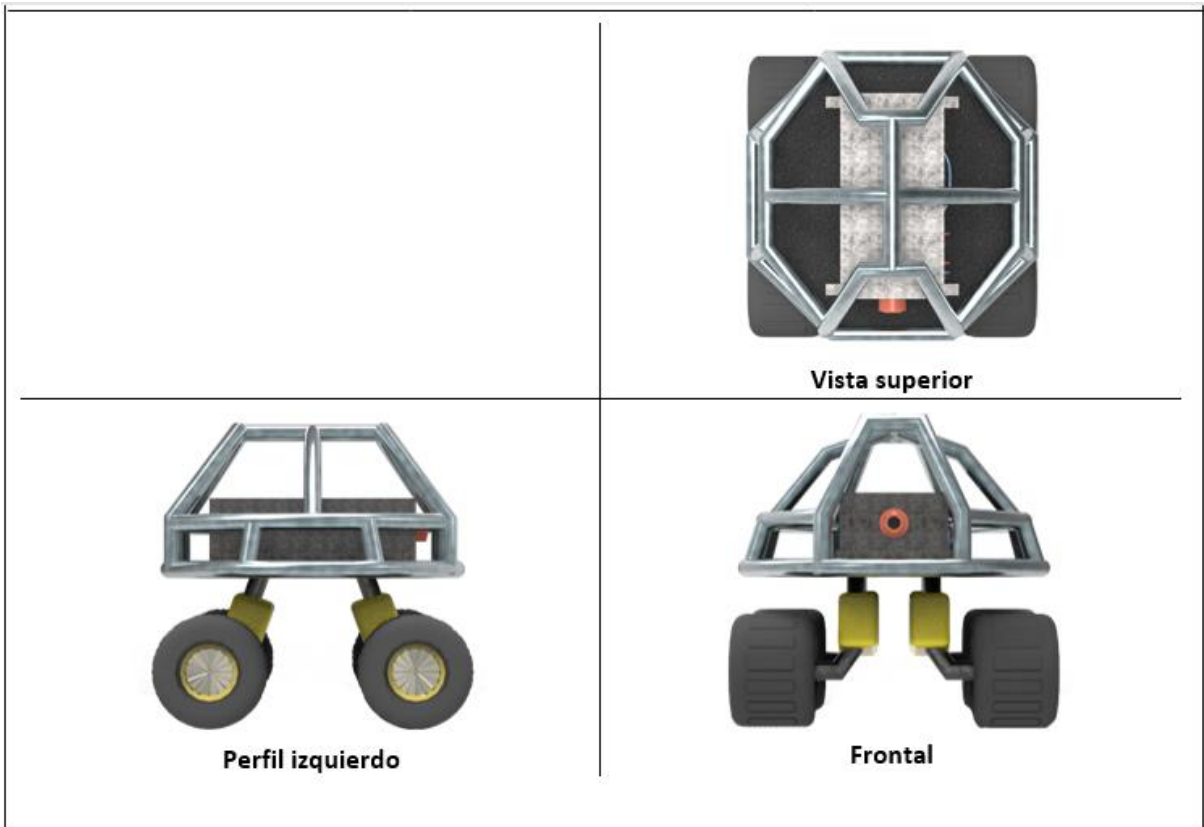


Figura 2. Robot *J-300*.

**Fuente:** Elaborado por Leo Sánchez.

Un grupo de profesores evaluaron la funcionalidad del robot y determinaron que no cumplía con el objetivo planeado, pues era muy grande y pesado, además de que las ruedas podrían afectar su capacidad para pasar entre los escombros.

Los profesores que evaluaron el trabajo les recordaron a los alumnos del taller *UM* que el robot *J-300* máximo debía medir 50 cm de cada lado, así como tenía que pesar 20 kg.

Por lo anterior, el grupo de profesores solicitó a los integrantes del taller rediseñar el robot ¿Cuál sería la estrategia procedimental que utilizarías para reducir las dimensiones y el peso del *J-300*?

