



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Programa de Doctorado
Formación en la Sociedad del Conocimiento

Tesis Doctoral

**Caracterización de Entornos de Aprendizaje
basados en Robótica en el ámbito
preuniversitario de Iberoamérica y España**

Autora
Kathia Pittí Patiño

Directores
**Dra. Belén Curto Diego
Dr. Vidal Moreno Rodilla**

Salamanca, 2021



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Programa de Doctorado
Formación en la Sociedad del Conocimiento

TESIS DOCTORAL

*Caracterización de Entornos de Aprendizaje basados en Robótica
en el ámbito preuniversitario de Iberoamérica y España*

Autora

Kathia Pittí Patiño

Directores

Dra. Belén Curto Diego

Dr. Vidal Moreno Rodilla

Salamanca, 2021



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Programa de Doctorado
Formación en la Sociedad del Conocimiento
(RD 99/2011)

Dña. Belén Curto Diego, Profesora Titular de la Universidad del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca y *D. Vidal Moreno Rodilla*, Profesor Titular de la Universidad del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, en calidad de directores del trabajo de tesis doctoral titulado “Caracterización de Entornos de Aprendizaje basados en Robótica en el ámbito preuniversitario de Iberoamérica y España” y realizado por *Dña. Kathia Pittí Patiño*.

HACEN CONSTAR

Que dicho trabajo alcanza, bajo nuestro punto de vista, todos los requisitos científicos y formales para ser presentado y defendido públicamente, tanto por la relevancia del tema tratado como por los suficientes méritos teóricos contrastados de manera adecuada mediante las validaciones pertinentes, las publicaciones relacionadas y las aportaciones novedosas.

Por todo ello, manifestamos nuestro acuerdo para que sea autorizada la presentación y defensa del trabajo referido.

En Salamanca, a 28 de enero de 2021.

Directores:

Fdo.: Belén Curto Diego

Fdo.: Vidal Moreno Rodilla

DEDICATORIA

*A los que utilizan la tecnología,
especialmente la Robótica Educativa,
con la visión de Aprender a Aprender
a lo largo de toda la Vida.*

AGRADECIMIENTOS

Por haberme brindado lo más valioso para que una persona pueda culminar sus metas, su confianza y apoyo sincero:

- A Allah.
- A mi Familia.
- A mi Esposo y a mi Hijo.
- A mis Directores de la Tesis.
- A mi país Panamá, por la beca SENACYT-IFARHU.
- A mis Amistades.
- A mis Compañeros y Profesores de la USAL.
- A mis Profesores y Colegas de Robótica Educativa.
- A los Tuercas Locas y Locas Tuercas.
- Al Personal del CITA-FGSR.
- A todos los Expertos y Participantes del estudio.

Gracias Infinitas de todo Corazón

¡Muchas Gracias a Todos y Todas!

Adriana, Alejandro,
Alexis, Alfredo, Amelia, Ana Lourdes,
Arleth, Beatriz, Belén, Carlos, CITA-FGSR,
Complubot, Daryelis, David, Dony, Edilberto, Eduardo,
Eida, Elsa, Enedina, Enrique, Erla, Erwin, Fausia,
Fernando, Flor, IPT-David, Isaías, Iván, Iveth, Javier,
Joaquín, Jorge, Jose, José Ángel, Juan Pablo, Julio,
Khalid, Koldo, Lelia, Ling, Lislly, Locas Tuercas, Luis,
Luisito, María, Mariela, Milciades, Nely, Nerea,
Nodiel, Participantes del Estudio, Rolando,
Román, Rosalynn, Panamá: SENACYT-
IFHARU, Sofía, Tatiana, Tuercas
Locas, USAL, UTP, Vanesa,
Vidal, Yineth, Zenaida,
Yasin.



RESUMEN

En la última década se aprecia un aumento en la variedad de recursos para hacer *Robótica Educativa* (RE) desde edades tempranas. Esto ha permitido acercar la robótica a múltiples entornos de aprendizaje, tanto escolares como extraescolares; facilitando alcanzar distintos objetivos de aprendizaje mediante una gama de actividades: talleres, campamentos de verano, exposiciones, ferias científicas y tecnológicas, torneos, etc.

Actualmente, los sistemas educativos buscan cómo integrarla a su currículo, es decir, pasar de hacer robótica como una actividad extraescolar donde participan algunos estudiantes, a ser parte formal del plan de estudios para que todos tengan la oportunidad de experimentar y aprender con este recurso tecnológico.

En este sentido, la presente tesis doctoral tiene como objetivo identificar las características de los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* en el ámbito preuniversitario de Iberoamérica y España, escolar y extraescolar, que propician un aprendizaje significativo (rendimiento académico) en los estudiantes.

Para alcanzar nuestro propósito se empieza por conocer el estado del arte de la RE, su dimensión tecnológica en la cual hacemos una propuesta innovadora de clasificación de los distintos tipos de plataformas utilizadas para hacer RE debido a su carácter multidisciplinar. Seguidamente se presenta la dimensión educativa, donde estudiamos el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la teoría de aprendizaje en que se basa su propuesta hasta cómo se evalúa y se culmina analizando los trabajos de investigación para identificar los factores claves para diseñar un *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* eficaz desde la perspectiva teórica y que de igual modo, sustentan el diseño metodológico de este estudio.

Todo lo anterior nos permitió obtener las variables claves utilizadas en el cuestionario en línea elaborado ad-hoc. Un total de 127 instructores de RE de Iberoamérica y España nos compartieron su experiencia. Para identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa en el rendimiento académico de los estudiantes que realizan actividades de robótica en un entorno escolar preuniversitario se utilizó el algoritmo CHAID, una técnica de minería de datos que nos permite visualizar el análisis de segmentación jerárquica.

Los resultados del estudio revelaron 19 modelos de árboles de segmentación jerárquica con los principales predictores del rendimiento académico. Los tres principales son: si el docente siempre, como finalidad de uso de la evaluación, *regula el aprendizaje de los estudiantes*, si le requiere al estudiante realizar siempre *actividades expresivas prácticas* y si siempre hace que esté presente el *atributo tecnológico* como una de las características del entorno de aprendizaje.

El trabajo concluye destacando el rol que el docente desempeña en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la importancia de dedicar el tiempo suficiente a la planificación didáctica, cualquiera que sea la plataforma de RE seleccionada, involucrando la mayor cantidad de estos predictores encontrados para aumentar la probabilidad de que los alumnos mejoren el rendimiento académico.

Palabras claves: Tecnología Educativa, Robótica Educativa Preuniversitaria, Robótica en la Educación, Entorno de Aprendizaje basado en Robótica, Robots, Lenguajes de Programación, Pensamiento Computacional, Aprendizaje, Algoritmo CHAID.

ABSTRACT

In the last decade an important increase in the variety of resources to use *Educational Robotics* (ER) at several stages including early ages, has been observed. This fact has let bringing robotics topics closer to diverse learning environments, at the school and out of the classroom, so the achievement of the different learning objectives is reached through a range of activities: workshops, summer camps, exhibitions, science and technology fairs, tournaments, etc.

Nowadays, educative systems are looking for a feasible way to include ER at curricula, that is, it is needed a process to transfer it from an extracurricular environment, where students participate, to a formal component of a study plan where all the students have the chance to perform different experimental and learning tasks with this technological resource with the consequent advantages.

In this way, this PhD work has as main goal the identification the main characteristics for the *Robotics based Learning Environment* at the preuniversity stage at Latin America and Spain, both school and out-of-school, that propitiate a significant learning (an academic performance) by the students.

In order to reach our research goal, first, it is needed to know the state of art of ER. At the technological dimension, our innovative proposal is posed: we are

looking for a classification for the main used platforms that appear at ER due to its multidisciplinary character. Next, at an educational dimension, the teaching-learning process is considered, from learning theory where the proposal is based to the evaluation process. Finally, existing research is analyzed so that main keys are identified to design a *Robotics based Learning Environment* that is quite efficient from the theoretical perspective, and, at the same time, these keys will provide the support for this survey methodology design.

With all this work, we have defined the key variables that were used at an on-line questionnaire that we have constructed ad-hoc. A complete set, constituted by 127 ER instructors from Latin America and Spain, share with us their experience. In order to identify the predictive variables that have significantly influence in the student's academic performance from a preuniversity environment, a CHAID algorithm has been applied, a data mining technique that let us visualize the resulting hierarchical data segmentation.

As one of the main results of this study 19 hierarchical segmentation tree models have been discovered where the main predictor variables of academic performance are determined. In this way, the three main predictors are: if the teacher always *regulates students learning process* as an evaluation task goal, if the student is always required to perform *practical expressive activities*, and, finally if the teacher requires the *technological attribute* to be always present as characteristic of the learning environment.

The work concludes with the fact the teacher role is strongly highlighted at the teaching learning process, in such a way that it is quite important to designate enough time effort to didactical planning, whatever the ER selected platform be. In addition, it is concluded how a greater amount of the predictors designated lets to an increase of the probability that students enhanced the academic performance.

Keywords: Educational technology, Preuniversity Educational Robotics, Robotics in Education, Robot based Learning Environment, Robots, Programming Languages, Computational Thinking, Learning, CHAID algorithm.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	i
Agradecimientos	iii
Resumen	v
Abstract	vii
Índice General	ix
Índice de figuras	xiii
Índice de tablas	xv
Índice de gráficos	xix
Lista de acrónimos	xxi
0. Introducción	1
0.1. Estado del Arte de la RE Preuniversitaria	3
0.2. Objetivos de la Tesis Doctoral	12
0.3. Metodología de la Investigación	14
0.4. Innovación de la Tesis Doctoral	15
0.5. Estructura de la Tesis	16

1. Dimensión Tecnológica de la Robótica Educativa	19
1.1. Tecnología y Educación	20
1.2. Conceptualizando la Robótica Educativa	20
1.3. ¿Qué es un robot?	22
1.3.1. El proceso de hacer un robot educativo	24
1.4. Recursos para hacer Robótica Educativa	35
1.4.1. Los inicios de la Robótica Educativa	36
1.4.2. Descripción de los Recursos para hacer RE	38
1.4.3. Criterios para seleccionar el recurso para hacer RE	42
1.5. Características de la Robótica Educativa	48
1.5.1. Características Similares a otras Tecnologías	48
1.5.2. Características distintivas de la RE	49
1.6. Síntesis del Capítulo 1	54
2. Robótica Educativa Preuniversitaria: ¿dónde?, ¿por qué?, ¿cómo? y ¿para qué?	55
2.1. Entornos de Aprendizaje basados en RE	56
2.1.1. Torneos de RE Preuniversitaria	56
2.2. Justificación del uso de la RE Preuniversitaria	59
2.2.1. Necesidades sociales y culturales	59
2.2.2. Expectativas educativas	60
2.3. La Tecnología como Recurso Educativo	71
2.3.1. La Robótica como Recurso Educativo	71
2.4. Aprendizajes que promueve la RE	73
2.5. Síntesis del Capítulo 2	78
3. Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la RE Preuniversitaria	79
3.1. Referentes teóricos-pedagógicos de la RE	80
3.1.1. Principales teorías asociadas a la RE	80
3.1.2. Relación entre estas teorías y la RE	87
3.2. Métodos de Enseñanza en RE	90
3.2.1. Exposición tradicional	91
3.2.2. Aprendizaje por descubrimiento	91
3.2.3. Metodología LEGO® Education 4C	93
3.2.4. Aprendizaje basado en problemas	94
3.2.5. Aprendizaje basado en proyectos	95
3.3. El proceso de evaluación en un EAR	99

3.3.1.	Precisiones terminológicas	100
3.3.2.	Evaluando el aprendizaje en los EAR	104
3.4.	Síntesis del Capítulo 3	109
4.	Bases Empíricas del Estudio	111
4.1.	Proyectos e Investigaciones sobre RE Preuniversitaria	112
4.1.1.	RE Preuniversitaria en España	113
4.1.2.	RE Preuniversitaria en Latinoamérica	120
4.1.3.	RE Preuniversitaria en el resto de Países	137
4.2.	Retos para la integración de la RE en el EA Escolar	141
4.3.	Características claves para el diseño de un EAR	145
4.4.	Síntesis del Capítulo 4	148
5.	Metodología de la Investigación	143
5.1.	Planteamiento del Estudio	144
5.2.	Objetivos del Estudio	145
5.2.1.	Objetivo General	145
5.2.2.	Objetivos Específicos	145
5.3.	Diseño de la Investigación	146
5.3.1.	Técnica e Instrumento para la Recolección de Datos	149
5.3.2.	Elaboración y Descripción del Instrumento	151
5.3.3.	Propiedades Psicométricas del Instrumento	152
5.3.4.	VARIABLES	166
5.4.	Población y Muestra	181
5.5.	Ficha Técnica de la Encuesta	184
6.	Resultados y Análisis de Datos	185
6.1.	Análisis descriptivo	186
6.1.1.	Dimensión I. Perfil del Instructor de RE	186
6.1.2.	Dimensión II. Recursos Tecnológicos	194
6.1.3.	Dimensión III. Características Generales del EA	202
6.1.4.	Dimensión IV. Actividades de Aprendizaje	215
6.1.5.	Dimensión V. Evaluación (EA Escolar)	231
6.1.6.	Dimensión VI. Detalles de la Propia Práctica Educativa	236
6.2.	Análisis Diferencial en función de las categorías de robots educativos: EIM e IM	249

6.3.	Análisis de segmentación utilizando el algoritmo CHAID para determinar los predictores de <i>rendimiento académico</i> en actividades de RE	250
6.3.1.	Motivos para usar el análisis CHAID	252
6.3.2.	Variables usadas en este estudio para el análisis CHAID	254
6.3.3.	Criterios utilizados para el análisis CHAID	255
6.3.4.	Resultados del análisis CHAID	256
7.	Discusión de Resultados y Conclusiones de la Investigación	275
7.1.	Discusión de Resultados	276
7.1.1.	Sobre el Perfil de los Instructores de RE	277
7.1.2.	Sobre los Recursos Tecnológicos	279
7.1.3.	Sobre las Características Generales del EA	283
7.1.4.	Sobre las Actividades de Aprendizaje	286
7.1.5.	Sobre la Evaluación	288
7.1.6.	Sobre Detalles de la Propia Práctica Educativa	290
7.1.7.	Sobre el Rendimiento Académico	291
7.2.	Conclusiones	299
7.2.1.	Recomendaciones para Instructores de RE y Gestores de Formación Docente	300
7.2.2.	Recomendaciones para Investigadores y para Diseñadores de Proyectos de RE	301
7.3.	Limitaciones	303
7.4.	Futuras líneas de investigación	304
7.5.	Difusión y publicaciones durante el período doctoral	306
	Referencias	311
	Anexo A: Torneos de RE Preuniversitaria	325
	Anexo B: Carta de solicitud y guía informática de la Encuesta	331
	Anexo C: Validación de la primera versión del Cuestionario	339
	Anexo D: Formulario de Validación	351
	Anexo E: Biograma de las características del Experto	357
	Anexo F: Resultados Cualitativos del Formulario de Validación	359
	Anexo G: Versión final del Cuestionario para el Entorno Extraescolar	365

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Componentes de un robot	23
1.2. Proceso de realización de un robot educativo	25
1.3. Lenguaje de Programación: (a) Textual y (b) Gráfico	28
1.4. Seymour Papert junto a una “tortuga de piso”	36
1.5. Robot Hero-1 (Heathkit Educational RObot)	37
1.6. Ladrillo Programable del Instituto Tecnológico de Massachusetts	38
1.7. Línea del Tiempo (1998-2013) de los Recursos para hacer RE	44
1.8. Recursos para hacer RE (2014-2018) según las categorías propuestas: EIM, IM e I	45
1.9. Mapa conceptual de la Dimensión Tecnológica de la RE	54
2.1. Usos posibles de la Robótica Educativa	75
2.2. Mapa conceptual: RE Preuniversitaria ¿dónde?, ¿por qué?, ¿cómo? y ¿para qué?	78
3.1. Mapa conceptual: Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la RE Preuniversitaria	109
4.1. Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa (MOPRE)	126
4.2. Matriz de Índice de Efectividad de la Robótica en el Aula	128
4.3. Mapa conceptual: Investigación sobre RE preuniversitaria al 2013	148
4.4. Mapa conceptual: Retos al 2013 para la Integración de la RE en el Entorno Escolar	149

4.5. Mapa conceptual: Características claves para el diseño de un EAR preuniversitario	150
5.1. Versión final de la carta de presentación de la Encuesta del Entorno Escolar	161
5.2. Versión final del apartado de instrucciones de la Encuesta	162
5.3. Preguntas de la Dimensión I - Perfil del Instructor	168
5.4. Preguntas de la Dimensión II - Recursos Tecnológicos	170
5.5. Preguntas de la Dimensión III - Características Generales del EAR	172
5.6. Preguntas de la Dimensión IV - Actividades de Aprendizaje (parte I)	174
5.7. Preguntas de la Dimensión IV - Actividades de Aprendizaje (parte II)	175
5.8. Pregunta filtro para habilitar la dimensión de carácter voluntario .	176
5.9. Preguntas de la Dimensión V - Evaluación	178
5.10. Preguntas de la Dimensión VI - Evaluación	180
5.11. Captura de pantalla de la Web de Investigación	183

ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Ventajas y Desventajas según el tipo de Programación	30
1.2. Descripción de los Robots categorizados como: EIM, IM e I	41
1.3. Reflexiones sobre el Diseño de Kits de Construcción	47
2.1. Marcos de Referencia para las Habilidades del Siglo XXI	65
2.2. Clasificaciones de los usos de la Robótica en la Educación	74
3.1. Instrumentos de evaluación acordes al contenido de aprendizaje .	103
4.1. Resumen “Simulación robótica con herramientas 2.0 para el desarrollo de competencias básicas en ESO. Un estudio de casos” .	116
4.2. Resumen “Un Robot Móvil Autónomo Educativo Mediador”	121
4.3. Resumen “La <i>Robótica Educativa</i> , una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías”	123
4.4. Resumen “Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades en diseño para niños, niñas y jóvenes en América Latina”	133
4.5. Resumen “Propuesta Comunitaria con Robótica Educativa: valoración y resultados de aprendizaje”	135
4.6. Comparación de dos revisiones sistemáticas de estudios sobre RE Preuniversitaria	138
5.1. Ventajas e inconvenientes de las Encuestas por Internet	150
5.2. Estadísticos para obtener la validez de constructo de la escala de Atributos para un EAR	155

5.3. Características de los Expertos	158
5.4. Resumen comparativo entre la versión inicial y final del cuestionario	165
5.5. Operacionalización de Variables de la Dimensión I	167
5.6. Operacionalización de Variables de la Dimensión II	169
5.7. Operacionalización de Variables de la Dimensión III	171
5.8. Operacionalización de Variables de la Dimensión IV	173
5.9. Operacionalización de Variables de la Dimensión V	177
5.10. Operacionalización de Variables de la Dimensión VI	179
5.11. Ventajas e inconvenientes de los muestreos no probabilísticos . . .	181
5.12. Ficha Técnica de la Encuesta	184
6.1. Muestra encuestada según el País, el Entorno de Aprendizaje y la Procedencia (Iberoamérica o España)	187
6.2. Muestra encuestada según la Procedencia (Iberoamérica o España) y el Entorno de Aprendizaje	188
6.3. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Edad de los Instructores	189
6.4. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Género .	191
6.5. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Titulación Académica y el Área de Conocimiento	192
6.6. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Experiencia y Formación en RE	194
6.7. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de los Tipos/Marcas de Recursos para hacer Robótica	195
6.8. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Robot según Categoría: EIM, IM e I	197
6.9. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Lenguaje de Programación (LP)	198
6.10. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Nivel de Dificultad de uso para los alumnos: PR y LP	200
6.11. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Material de Apoyo	201
6.12. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Participación en Competiciones de RE	206
6.13. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Edad de los Alumnos Categorizada	207
6.14. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Número Promedio de Alumnos en Clase	209
6.15. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Ratio Alumnos/Recursos para hacer Robótica	209

6.16. Análisis descriptivo de la escala: Atributos de un EAR (en orden descendente)	212
6.17. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Tipo de Aprendizaje	216
6.18. Estadísticos básicos en función de las Actividades de Aprendizaje requerida	218
6.19. Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Técnica de Enseñanza	219
6.20. Ejemplos de Etapas que proponen los instructores durante las actividades de RE	222
6.21. Distribución de frecuencias y porcentajes en función del nivel de autonomía	223
6.22. Aportes sobre la forma de trabajo Interdisciplinar	230
6.23. Análisis Diferencial y distribución de frecuencias en función de las Categorías de Robots Educativos: EIM e IM	250
6.24. Árboles de segmentación jerárquica resultantes	259
6.25. Variables e indicadores según los nodos de los 19 árboles resultantes	262

ÍNDICE DE GRÁFICOS

5.1. Pregunta # 18 que mide el constructo "atributos de un EAR"	153
5.2. Gráfico de sedimentación	155
5.3. Resultados cuantitativos de la carta de presentación	160
5.4. Resultados cuantitativos de las instrucciones para el proceso de respuesta	163
5.5. Resultados cuantitativos de las preguntas del cuestionario	163
6.1. Muestra encuestada por Entorno de Aprendizaje (EA) y por Procedencia	188
6.2. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Edad de los Instructores	190
6.3. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Género	191
6.4. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Categoría del Robot	197
6.5. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Lenguaje de Programación (LP)	199
6.6. Asignaturas donde se integra la RE	203
6.7. Asignatura donde se integra la RE según la Procedencia de los docentes	204
6.8. Entidad organizadora de la actividad extraescolar de RE	205
6.9. Entidad organizadora de la actividad extraescolar de RE según la procedencia de los instructores	205
6.10. Muestra encuestada por EA en función de la Edad de los Alumnos	207
6.11. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Edad de los Alumnos Categorizada	208
6.12. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Ratio Alumnos/Recursos para hacer Robótica	210
6.13. Media de los Atributos de un EAR según el EA	213
6.14. Media de los Atributos de un EAR según la Procedencia	213
6.15. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y Tipo de Aprendizaje	217
6.16. Media de las Actividades de Aprendizaje requeridas según el EA .	218

6.17. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Técnica de Enseñanza	220
6.18. Muestra total, por EA y por Procedencia en función si se Utiliza Etapas	221
6.19. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Nivel de Autonomía de los Alumnos al Construir	224
6.20. Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Nivel de Autonomía de los Alumnos al Programar	225
6.21. Muestra total, por EA y por Procedencia en función si Establece Roles y los Rota	226
6.22. Muestra encuestada total (N= 113), EA Escolar (n=53) y EA Extraescolar (n=63) en función de la Actitudes hacia las actividades de RE	228
6.23. Muestra encuestada por EA y procedencia en función de las Actitudes hacia las Actividades de RE	229
6.24. Muestra total y por procedencia del EA Escolar en función de la Interdisciplinaridad	230
6.25. Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función del Tipo de Evaluación	232
6.26. Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función del Instrumento de Evaluación	233
6.27. Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función de la Finalidad de la Evaluación	234
6.28. Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función de la Mejora de los Alumnos en sus Aprendizajes y Calificaciones	235
6.29. Muestra total y por procedencia del EA Escolar en función de la Evaluación de la Robótica como Recurso de Aprendizaje	236
6.30. Primer árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	264
6.31. Segundo árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	265
6.32. Tercer árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	266
6.33. Cuarto árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	267
6.34. Quinto árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	268
6.35. Duodécimo árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	269
6.36. Noveno árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	270
6.37. Séptimo árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	271
6.38. Onceavo árbol de segmentación para predecir la <i>mejora del rendimiento académico</i> de los alumnos en las actividades de RE	272

LISTA DE ACRÓNIMOS

AbP	Aprendizaje basado en Problemas
AbPry	Aprendizaje basado en Proyectos
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AEMRM	<i>Autonomous Educational Mobile Robot Mediator</i> , Robot Móvil Autónomo Educativo Mediador
CHAID	<i>Chi-squared Automatic Interaction Detection</i> , Detección Automática de Interacciones mediante Chi-cuadrado
CSTA	<i>Computer Science Teachers Association</i> , Asociación de Docentes en Ciencias de la Computación
CyT	Ciencia y Tecnología
DEI	Diccionario Español de Ingeniería
DIY	<i>Do It Yourself</i> , Hágalo Usted Mismo
EA	Entorno de Aprendizaje
EAR	Entorno de Aprendizaje basado en Robótica
EIM	Eléctrica/Electrónica - Informática - Mecánica
FLL	<i>FIRST LEGO League</i>
FOD	Fundación Omar Dengo
ICI	<i>Índice de Ciencias e Ingeniería Aplicada</i>
IDEE	<i>Integrated Didactic Educational Environment</i> , Entorno Didáctico Educativo Integrado
IERA	<i>Índice de Efectividad de la Robótica en el Aula</i>

IFR	<i>International Federation of Robotics</i> , Federación Internacional de Robótica
IM	Informática - Mecánica
IPB	<i>Índice de Percepción de los Beneficios</i>
ISTE	<i>International Society for Technology in Education</i> , Sociedad Internacional para la Tecnología en Educación
ITE	Instituto de Tecnologías Educativas
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
MOPRE	Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OEI	Organización de Estados Iberoamericanos
OLPC	<i>One Laptop per Child</i> , Un Portátil por Niño
ONG	Organización No Gubernamental
LP	Lenguaje de Programación
P21	<i>Partnership for 21st Century Skills</i> , Consorcio de Habilidades para el siglo XXI
PC	Pensamiento Computacional
PR	Plataforma Robótica
RAE	Real Academia Española
RCJ	<i>RoboCupJunior</i>
RE	<i>Robótica Educativa</i>
RiE	<i>Robotics in Education</i>
ROSE	<i>The Relevance Of Science Education</i> , La Relevancia de la Educación Científica
RSL	<i>Revisión Sistemática de la Literatura</i>
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i> , Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales
STEM	<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i> , Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas
STEAM	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i> , Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas
TEDDI	Tecnología y Desarrollo en la Educación Infantil
TERECOP ...	<i>Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods</i>
TRTWR	<i>Teaching Robotics, Teaching with Robotics</i>
UCAB	Universidad Católica Andrés Bello
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> , Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
VRC	<i>VEX Robotics Competition</i>
WRO	<i>World Robot Olympiad</i>
ZDP	Zona de Desarrollo Próximo



INTRODUCCIÓN

La presente tesis doctoral se enmarca en el programa de Doctorado *Formación en la Sociedad del Conocimiento*¹, que se desarrolla en la Universidad de Salamanca. Este programa de Doctorado tiene como objetivo presentar los procesos de enseñanza-aprendizaje como auténticos motores de la denominada *Sociedad del Conocimiento*. Se encuentra regulado por el Real Decreto 99/2011, de 28 enero, que fue publicado en el BOE número 35 correspondiente al 10 de febrero de 2011².

Dentro de sus variadas líneas de investigación se encuentra el objeto de estudio de esta tesis, la *Robótica Educativa* (RE, en adelante). Es evidente que la utilización de la robótica como recurso de aprendizaje a nivel preuniversitario es cada vez más frecuente. Esto se puede comprobar realizando una búsqueda, no exhaustiva, desde el año 2000 a la actualidad en la colección principal de *Web of Science* del tema «educational robotics» excluyendo el término «university». Se encontraron 160 publicaciones científicas en total. La cantidad de publicaciones por año es: 2001 (1), 2002 (1), 2003 (2), 2006 (2), 2007 (3), 2008 (1), 2009 (1), 2011 (1), 2012 (2), 2013 (3), 2014 (5), 2015 (8), 2016 (11), 2017 (14), 2018 (23), 2019 (41) y hasta septiembre 2020 (41). Según el tipo de documento, 148 corresponden a artículos y 12 a revisiones sistemáticas.

¹ Sitio web del Programa de Doctorado *Formación en la Sociedad del Conocimiento* de la Universidad de Salamanca, España <https://knowledgesociety.usal.es/>

² La referencia del documento es BOE-A-2011-2541.

Según estos datos y otros autores (Gómez-Álvarez, Palacio, Manrique-Losada, Villada, y Arbeláez, 2019; Umam, Budiyanto, y Rahmawati, 2019; Zhong y Xia, 2020), las investigaciones relacionadas con RE han ido creciendo progresivamente. Cabe destacar que el 75% de los estudios corresponden a los últimos cuatro años, es decir del 2017 a la fecha. El artículo con más citas es el de Benitti (2012) con 318 citaciones. Dicha revisión sistemática es parte fundamental de nuestro estudio como veremos posteriormente.

Y es que las posibilidades de investigación en RE son cada vez más amplias, entre ellas:

- Tendencias internacionales en RE (Pensamiento Computacional, STEM, STEAM, género...).
- Robots como compañeros de aprendizaje.
- Robots como asistentes de docentes.
- Formación de profesores en RE.
- Integración de la robótica en los currículos escolares.
- Metodologías para la enseñanza de la robótica.
- Enfoques didácticos en RE.
- Evaluación de actividades de RE.
- Criterios de evaluación y herramientas para medir el impacto de la robótica en el aprendizaje de los estudiantes.
- Aprendizaje basado en proyectos y robótica.
- Torneos de robótica y su impacto educativo.
- Robótica basada en web, simulación y educación virtual con robots.
- Robots humanoides en educación.
- Plataformas para hacer robótica.
- Lenguajes de programación de robots.
- Diseño y fabricación de robots educativos.

En esta tesis doctoral, delimitaremos nuestro objeto de estudio a actividades educativas donde la robótica se utilice en el proceso de enseñanza-aprendizaje

en el ámbito preuniversitario, principalmente de Iberoamérica y España. No se incluyen los robots sociales ni robots como docentes o asistentes de docentes ni como apoyo a estudiantes con necesidades educativas especiales. En cuanto a las plataforma para hacer robótica no se estudiarán simuladores ni plataformas de robótica virtual.

0.1. Estado del Arte de la RE Preuniversitaria

A continuación, contextualizamos el estado del arte de la *RE preuniversitaria* basándonos en 24 publicaciones científicas (revisiones sistemáticas de la literatura (RSL, en adelante) y metaanálisis) consultadas durante esta tesis, y que han sido clasificadas de forma cronológica en <https://es.padlet.com/kpitti01/tesisRE01>. Para facilitar su análisis se agruparon sus aportes según algunos criterios:

- *Entorno de Aprendizaje* (EA, en adelante). La mayoría de las actividades de RE preuniversitarias fueron realizadas en un EA Extracurricular o EA Extraescolar (Benitti, 2012; Ferrada, Carrillo-Rosúa, Díaz-Levicoy, y Silva-Díaz, 2020; Mubin, Stevens, Shahid, Al Mahmud, y Dong, 2013; Pedersen, Larsen, y Nielsen, 2019; Souza, Andrade, Sampaio, y Araujo, 2018). Como señala Mubin y cols. (2013) la educación informal no requiere planes de estudio bien definidos per se.
- *Edad de los alumnos*. Benitti (2012) sugiere una falta de estudios sobre robótica como herramienta de enseñanza antes de los 6 años y en los grados 11º y 12º, ya que los estudios que analizó comprendían entre los 6 y 16 años. Sin embargo, en las últimas RSL se aprecia que las actividades de RE ampliaron el rango de edad y actualmente todos los niveles educativos aparecen en las publicaciones (Ferrada y cols., 2020; Gómez-Álvarez y cols., 2019; Jung y Won, 2018; Lathifah, Budiyanto, y Yuana, 2019; Zhong y Xia, 2020).
- *Áreas del conocimiento trabajadas*. Se puede observar que suelen ser contenidos muy relacionados con el campo de la robótica, ya que muchos estudios tienen como finalidad el aprendizaje de la tecnología (hardware y software) (Gaudiello y Zibetti, 2013). En la revisión realizada por Benitti (2012) la mayoría de los estudios (80%) exploran temas relacionados con la física y las matemáticas. Mubin y cols. (2013), en su RSL nos presenta una clasificación en dos categorías

principales, pero bastante amplias: educación técnica (robótica, tecnología y programación) y educación no técnica (ciencias e idiomas).

Según Bezerra, Queiroz, y de Lima (2018) las áreas más trabajadas fueron las STEM³ (incluye física, 47%) por la interdisciplinariedad. También, aunque con menos frecuencia otras disciplinas como inglés y geografía.

En la RSL realizada por Souza y cols. (2018) identificaron, entre los 36 estudios evaluados, que LEGO Robotics se utiliza para enseñar programación (17), contenidos interdisciplinarios (8), participación en torneos (2), robótica (7) y pensamiento computacional (2).

También hay un auge de estudios sobre el uso de robots para la enseñanza de las habilidades del pensamiento computacional (Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Souza y cols., 2018; Umam y cols., 2019). Como bien señala Anwar, Bascou, Menekse, y Kardgar (2019), los primeros estudios sobre RE se centraron principalmente en la enseñanza de la programación de computadoras y los estudios más recientes se concentran sobre todo en un conjunto más amplio de conceptos y habilidades informáticas llamadas “pensamiento computacional”.

- *Teorías pedagógicas.* En las RSL se mencionan: el constructivismo de Piaget, el construccionismo de Papert y el constructivismo social de Vygotsky. Sobre este particular, Mubin y cols. (2013) indican que tales paradigmas son muy adecuados porque, por su propia naturaleza, la mayoría de los robots son tangibles y requieren ser manipulados físicamente en equipo como parte de la actividad de aprendizaje.
- *Técnica de Enseñanza.* El *aprendizaje basado en proyectos* (AbPry, en adelante) ha sido una de las técnicas de enseñanza más frecuentes en las publicaciones (Benitti, 2012; Nurbekova, Mukhamediyeva, Davletova, y Kasymova, 2018).

Los autores (Nurbekova y cols., 2018) identificaron los siguientes métodos más efectivos de enseñanza de robótica: cooperativo/colaborativo, trabajo en equipo, AbPry, enfoque construccionista, aprendizaje basado en juegos (gamificación), liderazgo, aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas y/o resolución de problemas, aprendizaje práctico, aprendizaje por diseño, autoaprendizaje mediante una investigación continua o proceso de investigación, y aprendizaje creativo.

³ STEM (por sus siglas en inglés) es el acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

En cambio, para Bezerra y cols. (2018) el método tradicional fue utilizado por un 60% de los artículos analizados, mientras que el AbPry solamente un 3% y en un 18% no logró identificar el método de enseñanza empleado. Esto es algo que también expresa Souza y cols. (2018), señalando que los estudios existentes se centran en criterios específicos y comúnmente ignoran la metodología de enseñanza aplicada durante las actividades, lo que puede interferir en el análisis global. Gómez-Álvarez y cols. (2019) encontraron una gran variedad en cuanto a las estrategias de enseñanza utilizadas y consideran que se debe a que entre autores manejan diferentes términos para referirse a la misma técnica.

■ *Contribuciones.* Se pueden agrupar en:

- *Aprendizaje de conceptos.* Las investigaciones apoyan el uso de la RE en temas conceptuales de las STEM (Anwar y cols., 2019; Benitti, 2012; Ferrada y cols., 2020; Gaudiello y Zibetti, 2013; Karim, Lemaignan, y Mondada, 2015; Nurbekova y cols., 2018; Ribeiro y Lopes, 2020; Zhong y Xia, 2020).

Según la RSL de Zhong y Xia (2020), la robótica puede ayudar a los estudiantes a beneficiarse de la comprensión de conceptos matemáticos (por ejemplo, ángulos, función, proporción, etc.) y según Çetin y Demircan (2020) en edades de 4 a 6 años en: medición, orientación espacial y secuenciación.

- *Desarrollo de habilidades.* Entre ellas se encuentran la resolución de problemas, la lógica y la investigación científica (Benitti, 2012; Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Zhong y Xia, 2020).

Toh, Causo, Tzuo, Chen, y Yeo (2016) dividen las habilidades en cuatro (4) categorías principales: cognitivas, conceptuales, sociales (colaborativas) y lingüísticas.

Por otro lado, Ioannou y Makridou (2018) mencionan que en las 9 investigaciones empíricas analizadas, el intento de apoyar el *pensamiento computacional* (PC, en adelante) a través de la RE parecía haber resultado en el desarrollo de habilidades relevantes del siglo XXI: resolución de problemas, colaboración y habilidades de comunicación. Sin embargo, en el desarrollo del PC, que es una capacidad más compleja (incluida la descomposición, abstracción, algoritmos, depuración) no estaban claros los resultados (Gaudiello y Zibetti, 2013; Ioannou y Makridou, 2018; Major, Kyriacou, y

Brereton, 2011). En cambio, tras revisar 40 artículos, Massaty, Budiyanto, y Tamrin (2020) concluyen que el uso de la robótica en el aprendizaje puede apoyar el desarrollo de la autoeficacia y las habilidades de PC (abstracción, algoritmo, automatización y descomposición de problemas).

- *Mejora de autonomía y motivación.* Destacan claramente los efectos positivos derivados de las actividades robóticas en términos de autonomía y motivación durante el aprendizaje por parte de los estudiantes (Anwar y cols., 2019; Ferrada y cols., 2020; Gaudiello y Zibetti, 2013; Karim y cols., 2015; Pedersen y cols., 2019; Zhong y Xia, 2020). Los efectos incluso, parecen persistir más allá del tiempo de uso de los kits.
- *Mejora en el rendimiento académico.* Souza y cols. (2018) notaron que la investigación existente que aborda el uso de robots LEGO no demostró resultados basados en métodos estadísticos que validaran el potencial de esta tecnología para la enseñanza.

Por su parte, Athanasiou, Mikropoulos, y Mavridis (2018) tras realizar a 12 estudios un metaanálisis encontraron que, aunque los resultados sugieren que es probable que las intervenciones robóticas mejoren el rendimiento académico, las diferencias entre los estudios producen una gran heterogeneidad que compromete la validez de los resultados. La mayoría de esos estudios no usan la asignación al azar⁴ y el cegamiento⁵ de los participantes es muy difícil. Estos dos criterios son las razones principales que amenazan la validez interna de los estudios incluidos, y les preocupa que este conjunto de pruebas esté sesgado a favor de la robótica debido a los efectos de la expectativa del experimentador.

En los 20 artículos analizados por Zhong y Xia (2020) en su RSL para conocer el potencial de la RE en la educación matemática, dichos autores sugieren que la robótica, generalmente, juega un papel activo en la educación matemática; aunque, hay situaciones en las que no se encontró una mejora significativa en el aprendizaje matemático de los estudiantes.

Entonces, según Benitti (2012) lo que se puede decir es que la robótica tiene mucho potencial para ayudar en la enseñanza, no obstante, la

⁴ Es el proceso mediante el cual el participante es asignado al azar a un estudio.

⁵ Se refiere a que los participantes, y a veces los investigadores, del estudio deben ignorar cuál es la intervención asignada para que tal conocimiento no ejerza influencia alguna sobre ellos.

ganancia en el aprendizaje de los estudiantes no está garantizada por la simple aplicación de la robótica, ya que hay varios factores que pueden determinar dicho resultado en el aprendizaje.

- *Competiciones de robótica.* Souza y cols. (2018) clasificaron las competencias de robótica por separado debido a sus peculiares características. Estos autores mencionan que, aunque este tipo de práctica implica el uso de estrategias de programación, no se enfoca en enseñar programación en sí, y la cultura involucrada en los torneos y olimpiadas trasciende la enseñanza teórica, abarcando el progreso social y el desarrollo humano de los estudiantes.

En este sentido, Gaudiello y Zibetti (2013) mencionan que se observó una mejora de 13 habilidades entrenadas durante la competición RoboCup mediante un cuestionario posterior a la competición. Estas habilidades se refieren a la adquisición de contenido académico (matemáticas, física, etc.), pero también en la organización de la tarea para lograr una meta a nivel individual y colectivo. Sin embargo, los resultados de estos estudios muestran una variación según la población entrevistada: profesores versus alumnos (expresan dificultad para reconocer una mejora real en habilidades de comunicación, autoconfianza y trabajo en equipo).

Para Ribeiro y Lopes (2020) la participación en eventos de robótica requiere de los estudiantes algunas características como ser competente en matemáticas/física, escritura y lectura, tener la voluntad de aprender sobre robótica/programación y matemáticas, aceptar trabajar en un equipo, tener una actitud de aprendizaje positiva, y disfrutar de proyectos prácticos técnicos. También necesitan tomar riesgos, ser perseverantes y asumir responsabilidades. La participación en competencias de robótica le dará al joven algunas habilidades nuevas como pensamiento de algoritmos, conceptos básicos de electrónica, ingeniería de sistemas y programación de computadoras, ingeniería mecánica, y también algunas habilidades blandas como trabajo en equipo, liderazgo, comunicación, planificación de proyectos, y pensamiento de orden superior.

- *Currículo de RE.* Karim y cols. (2015) y Mubin y cols. (2013) encontraron que una de las principales deficiencias es la ausencia de un currículo bien definido y material didáctico para los profesores.
- *Recursos para hacer RE.* En cuanto a la plataforma para hacer robótica se observa un predominio del uso de robots LEGO (Anwar y cols.,

2019; Benitti, 2012; Bezerra y cols., 2018; Gómez-Álvarez y cols., 2019; Nurbekova y cols., 2018; Pachidis y cols., 2019; Zhong y Xia, 2020).

Para Bezerra y cols. (2018) fue notable la presencia de la robótica libre, que consiste de materiales que no forman parte de ningún kit.

Souza y cols. (2018), que revisaron artículos donde solamente empleaban kits de la marca LEGO, observaron que después del lanzamiento de LEGO Mindstorms EV3, se necesitaron 2 años para que el primer estudio se publicara. Según estos autores, este lapso de tiempo puede estar relacionado con la inversiones necesarias para comprar los kits y la curva de aprendizaje necesaria para que los profesores comiencen a utilizarlos.

A su vez, Ioannou y Makridou (2018) señalan que los estudios revisados no detallaron la selección de su plataforma para hacer robótica, dificultando la comprensión de sus posibilidades y límites con respecto a los objetivos de aprendizaje.

Para Mubin y cols. (2013) la elección de cuál robot utilizar en una actividad de aprendizaje depende de varios factores: coste, dominio de la asignatura, edad de los alumnos, entre otros.

La selección de la tecnología debe ser la apropiada: no todos los robots pueden ser utilizados, por ejemplo, para el aprendizaje de idiomas (Karim y cols., 2015; Pachidis y cols., 2019; Ribeiro y Lopes, 2020).

Ribeiro y Lopes (2020) señalan, acerca de los lenguajes de programación, unos son de programación gráfica o basados en bloques y otros basados en texto. Algunos también permiten la simulación. Las empresas están produciendo sus plataformas robóticas adoptando, como un estándar de facto, el lenguaje Scratch basado en bloques.

- *Evaluación de las actividades de RE.* Existen numerosas formas y métodos para evaluar los resultados del aprendizaje de un curso de robótica. Estos fueron los mencionados por Nurbekova y cols. (2018): pre-tests y post-tests, pruebas durante el curso, portafolios electrónicos, entrevistas estructuradas, cuestionarios individuales, retroalimentación, diseño creativo de robots, evaluación formativa y sumativa. Según estos autores, la elección de un método de evaluación depende del nivel y objetivos de la formación en robótica.
- *Interdisciplinariedad.* Souza y cols. (2018) observaron que la RE se utiliza en algunos proyectos como una ciencia interdisciplinaria.

- *Formación de docentes en RE.* Para que los docentes se sientan cómodos al utilizar los robots y lograr un uso eficaz de la tecnología disponible es importante que los docentes realicen un entrenamiento adecuado (Gómez-Álvarez y cols., 2019; Karim y cols., 2015; Pachidis y cols., 2019). Anwar y cols. (2019) analizaron 28 estudios, cuyo objetivo era mejorar el desarrollo profesional de los docentes sobre cómo integrar eficazmente la robótica en su enseñanza. Algunos docentes exhiben brechas de conocimientos, habilidades y pedagogía, que en consecuencia inhiben la enseñanza eficiente (Çetin y Demircan, 2020). Además, obtuvieron la evidencia preliminar que respalda el uso de cursos en línea como un medio para mejorar la formación de los docentes a gran escala.
- *Simuladores/robots virtuales.* Un hallazgo interesante en la RSL realizada por Major y cols. (2011) es que el uso de robots simulados puede ser más eficaz que los robots físicos cuando se utilizan como herramientas para enseñar programación. Para Ribeiro y Lopes (2020) la simulación (2D y 3D) es hoy en día imprescindible y necesaria. No solo porque es fundamental para la robótica industrial, sino también porque ahora es un punto de entrada para quienes comienzan a aprender robótica.
- *Sobre la investigación en RE.* En la revisión realizada por Benitti (2012) el 70% de los estudios involucran una muestra pequeña (menos de 100 participantes) y solo 2 estudios realizaron una muestra aleatoria. Entre los autores que comparten estos hallazgos se encuentran Pedersen y cols. (2019); Zhong y Xia (2020), así como Major y cols. (2011) en su RSL sobre la utilización de la robótica para enseñar introducción a la programación. Mientras que Karim y cols. (2015) plantean utilizar el muestreo aleatorio con un adecuado tamaño de la muestra. Además, la mayoría de los artículos revisados emplearon estudios no experimentales⁶ (Anwar y cols., 2019; Athanasiou y cols., 2018; Benitti, 2012; Gaudiello y Zibetti, 2013; Ioannou y Makridou, 2018; Major y cols., 2011; Souza y cols., 2018; Toh, Causo, Tzuo, Chen, y Yeo, 2016; Zhong y Xia, 2020). Brindamos los datos de la RSL de Souza y cols. (2018) donde el tipo de estudios que encontraron en los 38 artículos seleccionados fueron: estudio de caso (20), informe de experiencia (15) y un estudio experimental (1).

⁶ En un estudio no experimental se observa la situación ya existente en su contexto natural para luego analizarla, sin manipular deliberadamente las variables.

Además, en Hong, Chew, y Sze-Meng (2016) y Karim y cols. (2015) se pone de manifiesto que se necesitan métodos de análisis más refinados para proporcionar mejores datos sobre los efectos de la RE en el aula.

Otros investigadores (Gaudiello y Zibetti, 2013; Jung y Won, 2018; Karim y cols., 2015) sugieren cambiar el enfoque de los estudios en RE de la tecnología a la pedagogía, en particular, prestar mucha más atención a los alumnos y cómo aprenden.

Para Ioannou y Makridou (2018), Athanasiou y cols. (2018) y Souza y cols. (2018) no existe una estandarización de las prácticas o metodologías docentes para evaluar los resultados, lo que indica que se necesita más investigación para encontrar el mejor escenario en cuanto a tecnologías, métodos y público objetivo. En este aspecto, Karim y cols. (2015) y Pedersen y cols. (2019) proponen la fusión de análisis estadísticos cuantitativos y cualitativos (encuestas y entrevistas). Además, algunos de estos estudios no presentaron fundamentos metodológicos ni pedagógicos bien definidos, por lo que no se pueden replicar.

Por su parte, Anwar y cols. (2019) exponen que la naturaleza a corto plazo de muchos estudios ha limitado la gama de conclusiones plausibles que pueden extraerse. Por tanto, es fundamental contar con estudios de seguimiento a largo plazo.

Para Mubin y cols. (2013) otro aspecto importante a considerar en la investigación sobre RE es la caracterización de los estudiantes. Esto incluiría varios atributos como: la edad, el género, conocimientos previos de robótica e informática, y perfil social y cultural.

También se analizan aportes de artículos sobre RE, de la comunidad iberoamericana y española, ubicados en bases de datos donde indexan literatura mediante el seguimiento de los factores de impacto (Scopus, WOS, ERIC, IEEE Xplore). Dichas publicaciones se pueden encontrar para su fácil revisión en <https://es.padlet.com/kpitti01/tesisRE02> y al igual que las revisiones sistemáticas de la literatura, la gran mayoría son de los últimos 5 años.

La publicación más antigua procede de Colombia (Caro, Solorzano, Avellaneda, y Bustos, 2006). En dicho artículo se detalla la experiencia con un robot *polilla* para la enseñanza no formal de la robótica en Maloka, un Museo Interactivo de Ciencia y Tecnología en Bogotá. Se describen los procesos de diseño, creación de prototipos y evaluación de este robot fototrópico, utilizado como herramienta de motivación para edades de 9 a 17 años. Este robot contaba

con un microcontrolador, dos motores y sensores de luz y los participantes aprendieron a cumplir con una serie de retos de programación. Los resultados señalan que una experiencia motivacional exitosa depende de la fiabilidad técnica del robot, la metodología utilizada para explorar y experimentar, y el material de apoyo que guía la experiencia.

Las publicaciones más recientes son del 2020:

- Orlando, Gaudioso, y Paz (2020) presentan, desde España, IDEE (Integrated Didactic Educational Environment) que brinda información sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes mediante minería de datos. Con IDEE el docente no necesitará ninguna experiencia profunda sobre análisis de datos para monitorear el progreso de aprendizaje de los estudiantes en un entorno educativo con actividades de robótica.
- España y Panamá (Caballero González y Valcárcel Muñoz-Repiso, 2020) nos presentan en este artículo cómo mediante la RE en niveles escolares iniciales se puede fortalecer el pensamiento computacional (PC) y las habilidades sociales. Utilizaron el robot Bee-Bot para los retos de programación y el estudio era de diseño cuasiexperimental, con medidas Pretest/Postest y grupo control. En las actividades participaron un total de 40 estudiantes y 2 profesores de educación infantil. Cabe destacar que Caballero González obtuvo su doctorado este año en el Programa Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca.
- Desde Argentina, Basel (2020) analiza algunas experiencias vinculadas al taller “Diseñando tu propio robot”, realizado entre 2014-2015 destinado a capacitar a docentes y alumnos de escuelas técnicas en Tucumán, en el diseño y fabricación casera de robots para la enseñanza de programación, usando hardware de especificaciones abiertas y software libre como recurso educativo desarrollado por el proyecto ICARO.

Como puede observarse, en la última década la RE inicia un aumento en publicaciones que se incrementa considerablemente desde hace 5 años. Igualmente, la variedad de recursos para hacer RE es cada año mayor, incluso niños y niñas desde los 3 años disponen de opciones para empezar a programar sus primeros robots. La amplia oferta de actividades extraescolares de RE: talleres, campamentos de verano, exposiciones, torneos, etc. permite que sea

fácil explorar el mundo de la robótica y disfrutar de los posibles beneficios detallados previamente.

No obstante, hay que resaltar que todavía la incorporación de la RE en los currículos escolares es escasa. Existen iniciativas puntuales en diversos países que buscan incluir en sus planes de estudio las tecnologías utilizadas por la Sociedad del Conocimiento, como la robótica. Por lo tanto, la investigación en RE es clave para conocer cómo integrar adecuadamente la robótica en el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro del currículo escolar para lograr los objetivos esperados.

0.2. Objetivos de la Tesis Doctoral

En este sentido, la presente tesis doctoral busca contribuir a fortalecer la base de conocimiento científico en relación con esas características del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR, en adelante) en el ámbito preuniversitario, que propician un aprendizaje significativo en los estudiantes. Se trata, en definitiva, de mejorar la comprensión de cómo integrar la RE a nivel curricular y maximizar los beneficios señalados por las investigaciones.

De la exposición previa se deduce que, la robótica es una tecnología cuya introducción en el ámbito educativo ha generado una serie de investigaciones para determinar sus beneficios. No obstante, la comunidad científica indica que la evidencia empírica confiable que confirme la efectividad de la RE sigue siendo limitada.

El aporte de esta tesis doctoral en el estudio para enriquecer el conocimiento actual sobre la RE se ha planteado con la siguiente pregunta: ¿Qué características del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR) en el ámbito preuniversitario de Iberoamérica y España, escolar y extraescolar, propician un aprendizaje significativo en los estudiantes?

La respuesta busca orientar a los docentes/instructores, a los diseñadores de cursos de formación, a los gestores de proyectos y a los investigadores dándoles a conocer las variables que influyen de manera significativa sobre el aprendizaje (rendimiento académico) de los estudiantes que realizan actividades de robótica, para así realizar una mejor adecuación en un EAR entre los objetivos de aprendizaje, los recursos tecnológicos, las actividades y la evaluación. Estas

variables serán determinadas a través de una encuesta dirigida a docentes de Iberoamérica y España y que se diseñará en esta tesis doctoral.

A continuación, se presenta el objetivo general que guía nuestra investigación doctoral:

- Identificar las características del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR) en el ámbito preuniversitario de Iberoamérica y España, escolar y extraescolar, que propician un aprendizaje significativo en los estudiantes.

Para el logro de dicho objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Describir el estado del arte de la *Robótica Educativa* en el ámbito preuniversitario, principalmente en Iberoamérica y España.
2. Conocer y clasificar los recursos, hardware y software, utilizados para hacer *Robótica Educativa* en el ámbito preuniversitario.
3. Examinar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la *Robótica Educativa* en el ámbito preuniversitario.
4. Establecer y definir los atributos del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR) preuniversitario que propician un aprendizaje significativo en los estudiantes.
5. Caracterizar los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* (EAR) preuniversitarios, escolares y extraescolares.
6. Identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa sobre el *rendimiento académico* de los alumnos que realizan actividades de robótica en un EA escolar preuniversitario.
7. Explorar las variables estudiadas para formular con mayor precisión hipótesis en futuras investigaciones.

0.3. Metodología de la Investigación

Con el fin de responder a nuestro objetivo de estudio se utilizará un diseño no experimental con orientación cuantitativa de tipo exploratorio-descriptivo aplicando la Investigación por Internet (eResearch) mediante una encuesta. Se entiende por *Investigación por Internet* cualquier tipo de estudio que se realice por medio de la red: cuestionarios enviados por email, encuesta por Internet, grupos de discusión en línea, foros (Couper, 2000; Estalella y Ardévol, 2011). Resulta oportuno mencionar que el instrumento de obtención de datos para este estudio será un cuestionario.

Cabe señalar el alcance de los estudios exploratorio y descriptivo según Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio (2010):

- *Estudio exploratorio*: ayuda a familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para estudios futuros, o sugerir afirmaciones y postulados.
- *Estudio descriptivo*: es útil para mostrar con precisión las dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

En efecto, esta tesis constará de un estudio exploratorio por ser la *Robótica Educativa* un tema poco estudiado en Iberoamérica y España, y de un estudio descriptivo (se utilizará la encuesta por Internet como técnica y se diseñará un cuestionario ad hoc como instrumento para la recolección de datos), que busca analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno (RE preuniversitaria) y sus componentes, además de describir tendencias de un grupo o población.

En última instancia esta tesis doctoral pretende identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa sobre el rendimiento académico de los estudiantes que realizan actividades de robótica en un entorno escolar preuniversitario, lo que permitirá a los instructores de RE y a los investigadores indagar en nuevas rutas de enseñanza-aprendizaje a raíz de dichos resultados.

Nuestra población comprenderá a todos aquellos docentes/instructores de *Robótica Educativa* a nivel preuniversitario ubicados en Iberoamérica y España, tanto de EA escolares como extraescolares que pudieran ser contactados vía Internet para efectuar la encuesta.

0.4. Innovación de la Tesis Doctoral

Esta tesis doctoral resulta novedosa en los siguientes aspectos:

- Se dará a conocer el estado del arte de la *Robótica Educativa* en regiones poco estudiadas como son Iberoamérica y España, a nivel doctoral y en revistas de alto impacto.
- Se ofrecerá una visión amplia de la *Robótica Educativa* al analizar tanto el EA escolar como el EA extraescolar y así detectar similitudes y diferencias en los atributos que caracterizan cada uno de ellos.
- A nivel metodológico, la elección de usar Internet para ampliar la muestra a todo docente/instructor cuyo idioma fuera el español. De esta manera, todos los países de Iberoamérica y España aportarán su propia experiencia.
- Se propondrá para la educación preuniversitaria una categorización de las plataformas para hacer RE, basándonos en su característica multidisciplinar que incluye las siguientes disciplinas: la electrónica/electricidad, la informática y la mecánica.
- Se utilizarán los hallazgos del reconocido especialista en diseño y tecnología educativa, el Dr. David Jonassen, quien junto a otros colegas, plantean que existen una serie de atributos que deben estar presentes en las actividades basadas en tecnología para que el aprendizaje significativo pueda ocurrir (Jonassen, 2009; Jonassen, Howland, y Marra, 2012; Jonassen y Strobel, 2006). Nuestro propósito será determinar en qué medida están presentes dichos atributos en los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* (EAR) y si producen mejoras en el aprendizaje de los estudiantes preuniversitarios.
- Se empleará el algoritmo CHAID, una técnica de minería de datos, como método predictivo para encontrar las variables que promuevan la mejora en el rendimiento académico (aprendizaje significativo) de los estudiantes cuando realizan actividades de RE.
- El lapso de tiempo entre la encuesta en línea (2013) y la presentación de la tesis (2021) permitirá contrastar los resultados iniciales obtenidos y verificar los avances en las variables indagadas en este estudio, ofreciendo una retroalimentación enriquecedora a la investigación en RE.

0.5. Estructura de la Tesis

Esta tesis doctoral se ha organizado en siete capítulos más la sección de bibliografía y anexos. En los primeros cuatro capítulos se desarrollan las bases teóricas y empíricas que sustenta el diseño metodológico que se expone en el quinto capítulo. El análisis de resultados es presentado en el sexto capítulo y finalmente, en el séptimo capítulo se procede a la discusión y conclusiones de la investigación. A continuación, se menciona en qué consiste cada uno de los capítulos más detalladamente.

La finalidad del primer capítulo es la de describir la dimensión tecnológica de la *Robótica Educativa* (RE). Para ello, se presenta una mirada de la relación entre tecnología y educación, se ofrece una conceptualización de la RE y se analiza qué es un robot y qué procesos son necesarios para su realización. Luego, se examinan los recursos para hacer RE, sus inicios, sus peculiaridades y también, se brindan algunos criterios para su selección. Finalmente, se mencionan las características principales de esta tecnología.

El segundo y tercer capítulo abarcan la parte educativa de la RE. Así pues, el segundo capítulo nos permite conocer dónde, cómo, por qué y para qué se usa la robótica como herramienta de aprendizaje. El tercer capítulo recoge los principales referentes teóricos que aportan los soportes conceptuales para el diseño de *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica*, es decir, el constructivismo de Piaget, la teoría sociocultural de Vygotsky, el construccionismo de Papert y el aprendizaje significativo de Ausubel. También se presentan los métodos de enseñanza más utilizados al realizar estas actividades de RE, profundizando en el aprendizaje basado en proyectos, así como uno de los elementos clave en toda actividad de enseñanza-aprendizaje: el proceso de evaluación.

En el cuarto capítulo se analizan los principales trabajos de investigación y proyectos al 2013 que sustentan el diseño metodológico de este estudio. Para una mejor comprensión y contextualización de las publicaciones sobre la RE, las dividimos en tres regiones: el panorama español, la visión iberoamericana y el resto de países. Además, exploramos los retos que según varios autores aún deben resolverse para lograr su integración en el EA escolar. Todo ello, permitió la identificación de los factores claves para diseñar un EAR eficaz desde la perspectiva teórica y empírica.

El quinto capítulo describe el problema a investigar y los objetivos que guían nuestro estudio. Además, se exponen las decisiones metodológicas tomadas sobre: el diseño de la investigación, las variables indagadas, la población y muestra, el instrumento de recolección de datos, así como las propiedades psicométricas del mismo.

En el sexto capítulo se realiza el análisis de los resultados de la encuesta por Internet, efectuada en 2013, para brindar respuesta al problema planteado y así caracterizar los EAR preuniversitarios de Iberoamérica y España. Utilizando el SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, versión 20.0) se efectuó el análisis descriptivo de las variables cuantitativas, algunos análisis diferenciales y se aplicó el algoritmo CHAID que genera árboles de segmentación jerárquica para identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa sobre el rendimiento académico de los estudiantes que realizan actividades de robótica. También se presenta el análisis cualitativo de la sexta dimensión de carácter voluntario de la encuesta.

El séptimo capítulo presenta la discusión y las conclusiones sobre los hallazgos encontrados en el capítulo anterior y se comparan con los antecedentes, la teoría, las revisiones sistemáticas de la literatura de RE preuniversitaria encontradas desde el 2014 a la actualidad y las reflexiones propias de la autora. Además, se exponen las limitaciones, propuestas de mejora y líneas de investigación futuras sobre RE. Posteriormente, se comparten las publicaciones realizadas durante el periodo formativo de la doctoranda.

Finalmente, se culmina con la presentación de la bibliografía y los anexos que se han generado en esta tesis doctoral.

1

DIMENSIÓN TECNOLÓGICA DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA

Este primer capítulo se centra en realizar una descripción de la dimensión tecnológica de nuestro tema de estudio: la *Robótica Educativa*. Para ello, tras ofrecer una conceptualización de la misma, analizamos qué es un robot y qué procesos son necesarios para su realización. Luego, examinamos los recursos para hacer *Robótica Educativa*, sus inicios, sus peculiaridades y también, brindamos algunos criterios para su selección. Finalmente, presentamos las características principales de esta tecnología. Todo ello, pretende servir de marco general desde el cual interpretar los usos educativos que puede ofrecer la robótica y que con mayor profundidad se estudian en los próximos capítulos.

1.1. Tecnología y Educación

A lo largo de la historia humana, las técnicas para el aprovechamiento práctico del conocimiento científico denominadas *tecnología*⁷, nos han ofrecido una variedad de recursos para el ámbito educativo.

Uno de los recursos más populares en educación, el libro, fue debido a la invención hace más de 500 años de la imprenta. Actualmente, contamos con otros recursos como: ordenadores⁸, tabletas digitales, pizarra digital interactiva, inclusive libros electrónicos, entre muchos otros. Todos inventados en los últimos 50 años, a consecuencia de los continuos avances tecnológicos (científicos-técnicos) en el campo de la electrónica, informática, inteligencia artificial, telecomunicaciones, etc.

A causa de esta avalancha de recursos de tipo digital, principalmente, resulta casi imposible no percatarse de lo mucho que se emplea la palabra *tecnología* en los actuales discursos educativos. Para abordar dicha temática y por consiguiente esta investigación, disponemos de la *Tecnología Educativa*, que para efectos de este trabajo se define como: «un campo de estudio que reflexiona sobre los recursos tecnológicos en su dimensión educativa, tratando de optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje y analizar las repercusiones del desarrollo tecnológico en los procesos de formación» (García-Valcárcel, 2003, p. 165). Será esta rama del conocimiento la que nos guíe en el análisis pedagógico de nuestro objeto de estudio: la *Robótica Educativa*, un recurso tecnológico⁹ que ha logrado captar la atención internacional, tanto a nivel escolar como extraescolar.

1.2. Conceptualizando la Robótica Educativa

Definir qué es la *Robótica Educativa* implica la comprensión de dos términos: *robótica* y *educación*. Empecemos por este último.

Por su relación con este trabajo, se define la *educación* como: «un proceso interior y personal dirigido de forma intencional por otros e influido por el medio»(García-Valcárcel, 2003, p. 27). Según esta autora, al vivir actualmente

⁷ Definición según la RAE (Real Academia Española).

⁸ en Latinoamérica es más frecuente el término computadora(s).

⁹ «Los recursos tecnológicos son entendidos como medios o instrumentos físicos fruto del desarrollo tecnológico, los cuales tienen tres dimensiones: máquina, lenguaje y condiciones de uso (hardware, software y orgware)» (García-Valcárcel, 2003, p. 166).

en una sociedad tecnificada, la educación se encuentra ligada al desarrollo tecnológico.

A modo de reflexión sobre este particular, García Carrasco (2011)¹⁰ nos invita a replantearnos la idea que tenemos de la *educación* como perfeccionamiento, hacia un planteamiento más humilde: «que todos los seres humanos independientemente de su condición de partida [...] todos puedan dar de sí», lo que hoy se promueve a nivel internacional bajo el concepto de *educación a lo largo de toda la vida*.

En cuanto al otro término, la *robótica*¹¹ es la disciplina que trata del diseño, construcción y aplicación de robots. Esta palabra fue utilizada por primera vez en 1940 por Isaac Asimov, en una de sus obras de ciencia ficción.

En general, la *Robótica Educativa* (RE) es el término utilizado para describir el uso de la robótica con fines educativos o, como indica Eguchi (2012) y que aplicaremos en este estudio, como *recurso de aprendizaje*.

A continuación, se recogen otras definiciones de la *Robótica Educativa*, en las que se enfatizan distintos elementos:

Un contexto de aprendizaje que promueve un conjunto de desempeños y habilidades directamente vinculados a la creatividad, el diseño, la construcción, la programación y divulgación de creaciones propias primero mentales y luego físicas, construidas con diferentes materiales y recursos tecnológicos; que pueden ser programados y controlados desde un computador o dispositivo móvil. (Acuña, 2012, pp. 8-9)

Un método de enseñanza que consiste en utilizar un microcontrolador (el cerebro de un robot), los actuadores (motores y luces) y los sensores para crear un entorno de aprendizaje. Los alumnos utilizan los ordenadores para programar los robots y hacerlos funcionar, a fin de resolver una situación problemática. (Dupont, Sauv e, y Touchette, 2010, p. 13)

«Una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología» (Ruiz-Velasco, 2007, p. 113).

Gaudiello y Zibetti (2013) manifiestan que la diada entre el progreso tecnológico y los fines educativos recientemente ha creado un nuevo campo de

¹⁰ Entrevista realizada al Doctor Joaquín García Carrasco (la cita corresponde al minuto 20:15). Disponible en http://youtu.be/Pgo_Pwx2gEU

¹¹ Diccionario Español de Ingeniería (DEI) elaborado por la Real Academia de Ingeniería <http://diccionario.raing.es/es/lema/robotica>

investigación: la *Robótica Educativa*, que se encuentra en la encrucijada de varias disciplinas de la ciencia cognitiva: la psicología, las ciencias de la educación y la inteligencia artificial. Para precisar el significado de la expresión *finés educativos* nos orientan con estas preguntas: ¿Qué tipo de aprendizaje puede ser promovido en un entorno basado en la construcción, programación y control de robots? ¿Qué significados y qué conceptos pueden entenderse en este contexto?

En estas definiciones, se describe a la *Robótica Educativa* como: disciplina, método de enseñanza, contexto de aprendizaje o campo de investigación. Las consideramos todas válidas según la perspectiva personal elegida, como docente o como investigador, o ambas. Igualmente, se la relaciona con determinados aprendizajes. Estos planteamientos sobre los usos educativos de la robótica serán analizados en el siguiente capítulo. Consideramos necesario describir en profundidad la primera parte del término que corresponde a la dimensión tecnológica. Para encuadrarlo, sería conveniente responder a las siguientes preguntas: ¿qué es un robot?, ¿qué procesos se requieren para hacer un robot?, ¿qué recursos existen actualmente para hacer robótica? y ¿cuáles son las características de esta tecnología?

1.3. ¿Qué es un robot?

Muchos expertos en robótica, así como investigadores de la historia de la ciencia y la tecnología, ya tienen marcado el siglo XXI como la era de los robots (Gaudiello y Zibetti, 2013; Miller, Nourbakhsh, y Siegwart, 2008).

Mataric nos aporta una definición actualizada, considerando que es una tecnología en constante evolución: «un robot es un mecanismo inteligente, capaz de tomar decisiones a partir de los datos obtenidos y actuar sobre la ejecución de estas decisiones»¹² (2007, p. 2).

Una segunda definición nos la ofrecen Arlegui y Pina (2016, p. 20) en su libro *Didáctica de la Robótica Educativa*. Para estos autores un robot es «un mecanismo físico programable capaz de actuar para resolver problemas interaccionando con su entorno de manera autónoma».

¹² Frase original en inglés: «A robot is an intelligent mechanism, capable of making decisions from sensed data and acting on these decisions».

Por su parte el proyecto TERECoP¹³ define un robot como «una máquina inteligente, implementada mediante un sistema eléctrico y mecánico que puede ser programada para emular acciones humanas»¹⁴ (Alimisis, 2009, p. 27).

De acuerdo con las definiciones anteriores, los robots son máquinas que se basan en el paradigma “percibir - planificar - actuar” (Barker, Nugent, Grandgenett, y Adamchuk, 2012; Dupont y cols., 2010). Estos dispositivos diseñados y construidos por el hombre constan de tres componentes fundamentales: sensores, computador y actuadores (Figura 1.1).

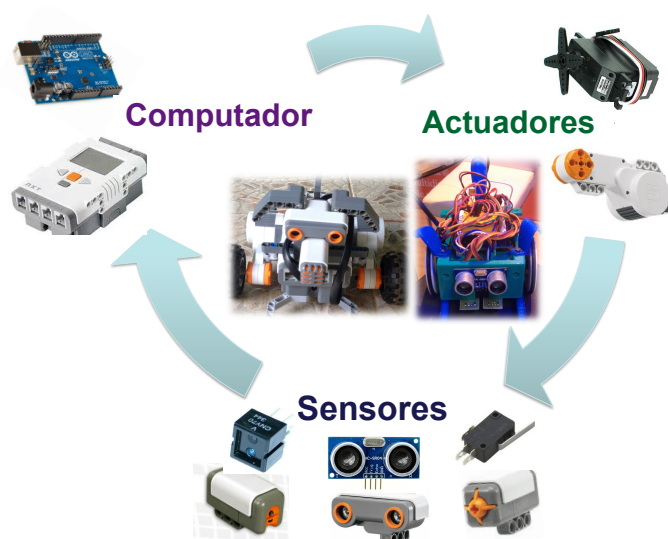


Figura 1.1: Componentes de un robot

Estos tres componentes se encargan de llevar a cabo las tres primitivas mencionadas anteriormente y en las que se descompone cualquier acción en robótica: “sense - plan - act”.

- los *sensores*: que capturan información sobre el entorno y detectan cambios en el mismo (Percibir/Detectar),

¹³ Proyecto TERECoP (Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods, www.terecop.eu), desarrollado del 2006 al 2009, con la participación de ocho instituciones educativas de seis países europeos, para el estudio de la formación docente en *Robótica Educativa*.

¹⁴ Frase original en inglés: «as an “intelligent machine” implemented as an electrical and mechanical system that can be programmed to emulate human actions».

- el *computador*: que decide cómo responder (Pensar/Planificar) y
- los *actuadores*: que tienen por propósito generar el movimiento de los elementos del robot según las órdenes dadas por la unidad de control o procesador (Actuar).

Las definiciones previas incluyen los términos “inteligente”, “autónomo”, etc. Sin embargo, el término “robot” también incluye dispositivos teleoperados, es decir, controlados remotamente por un humano. Los robots se clasifican según su grado de autonomía en:

- Control teleoperado, donde el humano controla el robot a distancia y toma todas las decisiones.
- Control supervisor, donde el humano toma decisiones y le da instrucciones al robot para realizar una parte de la tarea que puede hacer de forma totalmente segura por su cuenta.
- Control autónomo, donde el robot puede funcionar en todas las condiciones adecuadas sin necesidad de que intervenga un operador humano. El robot puede adaptarse a cambios en su entorno o en sí mismo y continuar hasta alcanzar su objetivo.

Actualmente, la palabra robot es utilizada para nombrar desde dispositivos teleoperados, como el robot quirúrgico DaVinci, hasta para describir a dispositivos semi-autónomos como robots de limpieza de suelos, cortadores de hierba, entre otros. Estas máquinas requieren de un ser humano para saber si la hierba necesita cortarse o el suelo limpiarse. Los robots inteligentes/autónomos disponen de un computador que les permite manejar eventos impredecibles en un mundo no estructurado (Barker y cols., 2012; Dupont y cols., 2010; Ruiz-Velasco, 2007).

El robot es capaz de interactuar con su mundo: moverse, cambiarlo, etc. Un ordenador no se mueve por su propia cuenta (Murphy, 2000).

1.3.1. El proceso de hacer un robot educativo

Así pues, un *robot educativo* es un mecanismo físico programable, capaz de moverse con cierto grado de autonomía dentro de su entorno para realizar tareas dentro de un contexto educativo. Entonces, ¿cómo se hace un robot educativo?

Considerando la definición previa se infieren tres fases fundamentales al hacer robots educativos: *construir* el mecanismo físico, *programar* para que se mueva de forma autónoma y *probar* que realiza las tareas (Figura 1.2).

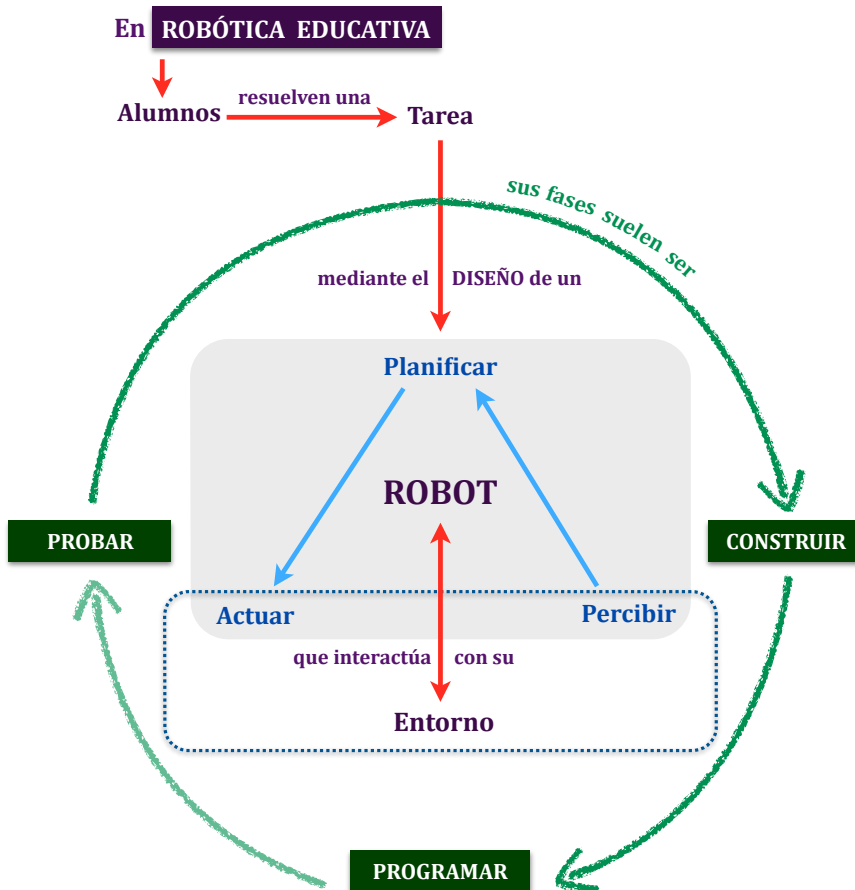


Figura 1.2: *Proceso de realización de un robot educativo*

Estas fases se retroalimentan¹⁵ entre sí y suelen necesitar requisitos previos como: diseñar antes de *construir*, elaborar un procedimiento antes de *programar*

¹⁵ Retroalimentación (también realimentación y retroacción; en inglés, feedback) en general, una técnica mediante la cual parte de los datos de salida de un sistema se reorientan hacia su entrada; en educación, la información que se aporta al alumno en relación con su desempeño con intención de mejorar éste en el futuro. En RE, la retroalimentación que brinda el robot es instantánea y personalizada; puede compararse a un espejo que le devuelve al alumno una imagen de lo que está haciendo, lo que le permite verificar sus hipótesis o corregirlas durante el proceso de aprendizaje.

y reflexionar sobre lo hecho antes de volver a *probar*. En el contexto de la RE, el *entorno* se refiere al espacio donde está actuando el robot.

1.3.1.1. La fase de Construir

En primer lugar, en RE hay que construir un objeto físico¹⁶, armando una estructura mecánica que incorpore los elementos que lo catalogan como un robot: el computador, los actuadores y los sensores. A este conjunto de piezas lo denominaremos *Plataforma Robótica* (PR, en adelante). Estos elementos se unen mecánica y eléctricamente para que esta máquina ejecute determinados comportamientos y cumpla una tarea.

Desde el punto de vista de Dupont y cols. (2010) construir un robot educativo permite:

- Explorar muchos conceptos del mundo tecnológico, especialmente del currículum de ciencias y tecnología.
- Aplicar el proceso de diseño tecnológico.
- Utilizar varios conceptos matemáticos.
- Poner en práctica el proceso artístico.

Por supuesto que todo lo anterior es posible, pero dependerá, entre otros factores, del *grado de autonomía* que tendrá el alumno en esta fase de construcción según lo decida el docente/instructor. Así, podemos señalar tres posibilidades:

- *Estructurado*, apoyado en guías paso a paso.
- *Semiestructurado*, donde la guía es parcial y se deja un margen para que el alumno pueda realizar sus propias aportaciones.
- *No estructurado*, donde el alumno tiene completa libertad para construir, basándose únicamente en el objetivo marcado por el docente.

En este sentido, el primer diseño al que se enfrenta un alumno es habitualmente un robot móvil realizado mediante una *guía paso a paso*. Para

¹⁶ Existen robots con un diseño predefinido por el fabricante, no siendo necesaria la fase de construcción. A ciertos diseños de estos robots se le pueden añadir accesorios, disfraces o mecanismos adicionales de requerirse.

permitirle a los alumnos desarrollar habilidades y conocimientos, el docente debe guiarles en comprender mejor los mecanismos, las diferentes funciones de las piezas y, sobre todo, a entender qué pieza usar en una circunstancia dada (Dupont y cols., 2010).

Para Resnick y Silverman (2005) el “aprendizaje por diseño” se caracteriza por animar (y apoyar) a los alumnos a que exploren e implementen sus propias ideas al diseñar las construcciones robóticas.

No obstante, Dupont y cols. (2010) nos brinda algunos consejos para esta fase de construcción de acuerdo al grado de autonomía en el proceso de aprendizaje:

- Construir a partir de una imagen y no de una guía paso a paso. Teniendo en cuenta, por supuesto, que siempre hay varias soluciones posibles a un mismo desafío de construcción.
- Es mejor un robot de rápida construcción. Una vez construido, será posible modificarlo (semiestructurado), incorporando ideas propias.
- Si se decide por construir un robot desde cero (no estructurado), es importante entrenar antes las habilidades en la manipulación y funciones de las piezas.

1.3.1.2. La fase de Programar

Cuando se finaliza el primer prototipo del robot (porque aún se puede mejorar en la tercera fase), los alumnos avanzan hacia la fase de programación, que se encarga propiamente del control del robot. El computador que incorpora los programas de control será el “cerebro” del mismo. Como bien señala Ruiz-Velasco (2007, p. 367) «una de las características inherentes a los robots es que son programables» o Arlegui y Pina (2016, p. 20) «la característica más sobresaliente de un robot es que se controla a través de un lenguaje de programación. Por ello se le reconoce como “autómata”». Es decir, podemos programar un robot para que ejecute unos comportamientos determinados y el robot lo hará. Si después se requiere que realice otro tipo de comportamiento, entonces lo único que se tiene que hacer es reprogramar el robot.

En palabras de Papert «Programar una computadora no significa ni más ni menos que comunicarse con ella en un lenguaje que tanto la máquina como el usuario humano puedan “comprender”. Y aprender lenguajes es una de las cosas que mejor hacen los niños. Cualquier niño normal aprende a hablar. ¿Por qué no aprendería entonces a “hablar” con una computadora?» (1981, p. 18).

En términos de la RAE y en el contexto de la RE, *programar* se puede definir como “preparar ciertas máquinas por anticipado para que empiecen a funcionar en el momento previsto”. Para ello se utiliza un *lenguaje de programación* (LP, en adelante) refiriéndose al conjunto de instrucciones codificadas que nos permiten la comunicación con el ordenador; en el caso de la RE, nos comunican con el robot para controlar su comportamiento.

Dupont y cols. (2010) manifiestan que programar un robot permite:

- Formalizar los aprendizajes usando el enfoque empírico (ensayo y error).
- Contextualizar varios conceptos relacionados al dominio de la matemática y la lógica, la medición, el cálculo proporcional, etc.
- Situarse en un proceso artístico.

De acuerdo con Arlegui y Pina (2016, p. 20) «el aprendizaje constructivista de la *programación* de robots (lo que no necesariamente ocurre en otros ámbitos de problemas informáticos) ayuda de un modo especial a la construcción del pensamiento formal hipotético-deducativo de los alumnos».

Para Resnick y Silverman (2005) los LP son los kits de construcción del mundo computacional. Desde luego, existen muchos LP para el área de la RE y el estudio de su evolución y características merecería en sí mismo un extenso desarrollo. Por eso, para facilitar su comprensión, los hemos dividido según el tipo de interfaz, en *LP textuales* y *LP gráficas*. Supongamos que debemos programar un robot para que avance en línea recta durante un segundo. La Figura 1.3 tiene como fin observar cómo se puede escribir el programa según el tipo de interfaz. En el LP textual han sido añadidos comentarios para facilitar la legibilidad (*// Avanza el robot*, *// Espera un segundo*). Ahora podemos explicar en qué consisten estos tipos de LP.

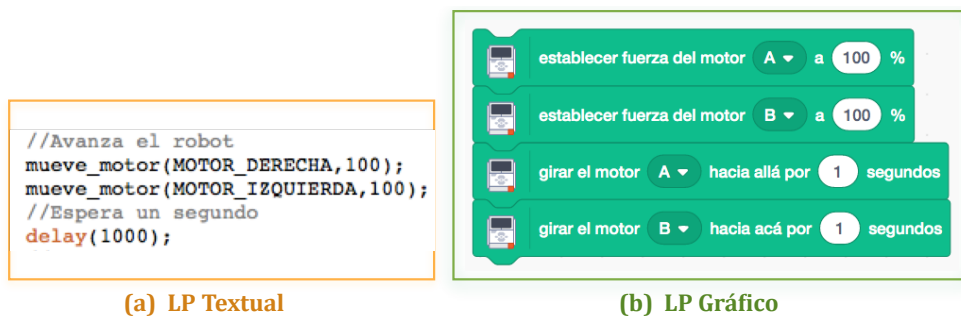


Figura 1.3: Lenguaje de Programación: (a) Textual y (b) Gráfico

En los *LP textuales* se programa por códigos de línea. Cada código de línea debe terminar en ‘;’. Por ejemplo, para indicarle al robot que los motores se muevan por un segundo se escribe la instrucción “delay(1000);”. En este tipo de LP, el programador requiere pensar el código en instrucciones/órdenes, con una sintaxis y ortografía precisa. Así, si la instrucción no pertenece al conjunto de órdenes disponibles o si se olvida colocar el ‘;’ el LP manda un error, nos retroalimenta inmediatamente.

Para facilitar la programación, existe la posibilidad de utilizar un método *gráfico* (Dupont y cols., 2010), donde las instrucciones complejas se ocultan detrás de dibujos que se llaman bloques.

Aunque a veces los LP gráficos imponen ciertas limitaciones en la programación, cuentan con una interfaz gráfica muy intuitiva (Miller y cols., 2008), por lo que pueden ser un buen punto de partida para el aprendizaje de los conceptos básicos de la programación.

En una primera valoración de lo expuesto anteriormente y de la Figura 1.3, el lector, incluso si no es programador, descubre que existirán ciertos LP que dispondrán de instrucciones más claras y concretas que otros, donde por el contrario, serán más complejas y abstractas. Hoy día, la mayoría de las plataformas robóticas (PR) pueden ser programadas con varios tipos de LP, permitiendo seleccionar el que más se adapte a los objetivos de aprendizaje y a la edad de los alumnos.

Como bien señalan Ribeiro y Lopes (2020) adicional a los LP gráficos y textuales, algunos entornos de programación de robots, recientemente, también permiten la simulación. Sin embargo, nuestra investigación al ser sobre robots físicos no incluye esta opción. También estos autores mencionan que todavía existe el estigma de que un LP gráfico es para principiantes y que un LP textual es para usuarios avanzados. Aunque, esa diferencia se ha disipado últimamente a medida que los LP gráficos han mejorado enormemente.

Independientemente del tipo de LP, de manera muy acertada y de una mayor relevancia educativa (según mi punto de vista), Dupont y cols. (2010) distingue entre la *programación lineal* y la *programación optimizada*. En la primera, el programa es una *secuencia* lógica de acciones que se ejecutan una tras otra de forma secuencial, tal como aparece en la Figura 1.3a. En cambio, un programador con experiencia estará interesado en aplicar la *programación optimizada* donde aparecen:

- *Ciclos o bucles*: ejecutan la misma secuencia, múltiples veces, hasta que la condición asignada a dicho bucle deje de cumplirse.
- *Instrucciones condicionales*: una instrucción o grupo de instrucciones, se pueden ejecutar o no, en función del valor de una condición.
- *Operaciones simultáneas o Paralelismo*: secuencias independientes de instrucciones que se ejecutan simultáneamente.
- *Operadores*: son símbolos que ofrecen apoyo a las expresiones matemáticas, lógicas y de cadenas de caracteres, permitiendo al programador realizar manipulaciones numéricas y de cadenas de caracteres.
- *Datos*: incluyen guardar, recuperar y actualizar valores.

Tras una fase de iniciación mediante la programación lineal, la programación optimizada contienen varias instrucciones, que conciernen a la gestión de bucles, condicionales, etc. Los razonamientos del tipo “si..., entonces..., si no...” se usan con frecuencia. Como bien lo indican Arlegui y Pina (2016) se requiere obligatoriamente un tipo de programación condicional (“si..., entonces..., si no...”) para controlar el comportamiento del robot basado en los datos de los sensores, lo que para estos autores potencia el razonamiento formal de los alumnos, específicamente el razonamiento hipotético-deductivo.

Cada método posee sus ventajas y desventajas (Tabla 1.1). O’Shea y Self señalan que un LP «debe ser potente (en el sentido de lograr valiosos efectos con el mínimo esfuerzo) y debe poder aprenderse, lo que implica una base conceptual sencilla y la aportación de instrumentos de aprendizaje» (1985, p. 217).

Tabla 1.1: *Ventajas y Desventajas según el tipo de Programación*

Tipo de PROGRAMACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lineal	<ul style="list-style-type: none"> • Es fácil de realizar. • Es fácil de usar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede tardar mucho tiempo. • Es inadecuada para situaciones en las que la repetición está presente. • Posee límites acerca de los programas que se pueden realizar.
Optimizada	<ul style="list-style-type: none"> • Permite más oportunidades de programación. • Permite una ejecución más eficiente del programa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es más difícil de entender. • Es más difícil de usar. • Seguramente se necesite insertar comentarios.

Fuente: Adaptado de Dupont y cols. (2010).

Evidentemente, dependiendo del LP que se elija (textual o gráfico), y de la destreza con que se desarrolle el programa¹⁷ informático (lineal u optimizado), se podrá hacer que el robot ejecute comportamientos más o menos inteligentes.

En la fase de programación se pueden tener los mismos grados de autonomía, que en la fase de construcción. Así, uno puede conformarse con usar programas escritos por otros, siguiendo instrucciones dadas en una guía (estructurado) o llegar a modificarlo (semiestructurado) y finalmente, se puede crear un programa desde cero (no estructurado). El alumno que actúa en este último grado de autonomía se coloca frente a una tarea que implica resolución de problemas (Dufoyer, 1991; Dupont y cols., 2010; O'Shea y Self, 1985; Papert, 1981).

En una programación con mayor grado de autonomía, el alumno se marca los objetivos que desea alcanzar, para lo que dispone de un número limitado de instrucciones que le brinda el LP. A partir de ahí, su tarea es constituir y crear, con tales comandos, la secuencia (lineal u optimizada) que le permitirá alcanzar el resultado esperado. Según Dufoyer (1991), el sujeto que utiliza todas las posibilidades de un LP realiza en consecuencia una obra verdaderamente creativa. Desde esta perspectiva, cada nivel de autonomía suscita un esfuerzo cognitivo aún mayor.

Para este mismo autor, la construcción de un programa informático pasa por distintas etapas y en el transcurso de cada una de ellas, el programador debe dar pruebas de diversas aptitudes:

- Estar en condiciones de comprender el problema planteado, que constituye el objeto del programa que debe escribirse (¡es lo mínimo!).
- Ser capaz de determinar, y luego planificar, el método de resolución, con descripción del algoritmo.
- Una vez establecido dicho algoritmo, saber traducirlo a un LP textual o gráfico.
- Estar capacitado para buscar los errores en el programa que se ha escrito y para formular las soluciones correspondientes.

Naturalmente, todas estas condiciones serán mejor o peor cumplidas según el nivel de experiencia del alumno. Según Pea y Kurland (1984), la idea de

¹⁷ La RAE define programa como cada una de las operaciones que, en un orden determinado, ejecutan ciertas máquinas.

que son posibles determinadas transferencias cognoscitivas desde el proceso de aprendizaje de la programación hacia otras actividades intelectuales estarían ligadas al grado de pericia del programador. Estos autores distinguen cuatro niveles (estadios):

1. *El usuario de programas.* Es el caso de la mayoría de los alumnos que aprenden de entrada (y a veces únicamente) a usar programas ya escritos. Lo que se aprende es, sin duda, muy interesante: uso particular de algunos comandos, utilización de los menús, ... Pero no permite conocer el funcionamiento real de los programas. En este nivel, es poco probable que puedan esperarse transferencias o adquisiciones hacia otros campos del aprendizaje.
2. *El generador de código.* A este nivel, los alumnos conocen la semántica y la sintaxis de las órdenes más corrientes del lenguaje utilizado. Pueden leer un programa escrito por otra persona e indicar qué es lo que hace. Sin embargo, cuando escriben un programa, no realizan apenas análisis preliminares y no muestran interés en documentarlos para que sean utilizables por otras personas. No se esfuerzan en optimizar el código ni usan subprogramas. Aun así, el nivel de comprensión es suficiente como para escribir programas cortos, especializados en una tarea determinada, no generales ni tampoco flexibles. En este estadio, sucede a menudo, que los alumnos se hallan tan concentrados por el objetivo de escribir un programa que funcione, que es poco probable que les quede la suficiente disponibilidad mental como para aprovecharse realmente de su trabajo, en forma de adquisiciones de aprendizaje más amplias que sobrepasen la informática y sus aplicaciones.
3. *El generador de programas.* Los alumnos que han accedido a este nivel son capaces de escribir programas sofisticados y muy estructurados. Tales conocimientos son transferibles de un tipo de programa a otro. Esos efectos pueden extenderse a otros campos, sobre todo si los docentes ponen de manifiesto las relaciones existentes o si los sujetos mismos encuentran ejemplos adecuados de otras disciplinas. Pero su mayor defecto es no hacer sus producciones utilizables por otros (comentarios, documentación externa, etc.).
4. *Desarrollador de software.* En este nivel, los alumnos son capaces de escribir programas complejos. No solamente saben explorar ventajosamente todos los recursos del lenguaje de programación, sino que, además, el programa está ampliamente documentado, escrito de forma estructurada y modular,

de tal modo que pueda ser leído y modificado cómodamente por otros. Es probable que a este nivel de competencia puedan observarse con mayor facilidad situaciones de transferencia cognoscitiva.

Esto implica que, para alcanzar ciertas transferencias de aprendizaje, de conocimientos o de habilidades cognoscitivas diversas, «hay que considerar una formación bastante completa, cuya duración -dicho sea de paso- no tiene nada que ver con la media estándar de los cursos de iniciación de treinta a cuarenta horas» (Dufoyer, 1991, p. 91). Por esta razón, Pea y Kurland (1984) cuestionan el “tecno-romanticismo ingenuo” de la idea dominante en el mundo de la educación en informática, según la cual bastaría unos pocos ejercicios de programación para poder observar transferencias cognoscitivas notables en otros campos no informáticos. Además, indican seis factores como requisitos cognoscitivos previos e indispensables para lograr el aprendizaje de la programación y que, a su vez, son mencionados por otros autores:

- Aptitud matemática.
- Capacidades mnemónicas.
- Aptitud para razonar mediante analogías.
- Aptitud para producir un razonamiento de tipo condicional.
- Aptitud para controlar y concebir la secuencialidad temporal.
- Aptitud para pensar de manera procesal.

Así pues, ¿qué puede significar para un alumno aprender a programar? Stager (2003, párrafos 5 y 6) nos responde:

Quando entendí cómo leer un programa de computador, podía ¡PENSAR COMO UN COMPUTADOR! Esto me hizo sentir poderoso.

La sensación de plenitud intelectual que sentía al programar era indescriptible. El computador amplificaba mi pensamiento. Podía comenzar con la semilla de una idea y, a través de logros incrementales y la atención de los retos planteados por la depuración, construir algo mucho más sofisticado de lo que jamás hubiera imaginado. Ser conciente de que yo era un pensador competente me ayudó a sobrevivir las frustraciones de las clases de matemáticas. La habilidad de visualizar caminos de razonamiento divergentes, anticipar errores y evaluar rápidamente escenarios mentales, es resultado directo de las clases de programación. Este don me sirve en mi vida cotidiana cuando tengo que navegar un sistema de correo de voz o sacar mi carro de un estacionamiento cerrado.

Sobre este particular, Papert expresa dos impresiones sobre la programación. «La primera que todos los niños, bajo las condiciones adecuadas, pueden adquirir una destreza en programación que la convertirá en uno de sus logros intelectuales más destacados. La segunda, que las “condiciones adecuadas” son

muy distintas del tipo de acceso a las computadoras que se está convirtiendo en norma en las escuelas» (1981, p. 29).

Lamentablemente, son muchos los que ven la programación como una actividad estrecha, técnica, demasiado difícil para las masas, apropiada solamente para un pequeño segmento de la población que desee elegir esa carrera (Resnick y Silverman, 2005). Tal vez por eso, el papel de la programación fue disminuyendo constantemente entre los usos educativos de los ordenadores, incluso cuando los ordenadores habían proliferado en las escuelas, a causa de ello no se ha conseguido un cambio sustancial respecto a este segundo planteamiento (Resnick, 2002; Stager, 2003). Ha sido a partir del término “*Pensamiento Computacional*” propuesto por Wing (2006) (ver apartado 2.2.2.2.) que ha resurgido la atención a la importancia de aprender a programar a nivel escolar.

La programación es, en definitiva, una actividad muy peculiar, una poderosa herramienta intelectual, que, probablemente, no puede ser realmente comparada a ninguna otra que haya existido antes del advenimiento de la informática (Dufoyer, 1991; Papert, 1981; Resnick y Silverman, 2005; Stager, 2003; Wing, 2010; Yadav, Hong, y Stephenson, 2016; Zapata-Ros y Pérez-Paredes, 2018).

1.3.1.3. La fase de Probar

Una vez construido y programado el robot, es tiempo de verificar si logra realizar la tarea propuesta. Se inicia entonces el *proceso de probar* si los comportamientos son los esperados. En ocasiones, señala Ruiz-Velasco (2007), hay algunos robots cuya construcción es excelente desde el punto de vista mecánico, pero por cuestiones de mala programación dan la impresión contraria. Otros robots tienen una perfecta programación, pero sus condiciones mecánicas les impiden mostrar correctamente los comportamientos esperados, ya sea por problemas de rozamientos, de peso, de contrapeso, etc. A veces, existen errores en la construcción que se mezclan con errores en la programación, lo que los hace especialmente difíciles de localizar y de depurar.

Es por ello, que durante esta fase los alumnos inician una espiral de retroalimentación, tanto de la parte mecánica (construcción) como de la mejora de los comportamientos (programación), hasta obtener el resultado deseado.

Esta fase correspondería con el último principio “iterar, iterar y entonces iterar otra vez” que Resnick y Silverman (2005) realizan cuando diseñan kits de construcción y en la que nos recomiendan a que animemos a los alumnos a explorar los materiales, a probar múltiples alternativas, a cambiar instrucciones a la mitad del proceso, a desarmar cosas y a crear nuevas versiones, porque ellos aprenden nuevas lecciones con cada iteración.

1.4. Recursos para hacer Robótica Educativa

En el apartado anterior, al describir el proceso que se lleva a cabo para hacer un robot, hemos podido comprobar que la *Robótica Educativa* combina dos componentes fundamentales e inseparables: una *plataforma robótica* (PR) y su correspondiente *lenguaje de programación* (LP). En palabras de Ribeiro y Lopes «El aprendizaje de la robótica es entonces una actividad para todas las edades donde una plataforma robótica (PR) y un lenguaje de programación (LP) son esenciales» (2020, p. 2).

La PR se puede asociar al hardware utilizado y montado en la fase de construcción, que involucra el diseño y la fabricación del robot. El LP de la fase de programación, se ocupa en cambio de la concepción y realización de programas que gobiernan el funcionamiento del robot. «Esta segunda orientación guarda en consecuencia un estrecho parentesco con la lógica» (Dufoyer, 1991, p. 24).

Cabe destacar que la Federación Internacional de Robótica (IFR, <https://www.ifr.org/>) reconoce dentro de su extensa clasificación, a los robots educativos¹⁸ como un tipo de robot de entretenimiento, los que a su vez pertenecen a la categoría de los **robots de servicio**¹⁹ para uso personal o doméstico, de la siguiente manera:

510 Robots de servicio a humanos

Sección I. Robots para uso personal o doméstico

Robots de entretenimiento (7-10)

9. Educación e investigación

¹⁸ https://www.ifr.org/img/office/Service_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

¹⁹ Un robot de servicio es aquel que opera de manera parcial o totalmente autónoma, desarrollando servicios útiles para el bienestar de los humanos y equipos, excluyendo las aplicaciones de manufactura.

A continuación, exponemos brevemente: ¿cuándo surgen los primeros recursos utilizados en RE? y ¿cómo ha sido su evolución?

1.4.1. Los inicios de la Robótica Educativa

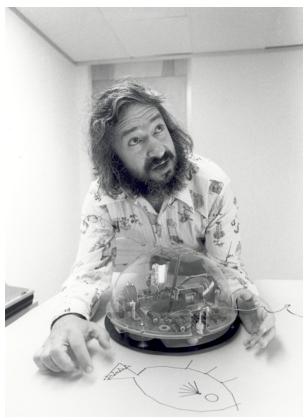


Figura 1.4: Seymour Papert junto a una “tortuga de piso”

El marco de nuestro estudio de RE son los entornos preuniversitarios. Desde esta perspectiva, la bibliografía revisada nos indica a LOGO²⁰, que fue desarrollado en 1967, como un lenguaje de programación para niños (Anwar y cols., 2019; Papert, 1981), como el primer acercamiento a la RE infantil, porque al principio involucraba una “tortuga de piso”²¹, un simple robot mecánico que dibujaba sobre papel y estaba conectado al ordenador por un largo cable (Figura 1.4).

Luego, con la proliferación de los ordenadores personales en los años 70, la comunidad Logo cambió su foco a “tortugas de pantalla”. Las “tortugas de pantalla” son mucho más rápidas y más precisas que las tortugas de piso, y por lo tanto, permiten a los niños crear e investigar patrones geométricos más complejos (Resnick, 1993).

²⁰ «LOGO es el nombre de una filosofía de la educación dentro de una creciente familia de lenguajes de computadora que la acompaña. LOGO es un lenguaje interpretativo. Esto significa que puede utilizarse en forma interactiva»(Papert, 1981, p. 246)

²¹ Imágenes del robot tortuga: <http://cyberneticzoo.com/tag/paul-wexelblat/>

Según Miller y cols. (2008), el robot Hero-1 (Heathkit Educational RObot)²², desarrollado por Heathkit, fue el primer robot educativo y se vendió como un kit en la década de los 80 (Figura 1.5).



Figura 1.5: Robot Hero-1 (Heathkit Educational RObot)

Igualmente, a mediados de esa misma década, surgió la tecnología *LEGO/Logo*²³, que consideramos el primer recurso de RE infantil (aunque no estuvo disponible ampliamente), combinando la popularidad de los kits²⁴ de construcción LEGO con el lenguaje de programación Logo (Alimisis, 2009; Resnick, 1993; Resnick, Martin, Sargent, y Silverman, 1996). La tercera generación de *kits de construcción*, según Resnick (1993) permite a los niños *construir comportamientos*, mientras que la primera generación permite *construir estructuras* y la segunda *construir mecanismos*.

A pesar de disponer de PR desde los años 80, hubo que esperar hasta casi inicios del siglo XXI (Figura 1.6²⁵), a que la convergencia tecnológica

²² <http://www.theoldrobots.com/hero.html>

²³ El Media Lab del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en colaboración con Seymour Papert y LEGO Group, desarrolló la línea LEGO Mindstorms de hardware y software de robótica educativa para el mercado. El sistema toma su nombre “Mindstorms” del libro de Papert de 1980 *Mindstorms: niños, computadoras e ideas poderosas*.

²⁴ La RAE define *kit* como: conjunto de productos y utensilios suficientes para conseguir un determinado fin, que se comercializan como una unidad. Por tal motivo, este término se utilizará en éste trabajo refiriéndose exclusivamente a los productos de venta en el mercado como “kits de robótica”.

²⁵ <https://goo.gl/Uc7nmk>

(informática, electrónica, mecánica, etc.) hiciera factible el desarrollo de estos recursos a mayor escala, facilitando su uso en el ámbito educativo.



Figura 1.6: Ana Lourdes Acuña y Guido Aguilar trabajando en un vehículo que incorpora el Ladrillo Programable del Instituto Tecnológico de Massachusetts, 1998.

1.4.2. Descripción de los Recursos para hacer RE

Hasta hace poco tiempo construir robots para una persona sin estudios universitarios era difícil sino imposible. Habría tomado meses armar un perro robot que se moviera alrededor de una habitación evitando paredes. La formación en electrónica y en programación requerida para tal empresa limitaba la posible participación únicamente a los alumnos de la escuela secundaria y a los estudiantes universitarios (Rogers y Portsmouth, 2004).