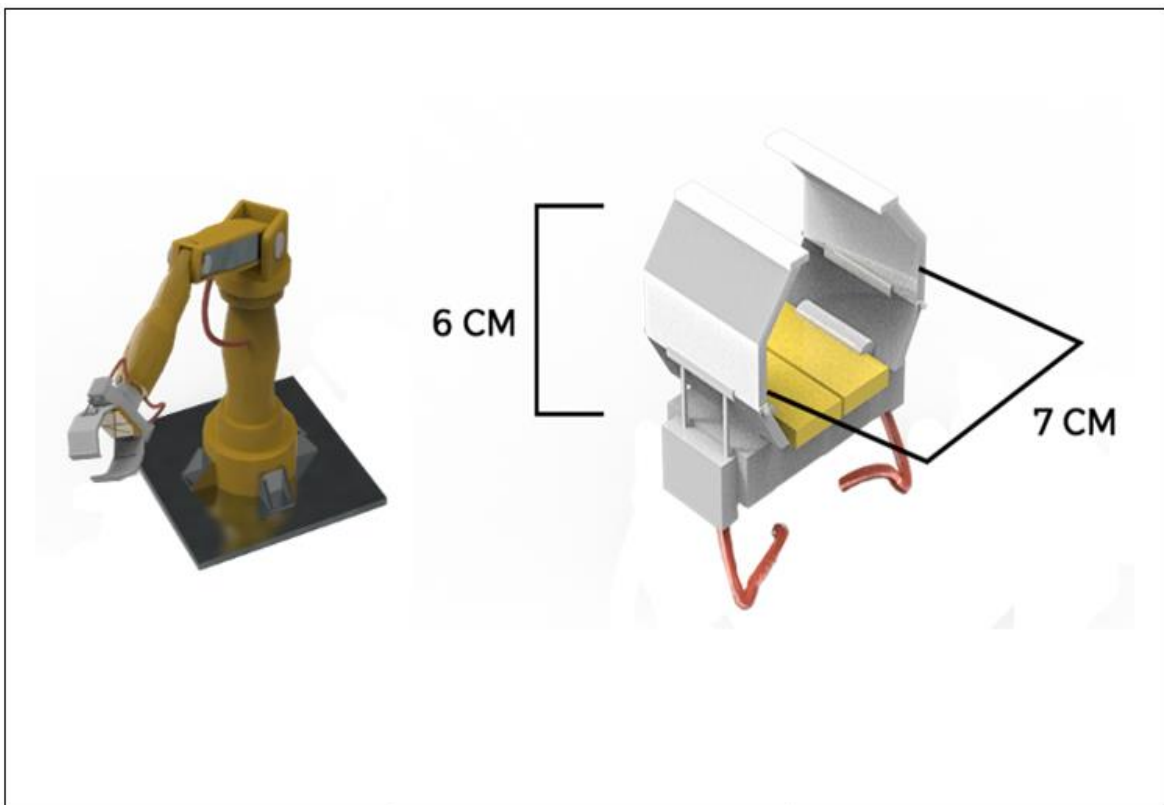
## Modificación de las dimensiones y características de una pieza del robot

Los integrantes del taller *Juguemos con Robótica* desarrollaron el robot *VRR-450-W* (véase figura 3), el cual es un manipulador serial fijo que puede mover paquetes circulares (5 cm de diámetro) de un lugar a otro.

Sin embargo, los profesores encargados del taller *Juguemos con Robótica* solicitaron el rediseño de la pinza del robot, con la finalidad de que ésta pueda mover paquetes circulares de 10 cm de diámetro con una masa despreciable.

Actualmente, la pinza tiene las siguientes dimensiones:

- 6 cm de la base hacia las puntas.
- 7 cm entre las curvas de las dos partes de agarre.