Precisamente, los rápidos avances tecnológicos han difuminado tales fronteras y con el surgimiento de plataformas de RE cada vez más didácticas e intuitivas, y de menor coste (Basoeki, Libera, Menegatti, y Moro, 2013; Pachidis y cols., 2019), hoy es posible acercar la robótica a un amplio rango de edades, desde infantil hasta más allá de la universidad. Así, un niño puede hacer su propio perro robot que evite paredes en un plazo breve de tiempo dependiendo de su habilidad y preparación.

Los recursos para hacer RE varían en múltiples características, desde la parte técnica (PR y LP) hasta la educativa (analizada en el siguiente capítulo). No obstante, describiremos algunas características relevantes a nivel técnico de las PR (la principal distinción de los LP: textual y gráfico se comentó en la sección 1.3.1.2).

En la revisión bibliográfica sobre RE, se encuentra frecuentemente, la metáfora sobre “caja blanca” versus “caja negra” (Alimisis, 2009; Gaudiello y

Zibetti, 2013; Kynigos, 2008; Resnick y Silverman, 2005), haciendo referencia a cómo están diseñados los elementos (motores, sensores, engranajes, ruedas, y demás piezas) que conforman la PR. Esta característica determinará qué ideas pueden explorar los alumnos (caja blanca) y qué ideas permanecen ocultas a la vista (caja negra).

Resnick y Silverman (2005) nos ejemplifican esta metáfora así: cuando los alumnos construyen robots con los kits LEGO Mindstorms²⁶, aprenden acerca de los mecanismos y engranajes (ambos son *cajas blancas*), y aprenden acerca de la retroalimentación y el control, pero generalmente no aprenden sobre el funcionamiento interno de los motores. El motor sigue siendo una *caja negra*. Si nuestro objetivo es que los alumnos aprendan cómo funcionan los motores, se debe utilizar una PR donde puedan seleccionar aquellos motores cuyo diseño les permita observar, manipular y entender los mecanismos de su funcionamiento.

Sobre este particular debate, recientemente, se están incorporando a las PR los robots imprimibles o printbots²⁷. Su nombre se debe a que parte de sus piezas (fundamentalmente las de estructura) son realizadas con las impresoras 3D, que junto con placas controladoras como Arduino²⁸ (hardware/software libre), le permiten al alumno construir fácilmente²⁹ y por un reducido coste (Basel, 2020; Bezerra y cols., 2018; Bravo y Forero, 2012), un robot completamente *caja blanca*. Por ejemplo: Renacuajo, Beetle o Evolution de la empresa española BQ³⁰. Este tipo de PR es promovida por el movimiento moderno denominado *Hacer* (Maker, en inglés) o *Hágalo Usted Mismo* (DIY, por su sigla en inglés: Do It Yourself) (Libow Martinez y Stager, 2013).

Casi todas las PR permiten no solamente hacer robots, sino que con las mismas piezas también se pueden construir estructuras y mecanismos, máquinas de control remoto, etc. Sin embargo, se puede realizar la siguiente distinción:

- *PR Cerradas*: sus piezas limitan la construcción a uno o algunos modelos específicos.

²⁶ <https://www.lego.com/es-ar/mindstorms>

²⁷ <https://goo.gl/DKUH9E>

²⁸ <http://arduino.cc>

²⁹ Compluino 03 del grupo español Complubot <https://complubot.com/proyectos/compluino-03/>

³⁰ <https://github.com/bq/printbots>

- *PR Abiertas*: proporcionan un conjunto de componentes que se puede utilizar para diseñar y crear una variada colección de construcciones, apoyando una gama de diferentes tipos de proyectos que surgen de los intereses y pasiones del alumnado.

Más aún, también existen *PR híbridas*, o sea, el robot está construido utilizando distintas plataformas (Bravo y Forero, 2012), ejemplo: *explorer one*³¹.

Finalmente, para los propósitos de nuestro estudio, hemos procedido a categorizar las diversas PR basándonos en la característica *multidisciplinar* inherente a la robótica, pues según la literatura está integrada por las siguientes disciplinas: la electrónica/electricidad, la informática, la mecánica, la inteligencia artificial y la ingeniería de control.

Teniendo en cuenta estas áreas, planteamos utilizar cuatro de ellas: la *electrónica/electricidad*, la *informática* y la *mecánica*, por ser las de mayor aplicación en los entornos investigados en nuestro estudio: *los preuniversitarios*. Las tres categorías que proponemos se describen en la Tabla 1.2. Asimismo, Ruiz-Velasco (2007, 2012) señala que un robot pedagógico consta de cuatro (4) sistemas: mecánico, eléctrico, electrónico e informático, concordando y afianzando nuestra propuesta. Dicho autor describe estas fases o etapas pedagógicas de la siguiente manera:

- *Fase Mecánica*. Los estudiantes aprenderán los conceptos necesarios para el montaje del prototipo del robot. Por ejemplo: engranajes, poleas, ejes, articulaciones, grados de libertad, motor, movilidad, entre otros.
- *Fase Eléctrica*. Se estudiará los actuadores que le permitirán dotar de movimientos a sus prototipos. Para esto, tendrán que saber que existen diversos tipos de motores que podrán utilizar y seleccionar de acuerdo con su proyecto (motores de corriente continua, de corriente alterna, paso a paso, hidráulicos, entre otros).
- *Fase Electrónica*. Conocerán los sensores (analógicos y digitales), que permitirán al robot conocer su propia posición y percibir el espacio de trabajo en donde deberá actuar.
- *Fase Informática*. Deberán desarrollar un programa para el control del robot ya construido.

³¹ <http://youtu.be/UStVLbsaaPc>

Tabla 1.2: Descripción de los Robots categorizados como: EIM, IM e I

Tipo de PR	ÁREAS más afines	CARACTERÍSTICAS	FASES	EJEMPLOS
EIM	<ul style="list-style-type: none"> • Electricidad/ Electrónica • Informática • Mecánica 	El alumno pone en práctica conocimientos de estas tres áreas, es decir, aplica la robótica de forma <i>integral</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción • Programación • Prueba 	<ul style="list-style-type: none"> • Robots basados en la placas Arduino, GoGo Board... • Butiá • Ícaro • Robots imprimibles
IM	<ul style="list-style-type: none"> • Informática • Mecánica 	El alumno cuenta con piezas prediseñadas y de fácil conexión para construir su robot, de tal manera que no son necesarios unos conocimientos mínimos del área electrónica/eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción • Programación • Prueba 	<ul style="list-style-type: none"> • Lego Mindstorms • Lego WeDo • Fischertechnik • Ollo • Multiplo
I	<ul style="list-style-type: none"> • Informática 	Son robots con una morfología predeterminada, siendo su uso principal el desarrollo del <i>Pensamiento Computacional</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Programación • Prueba 	<ul style="list-style-type: none"> • Bee-Bot • mOway • Scribbler

En nuestro trabajo orientaremos estas fases a los conocimientos implicados con cada una de las áreas relacionadas. Así, atendiendo a las áreas más afines, consideraremos los siguientes tipos de PRs: EIM, IM e I tal y como se muestra en la Tabla 1.2.

Realmente, estas descripciones son, sobre todo, orientativas. Como afirman Gaudiello y Zibetti (2013), la exhaustividad es difícil debido a la rápida evolución de las tecnologías.

Por otro lado, aunque nuestro estudio analiza únicamente robots físicos, se están realizando investigaciones de RE relacionadas con robots virtuales (Arlegui y Pina, 2016; Arlegui, Pina, y Moro, 2013). Y es que la RE cuenta también con esta opción de simulación gráfica, donde el estudiante no necesita adquirir la PR para aprender la robótica en general o practicar con una PR específica (Ribeiro y Lopes, 2020). Como ejemplo de código abierto tenemos a Open Roberta Lab³², donde además los usuarios crean su programación de bloques y la plataforma lo convierte en código de texto sobre la marcha, lo

³² <https://lab.open-roberta.org/>

que ayuda a los jóvenes a pasar fácilmente de LP gráfico a LP textual. A nivel comercial podemos mencionar: RoboMind³³ y CoderZ³⁴.

Por consiguiente, hemos confirmado, que hay PR que nos permiten acercar esta tecnología a niños, jóvenes y adultos, desde principiantes hasta expertos; algunas nos dan más oportunidades de construcción que otras (cerradas, abiertas e híbridas); los conocimientos que necesitamos para utilizarlas varían (EIM, IM, I); también se pueden hacer una gran gama de combinaciones entre las distintas PR... En fin, disponemos de un conjunto de extraordinarias posibilidades y en constante evolución.

1.4.3. Criterios para seleccionar el recurso para hacer RE

Evidentemente, hay muchos recursos disponibles para hacer *Robótica Educativa*. En la Figura 1.7 se muestra la línea de tiempo sobre recursos para hacer RE, desde 1998 al 2013, que hemos utilizado en esta tesis doctoral durante el diseño de la investigación (apartado 5.3).

Los tipos y su variedad se están expandiendo rápidamente (Basoeki y cols., 2013; Bezerra y cols., 2018; Gaudiello y Zibetti, 2013; Karim y cols., 2015; Miller y cols., 2008; Pachidis y cols., 2019; Pedersen y cols., 2019; Ruiz-Velasco, 2007; Takacs, Eigner, Kovács, Rudas, y Haidegger, 2016): desde productos de empresas internacionales hasta diseños particulares y regionales. Para comprender mejor la magnitud del incremento de recursos para hacer *Robótica Educativa* la Figura 1.8 muestra la línea de tiempo de los siguientes cinco (5) años, es decir, de 2014 a 2018.

Indiscutiblemente, se aprecia el extraordinario auge de recursos para hacer RE. Mientras la primera línea de tiempo comprendía un lapso de 15 años, la segunda equivale a tan solo cinco (5) años. Sobre el particular, podemos destacar lo siguiente:

- El aumento más significativo fue en la categoría I (Informática), ampliando la variedad de recursos enfocados, principalmente, a los más pequeños, siendo entonces la programación el objetivo central del aprendizaje.
- La categoría EIM (Electricidad/Electrónica - Informática - Mecánica) igualmente amplió su oferta de recursos, debido posiblemente a la

³³ <https://www.robomind.net/es/index.html>

³⁴ <https://gocoderz.com/es/>

versatilidad de diseños que se pueden realizar con las impresoras 3D y que están disponibles gratuitamente para ser replicados, por ejemplo <http://escornabot.com/>.

- La mayoría de los recursos cuenta con varias opciones para programar (LP) el robot (PR), incluyendo aplicaciones hechas por el propio fabricante para los dispositivos móviles. Además, muchas PR le dan al usuario la libertad de elegir entre usar un LP gráfico (por bloques) o de tipo textual, inclusive están los de enfoque mixto³⁵.

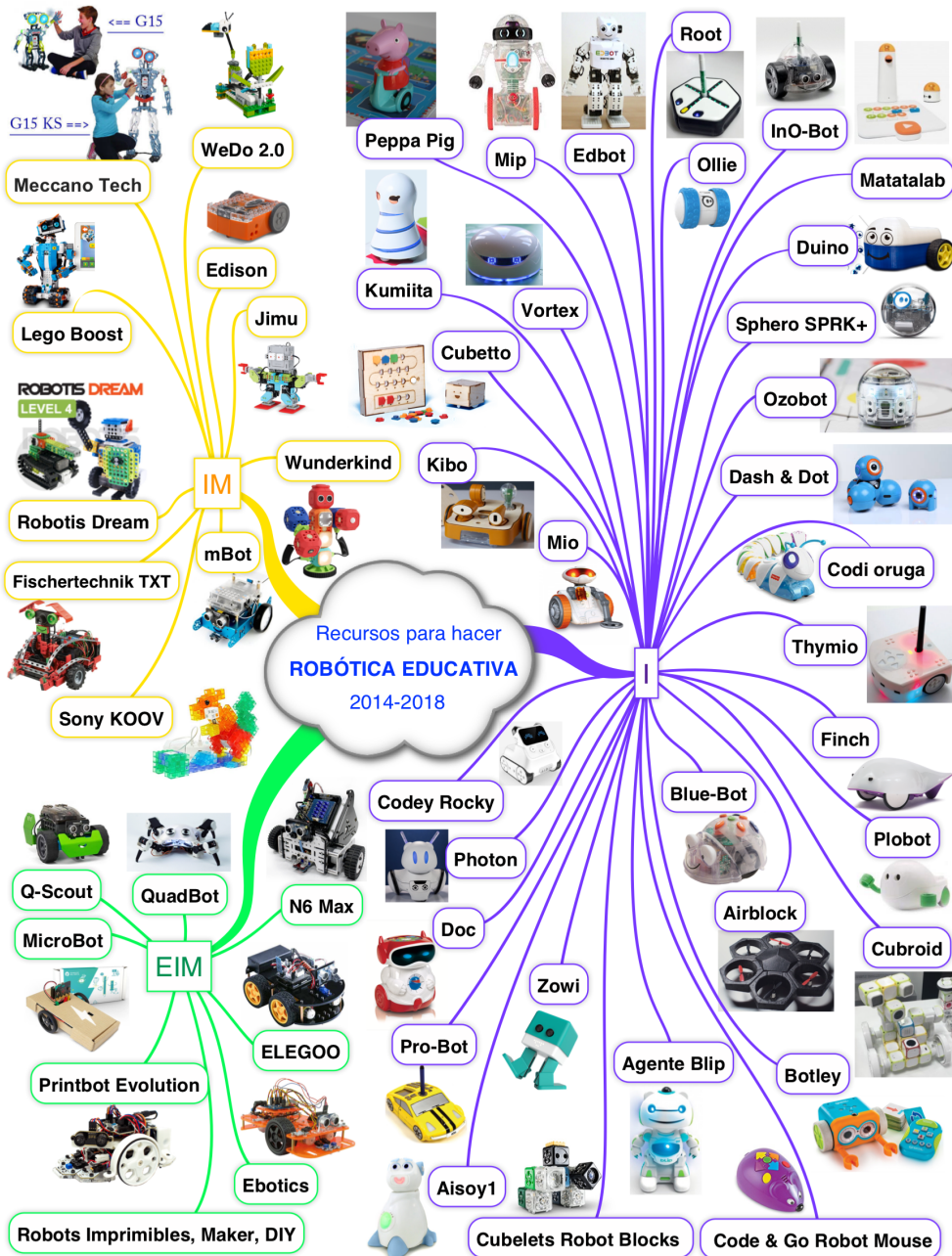
³⁵ Permite programar bien usando bloques visuales, bien escribiendo directamente el texto, y ofrece la posibilidad de comprobar cómo se traduce el texto a bloques y viceversa. Ejemplo: <http://www.mblock.cc>



Recursos de **Robótica Educativa** utilizados en Iberoamérica y España (según encuesta en línea, marzo-mayo 2013).

◆ Últimas incorporaciones de un recurso tecno-educativo en constante evolución.

Figura 1.7: Línea del Tiempo (1998-2013) de los Recursos para hacer Robótica Educativa



Ésta es una clasificación orientativa, el uso indicará los aprendizajes adquiridos.

Figura 1.8: Recursos para hacer Robótica Educativa (2014-2018) según las categorías propuestas: EIM, IM e I

Entonces ¿qué recurso necesito?, Dupont y cols. (2010) nos recomiendan tener en cuenta las siguientes preguntas para su selección:

- ¿Es fácil encontrar piezas de repuesto?
- ¿Es posible encontrar rápidamente recursos pedagógicos? ¿En nuestro idioma?
- ¿La comunidad docente que usa este material es lo suficientemente grande?
- ¿Cuáles son las oportunidades de expansión de este recurso?
- ¿Este sistema es flexible? ¿me da bastantes oportunidades de desarrollo?
- ¿Esta configuración parece sostenible? ¿Va a ser utilizada en el aula en los próximos años?

Adicionalmente nosotros añadiríamos:

- ¿Puede programarse con distintos tipos de lenguajes de programación (textual, gráfico, mixto) y en diferentes equipos (ordenadores, teléfonos inteligentes, tabletas)?
- ¿Es adecuado para mis objetivos de aprendizaje? (Este punto lo analizamos en el siguiente capítulo)

Dada la importancia de la selección adecuada de los recursos para hacer RE, compartimos algunas investigaciones y RSL recientes que profundizan en este aspecto: Karim y cols. (2015), Pachidis y cols. (2019), Giang, Piatti, y Mondada (2019), Pedersen y cols. (2019), Umam y cols. (2019) y Ribeiro y Lopes (2020).

Resnick y Silverman (2005) enfatizan su visión de las PR como espacios para explorar, no como una colección de actividades específicas, donde los alumnos continuamente se puedan sorprender a sí mismos (y nosotros también) a medida que exploran el espacio de posibilidades. Estos autores también nos ofrecen algunos principios desde la perspectiva del diseñador de kits de construcción (Tabla 1.3) los cuales consideramos serán de gran utilidad, al ser evidente que todo docente/instructor es a su vez un diseñador de actividades de aprendizaje.

Tabla 1.3: Reflexiones sobre el Diseño de Kits de Construcción

PRINCIPIO	ARGUMENTACIÓN
Diseñar para Diseñadores	Las mejores experiencias de aprendizaje, para la mayoría de la gente, ocurren cuando están involucrados activamente en el diseño y creación de las cosas, especialmente cosas que son significativas para ellos o para otros a su alrededor.
'Piso Bajo' y 'Paredes Anchas'	Posee características que son lo suficientemente específicas para que los alumnos puedan entender rápidamente cómo usarlos (<i>Piso Bajo</i>), pero lo suficientemente generales para que puedan seguir encontrando nuevas formas de usarlos (<i>Paredes Anchas</i>).
Hacer que las 'Ideas Poderosas' salgan naturalmente - no forzarlas	Los alumnos participan en diferentes actividades de diseño (por ejemplo: un brazo robótico, un robot móvil...), pero todos utilizan las mismas ideas poderosas (son ideas con apalancamiento: ayudan a dar sentido al mundo; por ejemplo en RE: la retroalimentación, se puede utilizar para comprender muchos fenómenos en el mundo, no solamente de ingeniería, sino también de la biología y las ciencias sociales.) subyacentes como parte natural e integral del proceso de diseño. Eso es muy diferente de las tradicionales actividades educativas, en el que todos suelen trabajar en la misma actividad para aprender una idea en particular.
Apoyar muchos caminos, muchos estilos	Apoyar estilos y caminos diferentes, que incluyan desde los artísticos hasta los científicos.
Simplicidad	Desarrollar sistemas que ofrezcan las formas más sencillas de hacer las cosas más complejas. Hemos encontrado que la reducción del número de características a menudo mejora la experiencia del usuario. Lo que inicialmente parece una restricción o limitación puede, de hecho, promover nuevas formas de creatividad.
Elegir cuidadosamente las 'cajas negras'	Una de las decisiones más importantes es la elección de los elementos básicos del kit de construcción, porque determina, en gran medida, las ideas que los alumnos pueden explorar con el kit y qué ideas permanecerán ocultas a la vista.
Un poco de programación vale mucho	Cuando los alumnos aprenden a programar, se amplía la gama de lo que pueden diseñar, crear e inventar. Además, se les proporciona experiencias en el uso y la manipulación de los sistemas formales, experiencias que no solamente son importantes en Ciencias de la Computación sino también en muchos otros ámbitos (desde las matemáticas hasta las reglas gramaticales).
Dar a la gente lo que quiere - no lo que piden	Hemos encontrado más productivo observar cómo interactúan los usuarios con nuestro prototipo, y tratar de inferir lo que quieren (y no quieren) de sus acciones. A menudo, sus acciones hablan más que sus palabras.
Inventar cosas que uno mismo desearía usar	¿Por qué debemos imponer a los alumnos recursos que no disfrutamos usando nosotros mismos? Hacemos un trabajo mucho mejor como diseñadores cuando realmente disfrutamos usando los recursos que estamos construyendo.
Iterar, Iterar - entonces Iterar otra vez	Animar a los alumnos a meterse con los materiales, a probar múltiples alternativas, a cambiar instrucciones a la mitad del proceso, desarmar cosas y crear nuevas versiones. Ellos aprenden nuevas lecciones con cada iteración.

Fuente: adaptado de Resnick y Silverman (2005).

1.5. Características de la Robótica Educativa

La RE posee sus propias características, como cualquier otra tecnología. Conocerlas nos permitirá estudiar apropiadamente sus usos a nivel educativo posteriormente.

Ciertas características son compartidas con la mayoría de tecnologías educativas actuales y otras son más distintivas de la RE, algunas de las cuales se han mencionado indirectamente en las secciones anteriores: operación con objetos *manipulables y programables*, favorecer el paso de lo *concreto a lo abstracto* y la *retroalimentación* (Gaudiello y Zibetti, 2013; Ruiz-Velasco, 2007).

A continuación, describimos las más significativas (las mismas serán retomadas en los siguientes capítulos donde se vincularán con la *dimensión educativa de la robótica*):

1.5.1. Características Similares a otras Tecnologías

1.5.1.1. Motivación

Una de las características asociadas frecuentemente a la tecnología, tiene que ver con el interés que despiertan en las nuevas generaciones.

Estudios recogen casos de alumnos haciendo voluntariamente horas extras para mejorar su robot (Rogers y Portsmore, 2004). No hay duda de que la RE puede ser una tecnología *intrínsecamente motivante* (Bravo y Forero, 2012; Chronaki y Alimisi, 2010; Dupont y cols., 2010; Eguchi, 2012; Johnson, 2003; Petre y Price, 2004; Ribeiro, 2009).

Sin embargo, si el *uso de la tecnología* puede *incrementar la motivación* de los alumnos, es un tema que aún se encuentra en debate. Por un lado, se señala el efecto “novedad”, que genera un entusiasmo momentáneo al utilizar algo diferente a lo normal. Por otro lado, se argumenta que es el uso que hace el docente de las posibilidades que ofrece determinada tecnología, lo que realmente motivará al alumnado.

Este punto será tratado más ampliamente en los siguientes capítulos, cuando analicemos los resultados de estudios sobre esta temática.

1.5.1.2. Alfabetización acorde al siglo XXI

En la sociedad del siglo XXI, la alfabetización no puede interpretarse como el conocimiento y manejo de las destrezas básicas lectoescritoras (hablar, escuchar, leer y escribir).

Lo que implica, según (García Carrasco, 2009b, p. 72) que:

la alfabetización como proyecto pedagógico sufre una metamorfosis irreversible en la sociedad actual, nunca más podrá entenderse como un proceso de aprender a leer y a escribir, porque ha pasado a la necesidad de ser un proceso de leer para aprender, un proceso de entrenamiento instrumental para deliberar, un proceso básico para aprender a vivir.

Así pues, se necesita una alfabetización que nos permita comprender, elaborar y comunicarnos mediante las tecnologías disponibles (Azinian, 2009). Es evidente que la robótica se puede considerar una de las áreas tecnológicas con más auge en la actualidad.

De acuerdo con lo expuesto hasta el momento, la RE puede contribuir significativamente a la *apropiación de distintos lenguajes* (computacional, icónico, gráfico, matemático, natural, etc.) a lo largo de su exploración y experimentación al hacer robots (Ruiz-Velasco, 2007). Asimismo, puede ayudar a desarrollar otras alfabetizaciones indispensables en el siglo XXI (Alimisis, 2013; Cejka, Rogers, y Portsmore, 2006; Gura, 2011; Ioannou y Makridou, 2018; Nourbakhsh, Hamner, Lauwers, Bernstein, y Disalvo, 2006) y que presentamos en el apartado 2.2.2.2 de este trabajo.

1.5.2. Características distintivas de la RE

1.5.2.1. Trabajo en equipo y Roles

Un aspecto inherente de la RE es la formación de pequeños *grupos de trabajo colaborativos*, donde los alumnos cooperan en equipos para diseñar, construir y programar un robot (Eguchi, 2012; Gura y King, 2007; Miller y cols., 2008; Ruiz-Velasco, 2007).

Al *trabajar en equipo*, es necesario concienciar a los alumnos que todos son pares y responsables, y que para realizar la mayoría de las tareas, éstas serán distribuidas de manera equitativa y con igual importancia. Al final, todos los participantes del equipo como pares, tendrán una visión compartida del tema o fenómeno en estudio.

O'Shea y Self manifiestan que «los alumnos tienen tendencia a trabajar cooperativamente en el diseño y comprobación de los programas» (1985, p. 194). Esta es una característica de la programación “profesional” que es, en gran medida, una actividad de equipo, y se reconoce que la mayor parte del trabajo no se hace en el ordenador, sino discutiendo el problema y el diseño del programa.

Una de las dificultades con la que nos podemos encontrar, al intentar introducir una actividad de RE, es que la forma de construir los grupos depende primeramente del número de PR disponibles y en segundo lugar del contexto (aula, actividad extraescolar o competición), además guarda una estrecha relación con *los roles*, otra particular característica de la RE, que pueden tener los participantes.

Sobre este particular, Resnick observó que «los niños juegan a los roles de científicos de la computación e ingenieros eléctricos - y de psicólogos también. Al construir máquinas con un comportamiento, los niños desarrollan nuevas imágenes no sólo de las máquinas y los ordenadores, sino de sí mismos»³⁶ (1993, p. 66).

Por lo tanto, en las actividades de RE, es importante el concepto de *rol*, que puede ser definido como una determinada responsabilidad que se le entrega a un miembro del equipo, con las tareas específicas que debe llevar a cabo, pero que no lo exenta de participar en otras. Este rol no es permanente y debe rotarse entre los miembros del equipo según el tiempo que dure la actividad. Esto permite que todos puedan practicar las habilidades relacionadas con cada rol y así descubrir sus propios talentos, limitaciones o aspectos a mejorar.

Recordemos que Howard Gardner (2003) plantea la existencia de múltiples inteligencias: espacial, lógico-matemática, cinestésico-corporal, intrapersonal, musical, interpersonal, lingüística, naturista,... Por lo tanto, los *roles* son una gran oportunidad educativa para explorarlas y descubrirlas.

Presentamos algunos criterios a considerar sobre el tamaño de los equipos en RE (Dupont y cols., 2010):

- *Dos alumnos*: para la mayoría de las actividades es la combinación ideal, ya que se minimiza el tiempo de inactividad y permite que las ideas y soluciones se propongan y realicen con rapidez. Los mejores equipos

³⁶ Frase original en inglés: «Children play the roles of computer scientists and electrical engineers - and of psychologists too. By constructing machines with behavior, children develop new images not only of machines and computers, but of themselves».

son compuestos de un alumno hábil con el ordenador y otro hábil en la manipulación de piezas. Las otras responsabilidades serán compartidas.

- *Tres alumnos:* hacer equipos de tres miembros es una buena solución. El alumno que no ayuda en la programación o en la construcción, realizará la parte investigativa, o sea debemos incluir asignaciones para este tercer rol. Sin embargo, existe el riesgo constante de que uno o incluso dos de los tres no tengan algo que hacer.
- *Cuatro alumnos:* esta es una de las situaciones más comunes. Para primaria, lo más importante es definir los roles de cada alumno, por ejemplo:
 - *El ingeniero:* es el experto en construcción.
 - *El informático:* es el experto en programación
 - *El periodista:* es el experto en información y medios.
 - *El jefe del proyecto:* es el responsable del material

En un interesante estudio realizado por Taylor y Baek (2019) los roles no eran específicos de la programación o de la construcción sino más bien del trabajo en grupo.

Para secundaria, cuatro estudiantes por equipo es una cifra difícil de gestionar. Las guías didácticas serán lo más importante en este caso.

- *Más de cuatro alumnos:* un grupo de más de cuatro miembros es habitualmente grande. Se recomienda realizar clases prácticas, haciéndolos trabajar por turnos.

Cabe mencionar que para un proyecto más amplio o una competición, los equipos de cuatro o más alumnos son a menudo privilegiados, porque las tareas suelen ser más numerosas y complejas.

Con respecto a la selección de los grupos puede ser realizado de varias maneras, la mejor será aquella basada en el comportamiento general de los alumnos y su estilo de interacción. Así, podemos diferenciar entre los grupos formados por iniciativa de los alumnos y los conformados por el docente/instructor.

En el caso de la escuela primaria, la idea del trabajo en equipo está en conflicto con el egocentrismo que todos tenemos. No obstante, las actividades

robóticas dan al maestro situaciones que hacen que el trabajo en equipo parezca absolutamente natural. Ilieva (2010) recomienda empezar trabajando en parejas y luego crear la capacidad para el trabajo en equipo, mediante la ampliación del tamaño del grupo y la diferenciación y la rotación de roles.

1.5.2.2. Etapas

A partir del análisis efectuado en el apartado 1.3.1, sobre el proceso para hacer un robot, se puede argumentar que la RE posee cierta lógica para su realización. Antes de probar el funcionamiento del robot hay que programarlo y construirlo. Pero antes de su construcción los alumnos en equipo deben diseñarlo ¿con qué material³⁷? ¿por dónde empezar? ...

Se trata, pues, de un conjunto de etapas/fases enlazadas entre sí que generan un resultado, en este caso: un robot. Concretamente, se suele denominar "*Proceso de Ingeniería*", que consta de las siguientes etapas: identificación de un problema, explorar soluciones, la invención de prototipos, su optimización y difusión, o sea, compartir los resultados obtenidos (Allen, Bringas, Beder, Tibensky, y Wardell, 2008). Ciertamente, existe un paralelismo entre el proceso tecnológico y el científico (Balcells Camps, 2012).

Entonces el *Proceso de Ingeniería* es otra característica inherente a la RE. En términos generales, hacer un robot es un proceso constituido por etapas que se deben realizar en una secuencia lógica y que a su vez, involucran una serie de actividades específicas que se plasman en acciones concretas que un alumno realiza según su rol dentro del equipo.

1.5.2.3. Multidisciplinaridad

Un punto clave en el papel que puede llegar a desempeñar la robótica en la transformación de la práctica educativa, está en su *carácter polivalente y multidisciplinario* (Barranco, 2012; Johnson, 2003; Ruiz-Velasco, 2007), es decir, aprendiendo a diseñar, construir y programar robots se adquieren diferentes conceptos provenientes de distintos campos del saber, como: las matemáticas, las ciencias naturales, la tecnología, entre otras. Es más, Johnson (2003) llega a

³⁷ Los materiales de fabricación (PR) son uno de los elementos que mayor influencia tienen en RE. El material de la PR limita o posibilita cierto diseño, condiciona el uso de ciertas herramientas (robots de tipo EIM) y requiere ciertos procesos de trabajo.

la conclusión que la robótica es diferente precisamente por ser multidisciplinar e involucrar una síntesis de tantas áreas técnicas.

Sobre este particular, Edgar Morin (2001), pensador francés de gran impacto en la actualidad, plantea que nuestros conocimientos, son cada vez más especializados y fragmentados, mientras los problemas a los que debemos enfrentarnos, son cada vez más complejos y globales. Según Morin, el sistema educativo contribuye a este desajuste con sus divisiones en ciencias y humanidades, con sus departamentos cerrados y sus disciplinas aisladas, con sus métodos que, desde la misma primaria, tienden a aislar a los objetos de su entorno. Por consiguiente, la *multidisciplinaridad* de la RE aporta unos espacios, unas nuevas miradas y unos escenarios que hacen posible la innovación didáctica interdisciplinar entre docentes (Barranco, 2012; Bravo y Forero, 2012; Gura y King, 2007).

1.6. Síntesis del Capítulo 1

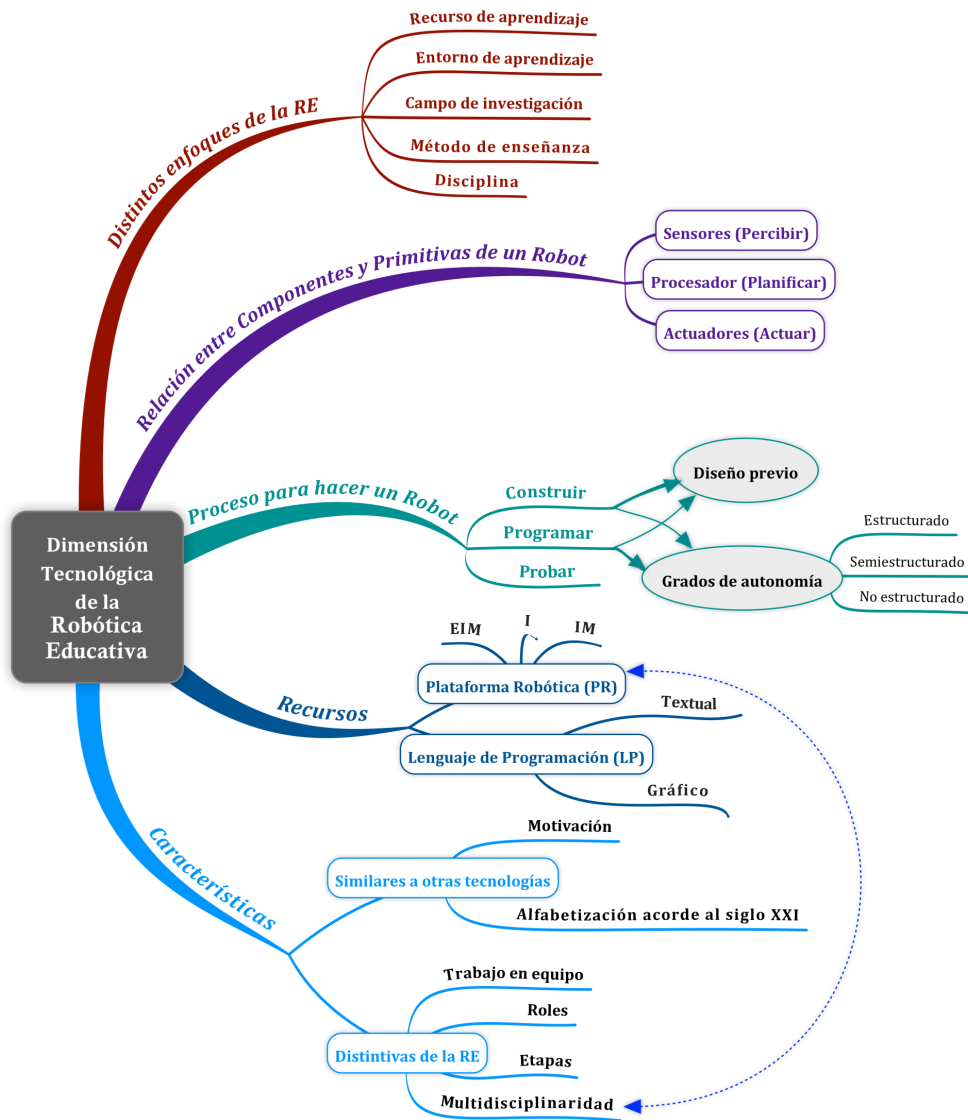


Figura 1.9: Mapa conceptual de la Dimensión Tecnológica de la RE

ROBÓTICA EDUCATIVA PREUNIVERSITARIA: ¿DÓNDE?, ¿POR QUÉ?, ¿CÓMO? Y ¿PARA QUÉ?

Después de haber analizado en el primer capítulo la dimensión tecnológica de la *Robótica Educativa*, éste y el próximo capítulo abarcarán la parte educativa de esta tecnología.

Así pues, la finalidad del presente capítulo es conocer en primer lugar *dónde*, es decir, en qué entornos se están realizando actividades de RE. En segundo lugar, *¿por qué?*, o sea, cuáles son las razones que justifican la introducción de la *robótica* en las actividades educativas. En tercer lugar, *cómo* se puede catalogar a la robótica dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Y finalmente, *¿para qué?*, en este punto indicaremos los usos que diversas fuentes asignan a la RE, vinculándolos a los aprendizajes y a los contenidos promovidos por el sistema educativo.

2.1. Entornos de Aprendizaje basados en RE

Han transcurrido cerca de tres décadas desde los inicios de la *Robótica Educativa*. Desde aquella fecha, los continuos avances tecnológicos han hecho posible el surgimiento de plataformas de RE, descritas en el Apartado 1.4.2, cada vez más didácticas e intuitivas, y de menor coste. Esto ha permitido acercar la robótica mediante una variedad de actividades (Eguchi, 2012; Miller y cols., 2008; Pittí, Curto, Moreno, y Ontiyuelo, 2012): escolares, talleres, campamentos de verano, exposiciones, torneos, entre otras; y ampliar el rango de edades desde infantil hasta más allá de la universidad.

Entendemos por *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR), el marco modelado pedagógicamente para *enseñar* y para *producir aprendizajes* utilizando robots, donde el conjunto de componentes que lo conforman: los espacios, los tiempos, el planteamiento de los objetivos educativos, la programación de los contenidos, las actividades, los recursos, entre otros; proporcionan experiencias y situaciones significativas de aprendizaje.

De esta manera, hoy el uso de la *Robótica Educativa* se realiza en dos principales EAR: el *EA escolar* (aprendizaje formal en el aula) y el *EA extraescolar* (los ambientes informales y no formales). A su vez, en ambos entornos se puede presentar el caso, de que la actividad de RE tenga la finalidad de participar en algún *torneo de robótica*, de allí la importancia de incluir esta subdivisión, siendo uno de los entornos más populares actualmente en RE (Arís y Orcos, 2019; Benitti, 2012; Eguchi, 2012; Gaudiello y Zibetti, 2013; Miller y cols., 2008; Ribeiro y Lopes, 2020; Souza y cols., 2018).

2.1.1. Torneos de RE Preuniversitaria

Los torneos de robótica son importantes en el proceso de aprendizaje de los más jóvenes y se están volviendo cada vez más habituales en los últimos años (Ribeiro y Lopes, 2020). Para estos mismos autores, en muchos casos, lo que impulsa a los nuevos usuarios a inscribirse en la ruta de aprendizaje de la robótica es lo que impulsa a los humanos a superar los desafíos: las competiciones.

Y es que cada año más entidades relacionadas con la RE preuniversitaria anuncian desafíos con ciertas reglas, tanto a nivel local o nacional como internacional. De acuerdo con los objetivos de la tesis, se presentan los torneos

a nivel preuniversitario en donde los países Iberoamericanos y España tienen mayor participación (Anexo A). Aunque la lista no es exhaustiva, nos indica la creciente popularidad de estos EAR. Además, muchos eventos nacionales realizan primeramente una versión regional, aumentando así el número de beneficiarios de estas actividades lúdico-tecnológicas.

Miller y cols. (2008) señalan que hay muchas maneras de distinguir la multitud de actividades agrupadas como concursos de robótica. Su propuesta ayuda a comprender qué contenidos educativos son favorecidos en cada tipo de torneo de RE.

- *La autonomía:* el nivel de autonomía que los robots pueden presentar durante un torneo es muy variable. En algunos torneos son totalmente radio controlados; en varios son máquinas que todavía están bajo el control en tiempo real de sus operadores y estos pueden hacer cambios a los comportamientos programados del robot; en ciertos torneos son robots programados mediante movimientos fijos, aunque existe la posibilidad de que algunos *robots* solamente reproduzcan un conjunto de movimientos fijos sin usar ningún sensor³⁸, en unos que controlen la totalidad de sus acciones mediante la retroalimentación de sus sensores, y aún otros que aprenden sobre la marcha a modificar su programación interna. De esta manera, estos autores indican que a nivel educativo: un torneo donde el robot sea más autónomo, por lo general, involucra más contenido del área de programación, mientras que torneos con poco o ninguna autonomía, enfatizan el diseño mecánico y aspectos físicos de la robótica.
- *Desempeño versus Oponentes:* algunos torneos de robótica se basan en el desempeño absoluto del robot durante todo el evento. En otros se clasifican en base a su triunfo sobre una serie de oponentes específicos. Los torneos basados en el desempeño permiten a los diseñadores de robots implementar estrategias más complejas, ya que el entorno es más predecible que si hubiera un robot oponente que pueda causar estragos en su ejecución. En los torneos con oponentes, los robots deben ser diseñados para hacer frente a las acciones de éstos. Ambos tipos de torneos tienen unas fortalezas y debilidades y cada uno permite la solución detallada de problemas.

³⁸ Recordemos que para considerarlo un robot debe interactuar con su entorno mediante la lectura de los sensores (Apartado 1.3).

- *Reto fijo versus Reto nuevo cada año*: ¿Es más educativo para los alumnos examinar cómo otros han tratado de resolver un problema y luego utilizar esta información para crear su propia solución gradual? ¿O es mejor para los alumnos enfrentar a algo nuevo, sin amplias referencias o antecedentes? La comunidad educativa no tiene una respuesta definitiva, pero diferentes torneos de robótica pueden ser utilizados para apoyar la metodología educativa de su elección. Torneos tales como la Robocup Junior son un ejemplo de torneos con una larga tradición, permaneciendo sin cambios de un año a otro, por consiguiente es un estudio de mejora incremental constante (Eguchi, 2016). Otros torneos como la FLL, utilizan un reto diferente cada año. Una de las motivaciones para hacerlo es para que los equipos que han participado anteriormente obtengan las reglas del reto al mismo tiempo que los nuevos equipos. Al igual que con las otras dimensiones, no existe una clara ventaja de una metodología sobre la otra.

En general, la misión de estos torneos de RE es involucrar a los participantes, mediante el apoyo de mentores, para que aprendan sobre la ciencia, desarrollen habilidades de la ingeniería y la tecnología, se inspiren a innovar y se les fomente la confianza en sí mismos y las habilidades de comunicación.

Algunos torneos han añadido recursos tales como: la documentación, presentaciones, informes, e incluso pruebas para reforzar y ampliar estos fundamentos (Alimisis, 2009; Miller y cols., 2008). La evaluación de su eficacia para cumplir con dichos objetivos educativos es el tema del tercer capítulo.

Ribeiro y Lopes (2020, p. 9) en sus conclusiones manifiestan:

Después de construir una plataforma robótica, la participación en un evento de robótica es muy deseable ya que los estudiantes pueden comparar su trabajo con las soluciones de otros equipos. Y además de aprender materias tecnológicas y de ingeniería, también mejoran algunas habilidades sociales.

Los interesados en participar en torneos de RE pueden consultar la publicación de Ribeiro (2009) donde indica un camino a seguir y también presenta una descripción de algunas competiciones con dificultad creciente tanto en Ribeiro (2009) como en Ribeiro y Lopes (2020).

2.2. Justificación del uso de la RE Preuniversitaria

Las razones para incorporar la robótica en las prácticas educativas se encuentran estrechamente asociadas al de las otras tecnologías (Piedrahita Plata, 2009). Así pues, para Manuel Area Moreira de la Universidad de la Laguna, la introducción de las tecnologías en las aulas «se apoya en tres supuestos básicos: convierten a las escuelas en espacios más eficientes y productivos, conectan la formación con las necesidades de la vida social y preparan a los alumnos para la actividad profesional del futuro» (Sancho Gil, 2006, p. 200).

Sin embargo, para comprender adecuadamente el papel que la robótica puede desempeñar en los distintos EAR, consideramos crucial exponer las razones que incentivan una mayor presencia y uso de esta tecnología en particular. Con este fin, las justificaciones se han dividido en dos grandes grupos: *necesidades sociales y culturales*, y *expectativas educativas*, que analizamos a continuación.

2.2.1. Necesidades sociales y culturales

La robótica es considerada sinónimo de progreso y desarrollo tecnológico. Así, para Ruiz-Velasco «dado el carácter polivalente y multidisciplinario de la robótica pedagógica, ésta puede ayudar al desarrollo e implantación de una nueva cultura tecnológica en todos los países, permitiéndoles el entendimiento, mejoramiento y desarrollo de sus propias tecnologías» (2007, p. 114).

Por otra parte, es innegable la tendencia a una progresiva presencia de la robótica en la vida cotidiana.

Según todos los indicadores internacionales, la nueva sociedad robótica de consumo está por llegar en la próxima década. En un plazo muy breve, se pondrán a la venta robots de servicio a precios asequibles a los ciudadanos, para aplicaciones de asistencia personal a niños, ancianos y discapacitados, educación, entretenimiento, vigilancia, construcción, recolección de frutas y muchas más. Esta nueva sociedad robotizada llevará el cambio a los ciudadanos y necesitará de la creación de nuevas industrias y negocios. (Comité Español de Automática, 2011, p. 9)

Estos aspectos, desarrollo tecnológico, calidad de vida y empresas, donde la robótica va adquiriendo un papel cada vez más relevante, son una de las razones, presentes en la bibliografía sobre este tema, para incluirla dentro de las tecnologías que formen parte de la educación del siglo XXI.

Pero, más allá de la fuerte presencia de la robótica en nuestra sociedad, la reflexión que nos brinda Acuña es muy acertada:

Estos desarrollos y avances mundiales justifican las necesidades creadas por el exterior para que las instituciones educativas quieran incorporar la robótica, pero no son suficientes ni sostenibles en el tiempo, si se valora la rapidez de los cambios tecnológicos actuales. Por lo tanto, una primera razón para proponer un proyecto educativo con robótica debería estar ligada al beneficio que los estudiantes obtendrán de él. (2012, p. 10)

2.2.2. Expectativas educativas

Como indica Acuña (2012) en la cita anterior, es prioritario dilucidar desde una perspectiva pedagógica, las razones más significativas que justifiquen la expectativa de una mayor integración de la *robótica* en los procesos de enseñanza-aprendizaje, principalmente, en el EA escolar.

Seguidamente, explicamos las razones educativas encontradas en la literatura científica sobre RE. La mayoría de estos planteamientos provienen de las características de la RE referidas en el Apartado 1.5, es decir: la motivación que genera, las múltiples alfabetizaciones que se ponen en práctica, su multidisciplinaridad y el trabajo en equipo en la resolución de problemas.

2.2.2.1. Aumentar el interés por la ciencia y la tecnología

Es evidente que la *ciencia* y la *tecnología* (CyT, en adelante) son factores de desarrollo social y personal sumamente importantes, que inciden directa y profundamente en nuestra vida diaria.

Por lo tanto, la educación científica y tecnológica se ha convertido, en opinión de los expertos, en una exigencia urgente y en un imperativo estratégico para los países (*Declaración de Budapest*, 1999; Gil Pérez y cols., 2005; Polino, 2011). Paradójicamente, recientes estudios confirman que cada vez son menos los estudiantes que eligen las carreras científicas y técnicas.

A nivel de Iberoamérica, en los resultados del proyecto “*Percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica*”³⁹ se indica en relación al interés

³⁹ El proyecto “*Percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica*” fue implementado por el Observatorio de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación del Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Este estudio se realizó en las

por las carreras científicas y tecnológicas, que son pocos los jóvenes que optarían por estas profesiones y señalan que:

La falta de atractivo parece explicarse mejor por el peso de factores ligados a la pedagogía y a la educación en ciencias. Uno de los hallazgos más significativos de la encuesta es que entre los principales factores de rechazo a la profesión científica se encuentran la dificultad que los alumnos experimentan en las materias de ciencia, el aburrimiento que dicen que les produce estudiarlas (lo que lleva a la pregunta por la pertinencia y la calidad de la enseñanza), y el hecho de que una profesión científica suponga estudiar indefinidamente. (Polino, 2011, pp. 114-115)

De manera similar, en los resultados del proyecto ROSE⁴⁰ se «revela una cierta incapacidad de la ciencia escolar para promocionar una mejor imagen de la ciencia y generar las vocaciones científicas necesarias en el mundo actual» Vázquez Alonso y Manassero Mas (2009, p. 45).

Para luchar contra la falta de interés y las actitudes negativas de los alumnos hacia la CyT, la Comisión Europea encargó a Michel Rocard (antiguo primer ministro francés y miembro del Parlamento Europeo) coordinar un grupo de expertos que analizara esta creciente problemática. Los resultados se exponen en el *Informe Rocard*, el cual señala una clara conexión entre la actitud mostrada y la forma en que la ciencia se enseña. La solución que plantean es utilizar métodos basados en la *experimentación y en la investigación* (European Commission, High Level Group on Science Education, 2007).

A una conclusión equivalente llega el informe de la UNESCO (Gil Pérez y cols., 2005) que propone un modelo de aprendizaje de las ciencias como *investigación* orientada en torno a *situaciones problemáticas de interés*; y el proyecto ROSE, el cual señala como solución, una especial y vigorosa atención a los aspectos actitudinales, afectivos y emocionales en la educación científica, con el fin de *generar curiosidad* y motivar al alumnado mediante *un currículo de ciencia y tecnología que sea relevante*, a la vez, para los estudiantes y para la sociedad.

ciudades de Buenos Aires, São Paulo, Santiago de Chile, Asunción, Madrid, Lisboa y Bogotá, entre los años 2008 y 2010 y se entrevistaron a casi nueve mil estudiantes iberoamericanos.

⁴⁰ ROSE (The Relevance Of Science Education, La relevancia de la educación científica) es un proyecto comparativo internacional destinado a arrojar luz sobre los factores afectivos importantes para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología. La población objeto de estudio es la de estudiantes que están próximos a terminar la educación secundaria (15-16 años de edad). Participan aproximadamente 40 países. Informes y otros detalles pueden consultarse en <http://roseproject.no>

Todos estos planteamientos confirman que el *profesorado* juega un papel clave en la renovación de la educación científica y tecnológica. En este sentido, el *Informe Rocard* aconseja la pertenencia a una *red de profesores* porque permite mejorar la calidad de la enseñanza y fomenta su motivación. De allí, la importancia de iniciativas como el *Proyecto TERECoP*⁴¹ y la *Red de Robótica Latinoamericana*⁴².

Ahora bien, cómo puede la robótica ayudar a mejorar el *interés por la CyT* de los niños y jóvenes. Para esta finalidad en concreto identificamos dos modalidades potenciales en que la *RE* puede contribuir: *actividades de divulgación* (Entorno Extraescolar) y desde la propia *práctica docente* (Entorno Escolar).

Por un lado, el *carácter multidisciplinar de la robótica y la naturaleza inspiradora de los robots* (Mitchell, Warwick, Browne, Gasson, y Wyatt, 2010; Ruiz del Solar, 2010) se utiliza en universidades a nivel mundial para realizar diversas actividades de divulgación (jornadas de puertas abiertas, exposiciones, concursos) enfocadas en mostrar la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) con una visión gratificante, tanto intelectual como emocionalmente (Miller y cols., 2008), interesando a más estudiantes en estas disciplinas que confluyen en la robótica. Se pueden citar muchas iniciativas universitarias para tal fin y de casi todos los países, como ejemplos presentamos:

- En Estados Unidos, la *Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon*⁴³ cuenta con una amplia oferta de actividades de divulgación, tales como concursos, campamentos de verano, además de cursos presenciales y online.
- En Reino Unido, la *Universidad de Reading* realiza actividades de divulgación que incluyen el uso de robots en conversaciones interactivas en las escuelas, concursos y exposiciones y una revista quincenal (Mitchell y cols., 2010).
- En España, la *Universidad de Alcalá de Henares* organiza desde hace más de 15 años la *Semana de la Robótica*⁴⁴. Sus actividades de divulgación engloban competiciones, conferencias, talleres, seminarios, actividades para alumnos universitarios, no universitarios y público en general

⁴¹ <http://www.terecop.eu>

⁴² <http://redrobotica.org>

⁴³ <http://www.education.rec.ri.cmu.edu>

⁴⁴ <http://asimov.depeca.uah.es/robotica/>

interesados en la robótica (Pastor Mendoza y Revenga De Toro, 2010). Desde el 2013 promueve el proyecto *TuBot*: un taller para centros educativos de secundaria de toda España donde los alumnos participantes construyen y programan un robot imprimible que es donado a su Instituto. Se finaliza con una competición de minisumo donde los participantes ponen a prueba lo que han aprendido. También la Universidad de Navarra en Pamplona realiza diferentes actividades de RE desde el nivel de educación primaria (Pina y Rubio, 2017).

- En América Latina, ya desde el año 2000 el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la *Universidad de Chile*, ha desarrollado actividades de difusión centradas en la robótica, incluyendo cursos basados en LEGO Mindstorms (Ruiz del Solar y Aviles, 2004); dichas actividades han evolucionado y ahora además participan en competiciones internacionales de robótica y usan robots sociales para dar charlas de motivación a los escolares. Todo esto contribuye de manera sinérgica con el objetivo de atraerlos a estas carreras técnicas (Ruiz del Solar, 2010).
- En Colombia, la *Universidad del Valle* en 2004 comenzó un curso de introducción a la robótica para niños y adolescentes llamado *Semillero de Robótica* (Jimenez Jojoa, Bravo, y Bacca Cortes, 2010).
- En Argentina, la *Universidad de Buenos Aires* ha creado sus propios entornos de programación, para facilitar su uso en estudiantes sin experiencia que participan en sus distintas actividades de divulgación (Cristóforis y cols., 2013).

Debemos señalar que este tipo de actividades también pueden ser realizadas por otras entidades: museos (Caro y cols., 2006; Pina y Rubio, 2017), fundaciones (Navarrete, Nettle, Oliva, y Solis, 2016; Pittí, Curto, García Carrasco, y Moreno, 2010; Pittí, Curto, García Carrasco, Moreno, y Ontiyuelo, 2011; Pittí y cols., 2012), empresas privadas (Salamon, Kupersmith, y Housten, 2008), etc.

Por otro lado, a nivel del aula, la *Robótica Educativa* busca despertar el interés de los estudiantes transformando las asignaturas STEM en más atractivas e integradoras, al crear entornos de aprendizaje propicios que recreen los problemas del ambiente que los rodea (Acuña, 2012; Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Karim y cols., 2015; Zhong y Xia, 2020).

En la tesis doctoral de Plaza (2019) se analiza el impacto de la RE como potenciadora de STEM y describe una serie de ejemplos de iniciativas,

aplicaciones, herramientas y laboratorios remotos. Este investigador señala que «Las herramientas educativas robóticas son oportunidades prometedoras para ser usadas en la educación STEM, pero una herramienta educativa STEM más compensada es todavía necesaria para ser incluida en las Instituciones de Educación Formal» Plaza (2019, p. 50). Para él la herramienta STEM adecuada debería reducir los esfuerzos económicos, de formación y de comprensión.

De esta manera, la RE podría hacer frente a la crisis actual en la educación científica y tecnológica y que se debe, principalmente, a los métodos actuales de enseñanza que hacen a estas asignaturas difíciles y poco interesantes (European Commission, High Level Group on Science Education, 2007; Polino, 2011; Vázquez Alonso y Manassero Mas, 2009); sembrando en el estudiante una actitud negativa hacia la CyT, alejándolo de dichas carreras y profesiones (Moreno y cols., 2012). Ejemplos de estas iniciativas serán estudiados en profundidad en los siguientes apartados y capítulos.

En general, estos proyectos y autores coinciden en que la robótica es una herramienta muy atractiva y efectiva para estimular el interés por la *ciencia* y la *tecnología* en los niños y jóvenes, e igualmente para atraerlos hacia las *disciplinas STEM*.

2.2.2.2. Habilidades y alfabetizaciones para el siglo XXI

Es innegable que la sociedad está solicitando una reforma del sistema escolar actual que logre atender las necesidades educativas del siglo XXI, o sea, el desarrollo de las alfabetizaciones y habilidades que preparen exitosamente a los alumnos para la vida, para aprender a aprender y para el entorno laboral, en un mundo globalizado y tecnológico. Según Eguchi (2016) las habilidades del siglo XXI han sido el foco de la reforma educativa en varios países, incluidos EE.UU., Australia, Finlandia y Singapur.

A causa de ello, diferentes entidades se enfocan en que los estudiantes aprendan las denominadas “*habilidades del siglo XXI*”, surgiendo entonces distintos marcos de referencia para este mismo fin. Por razones de espacio, presentamos en la Tabla 2.1 las propuestas más relacionadas con este trabajo (Instituto de Tecnologías Educativas, 2010; Metiri Group & NCREL, 2003; Partnership for 21st Century Skills, 2006).

Tabla 2.1: Marcos de Referencia para las Habilidades del Siglo XXI

AUTORÍA	HABILIDADES Y ALFABETIZACIONES PARA EL SIGLO XXI
<p>enGauge Metiri/NCREL (2003)</p>	<p>Mentalidad creativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptabilidad y gestión de la complejidad • Auto-dirección • Curiosidad, creatividad y toma de riesgos • Pensamiento de orden superior y razonamiento lógico <p>Alta productividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Priorizar, planificar y gestionar los resultados • Uso eficaz de las herramientas del mundo real • Capacidad para producir productos de alta calidad <p>Comunicación eficaz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo, colaboración y habilidades interpersonales • Responsabilidad personal, social y cívica • Comunicación interactiva <p>Alfabetización en la Era digital:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alfabetización básica, científica, económica y tecnológica • Alfabetización visual y de información • Alfabetización multicultural y conciencia global
<p>Partnership for 21st Century Skills (2006)</p>	<p>Las “4C”: Colaboración, Creatividad, Comunicación y Crítica (pensamiento crítico).</p>
<p>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2009)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades funcionales TIC, que incluyen habilidades relevantes para un buen uso de las diferentes aplicaciones. • Habilidades TIC para aprender, que incluyen habilidades que combinan las actividades cognitivas y de orden superior con habilidades funcionales para el uso y manejo de estas aplicaciones. • Habilidades propias del siglo XXI, necesarias para la sociedad del conocimiento donde el uso de las TIC no es una condición necesaria.

Con el fin de comprender toda su extensión, instamos al lector a navegar en la web <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/sigloXXI> en donde encontrarán un excelente compendio de los seis principales marcos de referencia sobre las habilidades para el siglo XXI, y que ha sido creado por *Buck Institute for Education* y traducido por *EDUTEKA*⁴⁵.

⁴⁵ EDUTEKA <http://eduteka.icesi.edu.co/> es un Portal Educativo gratuito de la Universidad Icesi de Colombia, desde 2001. Está dedicado a mejorar la calidad de la educación básica y media mediante el uso intencionado, enfocado y efectivo de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) en los procesos de aprendizaje.

Desde otra perspectiva, Howard Gardner (2005), autor de la teoría de las inteligencias múltiples, describe cuáles serán las cinco mentes del futuro, es decir, las cinco capacidades que deberíamos desarrollar para enfrentar el siglo XXI, a saber: la mente disciplinada, la mente sintetizadora, la mente creadora, la mente respetuosa y la mente ética. Las tres primeras están relacionadas con aspectos cognitivos y las dos últimas mentes tienen que ver con nuestras actitudes y valores, y con cómo nos relacionamos con los demás, esto es, con la formación del carácter y la clase de ser humano que cada uno es. En sus propias palabras:

en un mundo caracterizado por la hegemonía de la ciencia y la tecnología, la transmisión global de enormes cantidades de información, la realización de tareas rutinarias por ordenadores y robots y los contactos de todo tipo y cada vez mayores entre poblaciones diversas. Quienes logren cultivar esta pentarquía de mentes tienen más probabilidades de prosperar y salir adelante. (Gardner, 2005, p. 226)

Después de conocer estos marcos de referencia sobre las habilidades necesarias para el siglo XXI, cabría preguntarse, en qué difieren estas habilidades de las utilizadas durante el siglo XX.

Sobre este particular, es pertinente el análisis de Dede (2010) que diferencia entre “*habilidades perennes*” y “*habilidades contextuales*”. Da como ejemplo la *colaboración*, señalando que ésta es una capacidad *perenne*, siempre valorada como un rasgo en los lugares de trabajo a través de los siglos. Por lo tanto, el valor fundamental de este conjunto de habilidades interpersonales no es aplicable solamente al contexto económico del siglo XXI.

Sin embargo, el *grado de importancia* de la capacidad de colaboración está creciendo en una época donde el trabajo en las economías basadas en el conocimiento, se lleva a cabo cada vez más por *equipos de personas* con experiencia y funciones complementarias, a diferencia de personas haciendo el trabajo aisladamente en un entorno industrial.

En cambio, la capacidad de filtrar rápidamente grandes cantidades de datos de entrada y extraer la información valiosa para la toma de decisiones, es una capacidad *contextual*. Para este autor, lo importante de esta distinción radica en que a diferencia de las *habilidades perennes*, las nuevas *habilidades contextuales* normalmente no forman parte del plan de estudios legado de los sistemas educativos del siglo XX.

De igual manera, pero con otra terminología Rotherham y Willingham (2009), distinguen entre “*nuevas habilidades*” y “*habilidades que se deben enseñar*”

de manera más intencional y efectiva". Así, el *pensamiento crítico* y la *resolución de problemas* han sido componentes del progreso humano a lo largo de la historia. Lo que es realmente nuevo es que *el éxito individual y colectivo depende de tener tales habilidades*, producto de los cambios económicos a nivel mundial.

Una de las nuevas *habilidades* (Barr, Harrison, y Conery, 2011) o *alfabetización* (Wing, 2010; Yadav y cols., 2016; Zapata-Ros y Pérez-Paredes, 2018) del nuevo siglo, donde la RE puede realizar un significativo aporte desde edades tempranas (Bers, 2010), se denomina *pensamiento computacional* (PC). De modo que, la programación no es un conjunto de conocimientos, es una *habilidad*, y la forma más efectiva de aprenderla es *aprender haciendo* (Jenkins, 2002).

Fue la doctora Jeannette M. Wing, profesora del Depto. de Computación de la Universidad Carnegie Mellon, quien en el 2006 argumentó que el *pensamiento computacional* es una habilidad fundamental para todo el mundo, como lo es la lectura, la escritura y la aritmética, y por lo tanto, debe formar parte del sistema educativo (Wing, 2006). Esta misma autora nos brinda la siguiente definición: «El pensamiento computacional implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la ciencia de la computación»⁴⁶ (Wing, 2006, p. 33).

El PC y la educación robótica tiene una relación simbiótica natural y puede ayudar a ofrecer oportunidades educativas interesantes para la educación (Umam y cols., 2019). También hay un auge de estudios sobre el uso de robots para la enseñanza de las habilidades del PC (Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Souza y cols., 2018; Umam y cols., 2019).

Según Bers (2010) y Ioannou y Makridou (2018) dicho término es una aportación del trabajo pionero de Papert y sus colegas sobre entornos de programación constructivistas y basados en el diseño. Además, señala que el PC es cierto tipo de pensamiento analítico que tiene mucho en común con el pensamiento matemático (por ejemplo: la resolución de problemas), el pensamiento de la ingeniería (procesos de diseñar y evaluar) y el pensamiento científico (el análisis sistemático), siendo su cimiento la abstracción.

Por otra parte, con el objetivo de describir con precisión las características esenciales del PC y ofrecer un marco de trabajo común con el que los

⁴⁶ Frase original en inglés: «Computational thinking involves solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer science.»

profesionales de la educación puedan trabajar, la *Sociedad Internacional para la Tecnología en Educación* (ISTE) y la *Asociación de Docentes en Ciencias de la Computación* (CSTA) han colaborado con líderes del mundo de la investigación y la educación superior, la industria y la educación primaria y secundaria para desarrollar la siguiente definición operativa (CSTA & ISTE, 2011, p. 13): el PC es un *proceso de solución de problemas* que incluye (pero no se limita a) las siguientes características:

- Formular problemas de forma que se permita el uso de un ordenador y otras herramientas para ayudar a resolverlos.
- Organizar datos de manera lógica y analizarlos.
- Representar la información mediante abstracciones, como modelos y simulaciones.
- Automatizar soluciones mediante el pensamiento algorítmico (una serie de pasos ordenados para llegar a la solución).
- Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objeto de encontrar la combinación de pasos y recursos más eficiente y efectiva.
- Generalizar y transferir ese proceso de resolución de problemas a una gran diversidad de familias de problemas.

Además, indican que estas habilidades se apoyan y acrecientan mediante una serie de disposiciones o actitudes que son dimensiones esenciales del PC, como:

- Confianza en el manejo de la complejidad.
- Persistencia al trabajar con problemas difíciles.
- Tolerancia a la ambigüedad.
- Habilidad para lidiar con problemas no estructurados.
- Habilidad para comunicarse y trabajar con otros para alcanzar una meta o solución común.

En 2016, la ISTE incluyó el PC como uno de los siete estándares para estudiantes. Es lógico pensar como Rotherham y Willingham (2009), quienes plantean que hoy en día no nos podemos permitir un sistema escolar en el que recibir una educación de alta calidad sea similar a un “*juego de bingo*”. Si

queremos tener una sociedad más equitativa y un sistema eficaz de educación pública, las habilidades que han sido privilegio de pocos deben *ser universales*.

Todos estos planteamientos nos permiten comprender el papel que la *Robótica Educativa* desempeña en pro de desarrollar las habilidades y las alfabetizaciones (Cejka y cols., 2006; Eguchi, 2016; Gura, 2011; Nourbakhsh y cols., 2006), tanto perennes como nuevas, para el siglo XXI.

En efecto, como señalan diversas investigaciones y autores (Acuña, 2006; Alimisis, 2013; Barker y cols., 2012; Goh y Aris, 2007; Gura y King, 2007; Lathifah y cols., 2019; Ruiz-Velasco, 2007; Toh, Causo, Tzuo, Chen, Yeo, y cols., 2016), en ocasiones el propósito de la RE no es necesariamente enseñar a los alumnos a convertirse en expertos en robótica o en PC (*habilidades nuevas*), sino, más bien es favorecer el desarrollo de *habilidades perennes*, tales como: la autonomía, la iniciativa, la responsabilidad, la creatividad, el trabajo en equipo, la autoestima, el interés por la investigación, entre otras; y que son esenciales, según lo expuesto, para participar con éxito en nuestra sociedad actual. Los resultados de este tipo de uso de la RE se analizará en el cuarto capítulo.

2.2.2.3. Entornos de Aprendizaje enriquecidos

A medida que nuestra sociedad se vuelve más dependiente de la tecnología, cada vez es más importante asegurarnos que los alumnos se sientan cómodos con dicha tecnología cuando se gradúen de la escuela secundaria (Rogers y Portsmore, 2004). Por consiguiente, la tecnología, bien utilizada, tiene el potencial de *enriquecer* los actuales *entornos de aprendizaje* (Piedrahita Plata, 2009), favoreciendo el desarrollo de las *habilidades del siglo XXI* y de *aprendizajes más contextualizados*.

Cuando un EA es enriquecido mediante la robótica, lo denominaremos *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR). Así, cuando usamos *la robótica como recurso de aprendizaje* generamos un EAR.

Recordemos que un EAR implica, principalmente, el uso de dos tecnologías: el lenguaje de programación y la plataforma robótica. Según Ruiz-Velasco, se genera un EA doblemente activo. Por una parte, «en el sentido de demandar al estudiante ser activo desde el punto de vista intelectual; y por otra parte, solicita que el estudiante sea activo, pero desde el punto de vista motriz (sensorial)» (2007, p. 115). Por lo tanto, el tipo de recurso tecnológico condiciona el tipo de operación mental que el alumno puede practicar al utilizar dicha tecnología.

Por su parte Bravo y Forero (2012) expresan que el principal objetivo de un EAR es:

convertir el aula de clases en un laboratorio de exploración y experimentación en donde los estudiantes se pregunten constantemente el cómo y el por qué de las cosas en su entorno; en particular, se quiere que las nuevas generaciones se cuestionen respecto a los diferentes elementos que podemos encontrar en el entorno tecnológico actual, pero, sin una excusa como la robótica, estos elementos suelen pasar desapercibidos. (p. 122)

Es evidente que la RE logra un uso activo del ordenador (no centrado en la transferencia de información), es decir, hace posible conectar el ordenador con objetos físicos, permitiendo a los alumnos aprender a programar para detectar el mundo que les rodea y realizar acciones en respuesta (Resnick y cols., 1996).

Para Ruiz-Velasco (2007) la posibilidad de generar un EAR se ha constituido en una poderosa herramienta desde el punto de vista cognitivo, pues facilita las condiciones de apropiación del conocimiento. O sea:

- Permite la observación, exploración y reproducción de fenómenos precisos y reales.
- Favorece la interactividad alumno-ordenador-robot-profesor.
- Pone en relación las instrucciones de programación y su consecuente reacción o resultado.
- El alumno es confrontado inmediatamente con su error, si es que este existe.
- Se vuelven mucho más ricas y motivantes todas y cada una de las acciones y reacciones de los protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Se pueden ejecutar una infinidad de veces los procesos o los fenómenos en estudio, hasta que el alumno esté satisfecho de los resultados de las hipótesis generadas por él mismo.

Ciertamente, los *entornos de aprendizaje enriquecidos* mediante el uso de la *robótica*, como bien señalan Dupont y cols. (2010) son un reflejo de la evolución de nuestra sociedad a la medida del aula.

En definitiva, el resultado combinado de todas estas razones configura y justificaría *un contexto favorable* (y hasta muy necesario), para la utilización de *la robótica en la educación*.

2.3. La Tecnología como Recurso Educativo

En el primer capítulo hemos descrito la *Robótica Educativa* desde su dimensión tecnológica. Ahora bien, cuando ésta o cualquier otra tecnología se pretende usar *como recurso en los procesos de enseñanza-aprendizaje*, conviene hacer la siguiente distinción conceptual presentada por Marquès Graells (2011):

- *Medio didáctico*: es cualquier material elaborado con la intención de facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo: los kits LEGO Mindstorms (versión educativa), Bee-Bot, mOway...
- *Recurso educativo*: es cualquier material que, aunque no se ha diseñado para fines educativos propiamente, es utilizado con una finalidad didáctica o para facilitar el desarrollo de las actividades formativas. Este sería el caso de los kits LEGO Mindstorms en su versión comercial y de la mayoría de los lenguajes de programación.

Así, los *recursos educativos* (término que utilizaremos en este trabajo) para hacer RE, pueden ser o no medios didácticos. A su vez, reconocemos, como otros autores, que los recursos no tienen sentido en sí mismos sino por el papel que se les atribuye dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, en relación con los objetivos, contenidos, actividades, etcétera (Acuña, 2012; Alimisis, 2013; García-Valcárcel, 2003; Ruiz-Velasco, 2007). Por consiguiente, ¿qué usos educativos pueden ofrecer estos recursos tecnológicos, como la robótica?

2.3.1. La Robótica como Recurso Educativo

Al señalar los usos de las tecnologías en educación, frecuentemente se hace mención a categorías de materiales tales como: materiales convencionales, materiales audiovisuales y materiales digitales. Esta clasificación según Azinian (2009, p. 55) «corresponde a una visión tradicional del proceso didáctico, en el cual el docente presenta información, guía a los alumnos a través de algunas actividades que les permitan memorizar datos y a ejercitarse en su uso para, finalmente, evaluarlos».

En cambio, esta misma autora nos plantea, enfocar las tecnologías al servicio del desarrollo de las capacidades fundamentales de los alumnos, siendo aquellas relacionadas con:

- la construcción de conocimiento y comprensión a través de la indagación;
- las diversas alfabetizaciones;
- la comunicación para interactuar con otros y expresarse;
- la autonomía y la apertura.

En concordancia con Azinian (2009) pero desde una perspectiva dicotómica, Papert (1999b) resume en dos los aspectos de la tecnología, los mismos que él asocia al ámbito educativo y que son: *la tecnología como un medio de información y la tecnología como medio de construcción*. De hecho, los dos aspectos son de igual importancia, pero el *lado constructivo* de la educación (hacia dónde debería evolucionar) ocupa un lánguido segundo lugar frente al dominante *lado informativo* (énfasis actual).

De manera similar Freinet citado por (García-Valcárcel, 2003, p. 92) «distinguía entre medios que exigen recepción y medios que permiten y exigen trabajar sobre ellos, manipularlos, participar en la elaboración de los mensajes que después representan».

De entre las múltiples propuestas para clasificar los usos educativos de los recursos tecnológicos actuales, optamos por un enfoque centrado en el alumno y no en la tecnología, presentado por Bruce y Levin (1997). Este enfoque hace hincapié en cuatro categorías identificadas mucho antes de la era electrónica por *John Dewey* en 1943, y que estos autores consideran «el más grande recurso educativo: los impulsos naturales de los niños a investigar y descubrir cosas; a usar el lenguaje y por lo tanto entrar al mundo social; a construir o hacer cosas; y a expresar las ideas y sentimientos propios» (Bruce y Levin, 1997, p. 83).

Así, dicha taxonomía está basada en los “*impulsos*” para aprender y crecer de los alumnos: *investigación, comunicación, construcción y expresión*; y no en un modelo de instrucción formal, ni sobre las características de hardware y software. De modo que, esta propuesta ayuda a determinar las tecnologías más adecuadas para el aprendizaje teniendo en cuenta los objetivos educativos.

Dentro de esta taxonomía, estos autores incluyen a la robótica como un recurso de aprendizaje a través de la *construcción*. A su vez, lo vinculan con el actual enfoque constructivista que pone su énfasis en la construcción del conocimiento y principalmente con el enfoque *construccionista* que se centra explícitamente en la construcción de artefactos externos, tan importantes para el aprendizaje (ambos enfoques serán analizados en el siguiente capítulo). Incluso

lo asocian con el aprendizaje basado en problemas y el enfoque del *aprendizaje basado en proyectos* que se estudiarán en el próximo capítulo. Para ellos, la *construcción* (individual o colectiva) desempeña un papel importante en el aprendizaje (Bruce y Levin, 2003).

Por otra parte, los *lenguajes de programación* son estudiados como *herramientas cognitivas* (Jonassen y Reeves, 1996; Salomon, Perkins, y Globerson, 1991), definidas como «tecnologías, tangibles o intangibles, que potencian la fuerza de los seres humanos durante el proceso de pensamiento, la resolución de problemas y el aprendizaje»⁴⁷ (Jonassen y Reeves, 1996, p. 693). Con base en el análisis de investigaciones, estos mismos autores resumen los principios de estas *herramientas cognitivas*, algunos son:

- Las herramientas cognitivas tendrán su mayor eficacia cuando se aplican dentro de los entornos de aprendizaje constructivistas.
- Las herramientas cognitivas empoderan⁴⁸ a los alumnos a diseñar sus propias representaciones del conocimiento, en lugar de absorber las representaciones del conocimiento preconcebidas por otros.
- Las herramientas cognitivas pueden ser usadas para apoyar el pensamiento reflexivo profundo que es necesario para el aprendizaje significativo.
- Las herramientas cognitivas posibilitan el aprendizaje estimulante, la atención, en lugar del aprendizaje sin esfuerzo.

De esta revisión sobre los usos de la tecnología en educación, podemos señalar que la *Robótica Educativa* se puede catalogar simultáneamente como un *recurso de aprendizaje a través de la construcción* y como una *herramienta cognitiva*.

Entonces, ¿cómo se usa la robótica en la educación? ¿qué tipo de aprendizaje puede ser promovido en un entorno basado en la construcción y programación de robots? y ¿qué conceptos pueden entenderse en este contexto?

2.4. Aprendizajes que promueve la RE

Las distintas experiencias de aprendizaje que la robótica puede proporcionar desde varios enfoques se presentan en la Tabla 2.2.

⁴⁷ Frase original en inglés: «Cognitive tools refer to technologies, tangible or intangible, that enhance the cognitive powers of human beings during thinking, problem solving, and learning».

⁴⁸ El empoderamiento (empowerment) es un anglicismo que va más allá de la noción de capacitación y que se configura como el objetivo principal del aprendizaje a lo largo de la vida.

Tabla 2.2: *Clasificaciones de los usos de la Robótica en la Educación*

AUTORÍA	USOS DE LA ROBÓTICA EN LA EDUCACIÓN
Malec (2001)	Según la motivación para su uso: <ul style="list-style-type: none"> • <i>La robótica en la educación.</i> • <i>La robótica para la educación.</i>
Tejada y cols. (2006)	Según la interacción del <i>robot</i> con los alumnos y el docente: <ul style="list-style-type: none"> • <i>El robot como instructor.</i> • <i>El robot como objeto de aprendizaje.</i> • <i>El robot como asistente del instructor.</i>
Miller, Nourbakhsh, y Siegwart (2008)	Según los roles que los <i>robots</i> pueden desempeñar en el entorno educativo: <ul style="list-style-type: none"> • <i>El robot como un proyecto de programación.</i> • <i>El robot como centro de aprendizaje.</i> • <i>El robot como colaborador en el aprendizaje.</i>
Proyecto TERECOP Alimisis (2009)	Según el papel que desempeña la <i>robótica</i> en el proceso de aprendizaje: <ul style="list-style-type: none"> • <i>La robótica como objeto de aprendizaje.</i> • <i>La robótica como apoyo (herramienta) al aprendizaje.</i>

De estas cuatro propuestas, la más acorde con la finalidad del presente estudio, aunque la mayoría de los autores también mencionan estos usos de la RE en su clasificación, corresponde a la del *Proyecto TERECOP* por su vinculación con los procesos de aprendizaje:

- *La robótica como objeto de aprendizaje:* se involucra a los alumnos en la solución de problemas auténticos centrados en temas relacionados con la robótica, como la construcción de robots, programación e inteligencia artificial y en asignaturas afines, como: la informática, la tecnología, la física, la matemática, entre otras.
- *La robótica como apoyo al aprendizaje:* la robótica es propuesta como una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de otras materias en diferentes niveles escolares. Por lo general, este uso de la robótica se ve como un enfoque interdisciplinario.

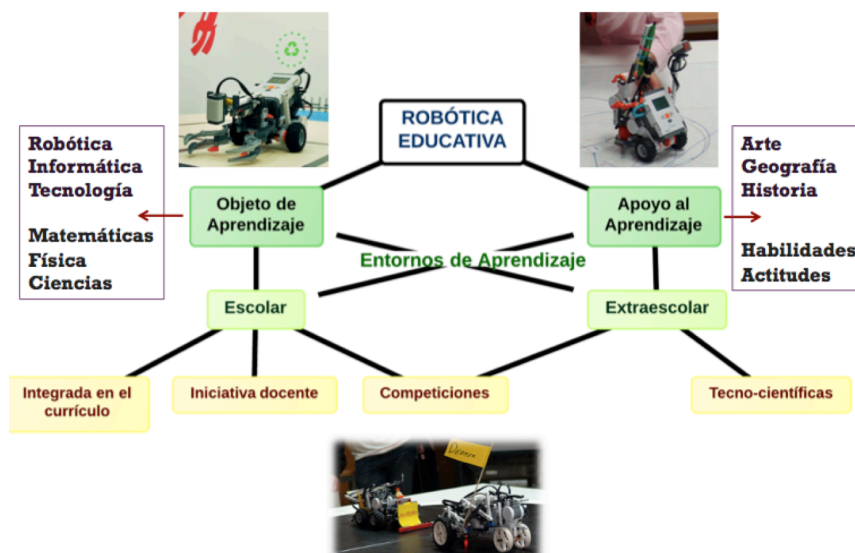


Figura 2.1: Usos posibles de la Robótica Educativa

Ahora bien, realizar una clasificación que abarque y separe los tipos de aprendizajes adecuadamente, no siempre es tarea fácil y mucho menos exacta (Alimisis, 2009). Porque aún en las actividades donde el objetivo sea solamente aprender conceptos de robótica, los alumnos pueden desarrollar habilidades de trabajo en equipo, colaboración, entre otras; y por el contrario, si el objetivo es apoyar el aprendizaje de habilidades de investigación, durante el proceso de construcción y programación los alumnos pueden aprender conceptos de ingeniería, matemáticas, etc.

Por tal motivo, a continuación, asociamos los usos que la robótica puede desempeñar en el proceso de enseñanza-aprendizaje: como *objeto* o como *apoyo* (herramienta), con los *tipos de contenidos de aprendizaje*. Y así facilitar la comprensión de las múltiples actividades que se están desarrollando, utilizando este recurso tecnológico, con los aprendizajes que se pueden adquirir.

En primer lugar, explicaremos a qué contenidos nos referimos y luego su aplicación en las actividades de RE.

Para Coll, Pozo, Sarabia, y Valls los contenidos «designan el conjunto de saberes y formas culturales cuya asimilación y apropiación por los alumnos y alumnas se considera esencial para su desarrollo y socialización» (1992, p. 13). Por lo tanto, los contenidos indican y precisan lo que la educación escolar

promueve que aprenda el alumnado. Mientras que Zabala (2003) los define como el «conjunto de aprendizajes que dan respuesta a la pregunta “¿qué debe enseñarse?”» (p. 5).

La clasificación más utilizada establece tres grandes grupos: contenidos *conceptuales*, contenidos *procedimentales* y contenidos *actitudinales* (Zabala, 2003). Así, esta distinción de los contenidos es «una herramienta metodológica necesaria para entender la diversidad de los aprendizajes» (Coll y cols., 1992, p. 24). No obstante, ello no implica que se tengan que diseñar actividades de aprendizaje por separado para cada tipo de contenido, sino más bien, de forma interrelacionada (salvo en casos excepcionales, cuando sea necesario reforzar determinados aprendizajes).

Una distinción clara, en relación con el aprendizaje que promueve cada tipo de contenido, es la siguiente:

Esta clasificación, aparentemente sencilla es, sin embargo, de una gran potencialidad pedagógica, ya que diferencia claramente los contenidos de aprendizaje según el uso que de ellos debe hacerse. Así, habrá contenidos que hay que «saber» (conceptuales), contenidos que hay que «saber hacer» (procedimentales) y contenidos que comportan «ser» (actitudinales). (Zabala, 2003, pp. 5-6)

Desde la perspectiva de los tipos de contenidos, presentamos los usos asociados a la RE en el proceso de enseñanza-aprendizaje:

- *Conceptuales (saber qué)*: por un lado, en la asimilación de conceptos muy relacionados con las materias más afines a la robótica (tecnología, informática, matemáticas, física) (Anwar y cols., 2019; Barker y Ansorge, 2007; Demo, Moro, Pina, y Arlegui, 2012; Ferrada y cols., 2020; Gaudiello y Zibetti, 2013; Karim y cols., 2015; Lindh y Holgersson, 2007; Mitnik, Nussbaum, y Soto, 2008; Nurbekova y cols., 2018; Petre y Price, 2004; Ribeiro y Lopes, 2020; Zhong y Xia, 2020). Desde este enfoque la robótica se convierte en *objeto de aprendizaje* y es, en la actualidad, su principal uso en el EA escolar (Alimisis, 2013). Por otro lado, se emplea la robótica como apoyo para el aprendizaje de conceptos/temas no directamente vinculables, por ejemplo: reciclaje (Pittí y cols., 2012), arte (Yanco, Kim, Martin, y Silka, 2007), etc.
- *Procedimentales (saber cómo)*: en las actividades de RE también es habitual buscar potenciar habilidades cognitivas, sociales y metacognitivas, entre ellas: resolución de problemas, pensamiento computacional, habilidades

de investigación y el pensamiento creativo e innovador (Barak y Zadok, 2009; Benitti, 2012; Bravo y Forero, 2012; Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Ioannou y Makridou, 2018; Owens, Granader, Humphrey, y Baron-Cohen, 2008; Sullivan, 2008; Toh, Causo, Tzuo, Chen, y Yeo, 2016; Zhong y Xia, 2020).

- *Actitudinales (saber por qué)*: muy frecuentemente el uso de la RE persigue generar cambios de actitud hacia la ciencia y la tecnología (Moreno y cols., 2012). Incluso, se persigue favorecer cambios en las actitudes personales (autoestima, esfuerzo, autoeficacia, responsabilidad) o de trabajo en equipo (Anwar y cols., 2019; Gaudiello y Zibetti, 2013; Hamner, Lauwers, Bernstein, Nourbakhsh, y DiSalvo, 2008; Karim y cols., 2015; Pitti y cols., 2012; Zhong y Xia, 2020).

A su vez, se argumenta en la literatura (Acuña, 2006; Alimisis, 2013; Eguchi, 2012, 2016; Gura y King, 2007), que la RE es una herramienta que apoya la creatividad y las habilidades de aprendizaje del siglo XXI, tan reclamadas a nivel internacional como hemos explicado anteriormente (Instituto de Tecnologías Educativas, 2010; Metiri Group & NCREL, 2003; Partnership for 21st Century Skills, 2006).

En definitiva, según lo expuesto hasta el momento, disponemos de un recurso tecnológico muy versátil, que podemos adaptar a diferentes *objetivos y contenidos de aprendizaje*. Lo interesante y enriquecedor es que mientras se enseñan ciertos conceptos, indirectamente los EAR invitan a los alumnos a efectuar cambios actitudinales y a practicar otras habilidades incluyendo las “4C”, es decir, las 4 habilidades del siglo XXI: *creatividad, colaboración, criticidad y comunicación*.

En el siguiente capítulo, profundizamos en los métodos de enseñanza y en los instrumentos de evaluación que se utilizan en los EAR, para favorecer el aprendizaje de estos tipos de contenidos.

2.5. Síntesis del Capítulo 2

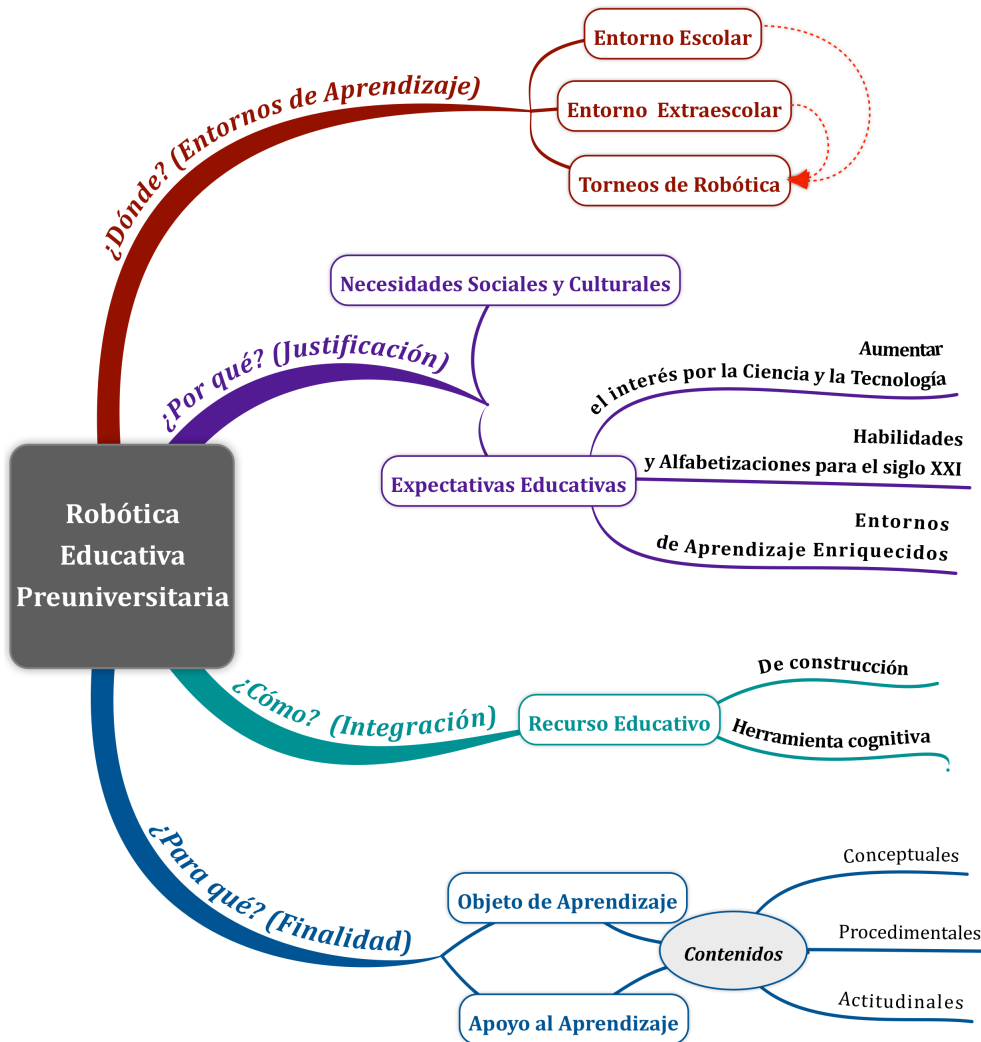


Figura 2.2: Mapa conceptual: Robótica Educativa Preuniversitaria ¿dónde?, ¿por qué?, ¿cómo? y ¿para qué?

PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA PREUNIVERSITARIA

En el segundo capítulo hemos abordado dónde, por qué, cómo y para qué se usa la *robótica como herramienta de aprendizaje*. El presente capítulo completa esa dimensión educativa de la RE y recoge los referentes teóricos que aportan los soportes conceptuales para el diseño de *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* (EAR). Así, expondremos el *constructivismo* de Piaget, la teoría *sociocultural* de Vygotsky, el *construccionismo* de Papert y el *aprendizaje significativo* de Ausubel como los principales enfoques para entender cómo los seres humanos construimos el conocimiento al utilizar la RE.

Seguidamente, exponemos los métodos de enseñanza más utilizados (según la literatura revisada) al realizar estas *actividades de Robótica Educativa*, profundizando en el *aprendizaje basado en proyectos*. Se finaliza, con uno de los elementos clave en toda actividad de enseñanza-aprendizaje, el *proceso de evaluación*. En una primera parte se precisa la terminología correspondiente a los tipos, instrumentos y finalidades de la evaluación, para posteriormente conocer cómo se usan dichos instrumentos para evaluar los resultados de aprendizaje en los EAR.

3.1. Referentes teóricos-pedagógicos de la RE

Los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* se diseñan generalmente con una subyacente teoría del aprendizaje, que cuenta con ciertas suposiciones sobre el ser humano y el proceso de aprendizaje.

En primer lugar, describimos los principales referentes teóricos-pedagógicos citados en la literatura científica sobre *Robótica Educativa*, estos son: el *constructivismo* de Piaget, la teoría *sociocultural* de Vygotsky, el *construccionismo* de Papert y el *aprendizaje significativo* de Ausubel.

En segundo lugar, citaremos otros trabajos que contribuyen a comprender significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje en los EAR.

3.1.1. Principales teorías asociadas a la RE

La educación continua avanzando en su comprensión de cómo el ser humano aprende y construye el conocimiento. A continuación, las teorías que actualmente nos permiten vislumbrar dicho proceso en los EAR.

3.1.1.1. El Constructivismo de Piaget

Jean Piaget fue un epistemólogo, psicólogo y biólogo suizo. Para este autor el desarrollo del pensamiento humano se produce a través de la construcción del conocimiento mediante los procesos de *asimilación* y de *acomodación*. Arlegui y Pina (2010) definen estos procesos:

- La *asimilación* es el proceso por el que el sujeto interpreta la información que proviene del entorno, en función de sus esquemas o estructuras conceptuales disponibles.
- La *acomodación* es el proceso de modificación de los esquemas o estructuras conceptuales por el sujeto, al tratar de asimilar nuevas características del entorno.

Los procesos de *asimilación* y *acomodación* son indispensables para explicar la construcción de los esquemas cognitivos⁴⁹ y de los estados que se encuentran en cada fase del desarrollo humano (Ruiz-Velasco, 2007).

⁴⁹ Grupo estructurado de acciones, conceptos, que permiten a la persona repetir, usar y aplicar esas acciones en una nueva situación. Estos esquemas no son iguales en cada persona aún cuando hagan referencia a una situación común.

El principio fundamental del *constructivismo* de Piaget es que la persona interpreta los acontecimientos, los objetos y las perspectivas desde sus propias experiencias, estructuras mentales y creencias. Las personas construyen su propia comprensión y conocimiento del mundo, a través de experimentar cosas y reflexionar sobre esas experiencias. Por ejemplo, cuando nos encontramos con algo nuevo, tenemos que conciliar o transigir nuestras ideas y experiencias previas, tal vez cambiando lo que creemos, o tal vez descartando la nueva información por ser irrelevante.

Por consiguiente, sobre la base de este principio, el conocimiento se construye y no es directamente reproducido. El *conocimiento construido es personal e individualista*. En otras palabras, como seres humanos construimos activamente el conocimiento, y el saber es un proceso de adaptación en el que damos sentido al mundo sobre la base de nuestras experiencias, metas, curiosidades y creencias. Por eso, para Arlegui y Pina (2010), el constructivismo Piagetano es una teoría de la construcción dinámica del conocimiento.

Aprender constructivísticamente, por lo tanto, es simplemente *el proceso de ajustar nuestros modelos mentales para acomodar nuevas experiencias*: un proceso de reorganización cognitiva (Ruiz-Velasco, 2007).

De acuerdo con Arlegui y Pina (2016) existen dos referentes didácticos que guían al docente en el proceso de aprendizaje de los saberes de la robótica por parte de sus alumnos: Piaget con la noción de la "adaptación" (asimilación-acomodación), y Vygotsky con la noción de andamiaje (de ayuda contingente), que se expone a continuación.

3.1.1.2. La Teoría Sociocultural de Vygotsky

El académico bieloruso Lev Vygotsky contribuyó a nuestra comprensión de un aspecto importante del constructivismo. Sus ideas fueron la base para *la teoría sociocultural* también llamada *constructivismo social*. Destacó la importancia de *la interacción social y la cultura en la construcción del conocimiento y el aprendizaje*. Según Vygotsky, el conocimiento y el aprendizaje se construyen a través de las interacciones de los seres humanos con otros. El conocimiento es un producto humano que es social y culturalmente construido.

Para Vygostky, el aprendizaje no es simplemente la asimilación y la acomodación de los nuevos conocimientos adquiridos, sino que es construido durante las relaciones entre los alumnos. Es una construcción social producto

de la interacción entre dos alumnos, que compartan su significado personal, por ejemplo sobre qué es un robot, y durante el proceso de negociación dan forma a su comprensión del mismo.

Este autor creía firmemente que el *lenguaje y la cultura* juegan un papel importante en el desarrollo intelectual de los seres humanos. Lengua y cultura son los marcos a través del cual los seres humanos experimentan, se comunican y entienden los fenómenos. Por ejemplo, cuando usted ve los colores rojo, amarillo o blanco en el entorno, no solamente ve los colores, sino que, es más importante el significado asociado con los colores. Puede asociar el color blanco con la luz limpia, pura y así sucesivamente, que está determinada por su cultura.

Basado en su creencia de que el aprendizaje es un proceso de colaboración e influenciado por la cultura, distinguió dos niveles de desarrollo (Vygotsky, 1979). El *Nivel de Desarrollo Actual* es el nivel de desarrollo al que el alumno ya ha llegado. Es el nivel en el que el alumno es capaz de resolver problemas de forma independiente. El *Nivel de Desarrollo Potencial* es el nivel de desarrollo de los alumnos de lo que no son capaces de hacer en este momento, pero tienen el *potencial* para hacerlo. Entre el nivel actual y el nivel potencial, Vygotsky propuso lo que se llama la *Zona de Desarrollo Próximo* (ZDP, en adelante). Las tres etapas se pueden considerar como una lista de control:

- lo que los alumnos *pueden hacer solos* (Actual)
- lo que los alumnos *pueden hacer con ayuda* (ZDP)
- lo que los alumnos *no pueden hacer* (Potencial)

La ZDP no es un estado permanente, sino que es el *siguiente* paso para que los alumnos puedan ser capaces de hacer algo por su cuenta. Es evidente la importancia de los contextos sociales para el aprendizaje. Así pues, el trabajo en equipos colaborativos al hacer un robot proporciona una ZDP entre pares, donde los alumnos pueden intercambiar ideas entre ellos, expresándolas con claridad y aprendiendo a negociar con los demás; y cuando son ayudados por algún experto (como el docente u otra persona) pueden progresar aún más (Acuña, 2004; Alimisis, 2009; Arlegui y Pina, 2010; Arlegui y cols., 2013; Ruiz-Velasco, 2007). Esto es esencial para el éxito en el mundo real, ya que siempre estarán expuestos a una variedad de experiencias en las que tendrán que cooperar y navegar entre las ideas de los demás.

Por lo tanto, la teoría de Vigotsky concede al docente un papel esencial como “facilitador” del desarrollo de estructuras mentales en el alumno, para que éste sea capaz de construir aprendizajes cada vez más complejos. De esta manera, los procesos psicológicos superiores (lenguaje, comunicación y razonamiento, por ejemplo) se adquieren en primera instancia en un contexto social y luego se internalizan en la persona.

3.1.1.3. El Construccionismo de Papert

El Dr. en matemáticas sudafricano *Seymour Papert*, que trabajó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, propone un enfoque sobre el aprendizaje al que denominó ‘*construccionismo*’, para diferenciarlo del *constructivismo* de Piaget, del que fuera discípulo. En particular, el trabajo de Papert está estrechamente relacionado con la robótica, las matemáticas y la tecnología, incluyendo la elaboración del lenguaje Logo (Papert, 1981) y las ideas fundacionales de los kits de robótica LEGO (Resnick, 1993) (ambos son objetos con los cuales pensar, en términos construccionistas, como veremos posteriormente).

El constructivismo de Piaget es el modelo que Papert utiliza como base. Mientras que el constructivismo piagetano considera a los sujetos como los constructores activos de sus propias estructuras intelectuales, Papert (1995; 1999b) añade a dicha *construcción mental interna del sujeto* un paso más: la acción. Así, cuando un sujeto está comprometido en la *construcción externa* de estructuras físicas (castillo de arena en la playa, un robot o un programa de ordenador, etc.) que se pueden compartir con los demás como una forma de construir el significado, se potencia el aprendizaje y se genera más conocimiento.

En otras palabras, Papert plantea que los alumnos cuando aprenden están involucrados en «dos tipos de construcción: la construcción de conocimiento en su cerebro (interactividad cognitiva), mediante la proyección de su sistema intelectual, y la construcción de un producto del mundo externo (interactividad física), mediante la proyección de sus sistemas sensoriales» (Ruiz-Velasco, 2007, p. 63). El construccionismo se suma a la idea de que la construcción externa de artefactos reales es un poderoso medio para lograr la construcción interna del entendimiento de Piaget. De hecho el constructivismo está integrado en el construccionismo.

Asimismo, Papert enfatiza que para que los alumnos construyan su propio conocimiento, no puede ser a partir de la nada. El medio cultural debería

proporcionar los recursos, para que esta actividad intelectual se produzca. De esta manera, a diferencia de Piaget que daba mayor importancia a los procesos internos en los niños, a Papert le interesó investigar la influencia de los elementos culturales, útiles para la construcción del pensamiento lógico.

Nótese que el uso del término «construcción» está plenamente justificado en este contexto, ya que el aprendizaje no es nunca el resultado de una lectura directa de la experiencia. Es más bien el resultado de un complejo entramado de procesos en los que lo que aporta el aprendiz es tan importante como lo que procede de la situación o experiencia de aprendizaje.

Por consiguiente, el construccionismo es reconocido como una teoría educativa que fundamenta el uso de los recursos tecnológicos para aprender (Badilla y Chacón, 2004; Cejka y cols., 2006; Libow Martinez y Stager, 2013). Para Ruiz-Velasco se resume en: «Constructivismo + tecnología = Construccionismo» (2007, p. 63).

Papert (1999a) expone ocho *grandes ideas*⁵⁰ detrás del *Laboratorio (Entorno) de Aprendizaje Constructivista*. Éstas son:

1. *Aprender haciendo*: todos aprendemos mejor cuando el aprendizaje está relacionado con hacer algo que encontramos realmente interesante. Aprendemos mejor todo cuando usamos lo que aprendemos para hacer algo que realmente queremos.
2. *La tecnología como recurso de construcción*: si puedes utilizar la tecnología para hacer cosas, entonces puedes hacerlas mucho más interesantes. Y puedes aprender mucho más haciéndolas. Esto es especialmente cierto para la tecnología digital: los ordenadores de todo tipo, incluyendo el Lego controlado por ordenador de nuestro laboratorio.
3. *Diversión difícil*: aprendemos y trabajamos mejor si disfrutamos lo que estamos haciendo. No obstante, diversión y disfrute no significa “fácil”. La

⁵⁰ Traducido al español por Diego Leal (<https://bit.ly/2HnD5wL>). En 1999, Seymour Papert se embarcó en su último y ambicioso proyecto de investigación institucional cuando creó el *Laboratorio de Aprendizaje Constructivista*, para múltiples edades y rico en tecnología, dentro de la problemática prisión para adolescentes de Maine. La historia del *Laboratorio de Aprendizaje Constructivista* está documentada en la tesis doctoral de Gary Stager, “Una investigación del construccionismo en el Centro Juvenil de Maine”. Gary comparte: poco después del inicio del proyecto de tres años, Papert describió las ocho grandes ideas detrás del Laboratorio de Aprendizaje Construccionista. Aunque no es exhaustiva, esta lista explica bien el construccionismo a la población en general.

mejor diversión es diversión difícil. Nuestros héroes deportivos trabajan muy duro para volverse mejores en su deporte.

4. *Aprender a aprender*: muchos alumnos adquieren la idea de que “la única manera de aprender es siendo enseñado”. Esto es lo que los hace fracasar en la escuela y en la vida. Nadie puede enseñarnos todo lo que necesitamos saber. Debemos hacernos cargo de nuestro propio aprendizaje.
5. *Tomarse el tiempo - el tiempo adecuado para el trabajo*: muchos alumnos en la escuela se acostumbran a que les digan cada cinco minutos o cada hora: haz esto, haz aquello, ahora haz lo siguiente. Si alguien no les está diciendo qué hacer, se aburren. La vida no es así. Para hacer cualquier cosa importante usted tiene que aprender a manejar su propio tiempo. Esta es la lección más difícil para muchos de nuestros alumnos.
6. *No puedes hacer las cosas bien sin haberlas hecho mal*: nada importante funciona la primera vez. La única manera de hacer las cosas bien es mirar cuidadosamente lo que sucedió cuando salieron mal. Para tener éxito se necesita la libertad para equivocarse por el camino.
7. *Hacer nosotros mismos lo que hacemos que nuestros alumnos hagan*: estamos aprendiendo todo el tiempo. Tenemos mucha experiencia de otros proyectos similares, pero cada uno es diferente. No tenemos una idea preconcebida de cómo saldrá esto exactamente. Disfrutamos lo que estamos haciendo, pero esperamos que sea difícil. Esperamos tener el tiempo que necesitamos para hacerlo bien. Cada dificultad que nos encontramos es una oportunidad para aprender. La mejor lección que podemos dar a nuestros alumnos es dejar que nos observen en nuestra lucha para aprender.
8. Estamos entrando en un *mundo digital* donde conocer sobre la tecnología digital es tan importante como saber leer y escribir. Así que aprender acerca de los ordenadores es esencial para nuestros alumnos, PERO el propósito más importante es usarlos AHORA para aprender sobre todo lo demás.