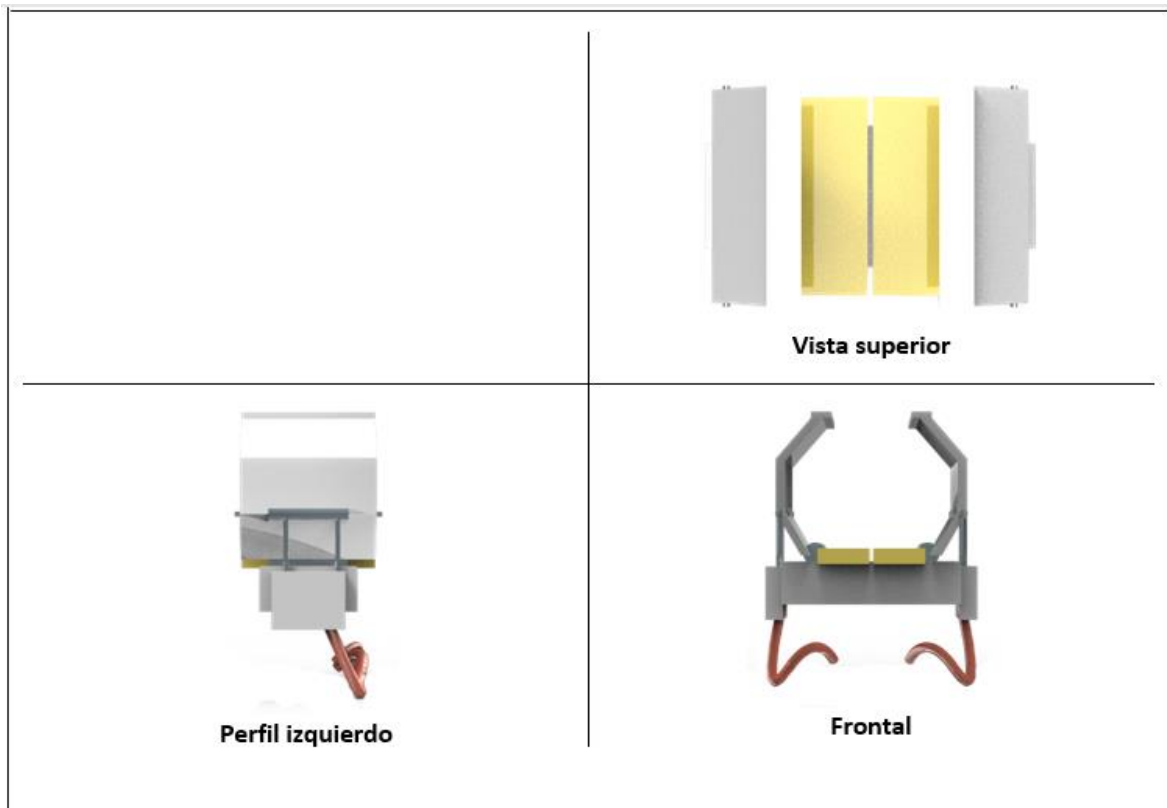


Figura 3. Robot 450-W.

**Fuente:** Elaborado por Leo Sánchez.

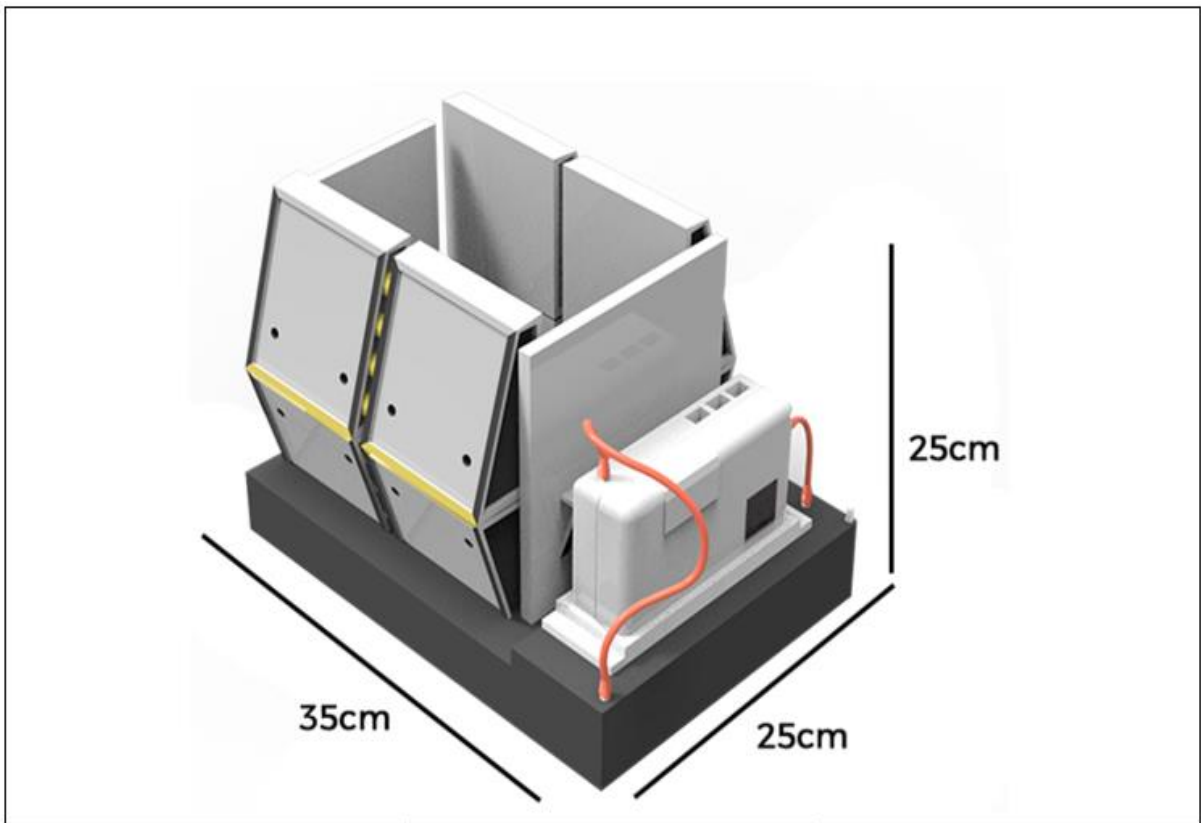
Por lo anterior, ¿cuál sería la estrategia procedimental que seguirías para rediseñar las dimensiones, así como las características de la pinza del manipulador serial fijo VRR-450-W?

## Diseño conceptual y a detalle de una pieza del robot

Tres integrantes del taller *Tecno-Robótica* están diseñando el *Petrox-er* (véase figura 4), el cual es un robot móvil que tiene como finalidad transportar objetos con un peso máximo de 5 kg.

El robot *Petrox-er* tiene las siguientes dimensiones:

- Medidas generales:
  - Largo: 35 cm.
  - Ancho y alto: 25 cm.
- Caja:
  - Largo: 25 cm.
  - Ancho y alto: 20 cm.
  - Volumen: 10,000 cm<sup>3</sup>.