Badilla y Chacón (2004) describen tres conceptos que se encuentran implícitos en la teoría constructivista de Papert, y que permiten mejores oportunidades de construcción:

- *Objetos con los cuales pensar.* Se refiere a un objeto que pueda ser utilizado por un sujeto para pensar sobre otras cosas, utilizando para ello su propia construcción de dicho objeto.
- *Entidades públicas.* Se les denomina a las construcciones que pueden ser mostradas, discutidas, examinadas o probadas. Este objeto creado, al ser compartido públicamente con los demás, refuerza poderosamente el aprendizaje construccinista.
- *Micromundos.* Es un pequeñísimo mundo, dentro del cual el alumno puede explorar alternativas, probar hipótesis y descubrir hechos que son verdad en relación con ese mundo.

Siguiendo la reflexión anterior «para el construccinismo, el mejor ambiente para aprender es un micromundo, que incluya objetos para pensar (entre ellos computadoras) y las entidades públicas de los aprendices, en proceso de construcción» (Badilla y Chacón, 2004, p. 10). Por lo tanto, construir y compartir son elementos esenciales en este enfoque, donde el aprendizaje ocurre mejor en colectivo y potenciando la curiosidad y libre exploración de los alumnos.

Desde este enfoque construccinista, el concepto del error asume un papel protagonista en la construcción de conocimiento, a diferencia de la apreciación negativa e indeseable que suele tener en el ámbito escolar. Sin embargo, es la toma de conciencia del error lo que permite la elaboración de nuevas hipótesis y descubrimientos (Barrón Ruiz, 1993). En un EA construccinista, equivocarse contribuye a esa toma de conciencia para un mayor grado de conocimiento. Para Piaget citado por Barrón Ruiz 1993, p. 4 «un error corregido puede ser más fecundo que un éxito inmediato».

La tecnología (plataforma robótica y lenguaje de programación) que se utiliza en RE da la oportunidad a los alumnos frecuentemente de recibir retroalimentación sobre sus ideas y tener la posibilidad de revisar sus conocimientos, si es necesario. Los pares pueden hacer preguntas y aportar retroalimentación, lo que suele incentivar a los alumnos a revisar sus ideas. El factor clave para el *aprendizaje a través del error* en RE, en las etapas de construcción y programación donde los alumnos trabajan y obtienen retroalimentación, radica en asegurarse de que los esfuerzos y los fracasos potenciales de los alumnos sean ocasiones de aprendizaje. Así, como señala Balcells Camps (2012) el método de enseñanza a utilizar también debe incorporar el error como estrategia didáctica.

Asimismo, el docente que emplea el enfoque constructorista ya no es un simple transmisor del conocimiento, son los alumnos quienes lo construyen y quienes deben motivarse para aprender. El docente se convierte de esta manera en un facilitador del aprendizaje, que sabe cómo y cuándo intervenir y cuándo evitarlo.

3.1.1.4. El aprendizaje significativo de Ausubel

La teoría del *aprendizaje significativo* fue elaborada por el norteamericano David Ausubel, quien afirma que la persona construye conceptos sí y sólo si el aprendizaje le resulta significativo. Estima que aprender significa comprender y para ello es condición indispensable tener en cuenta lo que el alumno ya sabe sobre aquello que se le quiere enseñar, es decir, sus conocimientos previos, ya que condicionan los nuevos conocimientos y experiencias, y éstos, a su vez, modifican y reestructuran aquellos (David, Hanesian, y Novak, 1983).

Ausubel definió tres condiciones básicas para que se produzca el aprendizaje significativo: alumnos motivados por aprender, indagar en los conocimientos previos de los alumnos y estructurar lógicamente los materiales de enseñanza, situando en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados.

Desde esta óptica, la RE puede ofrecer un EA enriquecido que propicie un aprendizaje significativo en los alumnos (Arlegui y Pina, 2010).

3.1.2. Relación entre estas teorías y la RE

En los párrafos anteriores se ha hecho una descripción de las principales teorías y lo que implican en el proceso de aprendizaje. Para lograr un aprendizaje significativo es necesario diseñar nuevos *Entornos de Aprendizaje*, nuevos micromundos como los denomina Papert, que incluyan herramientas para la exploración (objetos con los cuales pensar) y que dicha exploración lleve a la construcción social de conocimientos.

Las siguientes líneas nos presentan la relación entre las teorías mencionadas con la *Robótica Educativa*, que surge precisamente con la idea de generar un entorno natural y cultural que facilite la adquisición de ciertos aprendizajes.

Entonces, en RE los alumnos activamente en equipos construyen y programan su robot. El proceso de hacer un robot que sea personalmente significativo y compartible (es una entidad pública que permite la comunicación

con otras personas sobre sus ideas), hace que las ideas internas de lo que el alumno aprendió se exterioricen facilitando el nuevo conocimiento. Esta construcción (interna y externa) de conocimientos y significados, es la clave para el éxito del aprendizaje según Papert; y la función de un EAR es generar un micromundo donde el robot sea el objeto con el cual pensar, para que los alumnos adquieran determinados aprendizajes.

En las publicaciones analizadas por las últimas revisiones sistemáticas de la literatura (RSL), la teoría constructivista y la constructorista son las teorías fundamentales utilizadas para explicar el papel del robots educativos, mejorar el aprendizaje de los estudiantes y para diseñar e implementar planes de estudio de robótica (Anwar y cols., 2019; Ioannou y Makridou, 2018; Jung y Won, 2018). A estas dos teorías Hong y cols. (2016) añaden el constructivismo social de Vygostky.

Y es que son muchos los estudios o proyectos educativos que fundamentan en estas teorías el uso de la *robótica como recurso de aprendizaje* (Acuña, 2012; Acuña, Castro, y Matarrita Obando, 2011; Alimisis, 2013; Allen y cols., 2008; Arlegui y Pina, 2010; Arlegui y cols., 2013; Barker y cols., 2012; Basel, 2020; Bravo y Forero, 2012; Caballero-González, Muñoz, y Muñoz-Repiso, 2019; Gaudiello y Zibetti, 2013; Kynigos, 2008; Miglino, Lund, y Cardaci, 1999; Pittí y cols., 2010; Rogers y Portsmore, 2004).

Uno de los más importantes es el proyecto Europeo TERECOP que se inspira en ambas teorías, no solamente para introducir la robótica en el aula sino también para realizar la formación de los profesores sobre el uso de robots como instrumentos de aprendizaje Alimisis (2009); Alimisis y cols. (2007).

En su informe final el proyecto TERECOP (Alimisis, 2009) explica una propuesta para la enseñanza-aprendizaje constructivista en robótica. Proponen que «la enseñanza de la robótica debería proceder por la formulación sucesiva de problemas, por el profesor, relativos a un mismo tema» (Arlegui y Pina, 2010, p. 3). Se trata de:

- *Problemas sobre una misma clase de comportamientos* (acciones del robot), lo que debe dar origen a una *misma clase de tareas* (de programación), de las cuales debe surgir el “buen” *procedimiento técnico* (una “técnica”) de programación. Ejemplo: hacer que un robot recorra una distancia precisa (manteniendo la misma potencia). Para ello, por ensayo y error programan al robot para que realice cuatro recorridos (tareas de un mismo tipo)

de distancias diferentes. Los valores resultantes se colocan en una tabla que les permite observar y expresar la relación proporcional entre ambas variables “el robot requiere un valor de x por cada cm que avanza”. Ahora pueden crear un programa general que resuelva todos los casos del problema planteado (integración de las tareas en un saber técnico).

- *Problemas sobre una nueva clase de comportamientos*, próxima a la anterior y que se solapa en parte con la secuencia anterior de problemas. Continuando con el ejemplo previo, ¿qué ocurre si hacemos variar simultáneamente el valor de la potencia en el motor?
- *Problemas con condicionales (contexto adaptado)*: el comportamiento que es aplicado a una clase de contextos, a partir del cual debe surgir un procedimiento condicional para controlar las tareas condicionales por hacer, favoreciendo el *conocimiento para la toma de decisiones*. Para el ejemplo anterior, si la distancia a recorrer es menor de 50 cm girar a la derecha y si es mayor o igual a 50 cm girar a la izquierda.

Otra publicación del proyecto TERECoP (Alimisis y cols., 2007) señala que bajo este marco de teorías sobre el aprendizaje, el uso de la tecnología educativa puede contribuir a la realización de:

- *Aprendizaje significativo* basado en el trabajo en equipo de los alumnos con los materiales de enseñanza.
- *Aprendizaje auténtico* usando recursos de aprendizaje de la vida real, las situaciones laborales o simulaciones de los fenómenos diarios;
- *Aprendizaje social*: la tecnología apoya el proceso de desarrollo del conocimiento común; los entornos de aprendizaje virtuales pueden apoyar la colaboración entre alumnos, que pueden ser de diferentes escuelas, locales o del extranjero.
- *Aprendizaje activo-reflexivo*: los alumnos trabajan en experimentos o en la resolución de problemas utilizando los recursos disponibles que seleccionen en función de sus propios intereses, búsquedas y estrategias de aprendizaje.
- *Aprendizaje basado en problemas*: un método que desafía a los alumnos a "aprender a aprender"; grupos de alumnos buscando soluciones a problemas del mundo real, que se basa en un marco tecnológico utilizado para fomentar la curiosidad y la motivación de los alumnos, lo que lleva al pensamiento crítico y analítico.

Para Ruiz-Velasco (2007) el construccionismo de Papert es más pragmático que las otras teorías. En tanto que para Reigeluth (2000) el paradigma educativo del siglo XXI vendrá caracterizado por la confluencia de enfoques constructivistas del aprendizaje y de entornos enriquecidos tecnológicamente.

Los planteamientos descritos en este apartado se fundamentan en los aportes de la psicología y de la ciencia cognitiva sobre cómo aprende el ser humano⁵¹, y nos conducen a reconocer que dicho proceso de construcción depende de dos aspectos fundamentales:

1. De los conocimientos previos o representación que se tenga de la nueva información, o de la actividad o tarea a resolver (aprendizaje significativo).
2. De la actividad en su Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), externa (construccionismo) e interna (constructivismo), que el alumno realice al respecto.

Según Acuña, un EAR basado en estas teorías:

Posiciona al estudiante en un rol activo y protagónico en su propio proceso de aprendizaje, y dentro del ambiente de aprendizaje en que se desenvuelve, que le permite incrementar su potencial creativo, expresivo y productivo-cognoscitivo, mientras trabaja en colaboración con otros; resolviendo problemas y encaminándose hacia comprensiones profundas de la realidad que caracteriza el entorno donde crece.

Los estudiantes se visualizan como jóvenes diseñadores y ejecutores de proyectos. Lo cual les permite pensar, imaginar, decidir, planificar, anticipar, investigar, hacer conexiones con el entorno, inventar, documentar, valorar y realimentar a otros compañeros y a sus propios productos. (Acuña, 2004, p. 5)

3.2. Métodos de Enseñanza en RE

Cuando hablamos de método en el ámbito de la educación nos referimos a la forma de proceder que tienen los docentes para desarrollar su actividad didáctica. Seguidamente, se presentan algunos métodos de enseñanza, desde la exposición tradicional hasta los más representativos de las teorías sobre la construcción del conocimiento vistas anteriormente y que la literatura asocia fuertemente a la RE.

⁵¹ A estas disciplinas habría que adicionar otras como la Neurología, para mejorar nuestra comprensión del complejo cerebro humano y su vinculación con la educación y las emociones (García Carrasco, 2009a).

3.2.1. Exposición tradicional

Este método de enseñanza expositivo suele ser el más tradicional en educación⁵² y tiene como objetivo «la presentación de un tema lógicamente estructurado con la finalidad de facilitar información organizada siguiendo criterios adecuados a la finalidad pretendida» (De Miguel Díaz, 2006, p. 97).

Dicho método se centra fundamentalmente en la exposición verbal por parte del docente de los contenidos que el alumno debe adquirir. Por lo tanto, es considerado un método unidireccional, el papel activo pertenece al docente, mientras el alumnado solamente debe escuchar y atender, presumiendo que están comprendiendo dicha información.

Esta información que el docente transmite a los alumnos ha sido elaborada por otros (expertos, científicos, etc.). Por ello, el principal argumento que justifica la utilización de este método es la *autoridad científica y académica* del docente (De Miguel Díaz, 2006).

El uso de este método puede ser adecuado si los objetivos de aprendizaje que se desean lograr se ajustan a los que el método permite. Por ejemplo, resulta útil para realizar breves exposiciones de información, como etapa previa a otros procesos más complejos de toma de decisiones o al análisis de la información presentada.

En la RSL realizada por Bezerra y cols. (2018) el método tradicional fue utilizado por un 60% de los artículos analizados.

3.2.2. Aprendizaje por descubrimiento

El concepto de “*Aprendizaje por Descubrimiento*” se remonta a los años sesenta por el psicólogo norteamericano Jerome Bruner. Para este autor el saber es un proceso, no un producto y este tipo de aprendizaje es un proceso autodirigido.

La Dra. Angela Barrón Ruiz de la Universidad de Salamanca en su libro sobre *aprendizaje por descubrimiento* nos brinda la siguiente definición:

⁵² Aunque dicha enseñanza esté desfasada, no significa que lo esté igualmente este tipo de método, sobre todo, si se enriquece con las nuevas aportaciones.

Hemos delimitado el aprendizaje por descubrimiento como actividad autorreguladora de comprobación, enmarcada en procesos de resolución significativa de problemas, y generadora de significados intrapersonales novedosos. Así entendido, el aprendizaje por descubrimiento tiene la estructura de una “categoría” o “concepto natural”, cuyos límites y propiedades son difusos, y sus ejemplares desigualmente representativos, pudiendo definirse a lo largo de un continuo de representatividad. A medida que aumenta el grado de determinación externa en el proceso resolutivo, disminuye el grado de descubrimiento implicado. (Barrón Ruiz, 1991, pp. 251-252)

Esta misma autora (Barrón Ruiz, 1993) nos presenta los principios de este tipo de aprendizaje:

1. El ser humano está dotado de potencialidad natural para descubrir conocimiento.
2. El resultado del descubrimiento es una construcción intrapsíquica novedosa.
3. El aprendizaje por descubrimiento encuentra su punto de partida en la identificación de problemas.
4. El aprendizaje por descubrimiento se desarrolla a través de un proceso de resolución significativa de problemas.
5. El acto de descubrimiento encuentra su centro lógico en la comprobación de conjeturas.
6. Para que la actividad resolutiva pueda ser caracterizada de descubrimiento ha de ser autorregulada y creativa.
7. El aprendizaje por descubrimiento va asociado a la producción de errores.
8. Al aprendizaje por descubrimiento le es consustancial la mediación sociocultural.
9. El grado de descubrimiento es inversamente proporcional al grado de predeterminación del proceso resolutivo.
10. El aprendizaje por descubrimiento puede ser pedagógicamente promovido.

Este método de enseñanza es utilizado en EARs, tanto extraescolares (el reconocido internacionalmente grupo español Complubot⁵³) como escolares (Rodríguez Rebollo, 2005). En Complubot por ejemplo se les indica a los participantes que construyan un coche sin darles indicaciones y luego tendrán que explicar el porqué eligieron esos materiales.

⁵³ <http://www.yorokobu.es/we-are-the-robots-2/>

3.2.3. Metodología LEGO® Education 4C

LEGO®, desde su Depto. de Educación, propone su propio método de enseñanza denominado las “4C” para el proceso de aprendizaje (Balcells Camps, 2012; LEGO® Education, 2012). Aplicando las 4C, los alumnos son libres de experimentar y explorar con el fin de obtener nuevos conocimientos. El éxito del proceso de las 4C también depende de la función del docente/instructor para permitir a los alumnos alcanzar un estado de flujo⁵⁴ y para trabajar colaborativamente.

1. *Conectar*: es la fase imprescindible de motivación, en la que se busca interesar y atraer la curiosidad que será el motor del autoaprendizaje. A los alumnos se les presenta un reto o tarea que es abierta y que les coloca en la posición de investigadores de la solución. El docente/instructor los anima a hacer preguntas y a explorar las ideas en torno a la tarea antes de que comiencen. Su curiosidad se despierta y la tarea está a su alcance. Se basa en su actual conocimiento y en las áreas de interés.
2. *Construir*: en esta fase, se lleva a cabo un trabajo físico que implica un trabajo mental: manos y mente deben coordinarse para la construcción de un objeto. Por lo tanto, este aprendizaje activo implica dos tipos de construcción: los alumnos construyen artefactos en el mundo, al mismo tiempo que construyen el conocimiento en sus mentes. Al construir en colaboración con los demás se extiende este aprendizaje aún más.
3. *Contemplar*: aquí se reflexiona sobre lo construido; se observa, analiza y prueba, mejorándolo y corrigiendo los errores; implica la autocrítica y la aceptación de correcciones para alcanzar el objetivo. Así los alumnos tienen la oportunidad de considerar lo que han aprendido, de expresarlo y compartirlo.
4. *Continuar*: cada tarea termina con la propuesta de una nueva tarea que se basa en lo que se ha aprendido. Esta fase está diseñada para mantener al alumno en un “estado de flujo”. Se basa en la capacidad humana de aprender continuamente; una vez se ha superado un reto, se propone otro de mayor dificultad, y así, partiendo de los conocimientos ya adquiridos, se van adquiriendo otros de mayor complejidad.

⁵⁴ La teoría del “estado de flujo” del psicólogo Mihaly Csikszentmihalyi (1997), es un estado óptimo de motivación intrínseca, donde un alumno se sumerge por completo en lo que él o ella está haciendo

3.2.4. Aprendizaje basado en problemas

El *aprendizaje basado en problemas* (AbP, en adelante) es un método de enseñanza basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos.

Para De Miguel Díaz (2006), el AbP se fundamenta en que aprender es más estimulante cuando se plantean preguntas relacionadas con situaciones reales y que requieren del esfuerzo intelectual del alumno, sin ofrecerles a ellos toda la información necesaria para solucionarlos, sino que les corresponde a éstos identificar, encontrar y utilizar los recursos necesarios. Asimismo, los problemas complejos se resuelven mejor en colaboración con otras personas.

Este mismo autor señala que el AbP consta de cuatro etapas esenciales:

- El docente presenta a los alumnos una situación problema, previamente seleccionada o elaborada para favorecer determinadas competencias en el alumno, establece las condiciones de trabajo y forma pequeños grupos en los que se identifican roles de coordinador, gestor de tiempos, moderador, etc.
- Los alumnos identifican sus necesidades de aprendizaje (lo que no saben para resolver el problema).
- Los alumnos buscan información, complementan sus conocimientos previos y habilidades, reelaboran sus propias ideas, etc.
- Los alumnos resuelven el problema y aportan una solución que presentan al profesor y al resto de los compañeros de la clase. Dicha solución se discute identificándose nuevos problemas y se repite el ciclo.

Según Gaudiello y Zibetti (2013), el aprendizaje basado en la resolución de problemas es ahora el más ampliamente mencionado en la literatura sobre actividades de RE, ya que proporciona una organización de las unidades didácticas, al establecer un proceso y un objetivo específico.

En la RSL sobre RE realizada recientemente por Gómez-Álvarez y cols. (2019) el AbP fue el segundo método más enunciado en los artículos analizados.

3.2.5. Aprendizaje basado en proyectos

El *método de proyectos*⁵⁵ fue desarrollado en 1918 por uno de los discípulos más importantes de John Dewey⁵⁶, William Heard Kilpatrick, quien lo define como una actividad previamente determinada, cuya intención dominante es una finalidad *real* que orienta los procedimientos y les confiere una motivación (Titone, 1976). Su punto de partida es el interés y el esfuerzo.

Es importante tener en cuenta que existen diferentes tipos de proyectos, que van a condicionar después la forma de aplicación. Kilpatrick ya hablaba de cuatro (González Soto, 1990; Titone, 1976):

- *De producción o elaboración de algo*, cuando se trata de producir algo concreto, un libro, un mapa, un modelo, etc.
- *De utilización o consumo*, cuando el objetivo es la utilización de algún producto. Se trata de utilizar y valorar aparatos, instrumentos, etc., ya elaborados.
- *De resolución de problemas*, de seguridad, técnicos, sociales, etc. Tiende a la solución de una dificultad o de una pregunta, como un estudio de ciertas situaciones periódicas de los mercados, recogida de datos estadísticos, causas de un acontecimiento histórico, etc.
- *De un aprendizaje específico*, con el fin de mejorar técnicas de estudio o de trabajo. Se trata de un aprendizaje específico, cuyo objetivo es la adquisición y la perfecta asimilación de una técnica.

Por tanto, la naturaleza de los proyectos que pueden implementarse a nivel educativo es múltiple (Titone, 1976). Este puede ser el motivo por el que varios autores (Cabero, Llorente, y Salinas, 2008) señalan que muchas técnicas de enseñanza que se están utilizando, podrían considerarse como AbPry por sus

⁵⁵ El lector interesado puede profundizar este tema en las siguientes direcciones web: ITESM http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/aop/proyectos.pdf y EDUTEKA <http://www.eduteka.org/AprendizajePorProyectos.php>

⁵⁶ John Dewey fue un filósofo, pedagogo y psicólogo estadounidense, considerado uno de los fundadores de la filosofía del pragmatismo. Dewey propuso incorporar a la educación la experiencia del alumno, sus intereses personales y los impulsos hacia la acción. Su visión subraya las diferencias individuales, las aptitudes sociales de los alumnos en el ambiente escolar y su deseo de participar en el planteamiento y la dirección de su propio aprendizaje. Concede una gran importancia al trabajo, a la iniciativa individual, al hecho de aprender haciendo y a la formación democrática.

amplias coincidencias, aunque cada una aporta dimensiones específicas que lo enriquecen, como el estudio de casos, el aprendizaje basado en problemas, los proyectos colaborativos, los centros de interés,...

Lo importante es que, cualquiera de los cuatro tipos (u otra técnica parecida) supone un esfuerzo dirigido a lograr un objetivo específico que se concreta en un servicio o un producto, y que se realiza en un determinado tiempo, pero que requiere una determinada práctica pedagógica y la realización de una serie de acciones e interacciones y el uso efectivo de recursos (González Soto, 1990). En cierta medida podemos decir que es un intento de unir la escuela con la vida.

Asimismo, Kilpatrick propone cuatro fases para el desarrollo de un proyecto:

1. La *intención*, la curiosidad y el deseo de resolver una situación concreta.
2. La *preparación*, el estudio y la búsqueda de los medios necesarios para la solución.
3. La *ejecución*, la aplicación de los medios de trabajo que se han elegido.
4. La *apreciación*, la evaluación del trabajo realizado en relación con el objetivo a conseguir.

Aunque existan fases predefinidas para realizar un proyecto (que puede ser ampliadas según el tipo de proyecto, la edad de los alumnos, etc.), ninguno es igual que otro. No hay monotonía en su desarrollo. Estas fases le indican al alumno un método efectivo para resolver problemas.

De esta manera, la finalidad de un proyecto es «la de hacer activo e interesante el aprendizaje de los conocimientos y habilidades necesarias para la vida, englobándolos en la ejecución de un plan de trabajo» (Titone, 1976, p. 275).

Los docentes y los investigadores están aprendiendo qué es lo que hace funcionar bien a los proyectos, es decir, qué es lo que hace que la implementación sea posible y que los alumnos tengan más probabilidades de aprender. Algunos requisitos son (Guzdial, 2000, p. 80):

- Los alumnos necesitan oportunidades de reflexionar sobre su aprendizaje y sobre el propósito de su proyecto.
- Para que los alumnos aprendan, sus objetivos deben centrarse en el aprendizaje o la construcción de conocimientos.

- Deberá brindarse el apoyo necesario para que los alumnos logren sus objetivos. Un apoyo excesivo, sin embargo, puede resultar abrumador, mientras que la falta de apoyo hará que la tarea resulte demasiado compleja.

Este último punto, guarda relación con los dos posibles abusos señalados por Titone (1976).

- Una desordenada, ingenua y superficial iniciativa de los alumnos, fácilmente voluble e ignorante, muchas veces, de la auténtica utilidad de determinados contenidos de aprendizaje.
- Una excesiva injerencia del docente, que, preocupado por un programa preestablecido, llega a transformar el proyecto en una estereotipada coordinación de lecciones en torno a un tema determinado de poco o ningún interés para los alumnos.

Además, como bien señala este mismo autor:

Desde un punto de vista estrictamente didáctico es preciso señalar que todo el programa de un niño no puede reducirse a proyectos, puesto que ni todas las partes del programa se prestan a este tipo concreto de desarrollo (sin caer nuevamente en lo artificial), ni el tiempo sería suficiente para todo. (Titone, 1976, p. 275)

Entonces, ¿qué hace que el AbPry sea uno de los principales métodos de enseñanza en *Robótica Educativa*?

3.2.5.1. El uso del AbPry en RE

Son muchas las razones que convierten al AbPry en uno de los métodos de enseñanza más usados en RE. Primeramente, en un proyecto, «los alumnos llevan a cabo un complejo proceso de indagación (“¿Cómo funciona eso?”) y de diseño (“¡Quiero que haga esto!”). El resultado es un dispositivo: un producto del conocimiento de los alumnos que puede ser mostrado y comentado» (Guzdial, 2000, p. 79). Es decir, la misma naturaleza de la *Robótica* en la vida real, se traslada al aula. Además, el AbPry permite aplicar completamente las teorías sobre la construcción del conocimiento analizadas en los apartados anteriores, porque tiene sus bases en ellas (Alimisis, 2009).

Los beneficios descritos por varios autores al utilizar el AbPry como técnica pedagógica han sido resumidos por Railsback (2002):

- Motivar a los alumnos haciéndolos artífices de su propio proceso de aprendizaje.
- Prepararlos mejor para la realidad de los puestos de trabajo.
- Mejorar la retención de conocimientos, a través de su aplicación a situaciones reales.
- Facilitar el aprendizaje colaborativo, compartir ideas, expresar opiniones y negociar soluciones.
- Desarrollar habilidades sociales y de comunicación.
- Incrementar la capacidad de resolución de problemas.
- Experimentar y valorar la conexión entre distintas disciplinas.
- Ofrecer posibilidades para conectar el ámbito de estudio y la comunidad.
- Fortalecer la autoestima, desarrollar la autonomía y la proactividad.
- Permitir que los alumnos hagan uso de sus fortalezas y estilos de aprendizaje individuales.
- Facilitar la apreciación de la diversidad y mejorar las posibilidades de integración.
- Exponer escenarios donde la tecnología se incorpora para resolver problemas reales.

Se aprecia que la RE apoyada en el AbPry favorece el desarrollo de las habilidades para el siglo XXI mencionadas en el anterior capítulo. Entonces, no es de extrañar que actualmente se hable tanto de proyectos y que la pedagogía más actual insista en su importancia.

Por último, el carácter multidisciplinario de la RE lo favorece y enriquece:

El proyecto también sirve para valorar e integrar conocimientos procedentes de múltiples perspectivas y disciplinas. Con este enfoque, los problemas existentes no son compartimentados en materias como matemáticas, ciencias o lengua. Por otra parte, la búsqueda de soluciones para los problemas se ve favorecida por las diversas experiencias, perspectivas y formas de expresión que aportan los distintos miembros de los equipos de alumnos y docentes. No es factible que una sola persona tenga la solución para los complejos problemas del mundo real, por lo que es muy positivo que haya diferencias entre los alumnos en materia de conocimientos y experiencia. (Dede, 2000, p. 40)

Estas son algunas razones por las que el AbPry es el método de enseñanza utilizado por varias iniciativas de RE, como por ejemplo: Carbonaro, Rex,

y Chambers (2004), Barak y Zadok (2009), el proyecto Europeo TERECOP (Alimisis, 2009), la Fundación Omar Dengo de Costa Rica (Acuña, 2012; Castro y Acuña, 2012), El Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas en Peñaranda de Bracamonte, España (Pittí y cols., 2011).

Lo que también se confirma en algunas RSL sobre RE donde el AbPry ha sido una de las técnicas de enseñanza más frecuentes en las publicaciones (Benitti, 2012; Nurbekova y cols., 2018).

Igualmente, el AbPry es aplicado con frecuencia por los equipos que participan en los diferentes torneos o en ferias/exhibiciones de RE (Arís y Orcos, 2019; Eguchi, 2016; Ribeiro y Lopes, 2020).

3.3. El proceso de evaluación en un EAR

En el proceso de enseñanza-aprendizaje, *la evaluación* es parte fundamental que acompaña todo el proceso educativo. Se dice que *la evaluación* es la tarea más compleja y decisiva que realizan los docentes. Es *compleja* porque en el proceso de enseñanza-aprendizaje influyen muchos factores (la mayoría difíciles de observar y valorar) y es *decisiva* porque a partir de ella se toman decisiones de gran importancia.

En este trabajo partimos del concepto de evaluación aplicado a la enseñanza y el aprendizaje propuesto por Casanova:

consiste en un proceso sistemático y riguroso de obtención de datos, incorporado al proceso educativo desde su comienzo, de manera que sea posible disponer de información continua y significativa para conocer la situación, formar juicios de valor con respecto a ella y tomar las decisiones adecuadas para proseguir la actividad educativa mejorándola progresivamente. (1999, p. 70)

La evaluación tiene, entonces, un rol importante en el diseño de los EAR, puesto que sus resultados nos permitirán retroalimentar las estrategias de enseñanza, lo que coloca los progresos de los participantes en el centro de las decisiones que debe realizar el docente.

Por consiguiente, la evaluación es una práctica reflexiva. Conocer y utilizar diferentes tipos de evaluaciones e instrumentos permite valorar, dar apoyo, retroalimentar y guiar a los alumnos, y no únicamente calificarles. Entonces, cuándo, quién(es), cómo y para qué evaluó.

3.3.1. Precisiones terminológicas

Para facilitar la comprensión del proceso de evaluación que se realiza en los EAR, vamos primeramente a clarificar algunos conceptos básicos (Bordas y Cabrera, 2001; Casanova, 1999; Castillo Arredondo, 2002; De Aruani, 2006)⁵⁷. Los presentaremos agrupados según tres aspectos importantes del proceso evaluativo: los tipos, los instrumentos y la finalidad de este proceso.

3.3.1.1. Tipos de Evaluación

Hemos clasificado los tipos de evaluación (en la literatura sobre el tema existen variadas tipologías) según los dos criterios que guardan más relación con este trabajo de investigación:

Según su propósito, es decir qué se evalúa. Su uso es el más frecuente en educación. Así pues encontramos tres tipos de evaluación:

- La *evaluación inicial o diagnóstica* consiste en obtener información sobre la situación en que se encuentran los alumnos respecto de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que vamos a enseñar: saberes previos, errores, representaciones, estrategias de aprendizaje, expectativas, etc. Se hace antes de iniciar cada nuevo aprendizaje con el fin de adecuar los objetivos, los contenidos y las actividades a las necesidades y las capacidades del alumnado.
- La *evaluación procesual o formativa* es la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. A partir de los datos obtenidos se proporciona una ayuda pedagógica al alumnado que lo precisa. Emplea diferentes instrumentos de evaluación, con vistas a registrar la situación momentánea del aprendizaje del alumnado. Una vez obtenidos los datos, se deben establecer los mecanismos necesarios para su corrección. Constantemente busca, la toma de decisiones nuevas al servir de retroalimentación de los logros conseguidos.
- En la *evaluación de resultados o sumativa* se determina si los alumnos alcanzaron o no los objetivos propuestos, por lo que nos permite medir el resultado final del aprendizaje que han experimentado. Pero no se debe

⁵⁷A los lectores interesados en profundizar sobre la temática de la evaluación, le recomendamos estos autores que nos han servido de guía en este apartado

entender con esto que supone solamente la valoración del éxito o fracaso de los educandos, sino que atañe a todo el proceso educativo. Sirve para analizar y reflexionar sobre el desarrollo del proceso de una forma global.

Según el sujeto evaluador: que se refiere a la participación de los distintos actores en el proceso de evaluación, es decir, quién evalúa, tenemos:

- La autoevaluación se produce cuando el sujeto evalúa sus propias actuaciones. Permite reconocer los errores propios y realizar acciones para superarlos. Es tan importante que los propios alumnos conozcan su situación, como los docentes.
- La *coevaluación* consiste en la evaluación mutua, conjunta, de una actividad o un trabajo determinado realizado entre varios. Aporta un elemento diferente al anterior, que es la posibilidad de analizar las tareas de otros compañeros, discutirlos y explicarlos, desde un lenguaje compartido entre pares y desde su lógica común.
- En la *heteroevaluación* consiste en la evaluación que realiza una persona sobre otra: su trabajo, su actuación, su rendimiento, etc. Es la evaluación que habitualmente lleva a cabo el docente con los alumnos.

Las tres modalidades y su puesta en práctica son de sumo interés para llevar a cabo un tratamiento didáctico del error, que supere las situaciones de desajuste o carencia (Castillo Arredondo, 2002). Considerar que el error hay que valorarlo como un intento bien intencionado de aprender. Una vez cometido hay que reconocerlo y aportar elementos nuevos que permitan reconstruirlo para llegar al conocimiento, que en definitiva es lo que todos buscamos.

3.3.1.2. Instrumentos de evaluación

Los instrumentos de evaluación deben proporcionar un conocimiento continuo y adecuado del grado de aprendizaje que se va alcanzando según los objetivos previstos y los contenidos trabajados. El objetivo de cada evaluación y la situación en que ha de realizarse son los que determinarán el tipo y las características más apropiadas del instrumento que se va a utilizar.

Uno de los criterios más importantes y complejos para la elección del instrumento de evaluación es el de la pertinencia, que consiste en la coherencia que debe existir entre el tipo de instrumento y el tipo de contenido.

Los contenidos conceptuales (hechos y conceptos) siguen siendo los más comúnmente evaluados en muy diversas disciplinas. Esta situación puede tener como causa el hecho de que, como apela a la memoria de corto plazo, los instrumentos para ello son más fáciles de construir. Lo que el alumno pone en funcionamiento es el factor memoria, aún en la resolución de problemas, si los casos que se presentan son idénticos a los tratados en clase (De Aruani, 2006).

Por su utilización frecuente para evaluar a los alumnos en un EAR, según la literatura revisada, presentamos algunos de estos instrumentos y sus características más destacadas según Casanova (1999) y López Pastor (2009):

- *El portafolio* es una colección ordenada de evidencias que contiene la información de todo el proceso realizado (individual o en equipo) durante las actividades de aprendizaje realizadas en un período de tiempo, tanto su versión física como su formato electrónico.
- *Los informes* son documentos breves que suelen seguir un guión establecido y donde se describe un conjunto de características de un tema específico. Puede realizarse con mayor o menor profundidad y tener diferentes estructuras, según las finalidades que se busquen. En esta categoría incorporamos el diario (tiene un componente más personal, reflexivo y vivencial) y el cuaderno de campo (suele ser más descriptivo y analítico que el diario), ambos de uso frecuente en materias con un fuerte componente práctico.
- *Las pruebas escritas* son un conjunto de preguntas a las que hay que responder con la suficiente precisión.
- *Los ejercicios prácticos* son principalmente adecuados para desarrollar habilidades motoras (manejo de instrumentos, experimentación, medición, etc.) e intelectuales (pensamiento crítico, análisis, síntesis, aplicación, toma de decisiones, etc.), así como habilidades de resolución de problemas, investigadoras, organizativas y comunicadoras (debates, laboratorios, etc.).
- El *registro anecdótico* es una breve descripción de un hecho significativo o comportamiento del alumno observado, que de algún modo es importante para los fines de la evaluación. Se basa en una observación no sistematizada. Su uso está limitado por el tiempo y dedicación que requiere del docente, así como por el número de alumnos.
- La *exposición o disertación* es la manifestación oral por la que se da a conocer el sentido de una o varias ideas sobre un tema o proyecto.

- Las *listas de cotejo, control o comprobación* son listas de conceptos específicos, habilidades, procesos o actitudes que son importantes de observar en los alumnos. Están diseñadas para registrar rápidamente la presencia o ausencia de lo que se evalúa, siendo su desventaja la no admisión de matices.
- La *matriz de valoración o rúbricas* es un conjunto de criterios (breves descripciones en forma muy concisa y exacta), generalmente relacionados con objetivos de aprendizaje, que se utilizan para evaluar un nivel de desempeño o una tarea. Es útil cuando hay que evaluar aspectos complejos, imprecisos o subjetivos. Hacen la calificación más simple y transparente, además de proveer un marco de autoevaluación, reflexión y revisión por pares.

Tabla 3.1: Instrumentos de evaluación acordes al contenido de aprendizaje

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	TIPO DE CONTENIDO		
	Conceptual	Procedimental	Actitudinal
Pruebas escritas	✓	✓	
Portafolio	✓	✓	
Informes (diarios y cuadernos de campo)	✓	✓	
Exposición o disertación	✓	✓	
Ejercicios prácticos		✓	✓
Registro anecdótico		✓	✓
Listas de cotejo, control o verificación		✓	✓
Matriz de valoración o rúbrica		✓	✓

Fuente: Adaptado de Pulgar Burgos (2005).

La elección de los *instrumentos de evaluación* depende de las intenciones educativas (diagnósticas, formativas o sumativas) y de los contenidos (conceptos,

procedimientos o actitudes) que debemos valorar (Tabla 3.1), siendo necesario diversificarlos.

3.3.1.3. Finalidad de la evaluación

Stufflebeam (citado en Casanova, 1999, p. 72) afirma que: «El propósito más importante de la evaluación no es demostrar, sino perfeccionar...». De esta manera, los fines que persigue la evaluación pueden ser:

- *Calificar* al alumnado.
- *Regular la enseñanza*, es decir, para reajustar lo que hago como docente según los resultados que van consiguiendo los alumnos.
- *Ayudar a regular el aprendizaje* de los alumnos, es decir, para detectar sus dificultades y progresos y ayudarles.

3.3.2. Evaluando el aprendizaje en los EAR

Al igual que otros aspectos de la enseñanza-aprendizaje relacionados con la *Robótica Educativa*, la evaluación puede llevar a muchos docentes a un territorio nuevo y desconocido. La evaluación es una dimensión importante en un EAR y puede añadir mucho a la experiencia. A este respecto, Gura (2011) plantea:

- *La evaluación como parte de la totalidad*. Las evaluaciones en un EAR son mucho menos eficaces cuando se insertan al final de un curso o de una unidad. Los alumnos participan continuamente y la calidad de esta participación es una dimensión de la experiencia en general, que también debe ser evaluada continuamente.
- *La claridad de los objetivos*. Sea claro acerca del por qué se está evaluando el trabajo de los alumnos. Las evaluaciones en un EAR deben estar relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de los objetivos y contenidos curriculares. Las evaluaciones deben valorar si los alumnos logran dichos objetivos, así como lo bien que ellos aprendieron. Esto es más complejo que simplemente preguntar ¿el alumno hizo un buen trabajo?
- *Aprendizaje colaborativo*. Los proyectos de RE con mucha frecuencia se implementan formando pequeños grupos que trabajan de forma colaborativa. Esta dimensión debe reflejarse en la evaluación. Sin embargo, la evaluación del aprendizaje colaborativo plantea problemas especiales. El proyecto puede ser un esfuerzo de grupo, que se compone de

los esfuerzos individuales. Cómo manejar esta situación de manera que refuerce el valor del aprendizaje colaborativo, sin tener alumnos frustrados porque se sienten más cómodos siendo calificados únicamente sobre la base de su propio trabajo, es una cuestión clave.

- *Toma de decisiones.* En varias ocasiones durante una actividad de RE, se les solicita a los alumnos explicar y justificar las decisiones tomadas en el curso de su trabajo, lo que permitirá conocer el alcance y la profundidad de su aprendizaje. Una fase importante en un EAR es pura experimentación. La clave es que las decisiones finales tomadas deben tener buenas razones detrás de ellas y es una de las lecciones que se pueden aprender en un EAR. Evaluarlas se convierte en una parte importante.

De los tipos e instrumentos de evaluación citados anteriormente presentamos ejemplos concretos de su uso en actividades de *Robótica Educativa*.

- *Listas de cotejo, control o verificación.* En el desarrollo de un proyecto de robótica existen numerosas oportunidades para que los alumnos y los docentes ⁵⁸ utilicen herramientas de planificación. Algunos ejemplos son las listas de verificación de las etapas del proyecto y de los roles de cada miembro del equipo, listas de piezas usadas o que faltaban y así sucesivamente. Estas listas le sirven al alumno de modelo de cómo se planifican los proyectos reales, implementados y probados en el mundo laboral. Estas listas (en papel o digital) deben ser continuamente actualizadas por cada equipo. Parte de la evaluación se puede hacer sobre si los alumnos mantienen correctamente estas listas, si están completas, bien organizadas y elaboradas (pueden formar parte de un portafolio o informe final).
- *Portafolio, presentaciones e informes.* Los proyectos de robótica necesitan ser registrados y archivados para su evaluación. Bocetos rápidos, dibujos elaborados, fotos, videos, presentaciones de diapositivas y más, pueden funcionar bien como elementos del portafolio. Los docentes pueden optar por evaluar las *presentaciones* de los alumnos de sus robots y de su comportamiento programado, de la documentación en su totalidad o en parte mediante un informe, o utilizar una combinación. La evaluación del comportamiento del robot (programación) inyectará un elemento de

⁵⁸ Lista de verificación: cómo dar una clase de robótica, diseñada por la Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon. <https://bit.ly/2HFk6gr> En español: <https://bit.ly/2Hoe2JU>

espontaneidad en la presentación y el uso de informes asegurará un nivel de confort que ofrece el no tener que poner el robot a funcionar. La combinación de los dos enfoques puede ser una gran manera de recompensar a todo tipo de alumnos.

- *Informes, diarios y cuadernos de campo.* Algunas actividades de RE están concebidas para realizarse en un día. Sin embargo, la mayoría suelen ser de largo plazo y se componen de numerosas etapas. También suelen incluir múltiples sesiones, donde el trabajo no finalizado se continúa en la próxima sesión. De esta manera, llevar un registro de lo que fue hecho o logrado y lo que falta por hacer es esencial en el aula de robótica, como lo es en el mundo real. Por otra parte, este tipo de diarios, cuadernos individuales o de registros secuenciales crea las oportunidades necesarias para que los alumnos reflexionen. Los diarios son también los registros del aprendizaje y del esfuerzo realizado, que pueden servir como elementos para la evaluación.

Para Allen y cols. (2008) el uso de un “*diario de ingeniería (engineering journal)*” permite a los alumnos modelar los hábitos de trabajo de los inventores y proporciona una herramienta para valorar y registrar sus propias ideas. Recomiendan que cada alumno tenga su entrada para cada lección y recopile todos los ejercicios, las ideas, los prototipos, etc. de cada fase del proyecto, incluyendo una mezcla de los planes diarios, bocetos, los retos, las posibles soluciones y los éxitos. Todo el trabajo se presenta en orden cronológico. Estos autores manifiestan que los *diarios de ingeniería* son una excelente herramienta para realizar un seguimiento del trabajo de los alumnos y que pueden utilizarse en su evaluación.

Otro ejemplo, lo encontramos en Dupont y cols. (2010) “*el diario de a bordo de la robótica (le journal de bord de robotique*⁵⁹)” donde los alumnos ponen sus ideas y reflexiones. Este modelo de diario sigue las diferentes fases del enfoque del diseño tecnológico:

- Identificar y definir un problema.
- Planificar un diseño.
- Evaluar las ideas, seleccionar y diseñar la solución.
- Construir un prototipo y realizarle una prueba.
- Evaluar y mejorar la solución encontrada.

⁵⁹ Ejemplo de diario o cuaderno de campo: <https://bit.ly/2UJZ981>

Según estos autores, para un alumno un diario es una herramienta que gestiona su trabajo sin quitarle su creatividad, mientras que para los docentes, contiene información valiosa y representa la muestra principal del desarrollo de las habilidades y los conocimientos del alumno.

- *Registro anecdótico.* Un procedimiento típico en el funcionamiento de una clase de robótica, es que el docente al inicio de la actividad hable a todo el grupo dándoles los objetivos a cumplir durante la sesión y luego visite el área de trabajo de cada grupo para observar su progreso. Esta es una excelente oportunidad para tomar notas importantes sobre los alumnos, que pueden formar parte de su evaluación.
- *La matriz de valoración o rúbrica.* En los proyectos de robótica, el robot y su funcionamiento pueden ser vistos como el producto final. Las rúbricas⁶⁰ en RE pueden incluir muchos de los aspectos a evaluar del robot creado y del proceso a través del cual se ha producido. Mientras que un cierto grado de subjetividad está involucrado en la determinación de los niveles alcanzados por un alumno o su equipo al hacer un robot, en gran medida las rúbricas disminuyen gran parte de esa subjetividad de la ecuación de la evaluación. En el informe final del proyecto TERECoP (Alimisis, 2009, p. 183) se presenta una rúbrica para evaluar un *proyecto de robótica* bajo cuatro criterios: *autenticidad* (contenidos y habilidades son altamente relevantes para la vida de los alumnos), *tareas abiertas* (las tareas les permiten a los alumnos utilizar diferentes enfoques), *complejidad* (las tareas permiten utilizar diferentes contenidos y habilidades, incluyendo los de orden superior) y *conexión curricular* (todas las tareas están claramente relacionadas con los estándares curriculares).
- *Videos.* Carbonaro y cols. (2004) utiliza grabaciones de video para el proceso de evaluación de la RE mediante el AbPry, y afirma que resultó ser *el elemento más valioso*, tanto para el docente como para los alumnos. El video proporcionó un mecanismo de *retroalimentación* para los alumnos, lo que les ayudó a evaluar su propio proyecto. Además, les alentó a consolidar aún más su aprendizaje, debido a la necesidad de tener que explicar *públicamente* diversos elementos de su proceso de resolución de problemas. Por otra parte, menciona que los alumnos descubrieron que las grabaciones en video del movimiento del robot les ayudaban a un análisis

⁶⁰ Como ejemplos de rúbricas tenemos las utilizadas en la competición internacional de robótica 'First Lego League' http://www.firstlegoleagues.mx/wp-content/uploads/2020/10/rubricas_fll_challenge20_21.pdf y la rúbrica para la evaluación en robótica del trabajo en equipo del CPEIP Doña Mayor de Navarra (Pamplona, España) <https://goo.gl/ED9Xkm>

más detallado de la exactitud de su programa y para la *depuración de los errores*.

Eguchi (2012) citando a Bers (2008) sugiere que, con la perspectiva constructivista del aprendizaje, la documentación tiene que ser creada por los alumnos. De este modo, se les alienta a llevar a cabo la auto-reflexión y a adquirir una comprensión más profunda de cómo se construye el conocimiento. Podemos decir, a tenor de lo expuesto, que la evaluación procesual o formativa es la más coherente e importante en un EAR (Carbonaro y cols., 2004), más si aplicamos el enfoque constructor del aprendizaje.

3.4. Síntesis del Capítulo 3

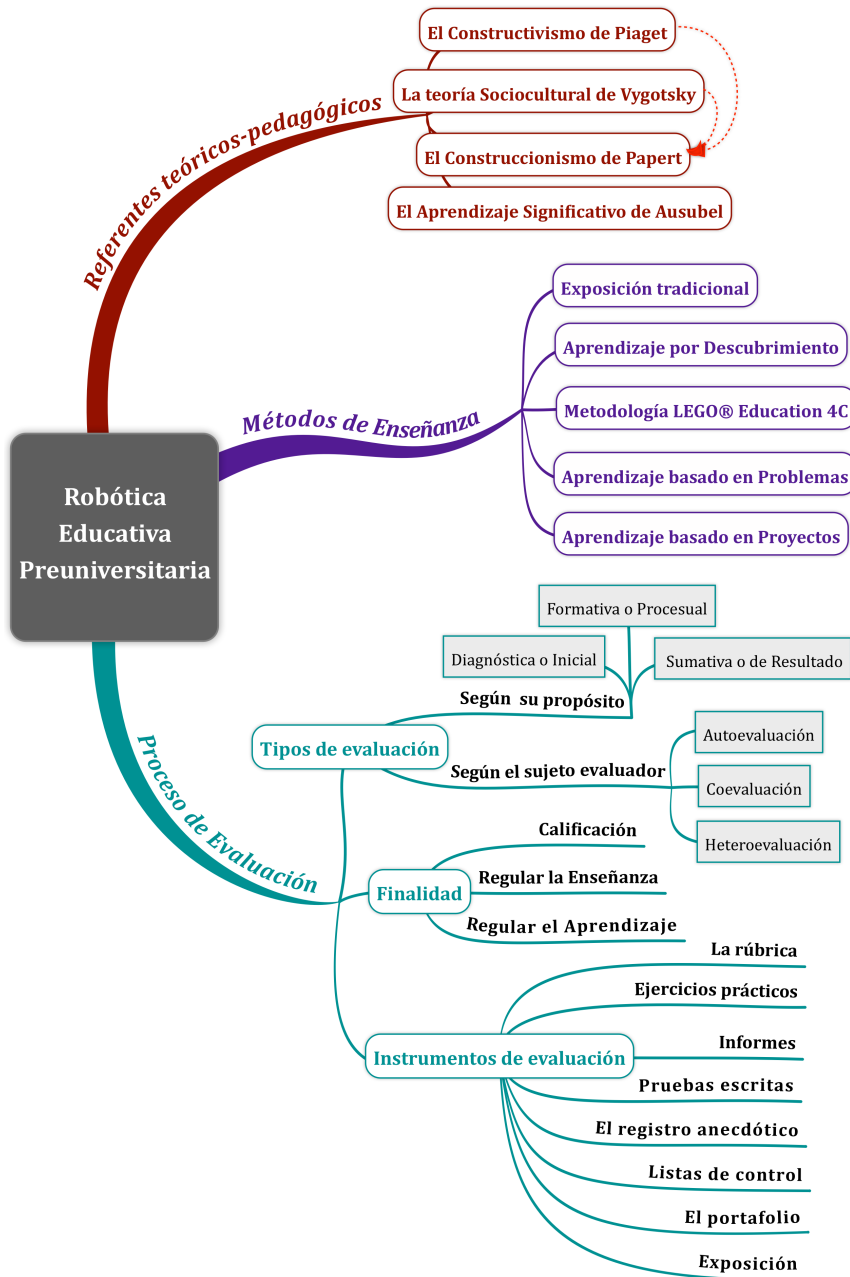


Figura 3.1: Mapa conceptual: Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la RE Preuniversitaria

BASES EMPÍRICAS DEL ESTUDIO

En los capítulos precedentes evidenciamos las bases teóricas de la robótica desde su dimensión tecnológica y desde el uso que se le da en el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel preuniversitario.

A lo largo de este capítulo presentamos las bases empíricas de nuestro estudio. Se analizan los principales trabajos de investigación y proyectos que, al igual que las bases teóricas, sustentan el diseño metodológico de esta investigación. Por un lado, para una mejor comprensión y contextualización de las publicaciones sobre la RE, las dividimos en tres regiones: el panorama español, la visión latinoamericana y el resto de países. Por otro lado, exploramos los retos que según varios autores aún deben resolverse para lograr su integración en el entorno escolar.

Todo ello, nos proporcionó la información para la identificación de los factores claves para diseñar un EAR eficaz desde la perspectiva empírica y que de igual modo, nos permitirá justificar, posteriormente, las elecciones metodológicas que rigen nuestro trabajo de investigación.

4.1. Proyectos e Investigaciones sobre Robótica Educativa Preuniversitaria

Como se pudo apreciar en la introducción de esta tesis, el auge de proyectos, investigaciones, publicaciones y congresos sobre RE nos brinda un indicio de su importancia a nivel internacional.

La presencia, cada vez mayor, de reflexiones sobre la RE nos lleva a dividir en dos grandes enfoques:

- *Enfoque micro: desarrollo puntual de actividades en un EAR.* Son los más numerosos. Estos trabajos, generalmente, son más descriptivos y suelen centrarse en los aspectos de diseño y desarrollo de actividades basadas en RE, pero sin especificar los fundamentos propios de dichas decisiones ni plantear una discusión rigurosa y, mucho menos, una evaluación de sus propios desarrollos. Tienen, por el contrario, el gran valor de exponer los programas de intervención de manera directa y de servir de modelo a nuevas experiencias.
- *Enfoque macro: indaga sobre todas las actividades en un EAR.* Son mucho menos los de este tipo. Sin olvidar ejemplificar adecuadamente cierto nivel de detalle del diseño del EAR, proponen un marco que explica realmente los procesos de enseñanza-aprendizaje y de evaluación, del antes, durante y después de la actividad.

Ciertamente, ambos tipos de trabajos representan un continuo que carece de límites precisos. Con frecuencia, los enfoques demasiado generales (macro) suelen perder predictibilidad y aplicabilidad en contextos específicos (micro). Por ello, los profesionales suelen preferir los trabajos que no se escapan demasiado de su entorno concreto. Pero no se debe caer en la dicotomía de lo recetario versus lo explicativo o lo aplicado versus lo teórico, conociendo la importancia y complementariedad de los dos enfoques.

Por consiguiente, consideramos de suma relevancia analizar ambos enfoques de investigación sobre *Robótica Educativa preuniversitaria* desde diferentes contextos geográficos y entornos de aprendizaje, con el fin de obtener las variables claves que nos orienten en nuestro estudio, es decir, en el diseño de la encuesta por Internet realizada en 2013 (Apartado 5.3.2.).

Es importante señalar, como se argumenta en varias RSL sobre RE en la introducción de este trabajo, que en nuestra revisión de la literatura

encontramos que la mayoría de las iniciativas al 2013 no contaban con publicaciones rigurosas y en otros casos los datos presentados eran escasos o poco definidos.

Para abarcar la mayor cantidad de iniciativas se han incorporado informes de instituciones que son referentes en RE, como es el caso de la Fundación Omar Dengo de Costa Rica y proyectos encontrados en Internet.

Es por ello que elaboramos un formato de tabla para aquellas investigaciones con la información más completa. Dicha tabla nos permite extraer las principales variables de un proyecto de RE. En cambio otros proyectos, estudios o informes se describen por aspectos específicos que aportan valor al conocimiento sobre RE y a nuestro estudio.

4.1.1. Robótica Educativa Preuniversitaria en España

En el contexto español, iniciativas pioneras en la introducción escolar de la RE surgen en la primera década del siglo XXI, algunas de carácter internacional. Entre ellas:

- *El proyecto éTui (2000-2001)*. éTui fue un juguete robótico diseñado para ayudar a los maestros a proporcionar andamiaje⁶¹ en un área determinada, la de reflexión de los niños de 4 a 8 años sobre sus propios procesos cognitivos o “metacognición” (Griffiths y Blat, 2005). Los investigadores observaron que el uso que hacen los niños del robot sigue un patrón de tres fases: fascinación (es espontánea), resolución de problemas (puede ser espontánea, pero lo mejor es que vaya apoyada por el docente) y reflexión (por regla general, requiere del docente).
- *El Proyecto TEDDI⁶² (Tecnología y Desarrollo en la Educación Infantil, 2000-2003)*. Incorporó la RE para complementar las diferentes áreas curriculares, trabajando en equipos, por proyectos y fomentando la integración de materiales artísticos con materiales tecnológicos. Algunas innovaciones metodológicas (Universidad de la Frontera, 2003) señaladas por los centros participantes de este proyecto son:
 - En los niveles infantil y primario el aprendizaje con materiales palpables, al construir el conocimiento partiendo *de lo concreto y*

⁶¹ Se denomina andamiaje o mediación al proceso desarrollado durante la interacción en el que un aprendiente es guiado en su aprendizaje por su interlocutor. <https://bit.ly/2rWoDSa>

⁶² <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:1163/n03caruana02.pdf>

simple a lo complejo, ha permitido desarrollar tanto la inteligencia corporal como la espacial, musical, lingüística y lógico-matemática.

- La *naturaleza disciplinar* de los trabajos realizados permitió una pedagogía globalizadora. Todo sin que haya perdido el carácter lúdico tan importante y sin el cual es difícil proceder a una adecuada motivación.
 - En los distintos niveles de enseñanza se ha adoptado como modelo la pedagogía de *proyectos*, lo cual ha facilitado la elaboración de trabajos diseñados en torno a situaciones problemáticas de interés del educando, sin olvidar el trabajo en equipo. Esto les ha permitido compartir responsabilidades, roles y tareas para el cumplimiento del fin común.
 - Un aspecto importante es que, además de ayudar a producir los cambios metodológicos anteriormente señalados, se ha dado en el entorno escolar un *efecto contagio*, al animarse a trabajar con las nuevas herramientas otros docentes que no estaban en el proyecto. También hubo participación de padres y tutores, lo cual ha permitido una mayor cohesión de la comunidad educativa.
- *Robótica Educativa en Primaria*. Proyecto de Innovación desarrollado en el Colegio Público San Francisco de Cifuentes en Guadalajara para la integración curricular de la tecnología, el lenguaje Logo y la robótica (Rodríguez Rebollo, 2005). Algunos aspectos a destacar son:
- La clave de todo el proceso estuvo en el eje entre la idea, la creación y el estudiante y la atención a la diversidad.
 - El aprendizaje es heurístico, es decir, activo, creativo, intuitivo, por descubrimiento e investigación. En este tipo de aprendizaje nada se da por hecho sino que existen varios caminos a seguir. El alumnado debe, en ocasiones, volver al punto de partida si el proceso de resolución no es el correcto. Este proceso se retroalimenta continuamente y el error es altamente instructivo.
 - El papel del profesor es el de mediador; vigila y orienta el proceso siendo también consejero y animador de la actividad.
 - Todos los proyectos fueron realizados con materiales desechables.

- *Proyecto TERECoP*⁶³ (2006-2009). El objetivo general del proyecto fue establecer un marco de referencia para cursos de formación de profesores, que les permita desarrollar en sus clases un aprendizaje constructivista potenciado a través de la robótica, y adquirir experiencia a partir de su puesta en práctica (Alimisis, 2009). Sobre este proyecto ya se ha compartido información en los capítulos anteriores.

Entre 2012 y 2013 se realizaron nuevas propuestas con diferentes matices:

- Un proyecto escolar innovador por su propuesta *interdisciplinar* unida al uso de aplicaciones Web (Tabla 4.1, (Vázquez Cano, 2012)).
- La combinación de *robots reales con virtuales* para la enseñanza-aprendizaje de las competencias básicas (Arlegui y cols., 2013).
- *El Proyecto Castilla “Arduino Verkstad Education 2013”* que utilizó robots basados en la plataforma Arduino y que se implementó en otras comunidades españolas en 2014, incluso en otros países ⁶⁴.

La cantidad de proyectos extraescolares incluyendo los torneos de RE (Apartado 2.2.1) aumentan cada año de manera significativa. Asimismo, se abre un amplio panorama para el diseño de nuevos recursos para hacer *Robótica Educativa* hechos en España, como ejemplos tenemos: el robot mOway⁶⁵, el robot Arduino⁶⁶ o los PrintBots de bq⁶⁷.

⁶³ <http://www.terecop.eu>

⁶⁴ <http://www.sorayapaniagua.com/2014/03/19/castilla-el-sueno-educativo-de-cuartielles-ya-es-internacional/>

⁶⁵ <http://moway-robot.com>

⁶⁶ https://www.eldiario.es/turing/futuro-robotica-manos_0_135786627.html

⁶⁷ <https://github.com/bq/printbots>

Tabla 4.1: Resumen “Simulación robótica con herramientas 2.0 para el desarrollo de competencias básicas en ESO. Un estudio de casos”

Artículo	Vázquez Cano (2012)
País	España
Entorno de Aprendizaje	<i>Escolar</i> - Proyecto <i>interdisciplinar</i> entre las materias de Tecnología, Lengua española, Lengua inglesa y Educación Plástica y Visual. Estudio realizado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia.
PR	<i>Materiales reciclados y comprados</i> (Categoría EIM)
SP	-
Duración	Segundo trimestre del curso 2010/11
Alumnos	Segundo curso de la ESO, con edades comprendidas entre 13 y 15 años. Un total de 28 <i>estudiantes</i> , 15 alumnas y 13 alumnos.
Objetivo de la Investigación	<p><i>La Robótica como objeto y apoyo al aprendizaje.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Describir la actividad de Robótica como parte de un proceso de innovación curricular. • Analizar las apreciaciones de los sujetos implicados (profesorado y alumnado) en el desarrollo de la actividad. • Comprobar la funcionalidad de las herramientas 2.0 en el desarrollo de proyectos de Robótica Educativa. • Analizar la funcionalidad de los proyectos interdisciplinares con base en la RE y las TIC en el desarrollo de las competencias básicas.
Método de enseñanza	<p>Método por <i>proyectos</i> (trabajo en pequeños grupos). Fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño digital del robot con la herramienta <i>Google Sketchup</i>. • Desarrollo en el taller de Tecnología con material reciclado y comprado del robot. • Desarrollo de un póster interactivo digital en lengua inglesa con la herramienta <i>Glogster</i>. • Diseño de una presentación explicativa de todo el proceso con la herramienta <i>Prezi</i> (Lengua española). • Grabación del proceso de construcción y diseño del robot con la herramienta <i>Windows Movie Maker</i>.
Otras características	<p>Estas actividades se realizaron en un ambiente lúdico que ha permitido el desarrollo de la autoestima y las relaciones interpersonales. El trabajo en pequeños grupos ha favorecido la creación de una conciencia colectiva y cooperativa que valora el trabajo de los compañeros y reconoce la interdependencia que tienen unos de otros para concluir el proyecto con éxito.</p>
Instrumentos de recogida de datos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Entrevistas</i> individuales y en grupo al profesorado y al alumnado. El análisis del contenido se realizó con los programas AQUAD y Excel. • El enfoque cuantitativo se abordó desde la comparación de resultados en las <i>pruebas</i> regionales de competencias básicas al alumnado de 2º curso de la ESO para valorar el grado de mejora con posterioridad al desarrollo del proyecto.

continúa...

Artículo	Vázquez Cano (2012)
Metodología de investigación	Cualitativa: <i>Estudio de caso</i>
Resultados	<p><i>Apreciación de alumnado y profesorado sobre la funcionalidad, utilidad y repercusión del proyecto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>El alumnado</i> en una gran mayoría considera que el proyecto ha supuesto una mejora del <i>trabajo en equipo, de la colaboración y del fomento de la creatividad</i>. También resaltan que han visto mejoradas <i>habilidades informáticas y lingüísticas</i>. Los alumnos se ven tan motivados que reseñan como principal dificultad u <i>obstáculo del proyecto la falta de horas</i> para su desarrollo y su deseo de que se extendiera en el tiempo. Igualmente perciben muy positivamente que sean varios profesores y materias los que participen en el proyecto, ya que creen que así se asimilan mejor los contenidos que son comunes a las diferentes materias y, que al ser evaluados conjuntamente, <i>mejoran su rendimiento y resultados</i>. • <i>El profesorado</i>. Los cuatro profesores manifiestan que el proyecto con base en la <i>robótica educativa</i> ha servido de eje de contenidos transversales que son difíciles de conseguir de forma aislada por cada materia, y su trabajo interdisciplinar con este proyecto ha supuesto una <i>mejoría sustancial</i>. Para ellos, con este tipo de proyectos se promueve un <i>verdadero trabajo interdisciplinar</i> y se desarrolla un <i>adecuado clima de clase y de trabajo conjunto</i>. La principal dificultad u <i>obstáculo es la falta de horas de coordinación y la falta de espacios adecuados</i> para desarrollar el proyecto con programas y equipos informáticos adecuados. <p><i>Repercusión de la metodología de enseñanza-aprendizaje en la mejora del desarrollo de las competencias básicas:</i></p> <p>Los resultados con respecto a la mejora de los indicadores (en %) de las cuatro competencias básicas implicadas han sido sustanciales y se pueden agrupar en tres ámbitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lingüístico (32%)</i>, utilizando los programas <i>Prezi</i> y <i>Glogster</i>. • <i>Organización del trabajo (36%)</i>, para lo que ha aportado mucho la organización en fases del proyecto de forma interdisciplinar. • <i>Tratamiento de la información y del diseño digital (32%)</i>, para lo que fue clave el manejo del programa <i>Google Sketchup</i> y las presentaciones en diferentes lenguas del desarrollo y terminología específica del proyecto.
Recomendaciones generales para nuevas propuestas	La <i>implicación del centro</i> y su <i>equipo directivo</i> se ha apuntado como una de las condiciones esenciales para que este tipo de proyectos pueda tener éxito. Se precisa que el equipo directivo fomente reuniones de coordinación en horario escolar y que se disponga de espacios comunes para el desarrollo de las actividades en la que se pueda colaborar entre, al menos, dos profesores de diferentes materias.

La única investigación hasta el 2013 que nos orientó sobre el panorama español en RE preuniversitaria fue el trabajo fin de máster titulado “La Robótica aplicada a la materia de Tecnología de la E.S.O. como medio para desarrollar la Creatividad” presentado por Balcells Camps (2012) en la Universidad Internacional de La Rioja.

Una parte de su investigación consistió en una encuesta en línea (la autora también realizó entrevistas) realizada del 15 de julio al 10 de septiembre de 2012 dirigida al profesorado de toda España que ha mantenido o mantiene algún tipo de relación con la RE. En total participaron 33 docentes (principalmente imparten clase a la ESO y Bachillerato, de Tecnología e Informática), de los cuales el 21 % la implementa en actividades extraescolares. Algunos resultados de su estudio se resumen a continuación:

- El 70 % ha participado con sus alumnos en alguna competición de robótica, principalmente la First LEGO League (67 %).
- El 94 % utiliza robots LEGO Mindstorms (categoría IM).
- Existe prácticamente unanimidad en considerar a la RE como una herramienta para lograr un *aprendizaje significativo* (el 82 % está muy de acuerdo y el 18 % está de acuerdo).
- El 100 % afirma que es una herramienta multidisciplinar y un 97 % indica que con la robótica se pueden trabajar contenidos de otras asignaturas.
- Un 43 % limita su uso a asignaturas técnicas.
- Sobre el desarrollo de las diferentes inteligencias (Gardner, 2003), prácticamente todos los docentes que han trabajado con robots, coinciden en destacar que la RE ayuda en el desarrollo de la inteligencia lógico-matemática (97 %) y visual-espacial (97 %); también destacan el desarrollo de la inteligencia interpersonal (85 %), intrapersonal (76 %), lingüística (73 %) y kinestésica (64 %); sin embargo, no hay tanto acuerdo para la inteligencia naturalista (58 %) y musical (48 %).
- Sobre la creatividad, vuelve a haber unanimidad. A la pregunta de si la robótica ayuda a desarrollarla, el 100 % contestó que sí.
- Sobre el *método de enseñanza*. Los más utilizados han sido: el trabajo en pequeños grupos (un 97 %), por delante del trabajo cooperativo (un 78 %) y el trabajo por proyectos (un 67 %); los que menos (por debajo del 10 %): el trabajo con todo el grupo de la clase, el método de casos, el seminario, el juego de roles y el outdoor training.

- Como *principales inconvenientes* para la introducción de la robótica en el aula, también hubo bastante unanimidad. Los tres principales son: el coste económico (un 85%), la falta de formación del profesorado (un 64%) y la falta de tiempo (un 58%). Es destacable que ningún profesor haya marcado el desinterés del alumnado dentro de uno de los tres inconvenientes a seleccionar.
- Más de un 87% de los que han trabajado con robots, le ponen una nota superior al 8, cuando se les pide que la puntúen como herramienta para utilizar en clase, lo que refleja el alto grado de satisfacción.

Finalmente, Balcells Camps señala que el cómo se aplique y hasta dónde se llegue dependerá de la *planificación del aula* y las *posibilidades del centro*, pero sobretodo, de la ilusión del *docente*, de su implicación y de su capacidad de transmitir esa motivación propia al alumnado.

4.1.2. Robótica Educativa Preuniversitaria en Latinoamérica

En la literatura latinoamericana sobre RE preuniversitaria al 2013 hay contribuciones de los enfoques micro y macro, ya sean recopilaciones sobre el tema (Curto y Pittí, 2012) o trabajos que indican nuevas orientaciones pedagógicas y/o técnicas, como:

- Mitnik y cols. (2008) representan el único estudio latinoamericano experimental que fue incluido por Benitti (2012) en su revisión sistemática sobre el potencial pedagógico de la RE. Además, sólo esta investigación, organizada por la Pontificia Universidad Católica de Chile, utilizó un robot de diseño propio. Destaca de su propuesta la manera distinta e innovadora de enfocar el uso de la robótica en la educación escolar. El robot es el encargado con su movimiento de formular los problemas, dar retroalimentación y hasta corregir los ejercicios (Tabla 4.2).
- González España, Jiménez Builes, y Ramírez Patiño (2010), profesores de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), plantean el proyecto de investigación E-SMART (Educación-SMART), con el objetivo de mejorar los aprendizajes y la creatividad en estudiantes de educación media. E-SMART está compuesto por un kit de cinco agentes robóticos que por medio de la interacción con el usuario, le permiten comprender a éste, conceptos de física, matemáticas, electrónica, sensores, programación, robótica cooperativa, entre otros.
- Desde la Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Chiriquí, Moreno y cols. (2012) analizan la RE como una herramienta de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, a nivel de pre-media de centros educativos *urbanos y rurales* (Tabla 4.3).

Tabla 4.2: Resumen “Un Robot Móvil Autónomo Educativo Mediador”

Artículo	Mitnik, Nussbaum y Soto (2008)
País	Chile
EA	<i>Escolar</i> (Organizado por la Pontificia Universidad Católica de Chile)
PR	<i>Los alumnos no construyen ni programan el robot, interactúan con éste.</i> Diseño propio: AEMRM, Autonomous Educational Mobile Robot Mediator, basado en Palm Pilot Robot Kit http://www.cs.cmu.edu/~pprk/
Duración	Actividad “See-You-There” (séptimo grado) 6 sesiones de 30 minutos. Actividad “Graph-Plotter” (décimo grado) un centro público (6 sesiones de 30 minutos) y un centro privado (4 sesiones de 60 minutos).
Alumnos	Un total de 70 alumnos , 18 de séptimo grado y 52 de décimo grado.
Objetivo	La Robótica como apoyo al aprendizaje. Se desarrollaron dos actividades con los siguientes objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Por un lado, se usa el robot AEMRM para ilustrar conceptos relevantes de la física y la geometría, con el objetivo de ayudar a los alumnos en el proceso de creación de abstracciones mentales del mundo real. • Por otro lado, aprovechamos la autonomía y la contextualización de nuestro robot para mediar en el desarrollo de las actividades educativas, con el objetivo de mejorar la motivación y la interacción social entre los alumnos.
Método de enseñanza	Aprendizaje colaborativo y constructivista (grupos de tres alumnos). El método de enseñanza donde el papel del robot AEMRM es de mediador de la actividad educativa, se basó en estos cuatro pasos: <ul style="list-style-type: none"> • Inicialización: el robot distribuye los roles y datos relevantes a cada alumno a través de los dispositivos de mano. • Nuevo problema: el robot percibe su entorno y realiza un conjunto de acciones que especifican plenamente un nuevo problema. • Deliberación: el robot obliga a los alumnos a debatir y construir colaborativamente una respuesta en común. En el caso eventual de que el grupo no llegue a un consenso, el robot repite el conjunto de acciones de la etapa anterior, proporcionando información adicional que puede ser útil en el proceso de deliberación de los alumnos. • Solución: cuando el consenso se ha logrado, el robot evalúa la solución propuesta. Si la respuesta es correcta, el robot la muestra en cada dispositivo de mano; de lo contrario, el robot ejecuta físicamente la respuesta correcta, mostrando en cada dispositivo de mano la retroalimentación adecuada para guiar el proceso de aprendizaje de los alumnos.
Otras características	Dos supervisores estuvieron presentes durante cada sesión experimental, para aclarar dudas conceptuales de los alumnos.

continúa...

Artículo	Mitnik, Nussbaum y Soto (2008)
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Contenidos conceptuales: pretest-postest. • Colaboración y motivación: se empleó la observación durante las sesiones y una encuesta final. • Interacción social: mediante sociogramas en el que cada alumno anotó antes y después de las actividades su apreciación social con respecto a cada uno de sus compañeros de clase.
Metodología de investigación	<p>Cuantitativa: diseño cuasi experimental con grupo de control no equivalente pretest-postest. Para determinar y comparar el impacto del estudio, los autores utilizaron un análisis ANCOVA, la hipótesis de la normalidad requerida fue apoyada por los resultados obtenidos en la prueba de Kolmogorov- Smirnov.</p>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Contenidos conceptuales: El grupo experimental mejoró su puntuación en respuestas correctas un 54.2%, mientras que el grupo control logra un aumento del 26.9%. Según el género, el análisis mostró que no existen diferencias significativas. En cuanto a los conocimientos de acuerdo a las puntuaciones pretest anteriores, se comprobó que no se correlacionan con la mejora lograda después del tratamiento. Por lo tanto, <i>la AEMRM fue igualmente efectiva entre los alumnos participantes, independientemente de su género o de sus conocimientos previos.</i> • Colaboración y motivación: Al comparar los grupos experimentales y de control, una mayor cantidad de interacciones de colaboración se observó en los alumnos de los grupos experimentales. Además, en estos grupos era común ver a todos los miembros participar en las discusiones y explicaciones, situaciones que no ven a menudo en los grupos de control, en los que las discusiones eran menos frecuentes y por lo general entre dos miembros del grupo; el tercer miembro por lo general tenía un papel totalmente pasivo. En cuanto a la motivación, en la última sesión, los alumnos de los grupos experimentales suelen expresar su deseo de seguir trabajando con este tipo de actividades. Por el contrario, los grupos de control por lo general mostraron y expresaron verbalmente su aburrimiento después de dos sesiones. En la encuesta final, tanto la colaboración como la motivación fue mejor valorada por los alumnos del grupo experimental. • Interacción social: se observó que la mejora de los lazos sociales de los alumnos del grupo experimental superaron a los del grupo de control. Así, el grupo de alumnos valorados positivamente al finalizar la actividad, en el grupo de control fueron 29, mientras que en el grupo experimental fueron 47. Por otra parte, el número de alumnos evaluados negativamente en los grupos experimentales disminuyó en tres alumnos (de un total de 4), mientras que en los grupos de control aumentó de cero a tres alumnos.

Tabla 4.3: Resumen “La Robótica Educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías”

Artículo	Moreno et al. (2012)
País	Panamá
EA	<i>Extraescolar</i> Entidad organizadora: Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Chiriquí
PR	Legó Mindstorms NXT (Categoría IM)
SP	NXT-G (Gráfico)
Duración	12 sesiones con una duración de cuatro horas cada una.
Alumnos	Un total de 36 alumnos : 24 mujeres y 12 varones, entre 14 y 15 años.
Objetivo	<p>La Robótica como objeto y apoyo al aprendizaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilitar y motivar la enseñanza-aprendizaje de la ciencia y la tecnología, como asignatura multidisciplinaria. • Desarrollar competencias básicas, tales como trabajar en equipo. • Fomentar en el alumnado un interés por vocaciones científicas, dándoles una visión atractiva y dinámica de la ciencia y la tecnología.
Método de enseñanza	Trabajo por proyectos (equipos de tres integrantes).
Otras características	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación y rotación de <i>roles</i> dentro del equipo: programador, ingeniero y periodista. • Seis colegios participantes: dos colegios pertenecían a <i>comunidades rurales</i> y los otros cuatro a comunidades urbanas. • Se formaron tres grupos de 18 personas: dos grupos de alumnos y un grupo de docentes. • Al finalizar la capacitación, los profesores participantes llevaron a sus colegios la <i>robótica educativa</i> aplicándola a sus clases de matemáticas, física, química y de informática. El proyecto finalizó con la primera Competencia Amistosa Intercolegial de Robótica, donde se realizaron pruebas de laberintos, misiones, competencia de sumo y presentación de proyectos.
Evaluación	<p>Utilización de un questionario “Escala RE-NXT” aplicado tanto a docentes como alumnos, antes y después de finalizar la actividad. En dicha escala se les indagó sobre su grado de confianza en el presente (no puedo hacerlo, relativamente seguro, y seguro de poder hacerlo) en relación con estas dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento lógico-matemático y espacial. • Inteligencia emocional, interpersonal e intrapersonal. • Gestión de la información y el conocimiento, inteligencia lingüística.
Metodología de investigación	Cuantitativa (no experimental, estudio de encuesta).

continúa...

Artículo	Moreno et al. (2012)
Resultados de los alumnos	<p>Las destrezas <i>lógicas y matemáticas</i> de los alumnos aumentaron en un 16% con respecto al inicio del curso. La confianza en sí mismos aumentó al descubrir que tienen el poder de crear objetos (robots), lo que al inicio les parecía demasiado complejo. Respecto a la <i>inteligencia emocional e interpersonal</i>, cabe mencionar que se mantuvo casi igual al final del curso. En cuanto al resultado obtenido en la gestión de la información, el logro de la concentración y la disciplina, y la colaboración a partir del trabajo en equipo, el aumento fue de un 14%.</p> <p>En relación al género señalan que el 65% de los varones mostraba un alto grado de <i>confianza de poder hacer robots</i> antes de iniciar el curso, al finalizarlo esta cifra aumentó al 84%. En la <i>mujeres</i> el cambio fue más significativo, de un 28% a un 62%.</p> <p>Finalmente, la dimensión sobre <i>“conocimiento lógico-matemático y espacial”</i>, se observó que el aprovechamiento de los alumnos de colegios de zonas rurales fue más significativo (17.31%) que el de los alumnos de colegios de zonas urbanas (3.85%).</p>
Resultados de los docentes	<p>Los 18 docentes participantes aumentaron su grado de confianza en cada uno de los aspectos analizados: a) conocimiento lógico, matemático y espacial; b) inteligencia emocional, interpersonal e intrapersonal; c) gestión de la información y el conocimiento, inteligencia lingüística.</p> <p>Por ejemplo, el 71% de los docentes mostraba el máximo grado de confianza de poder <i>hablar en público</i> antes de iniciar el curso, al finalizarlo esta cifra aumentó al 100%. Un aspecto que es de gran ayuda al docente en el proceso de enseñanza.</p> <p>Como conclusión, se señala que se requiere <i>estudios más profundos de la influencia de la RE en el docente</i>, sin embargo, en términos generales los resultados indican que existe una mejoría del docente en casi todas las áreas del conocimiento; y sobre todo consideran que el uso de la <i>robótica como herramienta para la enseñanza de la ciencia y la tecnología favorece notablemente el proceso educativo</i>.</p>

- Monsalves González (2011), mediante entrevista semi-estructurada a siete docentes pertenecientes a la Red de RE del Centro Zonal Sur de la Universidad de Concepción de Chile, desarrolla un *Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa* (MOPRE). Este modelo sintetiza los mecanismos de aprendizaje con RE producidos en el aula (Figura 4.1) en cuatro etapas:
 1. *Formulación del problema de la realidad*, etapa que evidencia lo “real”. El aprendiz vincula el funcionamiento de la realidad con el problema al que debe dar respuesta. Al ser problemas observables y sin

solución conocida por quienes trabajan en el proyecto, se estimula la capacidad de organización, se fortalece la investigación, la autonomía respecto del docente y la interdependencia de los miembros del equipo.

2. *Planificación y organización del proyecto*, donde el alumno desarrolla su pensamiento abstracto basado en la evidencia del comportamiento de los fenómenos existentes, planifica estrategias para reproducirlo, modificarlo o bien diseña una nueva forma de comportamiento. Esta etapa se caracteriza por estimular las “capacidades sociales”, fortaleciendo la creatividad, socializar soluciones nuevas e imaginar cómo concretarlas en abstracto. Requiere que cada miembro del grupo reconozca sus diversas habilidades, consensuar la utilización de recursos, desarrollar conocimiento grupal, practicar la tolerancia y la comunicación.
3. *Construcción del robot*, donde el alumno desarrolla su pensamiento concreto, investiga y busca la forma de construir la solución, analizando diversas opciones hasta encontrar una respuesta que satisfaga la realidad que desea representar. Fortalece el trabajo colectivo y la interdependencia. En esta fase el alumno debe realizar una serie de acciones, por lo que se estimulan las habilidades psicomotoras al manipular objetos, y psicológicas al estar en constante motivación e inmerso en un ambiente de trabajo colectivo.
4. *Programación*, en esta etapa evidencia lo “virtual” que corresponde a las reglas del lenguaje de programación y el uso del software. La transferencia se manifiesta al redactar las instrucciones de programación, estableciendo relaciones con conocimientos previos de ciencia, matemáticas u otro, a fin de dar solución al problema planteado. Esta etapa implica el proceso de aprendizaje del software, donde el docente adopta un rol más protagónico al momento de iniciar a sus alumnos en el lenguaje de programación. Cuando estos adoptan cierta experticia, su aprendizaje es más autodidacta y el docente pasa a ser un apoyo en su proceso de aprender.

Según Monsalves González (2011), las capacidades expuestas no son exclusivas de una etapa sino más bien están presentes de manera transversal en todo el proceso de aprendizaje. A los alumnos, al estar sometidos a diversos grados de complejidad, se les exige tomar decisiones, confrontando en reiteradas ocasiones las capacidades desarrolladas. De

esta manera conocen la realidad y también toman mayor conocimiento de sí mismos.

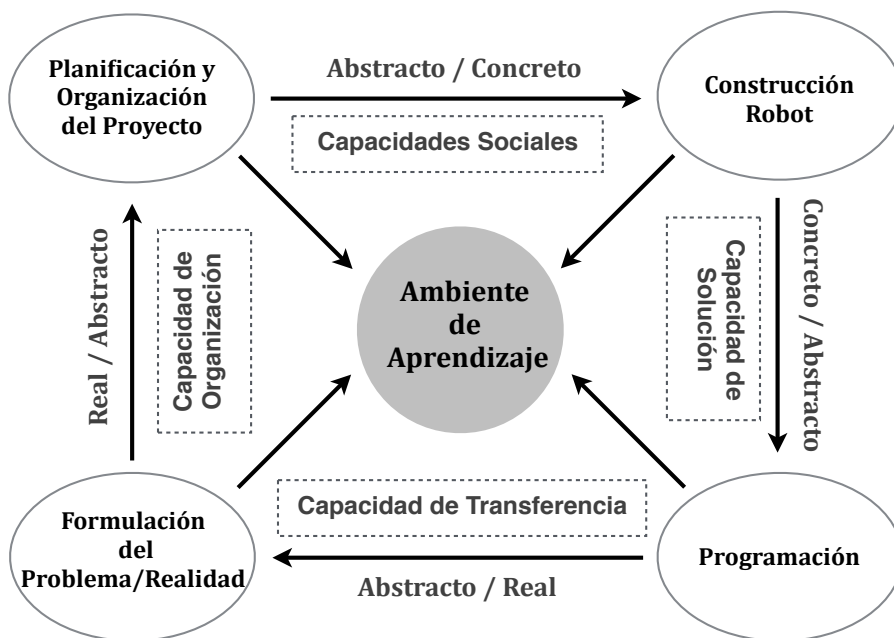


Figura 4.1: *Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa (MOPRE).*
Fuente: Monsalves González (2011).

- En Venezuela, la Escuela de Educación de la Universidad Católica Andrés Bello inicia en el 2004 el proyecto *La Robótica va a la Escuela*⁶⁸. Este proyecto fue concebido con cuatro propósitos generales:
 1. Propiciar en el aula un ambiente pedagógico que posibilite el aprendizaje de la Ciencia y Tecnología a través de procesos de construcción de conocimientos, todo ello, bajo las orientaciones del Aprendizaje Basado en Problemas y el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).
 2. Formación de docentes en el área de *Robótica Educativa*, generando espacios de encuentro y producción de materiales didácticos para el área de Ciencia y Tecnología.

⁶⁸ Web principal: http://w2.ucab.edu.ve/re_presentacion.html. Un resumen del proyecto en: http://w2.ucab.edu.ve/tl_files/escueladeeducacion/roboticaeducativa/ponencia_Robotica_UPEL.pdf

3. Promover la gestación y consolidación de proyectos de incorporación de recursos de *Robótica Educativa* en instituciones educativas.
4. Desarrollar investigaciones para el diseño de recursos tecnológicos de bajo costo y alto desempeño para la creación de un set de *Robótica Educativa* que pueda ser incorporado en las instituciones educativas venezolanas.

Hasta enero del 2011, se beneficiaron más de dos mil estudiantes con la Exposición Itinerante en quince instituciones educativas, se facilitaron más de seis talleres para docentes de distintas escuelas y se desarrollaron experiencias de intervención didáctica en cinco instituciones educativas.

- *Modelo para la medición de los beneficios de la RE (México)*. Ortiz, Bustos, y Ríos (2011) tras realizar una revisión en la literatura científica de 15 autores y su posterior validación por juicio de expertos, proponen un “Modelo de Beneficios de la Robótica en el Aula”. Estos autores identifican las siguientes variables, que dividen en dos grupos:
 - *Variables de entrada*, las que generan ciertos beneficios son: *Ciencias Básicas* (matemáticas y física) e *Ingeniería Aplicada* (electrónica, mecánica, informática, sistemas computacionales y programación). Para su medición elaboran un instrumento utilizando pruebas nacionales e internacionales relacionadas con dichas variables, lo que genera el *Índice de Ciencias e Ingeniería Aplicada* (ICI).
 - *Variables de salida*, es decir, aquellas que son generadas por el uso de la robótica son: *creatividad, trabajo en equipo, motivación, resolución de problemas, auto-identificación con la ciencia y la tecnología*. Su instrumento involucra medir variables intangibles como el trabajo en equipo o la creatividad, por lo que emplean una escala Likert del 1 al 5 para obtener el *Índice de Percepción de los Beneficios* (IPB).

Estos factores de medición los presentan de una manera gráfica en la *matriz IERA* (Índice de Efectividad de la Robótica en el Aula), con el *IPB* en el eje *x* y el *ICI* en el eje *y* (Figura 4.2). Así, se puede verificar fácilmente los esfuerzos y la efectividad de la robótica en el aula según el cuadrante resultante.

Se observa que las variables de entrada principalmente corresponden con contenidos de tipo *conceptual*, mientras que las variables de salida son más de tipo *procedimental y actitudinal*. Por lo tanto, este modelo contempla de forma integral los beneficios posibles al utilizar la RE en el aula.

Como bien señalan Ortiz y cols. (2011), este modelo se puede usar con cualquier plataforma para hacer RE, solamente es necesario adaptar los instrumentos de recolección de datos, tanto el ICI como el IPB, a la edad de los alumnos, los contenidos y objetivos de aprendizaje. Recomiendan realizar tres instrumentos de esta índole, por lo que se tiene una evaluación inicial, una media y una final, con la finalidad de medir el avance en la percepción y en los aprendizajes del alumno.

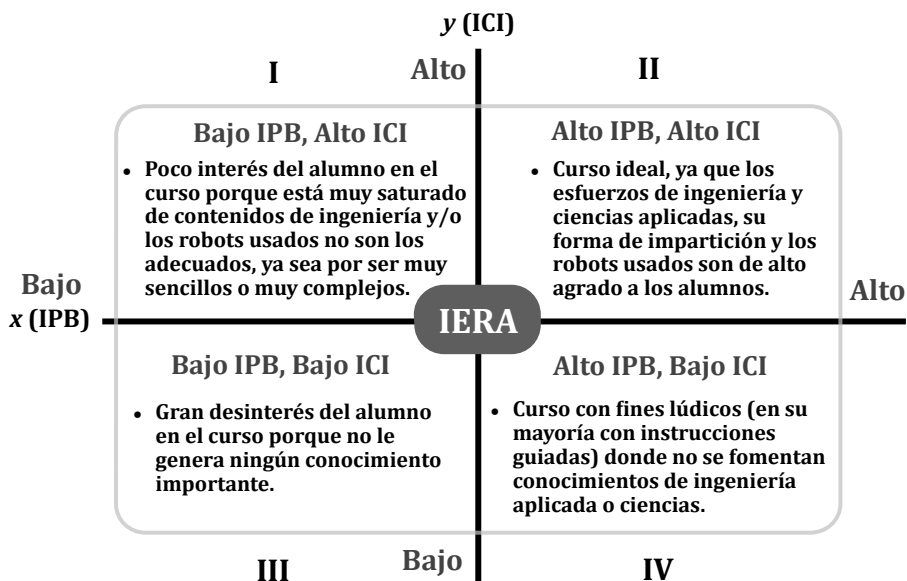


Figura 4.2: Matriz de Índice de Efectividad de la Robótica en el Aula (IERA). Fuente: adaptado de Ortiz y cols. (2011).

- La *Fundación Omar Dengo* de Costa Rica, referente en RE en la región, ha promovido un conjunto de investigaciones que son de gran valor para nuestro estudio (Acuña, 2004, 2006, 2012; Acuña y cols., 2011; Castro y Acuña, 2012). Tales trabajos cubren un período de 16 años de estudios aplicados al campo de la enseñanza y el aprendizaje de la RE. Los ámbitos estudiados van desde proyectos escolares locales (Acuña, 2012) como extraescolares (Tabla 4.4 y Tabla 4.5) hasta su más reciente proyecto titulado “Desarrollo de capacidades para el diseño e implementación de proyectos de *Robótica Educativa* en América Latina y el Caribe” (Acuña y cols., 2011). En dicho estudio promovido, por el Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y el Caribe, encontramos una visión del panorama de la RE en estas regiones. Es la única fuente que

nos permite tener una visión global de la situación en Latinoamérica, de allí su importancia.

Dicho estudio se realizó mediante un análisis de contenido de textos (se utilizó el programa de análisis cualitativo QSR N-VIVO versión 8.0) recuperados en internet, que versan sobre proyectos de RE vigentes durante el primer semestre del año 2010 y desarrollados en países de América Latina y el Caribe. Analizan dichas iniciativas con el fin de sistematizar sus principios educativos, alcances, logros y dificultades actuales.

Trabajaron con 53 proyectos activos (páginas web, blogs, noticias, otros). El 74% de los proyectos analizados provienen de América del Sur y se ubican en 10 países (Argentina, Colombia, Chile, Perú, Uruguay, Bolivia, Ecuador, Brasil, Paraguay, Venezuela), en los que Colombia, Argentina y Chile concentran la mayor cantidad de proyectos; en segundo lugar se ubica México con un 13% que corresponde a 7 proyectos; en tercer lugar se ubica América Central con 9%, que corresponde a 5 proyectos ubicados en tres países (Costa Rica, El Salvador, Guatemala) y finalmente se ubica la región del Caribe con un 4% y la República Dominicana (como país representante).

En su mayoría, las propuestas apuestan por estrategias pedagógicas en cuatro áreas generales: a) Aprendizaje inductivo y por descubrimiento, b) Adquisición de conceptos básicos en materias varias, por ejemplo, robótica, informática, electrónica, diseño y mecánica, c) Desarrollo de habilidades y destrezas en la solución de problemas y d) Creatividad e investigación. Los resultados señalan:

- **Fortalezas:**

- *Área administrativa:* autogestión, conformación de alianzas y en la organización de eventos. El 45% de los proyectos participan en eventos nacionales y/o internacionales, en torneos generalmente, en donde los alumnos tienen la oportunidad de demostrar y poner a prueba las habilidades y destrezas aprendidas y también sirven como un insumo para la evaluación de los procesos desarrollados en la enseñanza en cuanto al cumplimiento de objetivos y metas. Además, estas competencias les permiten entrar en contacto con otros proyectos de RE, intercambiar

conocimientos y reunir nuevas ideas que pueden implementarse en sus países.

- *Área pedagógica*: la construcción de propuestas pedagógicas para la implementación de la RE, la participación en torneos, conferencias y seminarios y la realización de procesos de investigación en el campo de la tecnología.
- *Área técnica*: creación de desarrollos tecnológicos propios (ocho proyectos) y de innovaciones tecnológicas. Hay cinco proyectos que incorporan dentro de sus programas educativos de manera simultánea recursos tecnológicos diversos, es decir, provenientes de diferentes fabricantes. Sin embargo, el uso de los kits de LEGO para hacer *Robótica Educativa* es el más difundido y 20 de los proyectos encontrados reportan su uso.

- **Debilidades:**

- *Área administrativa*: el 67% de los proyectos de RE son liderados por entidades privadas (empresas, instituciones privadas de enseñanza, ONGs), el 25% por universidades, en su mayoría también de carácter privado y el 11% de los proyectos por entidades gubernamentales. Se evidencia que, las propuestas y proyectos estatales y gubernamentales son limitados y que ante estos vacíos las empresas e iniciativas privadas asumen la generación de estrategias para satisfacer las necesidades en este ámbito. Sin embargo, los proyectos con alcance nacional siguen siendo fundamentales para lograr desarrollos inclusivos y equitativos entre toda la población.
- *Área pedagógica*:
 - ◇ *Los contenidos*: se identificó la necesidad de desarrollar mayores recursos virtuales y propuestas tanto formales como informales para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica.
 - ◇ *Los procesos educativos*: 29 proyectos, el 55% del total, no evidenció en sus publicaciones alguna propuesta pedagógica. Asimismo, surge la necesidad de crear redes colaborativas de trabajo.
 - ◇ *La evaluación del alcance e impacto de las iniciativas*: solamente 3 proyectos refieren contar con un sistema de evaluación de resultados, es decir, las implementaciones se estarían llevando a cabo sin verificar de manera objetiva que las metas

planteadas se cumplan, o si se alcanzan las habilidades que se pretenden lograr en las poblaciones meta y en qué medida.

- *Área técnica*: limitaciones durante la implementación de nuevos desarrollos tecnológicos. La mayoría de los programas de los proyectos se ejecutan en periodos cortos y distanciados unos de otros (por ejemplo, una semana, un mes o solamente en vacaciones). Lo cual limita las opciones de continuidad y consolidación de una especialidad para aquellos estudiantes que se inclinen por la robótica como profesión. Asimismo, las opciones de formación superior se ven limitadas por la ausencia de programas de formación universitaria e, incluso a nivel técnico, en *Robótica Educativa*.
- **Oportunidades:**
 - Mayor cobertura de los procesos educativos con robótica.
 - Posibilidad de trabajo conjunto entre los proyectos mediante su vinculación en redes de aprendizaje y de trabajo (no se observaron evidencias de trabajo conjunto entre proyectos a nivel local, regional o nacional).
- *Enfoques teóricos*: el 45% de los proyectos se apoyan en marcos teóricos y epistemológicos, generalmente constructivistas y socio-cognitivos.
- *Investigación*: se identificaron 13 proyectos con líneas de investigación específicas que se dirigen principalmente a: a) El desarrollo de interfaces y componentes tecnológicos para Robótica Educativa, b) Implicaciones de la automatización y la robótica en escenarios industriales y productivos e individuales, c) Diseño y construcción de robots específicos y d) Desarrollo de aplicaciones científicas de la robótica. Sin embargo, únicamente uno de los proyectos estudiados menciona el desarrollo de iniciativas de *investigación sobre la relación entre robótica y educación*, componente fundamental para el desarrollo adecuado de programas educativos y el logro de objetivos de aprendizaje en las poblaciones meta.

Estos hallazgos sustentaron la creación en el año 2011 de la *Red Robótica Latinoamericana* (<http://redrobotica.org>), un espacio virtual que constituye una red social de conocimiento, en la cual se da acceso a los

productos, investigaciones y servicios que se gestan entre los miembros de la red. Además, se propicia de forma permanente y continua el diálogo, el intercambio de experiencias, aprendizajes y resultados obtenidos por los proyectos de todos los países que conformen la red.

Finalmente, partiendo del hecho de que la *Robótica Educativa* inicia su inserción en contextos educativos a partir de la década de los noventa y principalmente en países de América del Norte (Estados Unidos y Canadá), Asia y Europa, el hecho de que el 35.7% de los países Latinoamericanos y del Caribe reporten proyectos educativos en este campo de estudio, refleja una actitud dinámica y proactiva hacia la tecnología (Acuña y cols., 2011).

Asimismo, ciertas iniciativas (con presencia en Internet) han diseñado sus propios recursos para hacer RE, entre ellas:

- *Proyecto ICARO*⁶⁹ (Basel, 2012). Se trata de un proyecto colaborativo sin fines de lucro, que trata de acercar de manera sencilla las nociones básicas de la electrónica y la programación en un entorno robótico para utilizarlo dentro del aula como una herramienta de aprendizaje, usando software libre y hardware de especificaciones abiertas.
- *Proyecto Butiá*⁷⁰ (Ricca y Dearmas, s.f.; Tejera y cols., 2011): Plantea como objetivo crear una plataforma robótica simple, la cual pone al alcance de los alumnos las herramientas necesarias para interiorizarse con la programación de comportamientos en robots. Trata de ampliar las capacidades sensoriales y de actuación de un ordenador, transformándolo en una plataforma robótica móvil. Se apoya, en todo sentido, sobre los ordenadores OLPC (One Laptop per Child), proporcionados al sistema de educación público de Uruguay a través del Plan Ceibal.

⁶⁹ <http://roboticaro.org>

⁷⁰ <http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/>

Tabla 4.4: Resumen “Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades en diseño para niños, niñas y jóvenes en América Latina”

Artículo	Acuña (2006)
País	Costa Rica
EA	Extraescolar (organizado por la Fundación Omar Dengo)
PR	Algunos sensores e interfaces de comunicación se compraron, mientras que para la construcción de estructuras y mecanismos se usaron materiales reciclables (categoría EIM).
SP	Se priorizaron los de libre acceso (no se especifican).
Duración	Cuatro horas semanales durante 14 semanas (inicialmente eran 10 semanas). Del 2004 al 2006. Se efectuaron cinco ejecuciones de la misma metodología.
Alumnos	Un total de 117 estudiantes , entre 8 y 15 años.
Objetivo	<p>La Robótica como objeto y apoyo al aprendizaje de habilidades.</p> <p>Su objetivo: diseñar y evaluar una propuesta metodológica para implementar RE a bajo costo, con el fin de estimular el desarrollo de las capacidades creativas, habilidades en diseño, fluidez tecnológica, trabajo en equipo y resolución de problemas en los alumnos. Las variables correspondientes a la validación de la metodología fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factibilidad y nivel de exigencia de la propuesta con relación al tiempo de ejecución de las actividades, logro de objetivos y contenidos, dificultades y ventajas demostradas en alumnos y docentes. • Incidencia, se identificaron las variantes en creencias y conocimientos de alumnos y docentes respecto a la robótica. • Habilidades y desempeños que la propuesta metodológica propicia en los alumnos.
Método de enseñanza	Aprendizaje basado en proyectos.
Otras características	<p>En este estudio también participaron cinco docentes, quienes se desempeñaron como observadores participantes.</p> <p>Para los grupos de 20 alumnos conformados por edades y procedencias distintas, se contaron con dos personas apoyando el proceso. Un educador y un docente observador que estaba aprendiendo pero que apoyaba diferentes actividades.</p>
Metodología de investigación	<p>Cualitativa (investigación acción).</p> <p>Entre las técnicas de recolección de información se utilizaron: la observación, entrevistas, fichas de información, análisis de producciones: programas, esquemas, planes de proyectos, registros fotográficos, escritos de los docentes y el portafolio del investigador.</p>

continúa...