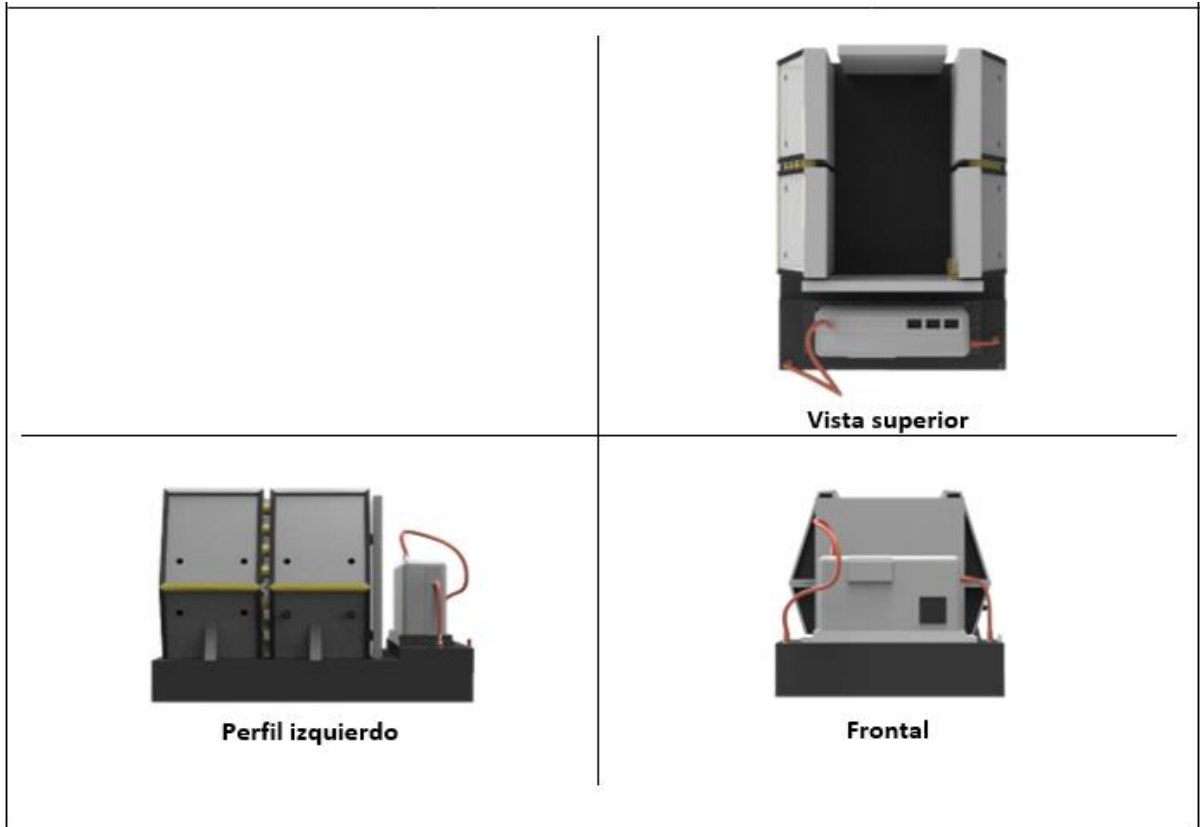


Figura 4. Robot *Petrox-er*.