Artículo	Acuña (2006)
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> • La propuesta metodológica tiene un alto grado de factibilidad y posibilidades de réplica en otros contextos, o países, pero exige desempeños y conocimientos mínimos en los educadores y en los estudiantes, así como cambios en las formas de hacer y pensar. • Factibilidad alta: se recomiendan 14 semanas en sesiones de 3 horas. • Incidencia (alta para los alumnos y media para los docentes): las creencias acerca de la robótica inciden en la forma de hacer y pensar, se produjeron cambios en las metodologías de trabajo y organización. • Exigencia (alta para los alumnos y media para los docentes): se requiere capacitación y conocimientos básicos en robótica educativa. • Habilidades y desempeños «La mayoría [docentes y alumnos] descubrió capacidades, facilidades y cualidades que tienen y que no conocían» (Acuña, 2006, p. 26). Los docentes cambiaron sus ideas sobre los logros y las habilidades que los alumnos podían alcanzar. • Esta clase de propuesta se ubica como una opción extraescolar muy atractiva y propicia para combatir la deserción escolar. Tanto las habilidades descubiertas en este contexto como los desempeños descritos, plantean el desafío de su validación en experiencias futuras y serían un excelente marco para otras investigaciones.
Recomendaciones generales para nuevas propuestas	<p>Edad de los alumnos: los niños de 8 años mostraron dificultades de desempeño, particularmente con el uso de herramientas (no cuentan con la fuerza suficiente para destornillar... y esa limitación física de su desarrollo actual les hace depender de otros compañeros, o abandonar con facilidad las tareas) y el seguimiento de consignas y tareas (se observan muy dependientes y necesitan mucha guía y ayuda de sus mediadores para atender y seguir lo solicitado). Para los docentes, los alumnos con edades mayores de 10 años tuvieron mejor desempeño.</p> <p>Espacio físico: las aulas de trabajo deben poseer el espacio suficiente para que el grupo de alumnos se pueda mover con facilidad. La separación del área de construcción de la de programación no es recomendable.</p> <p>Carencia de conocimientos previos: durante las actividades de RE puede darse el caso de que algunos conocimientos no contemplados para su enseñanza en la propuesta, los alumnos no los posean, sean muy bajos o ausentes. En esta experiencia fueron de matemáticas (suma, multiplicación, división, planos a escala...). Así, surgen dos retos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Garantizar que los participantes, previo ingreso al proyecto, posean ese conocimiento. • Obviar el problema y que los alumnos sin conocimiento se apoyen en otros más expertos (ZDP) y eventualmente podrían aprenderlo (situación que no es segura). <p>El tamaño del grupo: se sugieren 14 alumnos (máximo) por docente.</p> <p>Método de enseñanza: los docentes reconocen el valor e importancia de las consignas claras, la asignación de responsabilidades y el logro de los objetivos por sesión. Valoran la característica de resolución de problemas presente en los EAR (diferentes soluciones a una misma situación).</p>

Tabla 4.5: Resumen “Propuesta Comunitaria con Robótica Educativa: valoración y resultados de aprendizaje”

Artículo	Castro y Acuña (2012)
País	Costa Rica
Entorno de Aprendizaje	<i>Extraescolar</i> (Centros interactivos comunitarios de FundaVida) Organizado por la Fundación Omar Dengo y FundaVida
PR	<i>Legó</i> (Categoría IM)
SP	<i>Robolab</i> (Gráfico)
Duración	12 sesiones con una duración de dos horas cada una.
Edad de los alumnos	Un total de 79 estudiantes , 47 varones y 32 mujeres, con una media de edad de ME = 11.5 años, DE = 1.4
Objetivo	<p><i>La Robótica como objeto y apoyo al aprendizaje de habilidades.</i></p> <p>Se identificaron cuatro procesos de aprendizaje: <i>construcción, programación, diseño y publicación</i>. En cada uno de estos procesos se espera de los estudiantes lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de construcción: Identifican los principios constructivos y mecánicos que les permiten crear y poner a funcionar prototipos robóticos de invención propia. • Habilidades de programación: Programan sistemas de control para sus robots que permiten un óptimo funcionamiento de acuerdo a su estructura y función. • Habilidades creativas: Concretan proyectos que simulan sitios y eventos que integran prototipos robóticos en la representación de situaciones o problemas de la vida real. • Habilidades sociales: Evidencian estrategias de resolución de problemas tanto a nivel tecnológico como de convivencia y aprendizaje con sus pares; evidencian trabajo en equipo en sus procesos de aprendizaje y en la concreción de proyectos; comparten sus procesos de pensamiento en forma verbal o gráfica, y divulgan sus productos y procesos de aprendizaje en forma presencial y digital.
Método de enseñanza	Trabajo por <i>proyectos</i> (en parejas)
Otras características	Los educadores participaron en un taller de 40 horas que les involucró en el estudio y comprensión de los principios básicos de la robótica educativa y luego se planearon sesiones de estudio particulares para abordar temas como estrategias de mediación para el diseño de proyectos, máquinas compuestas, grados de libertad y movimientos excéntricos, metodológicas y didácticas para la enseñanza de la robótica.

continúa...

Artículo	Castro y Acuña (2012)
Evaluación	<p>Utilización de una Rúbrica [escala de 1 (poco dominio) a 4 (máximo dominio)] con estas dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción: 1) Conocimiento y utilización de las piezas de construcción, 2) Construcción de mecanismos, 3) Acople de sistemas de engranajes, 4) Resolución de problemas de construcción y 5) Uso del tiempo. • Programación: 1) Control de actuadores, 2) Resolución de problemas de programación, 3) Uso de estructuras de control de tiempo, 4) Uso de estructuras de programación (estructuras simples), 5) Ciclos condicionados, estructuras iterales y condicionales, 6) Programación de tareas (multitareas), 7) Uso de diversidad de comandos y 8) Efectividad en la programación. • Trabajo en equipo: 1) Colaboración y apoyo, 2) Contribuciones de los integrantes, 3) Concentración en la tarea, 4) Esfuerzo y 5) Comunicación. • Proyecto grupal: 1) Diseño previo, 2) Temática y 3) Diversidad de prototipos. • Exposición del trabajo: 1) Claridad, orden y 2) Organización de la información.
Metodología de investigación	<p>Cualitativa (observación)</p> <p>La evaluación se enfocó en dos aspectos fundamentales: la puesta en práctica y adaptación de la propuesta de aprendizaje y los resultados de aprendizaje logrados por los participantes. Mediante evaluaciones hechas por dos personas (el docente y una persona del equipo organizador) de los proyectos, realizadas a mitad de cada taller y en la sesión final. Igualmente se realizaron observaciones durante las sesiones ordinarias.</p>
Resultados	<p>Al finalizar los talleres los estudiantes elaboran proyectos grupales que representan sitios o eventos, utilizan mecanismos integrados por diferentes máquinas y operadores para la transmisión de movimiento, los programas para sus prototipos incluyen estructuras de multitareas y ciclos condicionados, estructuras de control de tiempo y uso de sensores.</p> <p>Sin embargo, se presentaron dificultades con el logro de los componentes sociales: trabajo en equipo, comunicación y socialización de los procesos de aprendizaje.</p>
Recomendaciones generales para nuevas propuestas	<p>Reforzar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las estrategias de resolución de problemas tanto a nivel tecnológico como de convivencia y aprendizaje con sus pares. • La fase de diseño previo del proyecto y la distribución de tareas entre los miembros integrantes de cada subgrupo. • La comprensión y anticipación del uso de mecanismos con sistemas de engranes compuestos para prototipos complejos. • El uso de estructuras condicionales en la programación. • Mayor integración entre los elementos de los proyectos grupales. • El desarrollo de habilidades para hablar en público y expresar sus ideas de manera clara y ordenada aprovechando los recursos digitales creados para ese fin.

- *Multiplo*⁷¹: Este sistema constructivo fue creado por técnicos y docentes argentinos de la empresa RobotGroup⁷². Multiplo es un robot de diseño compacto, completamente desarmable, reconfigurable y expandible. Tanto el software como los planos de la electrónica son abiertos y de libre distribución.

4.1.3. Robótica Educativa Preuniversitaria en el resto de Países

Para conocer el estado del arte de la RE en el resto de países analizamos dos revisiones sistemáticas (Tabla 4.6). En éstas, los autores han utilizado un método para evaluar e interpretar los trabajos más relevantes sobre RE.

- Benitti (2012) examina en las principales bases de datos bibliográficas internacionales (IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, ERIC, SpringerLink y Wilson Educación) el estado de la investigación en RE en las escuelas. Las búsquedas se limitan a artículos revisados por pares en base a las siguientes preguntas:
 1. ¿Qué temas se enseñan a través de la robótica en las escuelas?
 2. ¿Cómo se evalúa el aprendizaje de los estudiantes?
 3. ¿Es la robótica una herramienta eficaz para la enseñanza? ¿Qué muestran los estudios?

La búsqueda inicial produjo 197 artículos. Luego, se excluyeron los que no correspondían con sus objetivos de investigación (45% eran de contextos universitarios o enfocados en el diseño de robots, en el 29% la robótica no era un instrumento para la enseñanza, un 2.5% por utilizar simulaciones y no robots físicos, y 60 artículos por carecer de una evaluación cuantitativa). En total este autor analiza 10 estudios sobre RE preuniversitaria.

- Gaudiello y Zibetti (2013) analizan 15 estudios para obtener los primeros resultados sobre la aplicación de la *Robótica Educativa* en contextos escolares, extracurriculares y en la formación del profesorado. El objetivo es evaluar los beneficios esperados y los riesgos potenciales sobre la base de los logros y las preocupaciones planteadas por la comunidad de docentes e investigadores.

⁷¹ <https://bit.ly/2W3wvmk>

⁷² Web de la empresa RobotGroup <https://robotgroup.mitiendanube.com/> y un video del robot multiplo N8 https://youtu.be/ZEleftJN_xk

Tabla 4.6: Comparación de dos revisiones sistemáticas de estudios sobre Robótica Educativa Preuniversitaria

	Benitti (2012)	Gaudiello y Zibetti (2013)
Artículos analizados	<p><i>Total = 10</i> Entorno escolar = 3 Entorno extraescolar = 7</p>	<p><i>Total = 15</i> Entorno escolar = 5 Entorno extraescolar = 7 Formación de docentes = 3</p>
Metodología utilizada en los estudios	<p><i>Cuantitativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuatro estudios no experimentales (sin grupo de control). • Tres cuasi-experimentales. • Tres experimentales. <p>El 70% de los estudios implican una pequeña muestra (menos de 100 participantes) y solamente dos implican una muestra aleatoria.</p>	<p><i>Cuantitativa:</i> cinco usan un enfoque experimental (comparación entre grupos de control y experimental).</p> <p><i>Cualitativa:</i> diez se basan en la observación de las diferencias entre el conocimiento y las habilidades que los niños y los maestros tienen antes y después de las actividades robóticas.</p>
PR y LP*	<p>El 90% usó robots Lego (RCX, NXT y Evobot). Un robot fue desarrollado por los propios investigadores.</p>	<p>Kits de robótica Lego WeDo y Lego Mindstorms (RCX o NXT). Software con Lego-Logo o Robolab.</p>
Temas que se enseñan	<p>El 80% explora temas relacionados con los campos de la <i>física</i> y las <i>matemáticas</i> (distancias, ángulos, cinemática, la construcción e interpretación de gráficas, fracciones y conceptos geoespaciales). Dos estudios se alejan de las ciencias exactas: uno enseña los principios básicos de la evolución y el otro a desarrollar habilidades de comunicación social en autistas.</p>	<p>Gran parte de los estudios tienen como propósito el aprendizaje de la <i>tecnología en sí</i> (funcionamiento de la PR y del SP). Una pequeña parte mezcla nociones de la <i>ciencia y matemáticas</i>. Muy pocos tienen como objetivo el aprendizaje de la biología y la física.</p>
Habilidades que se promueven	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Habilidades de pensamiento</i> (observación, estimación y manipulación). • <i>Habilidades del proceso científico y de resolución de problemas</i> (la generación de hipótesis, pruebas de hipótesis y control de variables). • <i>Habilidades de interacción social y trabajo en equipo</i>. 	<p>Adquisición de <i>habilidades cognitivas de alto nivel</i> (comunicación, planificación, auto-corrección, descomposición del problema, metacognición).</p> <p>Aspectos <i>motivacionales</i> (confianza en sí mismo, autonomía, compromiso, trabajo en equipo, etc.).</p>
Resultados obtenidos	<p>En general, los resultados muestran una ganancia en el aprendizaje con el uso de la robótica. También hay casos en que no hubo un aumento significativo de los aprendizajes conceptuales.</p> <p>En cuanto a las habilidades, los resultados indican que para cada habilidad evaluada, se observaron mejoras significativas en algunos estudios y otros estudios sin mejoras significativas.</p> <p>Por lo tanto, la robótica tiene un gran potencial para ayudar en la enseñanza. Sin embargo, la ganancia en el aprendizaje de los alumnos <i>no está garantizada</i> solamente por la simple aplicación de la robótica, ya que hay varios factores que pueden determinar el resultado.</p>	<p>Los estudios demuestran que las intervenciones a largo plazo obtienen mejores resultados que las breves.</p> <p>Los resultados iniciales muestran que el control de esta tecnología por parte de los alumnos requiere algo más que el conocimiento de los componentes hardware, de la sintaxis y semántica de la programación; y que dicho conocimiento se obtiene gradualmente en paralelo con el desarrollo cognitivo de los alumnos. Parece claro, que la propia tecnología robótica no puede tener ningún efecto sobre el aprendizaje. Se debe adecuar según el objetivo educativo deseado.</p>

* PR = Plataforma Robótica y LP = Lenguaje de Programación

Estas revisiones sistemáticas informan de un conjunto de resultados mixtos sobre la contribución de la RE en la enseñanza de contenidos conceptuales y procedimentales. Tanto Benitti (2012) como Gaudiello y Zibetti (2013), señalan una falta de estudios experimentales completos y muestras más significativas.

Además, estos autores encontraron descripciones poco detalladas de los protocolos y de los métodos de evaluación utilizados, sin olvidar que el 90% de los casos estudiados corresponden a una única PR: LEGO, lo cual no permite un buen trabajo de meta-análisis de la literatura sobre la RE.

Según Benitti (2012) la evidencia empírica para apoyar la efectividad de la *Robótica Educativa* es todavía bastante *limitada*. Sin embargo, como se deduce de las investigaciones revisadas, se presenta un *panorama positivo*. Este mismo autor nos indica algunos factores que los estudios analizados consideran importantes para un uso eficaz de la RE:

- *El rol del docente*. El docente influye sobre la forma en que estas herramientas son recibidas por los alumnos; su actitud positiva es muy importante.
- *Cursos de formación*. Ofrecen a los docentes la capacitación suficiente para garantizar que se encuentren cómodos al hacer RE, especialmente, con la programación.
- *Espacio físico*. Es necesario que haya un gran espacio para que los alumnos trabajen. Deben ser capaces de distribuir el material en el suelo y así probar diferentes tipos de soluciones según el proyecto al que se enfrentan.
- *Alumnos por equipo*. Los grupos de trabajo no deben ser demasiado grandes (un máximo de 2-3 alumnos).
- *Sobre las actividades*. La actividad encomendada a los alumnos debe ser relevante y realista de resolver. Se recomiendan lecciones cortas. Las tutorías breves y reuniones de información podrían ser más interesantes para los alumnos si se les ofreciera en el momento indicado.
- *Grado de autonomía de los alumnos*. Es importante proporcionar una oportunidad para que los alumnos exploren la plataforma de robótica antes de que trabajen en un reto de diseño.
- *Características del diseño del EAR y el enfoque pedagógico*. La estructura del EAR, combinada con enfoques pedagógicos específicos, fomentan las habilidades de pensamiento y el proceso científico. Hay dos aspectos del

diseño de un EAR (EA enriquecido con tecnología y la retroalimentación inmediata incorporada al sistema) y un aspecto del diseño didáctico (la investigación amplia y sin restricciones que pueden realizar los alumnos) (Sullivan, 2008).

- *Mayor investigación.* Las inversiones en la formación de docentes, además de los costes de adquisición de equipos para hacer robótica, refuerzan la necesidad de realizar investigaciones que demuestren claramente las ventajas de cada enfoque metodológico para el uso de la robótica en la educación, buscando guiar a las escuelas hacia un uso efectivo de esta tecnología.

Por su parte, Gaudiello y Zibetti (2013) señalan los siguientes factores:

- *Evaluación procesual para medir los efectos en los aprendizajes.* La escasez de estudios longitudinales en RE hace que sea muy difícil diferenciar los efectos principales (por ejemplo, la transferencia de habilidades de planificación, auto-corrección, etc.), los efectos colaterales (efectos secundarios como: el efecto de novedad, lúdico, etc.) y los efectos relacionados con el contenido de la tarea en sí (una resolución de problemas aritméticos que puede producir por sí misma los efectos de la transferencia de habilidades de planificación). Por lo tanto, se necesitan otros métodos de valoración. Por ejemplo, se propone examinar el aprendizaje de los alumnos *durante el proceso* de resolución problemas con el robot, en lugar de establecer los resultados de su rendimiento con una evaluación final como en el aprendizaje tradicional (Apartado 3.3).
- *Cambio en los roles del docente y del alumno.* La integración de la robótica en entornos educativos requiere un cambio significativo en el papel que normalmente ejecutan los docentes como distribuidores indiscutibles del conocimiento, hacia un rol de mediador entre las ideas de los alumnos y su viabilidad o como mediador entre el alumno y el robot. Así, la adopción de la robótica requiere también una nueva forma de andamiaje robot-alumno, alumno-alumno y docente-alumno.

De esta manera, estas autoras proponen una reconfiguración de los métodos de enseñanza y su evaluación en varios niveles, por lo que plantean tres acciones:

1. *Seleccionar adecuadamente el recurso para hacer RE (PR + SP) según el objetivo y los contenidos que los alumnos deben aprender.* Sobre este punto

podemos señalar que, no todas las PR apoyan todo tipo de aprendizaje, principalmente los conceptuales, recordemos la Tabla 1.2 y la metáfora de la “caja negra” (Resnick y Silverman, 2005). La utilización de la RE sin una intención pedagógica concreta, puede resultar en la transmisión de habilidades más que de conocimientos (según indican los análisis de algunos estudios).

2. *La transmisión/recepción de tales objetivos y contenidos.* Colocar al alumno en el centro del proceso de aprendizaje, brindándole un papel constructivo en este proceso. Este punto, como bien señalan, requiere que los docentes renueven las prácticas educativas que incluyen actividades de excesivo control por su parte. De tal manera que se garantice el equilibrio entre los esfuerzos de esta reconfiguración y un aumento de los resultados reales percibidos.
3. *La evaluación de la transmisión y de la recepción que tiene lugar en un entorno de RE.* Proponen, muy acertadamente, realizar en paralelo la evaluación del método de enseñanza y de los efectos en el aprendizaje en estos entornos.

Finalmente, Gaudiello y Zibetti (2013) explican que la adopción de la RE actualmente depende en gran medida del desarrollo de estos nuevos protocolos experimentales.

4.2. Retos para la integración de la RE en el EA Escolar

Alimisis (2013) considera a la RE, como una rama de la tecnología educativa, que sufre de los mismos problemas bien conocidos de ésta. Este autor, basándose en las ideas presentadas y discutidas durante el tercer Congreso Internacional “Teaching Robotics, Teaching with Robotics” (TRTWR, 2012), que se centró en la situación actual de la *Robótica Educativa* a nivel europeo, identifica y analiza algunos de sus problemas críticos actuales, al igual que los desafíos emergentes a consecuencia de estos problemas. Estos son:

- *La tecnología está en todas partes, excepto en las escuelas.* Entre los obstáculos para la aplicación de la RE en la educación escolar se encuentra *el coste de los equipos necesarios y el trabajo de organización del aula.* Este problema se agrava cuando se combina con la *percepción de la robótica como algo difícil* de hacer y por el *sesgo de género*: es solamente para chicos (Apartado 2.2.2.1).

- *La manera de integrar actualmente la tecnología (incluyendo la robótica) al aula no es compatible con las habilidades de aprendizaje del siglo XXI.* En muchos casos, las tecnologías que se introducen al aula simplemente refuerzan las viejas formas de enseñar y aprender. Los laboratorios típicos de ciencias de los centros escolares no parecen apropiados para fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad, el trabajo en equipo y habilidades de comunicación (habilidades necesarias para el éxito en el siglo XXI), ya que tienen una arquitectura de trabajo basada en la experimentación rigurosa, disciplinada y con guión. Los alumnos son guiados con recetas hacia el descubrimiento de conceptos predefinidos, lo que limita enormemente su verdadero potencial (según el Apartado 2.2.2.2 y 3.2).
- *Necesidad de perspectivas nuevas y más amplias.* Hasta ahora la mayoría de las aplicaciones de la robótica en la educación se han centrado en el apoyo a la enseñanza de temas que están estrechamente relacionados con el campo de la robótica, como la construcción y la programación del robot. Si queremos que participen más alumnos (lo ideal es que todos), se necesitan proyectos que amplíen el público participante (Rusk, Resnick, Berg, y Pezalla-Granlund, 2008).
- *Cambio del paradigma de “caja negra” a “caja blanca”: los alumnos como “hacedores” y no únicamente como consumidores.* La industria de la robótica, hasta ahora, tiene como objetivo principal que usemos robots prefabricados y pre-programados. Por lo tanto, la forma en que se hacen y se programan los robots es una “caja negra” para sus usuarios. Por desgracia, el mismo método de “caja negra” es seguido muy a menudo en aplicaciones de RE, donde el robot se ha construido o se programa con antelación y se introduce en la actividad de aprendizaje como un fin o una herramienta pasiva. A menudo, el razonamiento detrás de la “caja negra” se basa en la percepción de que la construcción y programación de un robot es una tarea muy exigente para los alumnos. Muy diferente a este enfoque, las metodologías constructivista y del construccionismo requieren robots transparentes (“caja blanca”), donde los usuarios puedan construir y deconstruir objetos, puedan programar robots a partir de cero y dispongan de una profunda conexión estructural con los mismos objetos, en lugar de consumir productos tecnológicos ya hechos. Así, este dilema entre la metáfora “caja blanca” y “caja blanca/negra” parece que debe ser respondido por *los docentes* en función de sus objetivos de aprendizaje

cuando introducen la robótica en su clase y, más importante aún, de acuerdo a los intereses y necesidades de aprendizaje de sus alumnos.

- *¿Es la Robótica solamente una moda? Necesidad de validar el impacto de la robótica.* Hay una falta de evaluaciones sistemáticas y de diseños experimentales fiables en *Robótica Educativa*. Benitti (2012) pone de manifiesto que la mayor parte de la literatura sobre el uso de la robótica en la educación es de carácter descriptiva y se basa en los informes de los docentes que han alcanzado resultados positivos, con iniciativas a pequeña escala e individuales. Una crítica que surge dentro de la comunidad de robótica en los últimos años es que, hay una clara falta de *investigación cuantitativa* sobre cómo la robótica puede aumentar los logros de aprendizaje de los alumnos.

A nivel Latinoamericano, Barranco (2012) comenta los retos a los que los docentes y los alumnos se enfrentan al introducir *talleres de RE* en el currículo escolar:

1. *Quitarle a los docentes el miedo de usar la tecnología.* Como los alumnos nacen con el chip tecnológico preparado no habrá problemas. Sin embargo, una gran cantidad de docentes por primera vez observará y utilizará estas plataformas de robótica, y poderles ayudar a desaparecer ese miedo será fundamental para el buen desarrollo de sus habilidades en la construcción y programación de robots. Sobre este particular, Acuña comenta: «Al inicio los educadores mostraron ciertos niveles de tensión e inseguridad producto del desconocimiento del contenido y la metodología a seguir. A partir de la ejecución del segundo taller estas dificultades fueron superadas, reflejándose en los productos de los estudiantes» (2006, p. 10).
2. *Falta de experiencia previa en RE y de infraestructura adecuada.* En la actualidad, son pocos los centros escolares que tienen recursos para hacer RE y que tienen la infraestructura para desarrollar los talleres y prácticas de robótica, limitante que obstaculiza una experiencia previa.
3. *Falta de bibliografía especializada.* Las bibliotecas de los centros escolares no suelen disponer de material didáctico sobre este tema y el acceso a la información de robótica vía Internet resultará un desafío abrumador. La gran cantidad de información digital sobre el tema saturaría al docente y al alumno, lo que no permitiría la concentración en el desarrollo

del problema planteado para la adquisición de los conocimientos y experiencias significativas.

4. *Necesidad de crear robots propios y guías de aprendizaje para que las experiencias de RE sean contextualizadas y no extranjeras.* De tal manera que las actividades se enfoquen en la realidad donde convive diariamente el alumno.
5. *La integración de otras áreas del conocimiento.* Facilitar mediante la robótica y a través de la revisión de los ejes transversales de las otras asignaturas que no son del área tecnológica como: español, física, matemática, entre otras. Aprovechando la relación multidisciplinar de la robótica, el aprendizaje será más fluido y enriquecedor, ya que los alumnos lo harán de una manera natural y comfortable, puesto que ya conocen cómo se construye y programa un robot y aplicarán esos conocimientos en resolver los problemas que se les asignen en otras asignaturas.

Por otra parte, exponemos otros desafíos encontrados por otros autores:

- *Para los docentes.*
 - El hecho de que, en general, *no hay una única manera de resolver un problema* confunde a muchos docentes al iniciar sus clases de RE. No tener una respuesta correcta, pero sí varias formas de abordar un problema es una experiencia con la que muchos docentes no están familiarizados. Usualmente, con la mayoría de las materias que enseñan, los docentes tienen todas las respuestas. Esta es la expectativa convencional de la enseñanza, lo que provoca que ellos también sientan que deben ser capaces de saber si los alumnos están en el camino correcto o no (Rogers y Portsmore, 2004).
 - *Diseño de material didáctico.* Generalmente los docentes no tienen claro cómo usar estas herramientas en las asignaturas que dictan y cuando esto se soluciona, el tiempo que le demanda a los docentes dar este cambio suele ser otro impedimento. (Bravo y Forero, 2012).
- *El consumo de recursos.* Acuña (2006) nos indica este otro factor importante a considerar en un EAR. Lamentablemente, la robótica no es como la informática, en la que, los productos quedan almacenados en los ordenadores, y múltiples usuarios pueden usar ese recurso tecnológico en otros momentos, sin afectar a los demás usuarios. La robótica involucra la realización de creaciones externas que consumen muchos recursos para

hacer las estructuras y los mecanismos, y que no es posible armar y desarmar cada vez que concluye una sesión de trabajo. Para esta autora, las producciones robóticas son como obras de arte, donde sus creadores requieren tiempo, recursos, y mucho pensamiento para poder concluir las. Esta limitante presenta dos encrucijadas:

- Se cuenta con muchos recursos para que los creadores puedan hacer sus obras, lo que requiere de una inversión económica que muchos centros no tienen.
 - Se disminuye la posibilidad de participar a muchos creadores, teniendo el punto débil en la falta de equidad.
- Finalmente, *no hay introducción sistemática de la robótica en los currículos escolares* dentro de la mayoría de los sistemas educativos (Acuña, 2012; Alimisis, 2013).

4.3. Características claves para el diseño de un Entorno de Aprendizaje basado en Robótica (EAR) a nivel Preuniversitario

La información precedente sobre las bases teóricas y empíricas de la *Robótica Educativa* preuniversitaria permite una aproximación en la identificación de las características claves a considerar en el diseño de un EAR.

De esta manera, en base a los estudios analizados en este capítulo y para facilitar nuestro trabajo de investigación procedemos a agrupar dichas características (cumpliendo con el objetivo específico número 5 de nuestro estudio) en las siguientes dimensiones:

- *Docente/instructor*. Conocer el perfil de quien enseña RE es clave. Además, el docente/instructor representa uno de los tres elementos principales (docente-alumno-contenido) en todo proceso de enseñanza-aprendizaje.
- *Recursos tecnológicos*. Corresponde al principal bloque de esta investigación, por ser nuestro objeto de estudio el uso de robots como material didáctico o educativo que sirven como mediadores para el desarrollo y enriquecimiento del alumno, favoreciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje y facilitando la interpretación del contenido que ha de enseñar el docente/instructor.

- *Actividades de Aprendizaje.* Son las experiencias que desarrolla todo alumno para alcanzar ciertos objetivos de aprendizaje. En este bloque se busca conocer las características de dichas actividades en un EAR.
- *Evaluación.* Este bloque exclusivo del entorno escolar es importante para saber cómo se lleva a cabo la evaluación al usar la robótica en el aula de clases y si se producen mejoras en las calificaciones o en los resultados de aprendizajes de los alumnos.
- *Entorno de Aprendizaje.* Es el ámbito donde se aprende: escolar o extraescolar, para nuestro estudio de la RE. El concepto de entorno de aprendizaje comprende todo aquello que tiene una influencia benefactora directa sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este bloque adquiere especial relevancia dado que en las investigaciones de Benitti (2012) y Gaudiello y Zibetti (2013) se argumenta que los resultados de aprendizaje obtenidos en las actividades de RE son consecuencia de *atributos del Entorno de Aprendizaje* en sí y del *enfoque pedagógico*.

Entonces, ¿cuáles atributos indagar? La respuesta la encontramos en el reconocido especialista en diseño y tecnología educativa, el *Dr. David Jonassen*, quien junto a otros colegas, plantean que existe una serie de atributos que deben estar presentes en las actividades basadas en tecnología para que el aprendizaje significativo pueda ocurrir (Jonassen, 2009; Jonassen y cols., 2012; Jonassen y Strobel, 2006).

Tomando éstos como base y por su gran correspondencia con la literatura revisada previamente, proponemos los siguientes diez atributos que deben estar presentes en las actividades de RE:

- *Activo:* los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.
- *Manipulativo:* aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los recursos de aprendizaje.
- *Constructivo:* los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.
- *Colaborativo:* los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, intercambiando y exponiendo puntos de vista.

- *Intencional*: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.
- *Complejo*: se involucra a los alumnos en la solución de problemas poco estructurados.
- *Conversacional*: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.
- *Contextualizado*: los alumnos realizan tareas que favorecen adquirir aprendizajes muy vinculados al mundo real.
- *Reflexivo*: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.
- *Tecnológico*: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

Estos mismos autores (Jonassen, 2009; Jonassen y cols., 2012; Jonassen y Strobel, 2006) manifiestan que las tecnologías ofrecen a los estudiantes la oportunidad de participar en un aprendizaje significativo cuando se utilizan como herramientas para construir, probar, comparar; evaluar modelos de los fenómenos, de los problemas, de la estructura de las ideas; y de los procesos de pensamiento involucrados en su creación.

Entonces, es lógico pensar que el uso de la *Robótica Educativa* promovería el aprendizaje significativo en los estudiantes. Sin embargo, surgen preguntas como: ¿en qué medida están presentes estos atributos en los EAR escolares y en los EAR extraescolares?, ¿qué otros factores afectan su presencia? Las respuestas a estas interrogantes pueden orientar a los docentes en la configuración de un diseño de EAR que propicie en los alumnos un verdadero aprendizaje significativo.

Serán estos cuatro (4) primeros capítulos nuestra guía para definir la metodología y las variables de nuestra investigación.

4.4. Síntesis del Capítulo 4

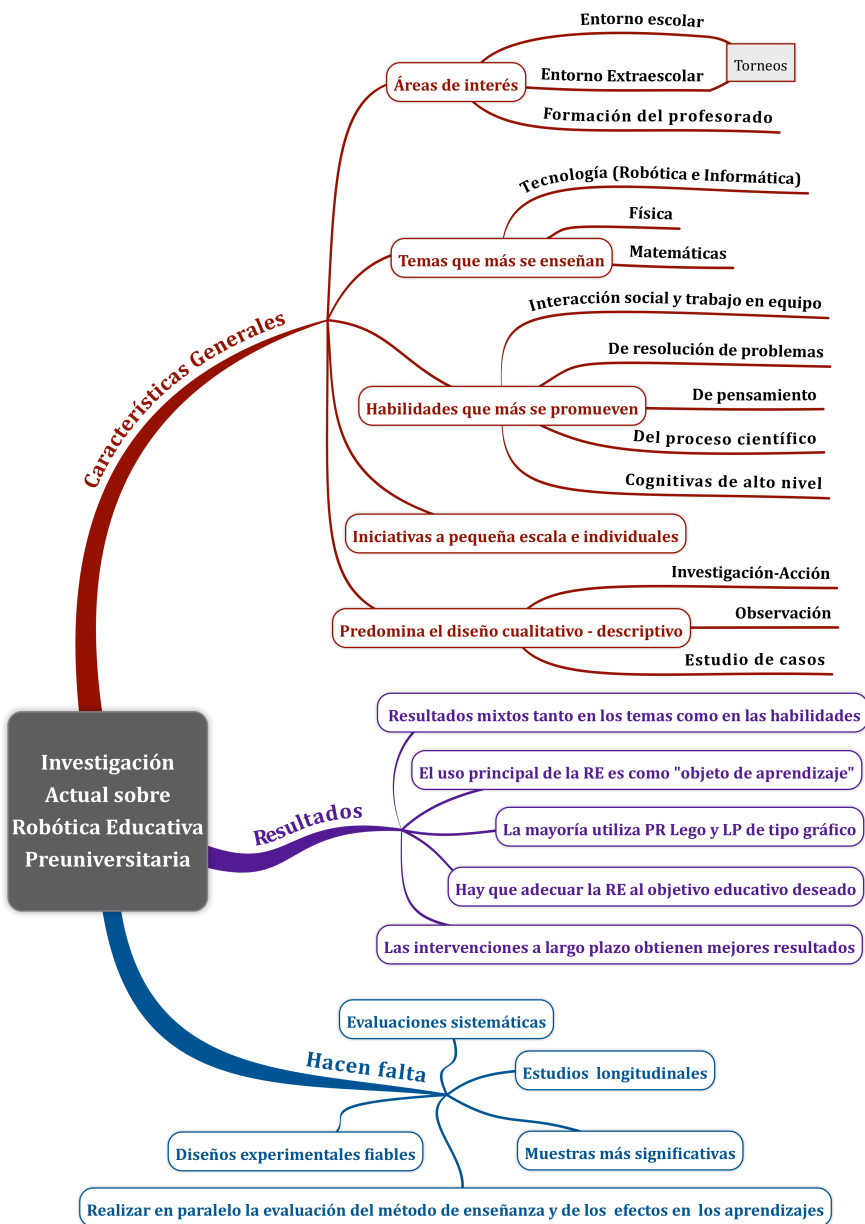


Figura 4.3: Mapa conceptual: Investigación sobre Robótica Educativa preuniversitaria al 2013

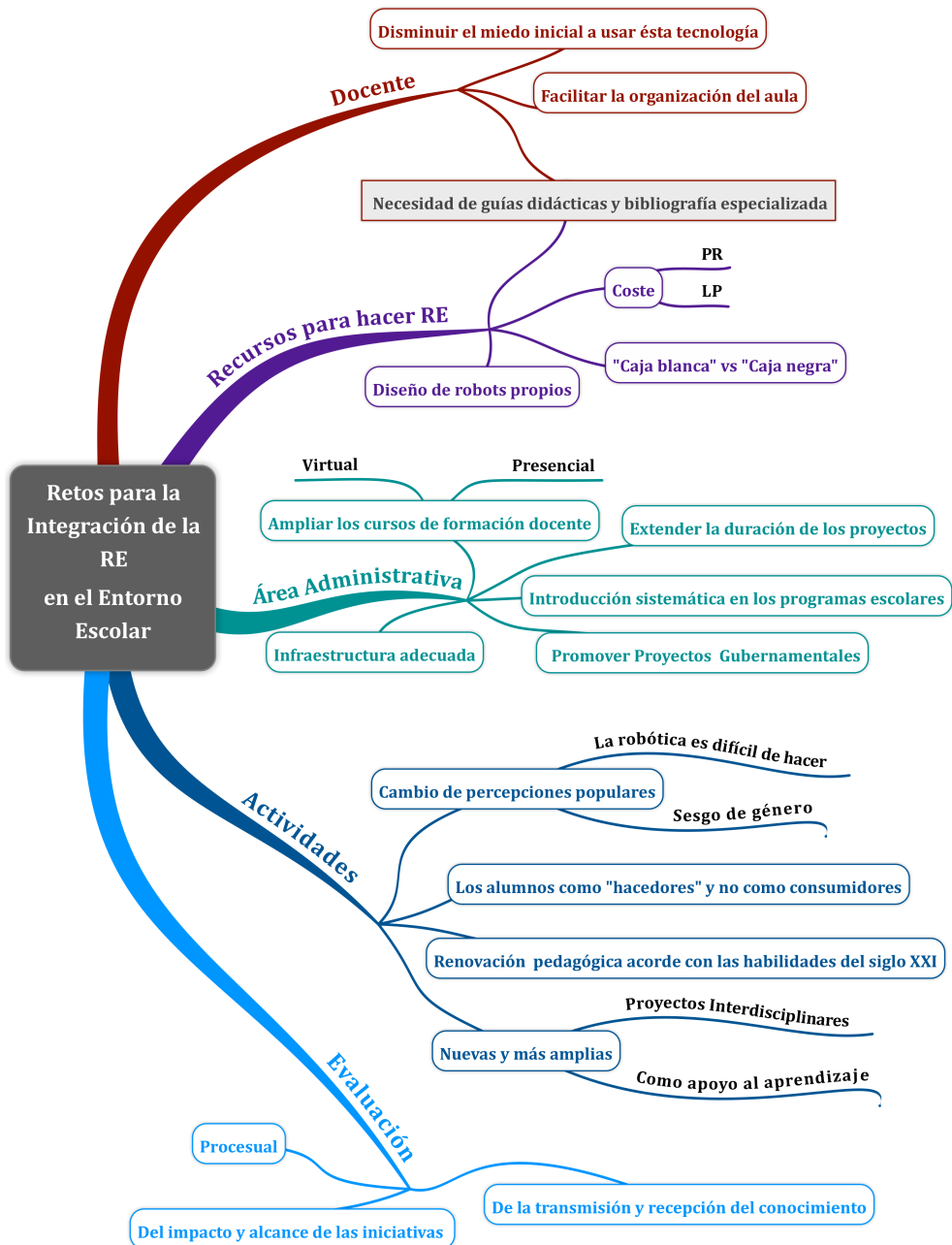


Figura 4.4: Mapa conceptual: Retos al 2013 para la Integración de la Robótica Educativa en el Entorno Escolar

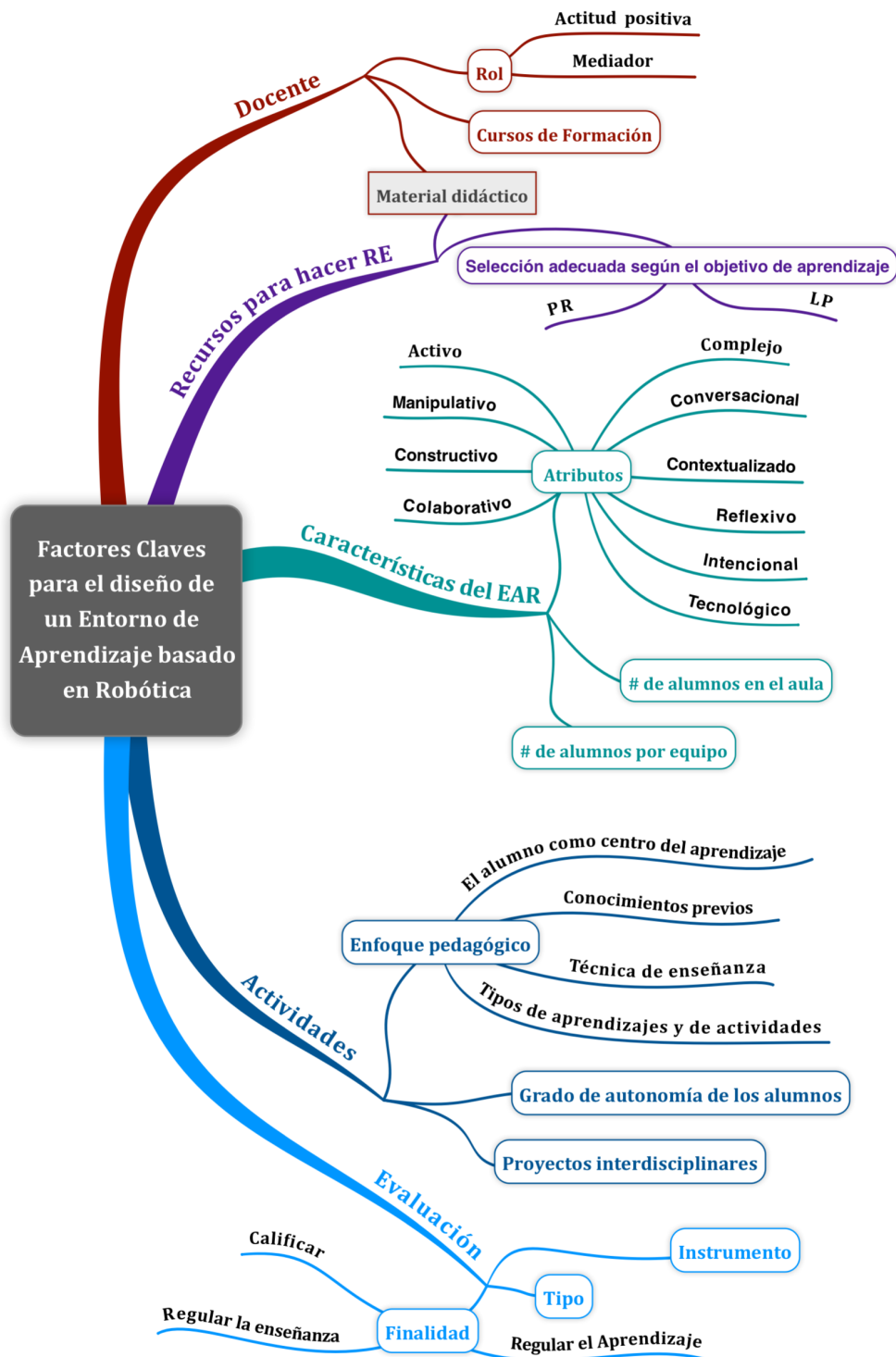


Figura 4.5: Mapa conceptual: Características clave para el diseño de un EAR preuniversitario

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los capítulos precedentes, especialmente el capítulo 4 con la revisión de las bases empíricas al 2013, han aportado el marco que sustenta el diseño metodológico de esta tesis doctoral.

En este capítulo se describe el problema a investigar y los objetivos que guían nuestro estudio. Además, se van a exponer las decisiones metodológicas tomadas sobre: el diseño de la investigación concebido para obtener la información que se desea, las variables y su operacionalización⁷³, la población y muestra, el instrumento de recolección de datos, así como las propiedades psicométricas del mismo. Se finaliza con la ficha técnica de la encuesta.

⁷³ Operacionalizar las variables significa explicar como se medirán en un determinado estudio. Para lograr la operacionalización se transforma una variable en otras que tengan el mismo significado, descomponiéndolas en dimensiones y a su vez, traducir estas dimensiones que vamos a considerar en indicadores específicos que nos permitirán realizar la medición.

5.1. Planteamiento del Estudio

El interés por incorporar la robótica dentro del currículum escolar, como actividad extraescolar o por medio de competiciones/ferias crece internacionalmente. Cada año aumentan la cantidad y variedad de recursos disponibles para hacer robótica educativa, ampliándose el público que puede utilizar esta tecnología y, por ende, las actividades que un docente/instructor puede realizar. Todo lo cual ha originado investigaciones que abordan los múltiples ámbitos de aplicación, como se expuso en los capítulos precedentes.

Según los planteamientos realizados en el marco teórico y empírico de este trabajo, la *Robótica Educativa* presenta dos Entornos de Aprendizaje (EA) en el ámbito preuniversitario susceptibles de ser estudiados, el escolar y el extraescolar. En la revisión bibliográfica no hemos encontrado estudios que caractericen las diferencias y semejanzas entre ambos entornos de aprendizaje o que incluyan la información de distintos países de habla hispana. Normalmente las investigaciones tienen un diseño no experimental y se basan en un número escaso de centros, referidos a contextos muy concretos y con un limitado espectro en los temas tratados (Véase, la introducción y el capítulo 4).

No obstante, la mayor parte de la literatura especializada indica que existen una serie de características que inciden en el éxito o fracaso de los aprendizajes en los alumnos al introducir pedagógicamente la RE.

Dado este panorama, complejo por demás, se agruparon en cinco (5) dimensiones, inherentes del ámbito educativo, las características claves para el diseño de un EAR preuniversitario: el docente/instructor, los recursos para hacer RE, las características generales del EAR, las actividades de aprendizaje y la evaluación (se aplica solo al EA Escolar). En consecuencia surge el siguiente interrogante que se responderá con el desarrollo de este estudio:

¿Qué características del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR) en el ámbito preuniversitario de España e Iberoamérica, escolar y extraescolar, propician un aprendizaje significativo en los estudiantes?

La respuesta busca orientar a los docentes/instructores en la configuración de un EAR, al realizar una mejor adecuación entre los objetivos de aprendizaje, los recursos tecnológicos, las actividades y la evaluación, y así lograr que los estudiantes obtengan aprendizajes significativos.

Por consiguiente, para caracterizar los EARs, escolares y extraescolares, se determinó obtener la información de los docentes/instructores, que hacen actividades de robótica en el ámbito preuniversitario. Otro aspecto importante de este estudio fue la elección de usar Internet para ampliar la muestra a todo docente/instructor cuyo idioma fuera el español. De esta manera todos los países de Iberoamérica y España aportarían su propia experiencia.

Antes de detallar los aspectos metodológicos del estudio procedemos a enunciar los objetivos del mismo.

5.2. Objetivos del Estudio

5.2.1. Objetivo General

- Identificar las características del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR) en el ámbito preuniversitario de Iberoamérica y España, escolar y extraescolar, que propician un aprendizaje significativo en los estudiantes.

5.2.2. Objetivos Específicos

1. Describir el estado del arte de la *Robótica Educativa* en el ámbito preuniversitario, principalmente en Iberoamérica y España.
2. Conocer y clasificar los recursos, hardware y software, utilizados para hacer *Robótica Educativa* en el ámbito preuniversitario.
3. Examinar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la *Robótica Educativa* en el ámbito preuniversitario.
4. Establecer y definir los atributos del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR) preuniversitario que propician un aprendizaje significativo en los estudiantes.
5. Caracterizar los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* (EAR) preuniversitarios, escolares y extraescolares.
6. Identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa sobre el *rendimiento académico* de los alumnos que realizan actividades de robótica en un EA escolar preuniversitario.
7. Explorar las variables estudiadas para formular con mayor precisión hipótesis en futuras investigaciones.

5.3. Diseño de la Investigación

«La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno» (Hernández Sampieri y cols., 2010, p. 4). Cuando ésta se aplica para comprender, conocer y explicar la realidad educativa, se denomina investigación educativa (Bisquerra, 2004). La importancia de la investigación en la sociedad radica en su aporte al conocimiento, lo que nos permite ser más eficiente y progresar.

Para Arnal, Del Rincón, y Latorre (1992) la investigación educativa posee un conjunto de características singulares sin que por ello se tenga que renunciar a su estudio, es decir, los fenómenos educativos son complejos, dinámicos e interactivos. Dado que en los fenómenos educativos interactúan multiplicidad de variables, su control resulta difícil. Además, su variabilidad en el tiempo y el espacio dificulta el establecimiento de regularidades y generalizaciones, que es una de las funciones de la ciencia.

Para indagar en nuestro fenómeno de estudio (la RE), hemos optado por un enfoque cuantitativo, cuyo proceso se suele dividir en las siguientes fases (Bisquerra, 2004; Hernández Sampieri y cols., 2010):

1. Selección de un tema, de una idea o área a investigar
2. Planteamiento del problema
3. Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico
4. Visualización del alcance del estudio
5. Elaboración de hipótesis y definición de variables
6. Desarrollo del diseño de investigación
7. Definición y selección de la muestra
8. Recolección de datos
9. Análisis de los datos
10. Elaboración del reporte de resultados

En el ámbito de las ciencias sociales, como es el caso de la educación, la investigación cuantitativa «parte de que el mundo "social" es intrínsecamente cognoscible y todos podemos estar de acuerdo con la naturaleza de la realidad social» (Hernández Sampieri y cols., 2010, p. 6).

Además, en el enfoque cuantitativo, la búsqueda ocurre en la realidad externa al individuo (Cohen y Manion, 1990; Hernández Sampieri y cols., 2010). Una realidad objetiva, externa e independiente de las creencias que tengamos sobre ella, y por tanto, sea susceptible de conocerse. Para ello, se necesita tener la mayor cantidad de información sobre dicha realidad objetiva para analizar las relaciones y regularidades entre factores claves en tal fenómeno. Y más específicamente en nuestro estudio, documentar cómo y cuánto se adecua el conocimiento existente sobre RE Preuniversitaria en España y Latinoamérica a la realidad objetiva.

Más aún, la investigación cuantitativa nos brinda una gran posibilidad de réplica y de comprensión sobre temas específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

Además, esta investigación solamente estudia el *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* en su contexto natural para luego analizarlo, sin manipular deliberadamente las variables, por lo que corresponde a una *Investigación No Experimental* (Hernández Sampieri y cols., 2010). Este mismo autor nos indica que los estudios realizados a través del proceso de investigación cuantitativa pueden tener un alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo, es decir, ¿hasta dónde, en términos de conocimiento, es posible que llegue mi estudio? En la práctica se pueden incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances. En concordancia, Arnal y cols. (1992) señala que, según la profundidad u objetivo, la investigación educativa puede clasificarse en exploratoria, descriptiva, explicativa y experimental.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y según nuestro planteamiento del problema, alcance del estudio y objetivos, podemos definir el diseño de nuestra investigación de orientación cuantitativa bajo el planteamiento de Hernández Sampieri y cols. (2010): diseño no experimental con un alcance exploratorio-descriptivo.

Según la clasificación (Arnal y cols., 1992; Bisquerra, 2004) corresponde a una metodología no experimental y método descriptivo (objetivo que se pretende) de encuesta (tipo de estudio).

En definitiva, con el fin de responder a nuestro objetivo de estudio se utilizó un diseño no experimental con orientación cuantitativa de tipo exploratorio-descriptivo aplicando la Investigación por Internet (eResearch) mediante una encuesta. Se entiende por *Investigación por Internet* cualquier tipo de estudio que se realice por medio de la red: cuestionarios enviados por email, encuesta por Internet, grupos de discusión en línea, foros (Couper, 2000; Estalella y Ardévol, 2011). Resulta oportuno mencionar que el instrumento de obtención de datos para este estudio fue un cuestionario en línea. En el Apartado 5.3.2. se exponen los detalles al respecto.

Cabe señalar el valor de los alcances exploratorio y descriptivo según Hernández Sampieri y cols. (2010):

- *Estudio exploratorio*: ayuda a familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para estudios futuros, o sugerir afirmaciones y postulados.
- *Estudio descriptivo*: es útil para mostrar con precisión las dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

En efecto, esta tesis doctoral consta de un estudio exploratorio (marco teórico precedente) por ser la *Robótica Educativa* un tema poco estudiado y novedoso, y de un estudio descriptivo (cuestionario en línea), que busca analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno (RE preuniversitaria) y sus componentes, además de describir tendencias de un grupo o población.

El estudio exploratorio concluyó en el 2012, la encuesta por Internet para el estudio descriptivo se realizó en el 2013 y en el 2014 se compartieron los primeros resultados del estudio (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde, 2014; Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón, 2014). Sin embargo, ha sido en el 2021 cuando se culmina la tesis doctoral. Este lapso de aproximadamente seis (6) años nos ha permitido realizar una última discusión de resultados que se podría considerar una investigación exploratoria comparativa, entre los resultados obtenidos en 2013 y las recientes RSL publicadas sobre nuestro tema de estudio (Apartado 7.1). Y como ciertamente señala Hernández Sampieri (2010, p. 120) «Si el diseño está concebido

cuidadosamente, el producto final de un estudio (sus resultados) tendrá mayores posibilidades de éxito para generar conocimiento».