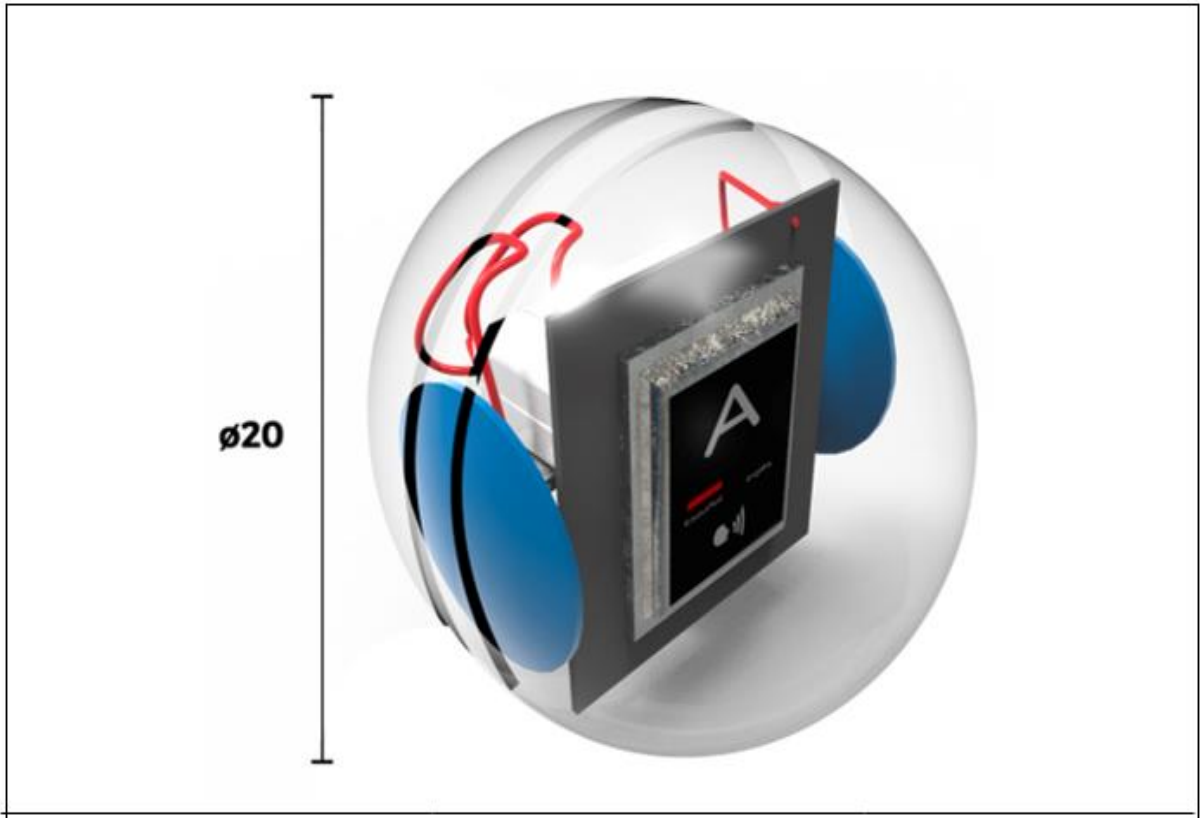
**Fuente:** Elaborado por Leo Sánchez.

Los tres integrantes del taller *Tecno-Robótica* casi terminan de construir el sistema mecánico del robot *Petrox-er*, sin embargo, no han hecho el diseño del sistema de locomoción.

Uno de los profesores les pidió el diseño conceptual (dibujo a mano alzada) y a detalle (plano de manufactura) del sistema de locomoción, con la finalidad de que el robot pueda soportar el peso de los objetos, así como tener una autonomía de operación de 30 minutos ¿Cuál sería la estrategia procedimental que seguirías para hacerlos?

## Búsqueda de la concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot

Los integrantes del taller *MXM* terminaron de montar la estructura mecánica del *BV-SA* (véase figura 5), el cual es un robot móvil tipo esférico de 20 cm de diámetro, que les enseña a las personas el abecedario en español e inglés.



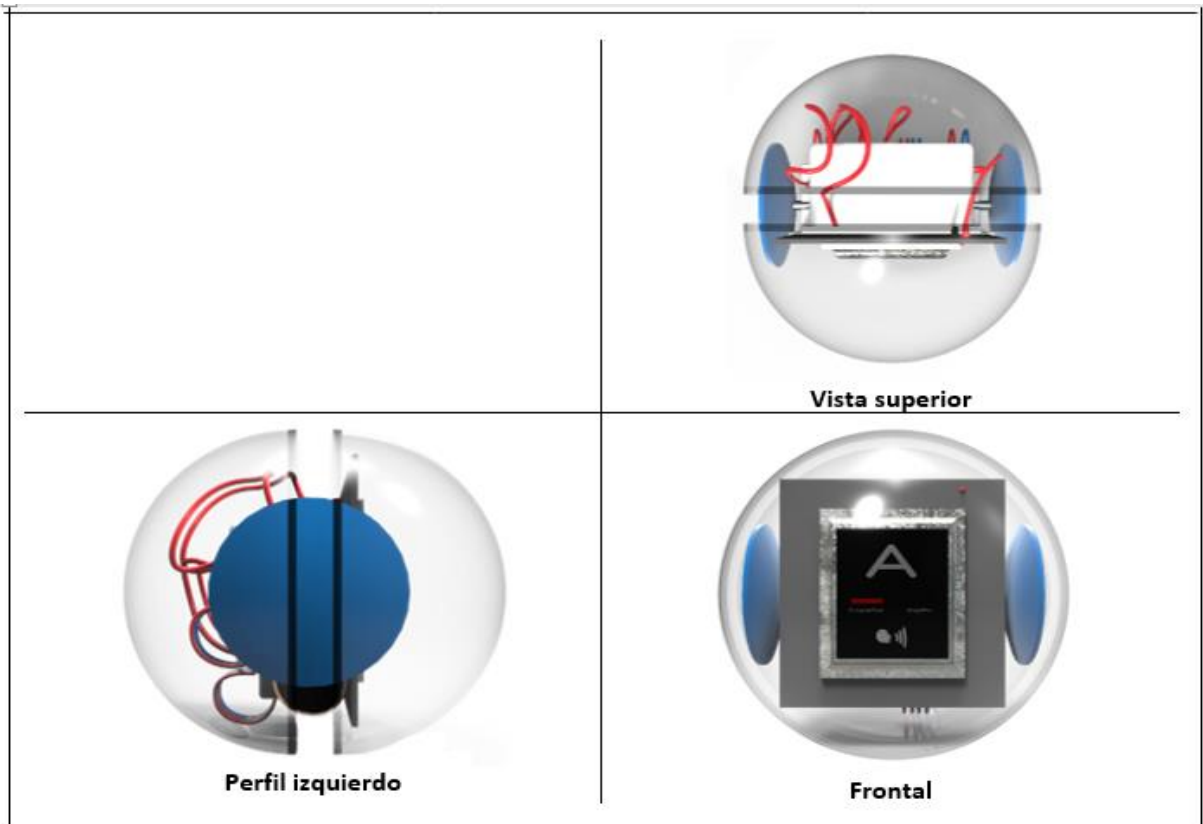


Figura 5. Robot *BV-SA*.

**Fuente:** Elaborado por Leo Sánchez.

Sin embargo, los integrantes del taller no tomaron en cuenta la electrónica del robot, por lo cual los componentes no tienen un lugar asignado, hay muchos cables que no caben en el interior, así como el cable para corriente no posee un agujero de salida.

Con base en lo anterior, ¿cuál sería la estrategia procedimental que emplearías para posibilitar una concordancia entre la parte electrónica y mecánica del robot *BV-SA*?

## **Diseño a detalle del robot con base en especificaciones**

Los profesores encargados del taller *Robótica ágil* encomendaron a tres integrantes diseñar a detalle un robot de servicio que sea útil para apoyar a personas con discapacidad visual en su movilidad dentro de sus casas.

El robot de servicio tiene que cumplir con las siguientes especificaciones:

- Navegar de forma autónoma.
- Tener máximo 50 cm de largo, ancho y alto.
- Tener sensores de movimiento y sonido.
- Desplazarse con ruedas, patas o bandas.
- Tener un peso máximo de 10 kg.
- Estar hecho con un material resistente.
- Ser resistente a salpicaduras de agua.

Los profesores les comentaron a los alumnos que el costo del robot sería asumido por ellos, asimismo, les recordaron que dentro del taller no tenían máquinas especializadas para la manufactura, sólo herramientas básicas (pinzas, desarmadores, entre otros).

Los tres integrantes del taller no saben cómo diseñar a detalle un robot de servicio con esas características ¿Cuál sería la estrategia procedimental que emplearías para cumplir con lo solicitado por los profesores?