Sobre la base de las consideraciones anteriores se puede inferir que nuestra investigación no fórmula hipótesis. Para Arnal y cols. (1992) las investigaciones sin hipótesis se denomina exploratorias y/o descriptivas. Estas, en cierta manera, suelen utilizarse para aproximarse a la realidad de los hechos y, a partir de la información obtenida, formular con mayor precisión las hipótesis de subsiguientes investigaciones que tratarán de explicarlas. Además, para Hernández Sampieri y cols. (2010) las investigaciones cuantitativas que formulan hipótesis son aquellas cuyo planteamiento define que su alcance será correlacional o explicativo, o las que tienen alcance descriptivo, pero que intentan pronosticar una cifra o un hecho.

En última instancia esta tesis doctoral pretende identificar variables promisorias para establecer prioridades en futuras investigaciones.

Para alcanzar el objetivo propuesto por esta investigación exploratoria-descriptiva, es decir, detallar cómo son y cómo se caracterizan los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica* (EAR) preuniversitaria en España e Iberoamérica, se utilizó la encuesta por Internet como técnica y se diseñó un cuestionario ad hoc (elaboración propia) como instrumento para la recolección de datos.

5.3.1. Técnica e Instrumento para la Recolección de Datos

La investigación por encuesta es muy frecuente en el ámbito educativo, es muy útil para la descripción y la predicción de un fenómeno educativo, pero también es eficiente para una primera aproximación a la realidad o para estudios exploratorios (Arnal y cols., 1992; Bisquerra, 2004). Es más, para Barroso y Cabero (2010) en los estudios sobre temas de Tecnología Educativa el cuestionario suele ser uno de los instrumentos tradicionalmente utilizados.

Bisquerra (2004) nos da la siguiente definición: «Un cuestionario es un instrumento de recopilación de información compuesto de un conjunto limitado de preguntas mediante el cual el sujeto proporciona información sobre sí mismo y/o sobre su entorno»[p. 240].

Otro avance para la investigación lo representa Internet; en el pasado, realizar una encuesta que abarcara tantos países requeriría un gran esfuerzo y tiempo por parte del investigador. Actualmente en la era de Internet, se eliminan

las barreras geográficas permitiendo que la investigación adquiriera una visión más amplia.

Según el modo de administración del cuestionario (Cea, 2004), éste corresponde a una encuesta autoadministrada (son los propios encuestados quienes leen y rellenan el cuestionario, sin que medie la asistencia de un entrevistador), específicamente, una encuesta por Internet. Igualmente señala que este uso de medios informáticos, cada vez tiene mayor aplicación en la práctica investigadora (Bisquerra, 2004; Cea, 2004). La Tabla 5.1 sintetiza las ventajas e inconvenientes principales de la encuesta por Internet planteados por Cea (2004).

Tabla 5.1: *Ventajas e inconvenientes de las Encuestas por Internet*

Ventajas	Inconvenientes
Amplía la cobertura del estudio.	Imposibilidad de encuestar a quienes no dispongan de esta tecnología, debido a la necesidad de disponer conexión a Internet.
Elimina el error de medición debido a la mediación de un entrevistador.	Inasistencia al encuestado para que clarifique términos complejos y estructure sus respuestas.
Las mayores posibilidades gráficas que ofrecen los programas informáticos y de preguntas cerradas con muchas opciones de respuesta.	Riesgos derivados de posibles fallos informáticos.
Su reducido coste.	Mayor tiempo en la elaboración del cuestionario.
El encuestador elige el momento del día para rellenar el cuestionario. Dispone de más tiempo para reflexionar sus respuestas. Puede comprobar la información solicitada.	Es un medio poco motivador si no existe un incentivo.
Al encuestado le produce mayor sensación de anonimato. Está menos afectado por el sesgo de deseabilidad social.	Es muy impersonal.
Reduce errores de medición provocados por el orden de la pregunta y el orden de las alternativas de respuesta (en preguntas cerradas).	Dificultad en plantear preguntas abiertas.
El período de tiempo precisado para la recogida de información se reduce.	
Para algunas personas puede ser más fácil y cómodo teclear las respuestas en el ordenador que escribirlas con bolígrafo, a mano, en un cuestionario de papel.	

Adaptado de (Bisquerra, 2004, p. 245) y (Cea, 2004, p. 85).

5.3.2. Elaboración y Descripción del Instrumento para la Recolección de Datos

Como punto de partida para la elaboración del cuestionario ad hoc se utilizó el mapa conceptual "Características claves para el diseño de un Entorno de Aprendizaje basado en Robótica preuniversitaria" que resume los aportes encontrados en la literatura hasta el 2013.

La versión inicial del cuestionario, diseñado para recabar la percepción de los instructores/docentes de España e Iberoamérica sobre aspectos relacionados con su experiencia en la enseñanza-aprendizaje de la *Robótica Educativa* en etapas preuniversitarias, consistió en los siguientes cuatro (4) modelos:

- *Modelo 1:* Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Escolares Preuniversitarios en Iberoamérica y España.
- *Modelo 2:* Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Escolares Preuniversitarios en Iberoamérica y España (finalidad competición).
- *Modelo 3:* Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Extraescolares Preuniversitarios en Iberoamérica y España.
- *Modelo 4:* Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Extraescolares Preuniversitarios en Iberoamérica y España (finalidad competición).

En todos los modelos se agruparon las variables a indagar en siete (7) dimensiones, éstas fueron:

- Dimensión I: *perfil de los docentes/instructores de RE.*
- Dimensión II: *recursos tecnológicos.*
- Dimensión III: *características generales del EAR.*
- Dimensión IV: *actividades de aprendizaje.*
- Dimensión V: *atributos del EAR.*
- Dimensión VI: *evaluación.*
- Dimensión VII: *detalles de la propia práctica educativa.*

Para la elaboración de los diferentes cuestionarios se utilizó el sitio web Encuestafacil.com⁷⁴. También se utilizó la opción de enlace para divulgarla en el sitio web creado para el presente estudio (http://diarium.usal.es/kathia_pitti/investigacion/), en foros o enviarla por correo electrónico.

5.3.3. Propiedades Psicométricas del Instrumento para la Recolección de Datos

El siguiente paso lo describe Bisquerra (2004) indicando que las propiedades psicométricas más relevantes que deben cumplir los instrumentos de medición son: la validez, o la cualidad esencial de medir realmente las variables que pretenden medir, y la fiabilidad referida al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales y consistentes.

Para este estudio se obtuvo el índice de fiabilidad, mediante la aplicación del estadístico alfa de Cronbach a la escala para medir los atributos del *Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* (EAR). Para comprobar la validez de constructo de la escala de atributos para los EARs se realizó un análisis factorial. La validez de contenido se llevó a cabo mediante juicio de expertos.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis estadísticos efectuados a este respecto.

5.3.3.1. Validez de Constructo de la Escala "Atributos de un EAR"

El procedimiento matemático realizado para confirmar la validez de constructo fue el análisis factorial, utilizando como método de extracción el análisis de componentes principales, sin rotación de componentes. Los datos fueron analizados a través del paquete estadístico SPSS, versión 20. Además, hay que mencionar que los análisis se realizaron a posteriori, tras la aplicación de la encuesta a la muestra de instructores de RE de Iberoamérica y España.

Se aplicó solamente a los ítems que lo permitían de la versión final del cuestionario, es decir, a la escala para medir el constructo "*atributos de un Entorno de Aprendizaje basado en Robótica*" (pregunta # 18 en ambos cuestionarios, ver Figura 5.1). A partir del análisis factorial podemos confirmar

⁷⁴ Herramienta web de encuestas online gratuita para uso exclusivo con fines educativos, gracias al programa de colaboración entre Encuestafacil.com y Universia <https://www.encuestafacil.com/Universia/>

si la estructura interna de la escala propuesta⁷⁵ se adapta a la estructura teórica en función de la cual se ha elaborado.

***18. Por favor, indique la frecuencia en qué los siguientes atributos (ver su descripción en la parte inferior) están presentes o no, en este entorno de aprendizaje basado en la robótica educativa.**

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Activo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Constructivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colaborativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intencional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Complejo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conversacional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contextualizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reflexivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnológico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ACTIVO: los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.

MANIPULATIVO: aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los objetos de aprendizaje.

CONSTRUCTIVO: los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.

COLABORATIVO: los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, intercambiando y exponiendo puntos de vista.

INTENCIONAL: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.

COMPLEJO: se involucra a los alumnos en la solución de problemas complejos y poco estructurados.

CONVERSACIONAL: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.

CONTEXTUALIZADO: los alumnos realizan tareas que favorecen aprendizajes muy vinculados al mundo real.

REFLEXIVO: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.

TECNOLÓGICO: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

Gráfico 5.1: Pregunta # 18 que mide el constructo "atributos de un EAR"

Recordemos, que los diez (10) atributos seleccionados para conformar el constructo "atributos de un EAR" fueron propuestos por el Dr. David Jonassen junto a otros colegas (Jonassen, 2009; Jonassen y cols., 2012; Jonassen y Strobel, 2006). Estos investigadores plantean que estos atributos deben estar presentes en las actividades basadas en tecnología para que el aprendizaje significativo pueda ocurrir.

Este constructo, *atributos de un EAR*, tiene especial relevancia en nuestro estudio dado que en las investigaciones de Benitti (2012) y Gaudiello y Zibetti (2013) se argumenta que los resultados de aprendizaje obtenidos en las actividades basadas en *Robótica Educativa* son consecuencia de *atributos del Entorno de Aprendizaje* en sí y del *enfoque pedagógico*.

⁷⁵ En nuestro estudio se utilizó una escala Likert de 5 puntos que va desde 1 como "nunca" hasta 5 como "muy de acuerdo".

Previamente a la realización del análisis factorial, se evaluó la pertinencia del mismo mediante los siguientes tres estadísticos:

1. *Determinante de la matriz*. Es una medida global de la correlación entre todas las variables. Si este determinante está cercano a cero, será indicativo de que existe una estructura de correlación importante entre las variables, y el análisis factorial puede ser pertinente.
2. *Test de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)*. Mide la idoneidad de los datos para realizar un análisis factorial comparando los valores de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parcial. Cuanto más cerca de 1 tenga el valor obtenido del test KMO, implica que la relación entre las variables es alta. Si $KMO \geq 0.9$, el test es muy bueno; notable para $KMO \geq 0.8$; mediano para $KMO \geq 0.7$; bajo para $KMO \geq 0.6$; y muy bajo para $KMO < 0.5$.
3. *La prueba de esfericidad de Bartlett*. Permite contrastar la hipótesis de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad. Si Sig. (p-valor) < 0.05 aceptamos H_0 (hipótesis nula, se puede aplicar el análisis factorial. Si Sig. (p-valor) > 0.05 rechazamos H_0 , no se puede aplicar el análisis factorial.

Los resultados de las tres pruebas indican que es factible llevar a cabo el análisis factorial a la escala *atributos de un EAR*, encontrando un determinante = 0.030, un KMO de 0.863 y una significancia (perfecta) en Bartlett de $p = 0.000$. Se procedió, entonces, a realizarse dicho análisis a la muestra completa (N=123 casos válidos), con el método de extracción de componentes principales y sin rotación de componentes, a la escala de diez (10) ítems.

Aunque los resultados producen dos (2) componentes principales (Tabla 5.2), se observa que la componente principal uno (1) está muy relacionada con todas las variables de forma directa, no así la segunda componente. Por su parte, en el gráfico de sedimentación (Gráfico 5.2) vemos que la primera componente se separa bastante del resto, lo que viene a confirmar que efectivamente la escala *Atributos de un EAR* está conformada por una única componente principal, que explica el 44.006% de la varianza total acumulada, valor cercano al 60% recomendado para aplicaciones en Ciencias Sociales.

Otro procedimiento metodológico y estadístico que refrendó y profundizó las interpretaciones que se deducen del primer resultado del análisis factorial, consistió en la realización de otros análisis factoriales en base, no al conjunto

total de la muestra o población, sino referido a los dos entornos de aprendizaje: escolar y extraescolar presentes en la muestra original (Tabla 5.2).

Tabla 5.2: Estadísticos para obtener la validez de constructo de la escala de Atributos para un EAR

ATRIBUTO	Muestra completa N = 123		Entorno Escolar N = 60		Entorno Extraescolar N = 63	
	Componente 1	Componente 2	Componente 1	Componente 2	Componente 1	Componente 2
Activo	0.698	-0.516	0.703	0.508	0.687	-0.455
Manipulativo	0.602	-0.218	0.617	0.660	0.595	0.152
Constructivo	0.797	-0.243	0.838	0.118	0.744	-0.333
Colaborativo	0.625	-0.255	0.643	-0.193	0.667	-0.440
Intencional	0.485	0.599	0.521	-0.149	0.434	0.680
Complejo	0.590	0.379	0.633	-0.330	0.544	0.116
Conversacional	0.677	0.110	0.784	-0.349	0.501	0.078
Contextualizado	0.730	0.232	0.810	-0.070	0.635	0.574
Reflexivo	0.748	-0.062	0.770	-0.232	0.718	-0.028
Tecnológico	0.625	0.211	0.631	0.090	0.613	0.036
% de la varianza explicada	44.006	10.541	49.264	10.648	38.512	13.470
KMO	0.863		0.847		0.804	
Determinante de la matriz	0.030		0.007		0.048	
Prueba de Bartlett	χ^2 aproximado	414.747		271.975		176.132
	gl	45		45		45
	Sig.	0.000		0.000		0.000

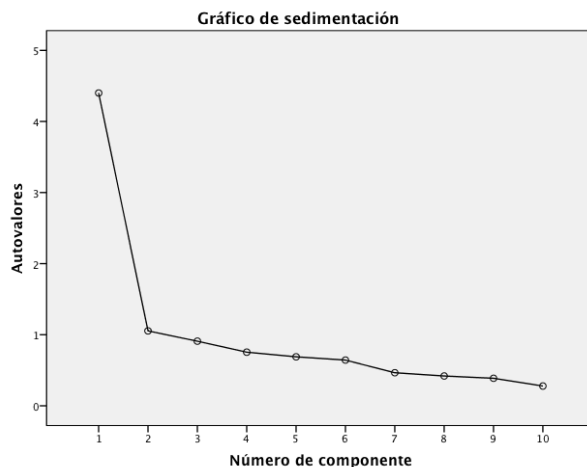


Gráfico 5.2: Gráfico de sedimentación

A partir de estos hallazgos, para la muestra completa se puede observar una carga mayor a 0.50 de nueve (9) ítems (el 10 es $0.485 \approx 0.5$) hacia la componente principal uno (1), lo que proporciona confianza respecto de que la escala mide lo que pretende, al constructo teórico *Atributos de un EAR* (validez de constructo).

Es importante destacar, que estos resultados afianzan nuestra propuesta, basada en los planteamientos del *Dr. David Jonassen*, ya que todos los atributos que se evaluaron están asociados entre sí.

5.3.3.2. Fiabilidad del Cuestionario

La fiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales (Hernández Sampieri y cols., 2010).

Para obtener la fiabilidad se utilizó el método de consistencia interna alfa de Cronbach, que es uno de los más aplicados por los investigadores sociales (Cea, 2004) en los últimos años, favorecido por su inclusión en los paquetes estadísticos de uso común. Indica la “homogeneidad” de los indicadores utilizados en la medición de un concepto. Lo que significa que miden lo mismo. El valor del coeficiente alfa va desde 0 (infiabilidad) a 1 (fiabilidad perfecta). En general se aconseja un valor no inferior a 0.8 para que el instrumento de medida pueda considerarse “fiable”.

Al igual que para la validez de constructo, la fiabilidad fue analizada a posteriori, tras la aplicación de la encuesta a la muestra de instructores de RE de Iberoamérica y España. Se obtuvo el índice de fiabilidad, mediante la aplicación del estadístico alfa de Cronbach a los ítems que lo permitían, es decir, a la escala para medir los *atributos de un EAR*. El coeficiente de consistencia interna alfa de Cronbach fue de 0.850 (con 10 ítems y 123 casos válidos completos, ya que se consideraron “valores perdidos”⁷⁶ si no respondía a uno de los ítems).

Igualmente, el coeficiente alfa de Cronbach fue de 0.817 (con 8 ítems y 114 casos válidos completos) para la escala de medición de *las actividades de aprendizaje que son requeridas a los alumnos al enseñar con robots* (pregunta # 20 en ambos cuestionarios, ver Figura 5.6). Ambos valores indican una fiabilidad muy alta para estas escalas propuestas.

⁷⁶ Los valores perdidos son aquellos casos en que no se dispone de información sobre el valor de una variable determinada para algún individuo.

5.3.3.3. Validez de Contenido del Cuestionario

La validez de contenido se refiere «al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide» (Hernández Sampieri y cols., 2010, p. 201).

El juicio de expertos es el procedimiento más comúnmente utilizado para determinar este tipo de validez (Barroso y Cabero, 2010). Para Cea (2004), la consulta a “expertos” es de gran utilidad para la revisión de cada pregunta del cuestionario, relacionándola con los conceptos a medir, de acuerdo con los objetivos de la investigación, para identificar errores de especificación⁷⁷ y demás errores de medición debidos al diseño del cuestionario.

Como indica Bisquerra (2004) para la validación de jueces se seleccionan un grupo de personas expertas en la materia que se pretende estudiar y se les plantea una serie de cuestiones en cuanto al contenido del cuestionario y a su estructura. Para la selección de los expertos se establecieron los siguientes criterios:

- Experiencia en actividades de RE, al menos en uno de los dos entornos.
- La formación académica, unida al desarrollo y difusión de trabajos relacionados a la RE.
- La pertinencia a distintos países de procedencia para garantizar la contextualización de las preguntas.

Se envió a quince (15) expertos por correo electrónico (Anexo B) la carta de solicitud y la guía informativa que contenía: la estructura del cuestionario, los enlaces web del cuestionario a validar (Anexo C), el respectivo formulario de validación (Anexo D) y del formulario "Biograma del experto" (Anexo E). De esta manera los expertos observaron el cuestionario por Internet de la misma forma que los futuros encuestados.

Un total de diez (10) expertos apoyaron la validación del cuestionario. En la Tabla 5.3 presentamos las características generales de los mismos:

⁷⁷ Los *errores de especificación* se dan cuando el concepto implicado en la pregunta del cuestionario y aquel que debería medirse en la encuesta difieren. No hay correspondencia de la pregunta con los objetivos de la investigación (Cea, 2004).

Tabla 5.3: Características de los Expertos participantes en la Validación de Contenido del Cuestionario

Experto	País	Experiencia	Publicaciones
Dr. Alfredo Pina Calafi	España	<ul style="list-style-type: none"> Participación en el proyecto TERCOP (2006-2009). Colaborador técnico en la organización de la First Lego League (FLL) de Navarra desde el 2009. Formador del profesorado en <i>Robótica Educativa</i> en la Universidad Pública de Navarra y en colaboración con el departamento de Educación del Gobierno de Navarra (desde el año 2008). Colaboración internacional en <i>Robótica Educativa</i> con el Museo Cívico de Rovereto (Italia) y con el Planetario de Pamplona (España) con diferentes actividades de robótica para enseñanza primaria y secundaria (desde el año 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> Libro: <i>Didáctica de la Robótica Educativa</i>. Un enfoque constructivista. In and out of the School Activities Implementing IBSE and Constructionist Learning Methodologies by Means of Robotics. Simulation of Robotic Sensors in BYOB. How to enhance the robotic experience with Scratch. A PBL approach using virtual and real robots (with BYOB and LEGO NXT) to teaching learning key competences and standard curricula in Primary level. Robotics & constructivism in education: The TERCOP project. Enseñanza-aprendizaje constructivista a través de la <i>Robótica Educativa</i>.
Dr. Vidal Moreno Rodilla	España	<ul style="list-style-type: none"> Editor invitado en el número "Robotics in Education" en el Journal of intelligent & robotic systems. Director del Grupo Robótica y Sociedad de la USAL con una línea de investigación centrada en <i>Robótica Educativa</i>. Organizador del Track "A robot in the classroom" en Congresos TEEMs. 	<ul style="list-style-type: none"> Experiencias construccionistas con <i>Robótica Educativa</i> en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas. Diseño y elaboración de contenidos audiovisuales para la docencia en la materia de robótica. Propuesta docente para las prácticas de robótica en el Grado de Ingeniería Informática. E-infocenter: una herramienta visual para la gestión de proyectos en <i>Robótica Educativa</i> usando tecnologías web.
Lcdo. Koldo Olaskoaga Arrate	España	<ul style="list-style-type: none"> Impartición de cursos sobre <i>Robótica Educativa</i> en la UNED. Colaborador y formador en la FLL Euskadi desde sus inicios. Otros cursos sobre <i>Robótica Educativa</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Reflexiones acerca del uso educativo de la robótica y la programación. Blog y página web desde el año 2000 con contenidos sobre <i>Robótica Educativa</i>.
Mgter. Román Ontiyuelo Martin	España	<ul style="list-style-type: none"> Desde el año 2006 imparte talleres de robótica para niños, jóvenes y docentes. Entrenador en la First Lego League. Desarrollo de material didáctico. Ha realizado talleres gratuitos en la India y República Dominicana. 	<ul style="list-style-type: none"> CITA: Promoting Technological Talent through Robotics. Use of an Infocenter to Improve the Management and Understanding of Project-Based Learning Robotics.
Mgter. Ana Lourdes Acuña Zúñiga	Costa Rica	<p>Coordinadora de los proyectos de <i>Robótica Educativa</i> de la Fundación Omar Dengo y el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta comunitaria con robótica educativa: valoración y resultados de aprendizaje. Diseño y Administración de Proyectos de <i>Robótica Educativa</i>: Lecciones aprendidas. Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades.

continúa...

Experto	País	Experiencia	Publicaciones
Dra. Iveth del Rosario Moreno	Panamá	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinadora del Proyecto de Desarrollos de escenarios que faciliten y motiven la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y tecnologías, poniendo al alcance de estudiantes y de docentes de colegios, la <i>Robótica Educativa</i>. Durante 7 meses trabajamos con 36 jóvenes de noveno grado y 18 docentes. • Coordinadora del Grupo de Investigación ROBO-PROC 	<ul style="list-style-type: none"> • La <i>Robótica Educativa</i>, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías.
Dr. Enrique Ruiz-Velasco Sánchez (Post-Doctorado)	México	Más de 25 años de experiencia en <i>Robótica Pedagógica</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Libro: <i>Cibertrónica</i>. Aprendiendo con tecnologías de la inteligencia en la web semántica. • Coordinador de Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Innovación Educativa. • Libro: <i>Educatrónica</i>. Innovación en el aprendizaje de la ciencia y la tecnología. • Exploración y comunicación a través de la informática.
Ing. Eduardo Ventura (Posgrado)	República Dominicana	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Robótica Educativa</i> para niños de 10/14 años. Colegio San Judas Tadeo. • Grupo de Robótica Universidad Católica Santo Domingo. • Taller de <i>Robótica Educativa</i> para Docentes, en el marco del CILA. • "La Robótica como recurso para el aprendizaje de las ciencias básicas" Docentes innovadores Chile 2011. 	<ul style="list-style-type: none"> • Robotics in Education eJournal. Volume 3 – July 2010. Compiled by Damien Kee – Domabotics Robotics in the Greenhouse.
Lcdo. Gonzalo Esteban Zabala	Argentina	<ul style="list-style-type: none"> • Trabaja en <i>Robótica Educativa</i> desde el año 1995. • Creador de la Roboliga en Argentina, la competencia de <i>Robótica Educativa</i> más antigua de Latinoamérica. • Representante de la RoboCupJunior y de la FLL en Argentina. • Desarrolló proyectos de <i>Robótica Educativa</i> en su país y en Brasil. • Ha publicado dos libros de <i>Robótica Educativa</i> y divulgación. • Creador de Physical Etoys, plataforma de objetos para comunicación con elementos físicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Libro "Robótica – Guía Teórica y Práctica". • Libro "Robots" – Colección Ciencia que ladra. • On the design and implementation of a Virtual Machine for Arduino – En Robotics in Education. • Una nueva herramienta para el uso de humanoides en educación. • Plataforma de hardware de bajo costo para <i>Robótica Educativa</i>. • Arduino Etoys: a programming platform for Arduino on Physical Etoys.
Mgter. Alejandro Alexis Del Mar Raga	Venezuela	<ul style="list-style-type: none"> • Profesor del Seminario en Investigación en Tecnología Educativa: <i>Robótica Educativa</i>. • Coordinador del Proyecto la Robótica va a la Escuela. • Creador del Concurso InterEscolar de Robótica Educativa UCAB-IBM 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de Actividades Didácticas para la enseñanza y aprendizaje de la Ciencia y Tecnología a través de la <i>Robótica Pedagógica</i> con enfoque CTS.

El formulario o guía de validación se estructuró en los siguientes cuatro (4) apartados:

1. Carta de presentación
2. Instrucciones para el proceso de respuesta
3. Preguntas del cuestionario
4. Valoración general del cuestionario

En cada apartado los expertos evaluaron los indicadores de opinión según cuatro (4) categorías de respuesta: excelente, buena, regular o deficiente. Además, todos los apartados ofrecían a los expertos la posibilidad de escribir observaciones/sugerencias, indicar modificaciones a las instrucciones o preguntas, eliminar o agregar preguntas, así como expresar su percepción general del cuestionario.

Los resultados obtenidos se detallan según los cuatro (4) apartados del formulario de validación y corresponden a las respuestas de los diez (10) expertos que contestaron (Tabla 5.3). Dichas respuestas se presentan en un orden aleatorio para garantizar el anonimato de los expertos. Estos resultados fueron:

Parte I. Carta de presentación

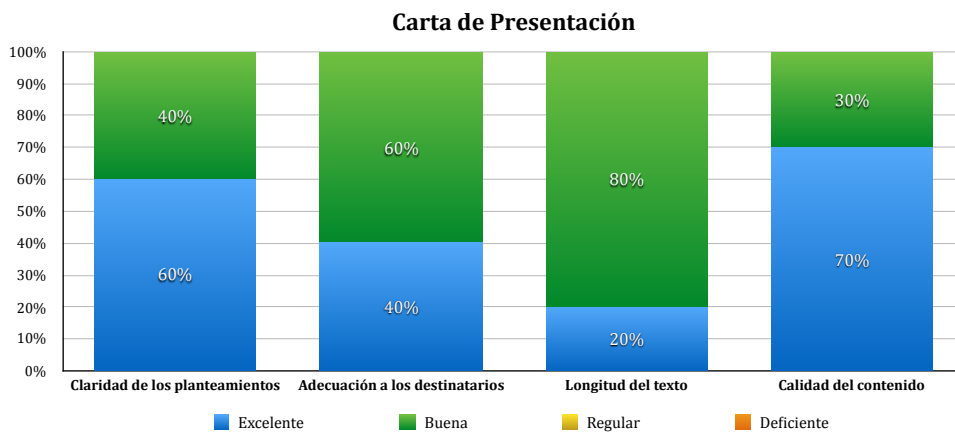


Gráfico 5.3: *Resultados cuantitativos de la validación por juicio de expertos de la carta de presentación*

Los resultados cuantitativos se presentan en el Gráfico 5.3. Considerando que las cuatro (4) variables tienen el mismo peso se obtienen las siguientes medidas de tendencia central: media $\bar{x} = 3.48$ con desviación = 0.506; moda = 3 y mediana = 3.00. De esta manera el apartado *carta de presentación* fue evaluado por los expertos entre Bueno = 3 y Excelente = 4.

A su vez, los resultados cualitativos se obtuvieron a través de la pregunta abierta: modificaciones que haría a la carta de presentación (Anexo F).

La versión final de la carta de presentación se muestra en la Figura 5.1. y del apartado de instrucciones de la encuesta en la Figura 5.2.



Figura 5.1: Versión final de la carta de presentación de la Encuesta del Entorno Escolar

INSTRUCCIONES

Como hay diferentes tipos de preguntas, por favor:

- Lea las instrucciones cuidadosamente.
- Las preguntas que son obligatorias están señaladas mediante el símbolo (*).
- Conteste con la mayor objetividad posible.
- No hay respuestas correctas ni incorrectas.

RECUERDE que dispone de la opción "CONTINUARÉ MÁS TARDE" ubicada en la parte superior derecha, así si deja el cuestionario a la mitad, al volver lo hará en el mismo punto en el que lo dejó, siempre que use el MISMO ordenador/computadora.

"Yo hago lo que usted no puede, y usted hace lo que yo no puedo. JUNTOS PODEMOS HACER GRANDES COSAS". Madre Teresa de Calcuta

De antemano: ¡MUCHAS GRACIAS POR ESTOS MINUTOS DE SU TIEMPO!



Figura 5.2: Versión final del apartado de instrucciones de la Encuesta

Parte II. Instrucciones para el proceso de respuesta

En el Gráfico 5.4 se observan los resultados cuantitativos de este apartado. De igual manera se considera que las cuatro (4) variables tienen el mismo peso se obtienen las siguientes medidas de tendencia central: media $\bar{x} = 3.58$ con desviación = 0.636; moda = 4 y mediana = 4.00.

En cuanto a los resultados cualitativos se obtuvieron a través de la pregunta abierta "modificaciones que haría a las instrucciones (según el número de la pregunta)" (Anexo F).

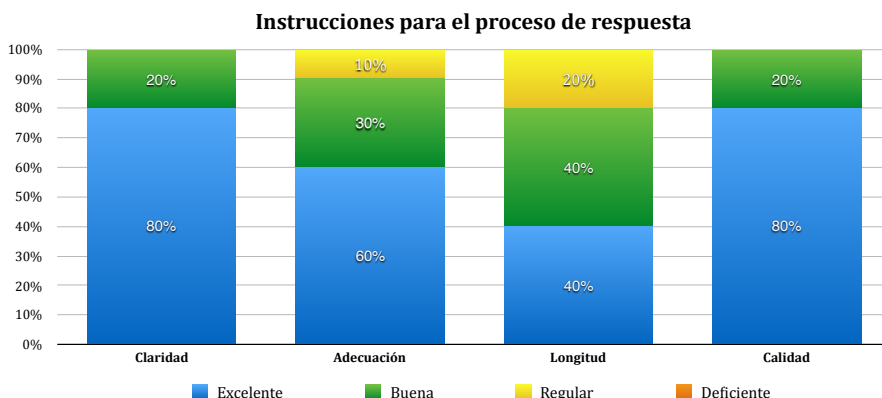


Gráfico 5.4: Resultados cuantitativos de la validación por juicio de expertos de las instrucciones para el proceso de respuesta

Parte III. Preguntas del cuestionario

Los resultados cuantitativos de este apartado se consolidan en el Gráfico 5.5. Asumiendo que las seis (6) variables tienen el mismo peso se alcanzan las siguientes medidas de tendencia central: media $\bar{x} = 3.45$ con desviación = 0.534; moda = 3 y mediana = 3.00.

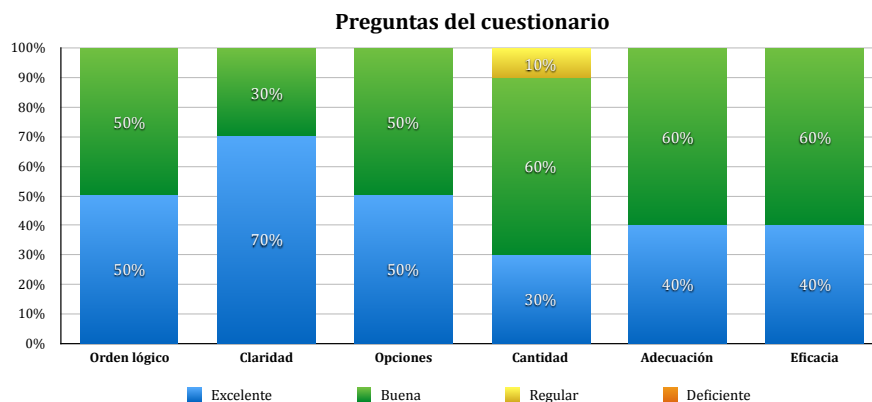


Gráfico 5.5: Resultados cuantitativos de la validación por juicio de expertos de las preguntas del cuestionario

Para este apartado los resultados cualitativos se consiguieron a través de la pregunta abierta “modificaciones que haría a las preguntas o preguntas que eliminaría/agregaría” (Anexo F).

Parte IV. Valoración general del cuestionario

Con respecto a la validez de contenido del cuestionario el 40% (f=4) de los expertos otorgó la valoración “Buena” mientras que el 60% de ellos la consideró “Excelente”, obteniéndose las siguientes medidas de tendencia central: media $\bar{x} = 3.6$ con desviación = 0.516; moda = 4 y mediana = 4.00.

Los aportes cualitativos de los expertos para este apartado dados a través de la pregunta abierta “percepción general sobre el cuestionario” se presentan en el Anexo F.

En cuanto a las observaciones y recomendaciones un 40% de los expertos señaló que el cuestionario era extenso. Un ejemplo de estos comentarios fue el siguiente: “Al principio puede parecer muy largo, pero en realidad se requiere esta extensión. Si se pudieran recortar algunas preguntas sería ideal (Experto 8).”

Sobre este particular, fue la prueba piloto realizada la que nos proporcionó información sobre otras variables a eliminar, además de las indicadas por los expertos, y otros cambios efectuados para disminuir la cantidad de preguntas y así tratar que la duración del cuestionario no afectara a la respuesta por el efecto fatiga. Las modificaciones fueron:

- Eliminación de preguntas cuyas respuestas en la prueba piloto no obtuvieron los estadísticos requeridos para su validez o por el grado de subjetividad en su interpretación (I.8, IV.2, IV.6, IV.11, IV.12.2 y IV.12.3).
- Reestructuración de los indicadores de la variable II.5 guía didáctica.
- División del cuestionario, donde una vez el encuestado finaliza el cuestionario base, mediante una pregunta filtro se le pregunta si desea seguir colaborando con las preguntas abiertas no dinámicas que en la versión inicial eran obligatorias (IV.3 y toda la sección VII).
- Cambios en las secciones: la sección V (atributos del entorno de aprendizaje) se incluye como pregunta en la sección III (características generales del entorno de aprendizaje). La sección VI (evaluación) solo se incluye en el cuestionario para los entornos escolares, para los entornos extraescolares se incluye una pregunta abierta no obligatoria.
- Igualmente, se ha reducido el número de modelos (de 4 a 2) del cuestionario: Modelo 1 - Entorno escolar y Modelo 2 - Entorno extraescolar.

Se conserva la finalidad competición para cada una, mediante una pregunta dinámica.

La totalidad de los cambios realizados, basados en las sugerencias de los expertos y en la prueba piloto, para obtener la versión final del cuestionario se observan en la Tabla 5.4. Los cuestionarios finales se destinaron a dos (2) colectivos diferentes: entorno escolar y entorno extraescolar (Anexo G), guardando ambos una tipología de construcción similar. El cuestionario más extenso corresponde al entorno escolar (Apartado 5.3.4).

Tabla 5.4: Resumen comparativo entre la versión inicial y final del cuestionario

	VERSIÓN INICIAL*		VERSIÓN FINAL	
	Entorno		Entorno	
	Escolar	Extraescolar	Escolar	Extraescolar
Duración del cuestionario	20 minutos	20 minutos	15 minutos	10 minutos
Dimensiones	7	7	6 (1 voluntaria)	5 (1 voluntaria)
Variables	42	41	39	32
Indicadores	158	156	129	109
Total de Preguntas	47	46	45	37
Preguntas obligatorias	47	46	38	30
Preguntas voluntarias	0	0	7	7
Preguntas sin filtro	41	37	38	32
Preguntas con filtro	6	9	7	5
Preguntas cerradas	39	38	34	28
Preguntas abiertas	8	8	11	9

* La versión inicial constaba de cuatro (4) modelos de cuestionarios, los otros dos (2) correspondían a la Finalidad Competición de cada Entorno (una sola pregunta adicional).

A continuación abordamos el proceso de operacionalización⁷⁸ de las variables finales utilizadas.

⁷⁸ Definición operacional es el conjunto de procedimientos y actividades que se desarrollan para medir una variable.

5.3.4. Variables

Para Hernández Sampieri y cols. (2010, p. 93) «una variable es una propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse». De esta manera, cada variable se concreta en ítems específicos (indicadores) con los cuales se obtuvo la información de las dimensiones estudiadas.

En orden de precisión creciente, con características propias y diferentes posibilidades para el análisis estadístico, las variables, se clasifican en:

- *Nominal*. Se utiliza para clasificar e identificar a los individuos u objetos según sean iguales o no respecto a una característica.
- *Ordinal*. Permite operativizar la variable indicando el número de orden, de mayor a menor o viceversa, de los individuos dentro de su grupo.
- *Intervalo o Escala*. Atribuye valores numéricos a los individuos que permiten establecer cuantitativamente sus diferencias.
- *Razón*. Son escalas de intervalo pero que añaden la existencia del cero absoluto.

A continuación, se presentan las tablas de operacionalización de las variables incluidas en cada dimensión de la versión final del cuestionario. Igualmente se muestra la versión aplicada por Internet del cuestionario “*Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Escolares Preuniversitarios de Iberoamérica y España*”.

En las tablas de operacionalización se incluyó el nivel de medición de cada variable (N= nominal, O = ordinal y E = escala de intervalo), mientras que para las preguntas se indica si es de tipo cerrada (C) o abierta (A).

Dimensión I: perfil del instructor. En este grupo de variables se incluyeron los datos demográficos de identificación, así como los años de experiencia en RE y el tipo de formación realizada para obtener estos conocimientos (Tabla 5.5 y Figura 5.3). En el ámbito de la investigación educativa este tipo de variables son sumamente importantes, ya que permiten hacer un análisis más detallado y explicar de una manera más completa los resultados obtenidos.

Tabla 5.5: Operacionalización de Variables - Dimensión I. Perfil del Instructor

DIMENSIÓN I: PERFIL DEL INSTRUCTOR								
VARIABLES					PREGUNTA			
Nombre Variable/Indicadores	Nivel de Medición			Categorías de respuesta	Tipo		#	
	N	O	E		C	A		
1.1. País	X			1. Argentina 2. Bolivia 3. Brasil 4. Chile 5. Colombia 6. Costa Rica 7. Cuba 8. Ecuador 9. El Salvador 10. España	11. Guatemala 12. Honduras 13. México 14. Nicaragua 15. Panamá 16. Paraguay 17. Perú 18. Puerto Rico 19. Rep. Dominicana 20. Uruguay 21. Venezuela	X		1
1.2. Edad		X		1. Menos de 33 años 2. De 33 a 40 años	3. De 41 a 48 años 4. Más de 48 años	X		2
1.3. Género	X			1. Mujer	2. Hombre	X		3
1.4. Titulación académica		X		1. Diplomatura 2. Licenciatura 3. Postgrado	4. Máster 5. Doctorado 6. Otra	X		4
1.5. Área de conocimiento		X		1. Arte, Letras y Humanidades 2. Ciencias 3. Ingenierías	4. Ciencias Sociales y Jurídicas 5. Ciencias de la Salud	X		5
1.6. Experiencia trabajando en RE			X	1. Menos de 1 año 2. De 1 a 3 años 3. De 4 a 6 años	4. De 7 a 9 años 5. De 10 a 12 años 6. De 13 a 15 años 7. Más de 15 años	X		6
1.7. Formación en RE 1.7.1. Experiencia 1.7.2. Autoaprendizaje 1.7.3. Intercambio con colegas 1.7.4. Curso no institucional 1.7.5. Curso institucional- voluntario 1.7.6. Curso institucional - obligatorio 1.7.7. Curso de modalidad virtual 1.7.8. Ninguna formación 1.7.9. Otra formación			X	1. Sí	2. No	X		7

Continuaré más tarde

I. PERFIL DEL INSTRUCTOR

*1. País:

Elija

- ✓ Elija
- Argentina
- Bolivia
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Costa Rica
- Cuba
- Ecuador
- El Salvador
- España
- Guatemala
- Honduras
- México
- Nicaragua
- Panamá
- Paraguay
- Perú
- Puerto Rico
- República Dominicana
- Uruguay
- Venezuela

*2. Edad:

Menos de 33 años De 33 a 40 años De 41 a 48 años Más de 48 años

*3. Género:

Mujer Hombre

*4. Indique la titulación académica de mayor rango que posee:

Diplomatura Postgrado Doctorado
 Licenciatura Máster Otra (Por favor especifique)

*5. Área de conocimiento a la que pertenece sus estudios:

Arte, Letras y Humanidades Ciencias Ingenierías Ciencias Sociales y Jurídicas Ciencias de la Salud

*6. Tiempo de experiencia trabajando en robótica educativa:

Menos de 1 año De 1 a 3 años De 4 a 6 años De 7 a 9 años De 10 a 12 años De 13 a 15 años Más de 15 años

*7. Su formación en robótica educativa la ha adquirido mediante (señale todas las opciones que procedan):

Experiencia Curso no institucional Curso de modalidad virtual
 Autoaprendizaje Curso institucional y con carácter voluntario No tengo ninguna formación
 Intercambio con colegas Curso institucional y con carácter obligatorio Otra (Por favor especifique)

<-Anterior

Siguiente->

30%

VNIVERSIDAD D SALAMANCA

Figura 5.3: Preguntas de la Dimensión I - Perfil del Instructor

Dimensión II: recursos tecnológicos. Permite conocer los tipos de recursos utilizados para hacer robótica, de gran importancia por ser nuestro objeto de estudio, así como, la percepción del docente sobre los niveles de dificultad para su uso y el tipo de material de apoyo (Tabla 5.6 y Figura 5.4).

Tabla 5.6: Operacionalización de Variables - Dimensión II. Recursos Tecnológicos

DIMENSIÓN II: RECURSOS TECNOLÓGICOS								
VARIABLES						PREGUNTA		
Nombre Variable/Indicadores	Nivel de Medición			Categorías de respuesta		Tipo		#
	N	O	E			C	A	
2.1 Tipos/marcas de recursos para hacer robótica		X		1. Uno 2. Dos	3. Tres 4. Más de tres	X		8
2.2. Recurso para hacer robótica	X			1. Arduino 2. GoGo Board 3. Bee-Bot 4. Diseño propio 5. Parallax 6. Fischertechnik 7. Lego Mindstorms 8. Lego WeDo 9. Materiales reciclables	10. mOway 11. Multiplo 12. Ollo 13. Robo-Ed-ES 14. Picaxe 15. Placa PIC 16. Butiá 17. Ícaro 18. Otro robot	X		9
2.3. Lenguaje de programación	X			1. Arduino 2. Creado ex profeso 3. LabView 4. BricxCC 5. Minibloq 6. RoboPlus 7. RoboPRO / LLWin 8. NXC 9. NXT-G	10. Physical Etoys 11. Robolab 12. RobotC / C 13. Scratch 14. WeDo 15. TortuBots 16. No requiere 17. Otro	X		10
2.4. Nivel de dificultad de uso para los alumnos 2.4.1. Recurso para hacer robótica 2.4.2. Lenguaje de programación			X	Escala Likert 1. Muy bajo 2. Bajo 3. Normal 4. Alto 5. Muy alto		X		11
2.5. Material de apoyo 2.5.1. Libros (s) 2.5.2. Internet 2.5.3. Elaboración propia 2.5.4. El fabricante del recurso 2.5.5. La entidad organizadora 2.5.6. Otro	X			Respuesta dicotómica: 1. Sí 2. No		X		12

Con la finalidad de poder realizar análisis diferencial con otras variables fue crucial colocar la siguiente nota a los encuestados que utilizaban más de un recurso: “MUY IMPORTANTE, al utilizar ACTUALMENTE distintos tipos de recursos para hacer robótica con sus alumnos, le solicitamos elija UNO de

ellos (recomendamos aquel con el cual usted tiene MAYOR EXPERIENCIA) para RESPONDER TODAS las preguntas restantes del cuestionario”.



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

II. RECURSOS TECNOLÓGICOS

*8. ¿Cuántos TIPOS/MARCAS de recursos usados para la robótica utiliza actualmente con sus alumnos?

- 1 2 3 más de 3

MUY IMPORTANTE, al utilizar ACTUALMENTE distintos tipos de recursos para hacer robótica con sus alumnos, le solicitamos elija UNO de ellos (recomendamos aquel con el cual usted tiene MAYOR EXPERIENCIA) para RESPONDER TODAS las preguntas restantes del cuestionario.

*9. ¿Qué recurso tecnológico usado para la robótica utiliza actualmente con sus alumnos?

- | | | | |
|-------------------------------------|--|----------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Arduino | <input type="radio"/> Fischertechnik | <input type="radio"/> Multiplo | <input type="radio"/> Placa PIC |
| <input type="radio"/> GoGo Board | <input type="radio"/> Lego Mindstorms | <input type="radio"/> Ollo | <input type="radio"/> Butiá |
| <input type="radio"/> Bee-Bot | <input type="radio"/> Lego WeDo | <input type="radio"/> Robo-Ed ES | <input type="radio"/> Ícaro |
| <input type="radio"/> Diseño propio | <input type="radio"/> Materiales reciclables | <input type="radio"/> Picaxe | <input type="radio"/> Otro (Por favor especifique) |
| <input type="radio"/> Parallax | <input type="radio"/> mOway | | <input type="text"/> |

*10. ¿Qué lenguaje de programación usa principalmente con este recurso para hacer robótica?

- | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Arduino (lenguaje de programación) | <input type="radio"/> RoboPlus | <input type="radio"/> Physical Etoys | <input type="radio"/> WeDo (software) |
| <input type="radio"/> Creado ex profeso | <input type="radio"/> RoboPRO / LLWin | <input type="radio"/> Robolab | <input type="radio"/> TurtleBots |
| <input type="radio"/> LabView | <input type="radio"/> NXC | <input type="radio"/> RobotC / C | <input type="radio"/> No requiere |
| <input type="radio"/> BricxCC | <input type="radio"/> NXT-G | <input type="radio"/> Scratch | <input type="radio"/> Otro (Por favor especifique) |
| <input type="radio"/> Minibloq | | | <input type="text"/> |

Responda las siguientes preguntas del cuestionario, utilizando como criterios el recurso para hacer robótica (pregunta #09) y el lenguaje de programación (pregunta #10) seleccionados anteriormente.

*11. A su juicio, para un alumno sin experiencia previa con estos recursos, el nivel de dificultad para su uso es:

	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Recurso usado para la robótica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lenguaje de programación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*12. El material de apoyo que utiliza para planificar/impartir estas clases procede de (señale todas las opciones):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Libro(s) | <input type="checkbox"/> El fabricante del recurso |
| <input type="checkbox"/> Internet | <input type="checkbox"/> La entidad organizadora del taller/curso o competición |
| <input type="checkbox"/> Elaboración propia | <input type="checkbox"/> Otro (Por favor especifique) |

<-Anterior Siguiente->

40%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Figura 5.4: Preguntas de la Dimensión II - Recursos Tecnológicos

Dimensión III: características generales del EAR. Se agrupan aquí las variables que describen el contexto donde se desarrollan las actividades de RE, tales como: asignatura, entidad, competición, edad de los alumnos, número promedio de alumnos por clase, número promedio de alumnos por robot y los atributos de un EAR (Tabla 5.7 y Figura 5.5).

Tabla 5.7: Operacionalización de Variables - Dimensión III. Características Generales del EAR

DIMENSIÓN III: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE					
Nombre Variable/Indicadores	VARIABLES			PREGUNTA	
	Nivel de Medición			Tipo	
	N	O	E	C	A
3.1. Asignatura (Escolar)	X			X	13
3.1. Entidad (Extraescolar)	X			X	13
			1. Asociación/Club de robótica 2. Centro escolar 3. Empresa privada 4. Fundación / ONG	5. Museo 6. Universidad 7. Padres de familia 8. Proyecto personal 9. Otra entidad	
3.2. Finalidad competición	X			X	14
			1. Sí	2. No	
<i>Filtro: 3.2. = Sí</i> 3.2.1. Nombre de la Competición	X			X	14a
			1. Interescolar de robótica UCAB 2. Junior FLL 3. FLL 4. Roboliga - Argentina 5. WRO	6. Robocampeones 7. RoboCupJunior 8. Concurso Nacional de Robótica - Panamá 9. Sumo.uy 10. Otra competición Local / Nacional	
3.3. Edad(es) de los alumnos (años): 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.	X			X	15
			1. Sí	2. No	
3.4. Número promedio de alumnos en clase	X			X	16
			1. Entre 1 y 12 2. Entre 13 y 18	3. Entre 19 y 24 4. Entre 25 y 30 5. Más de 31	
3.5. Ratio alumnos/recursos para hacer robótica	X			X	17
			1. Dos 2. Tres	3. Cuatro 4. Más de cuatro	
3.6. Atributos del EAR					
3.6.1. Activo					
3.6.2. Manipulativo					
3.6.3. Constructivo					
3.6.4. Colaborativo					
3.6.5. Intencional					
3.6.6. Complejo					
3.6.7. Conversacional					
3.6.8. Contextualizado					
3.6.9. Reflexivo					
3.6.10. Tecnológico					
	X			X	18
			Frecuencia en qué los siguientes atributos están presentes o no, en este EAR: Escala Likert: 1. Nunca 2. Pocas veces 3. Algunas veces 4. La mayoría de las veces 5. Siempre		



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE

***13. Asignatura en la que integra la robótica:**

***14. ¿El objetivo de esta actividad escolar es participar en alguna competición de robótica?**

- Sí No

*** 14a. Nombre de la competición de robótica:**

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="radio"/> Interescolar de robótica UCAB | <input type="radio"/> Olimpiada Mundial de Robótica WRO | <input type="radio"/> Concurso Nacional de Robótica - Panamá |
| <input type="radio"/> Junior FLL (6 a 9 años) | <input type="radio"/> Robocampeones | <input type="radio"/> Sumo.uy |
| <input type="radio"/> FLL – First Lego League (10 a 16 años) | <input type="radio"/> RoboCupJunior | <input type="radio"/> Otra Competencia Local/Nacional (Por favor especifique) |
| <input type="radio"/> Roboliga - Argentina | | <input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/> |

***15. Edad(es) de los alumnos que participan en esta clase escolar o actividad extraescolar (señale todas las edades que correspondan):**

- 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

***16. Aproximadamente, número promedio de alumnos por clase o actividad:**

- Entre 1 y 12 Entre 13 y 18 Entre 19 y 24 Entre 25 y 30 Más de 31

***17. El número promedio de alumnos que utilizan un mismo recurso para hacer robótica durante la clase o actividad es:**

- Dos (2) Tres (3) Cuatro (4) Más de 4

***18. Por favor, indique la frecuencia en qué los siguientes atributos (ver su descripción en la parte inferior) están presentes o no, en este entorno de aprendizaje basado en la robótica educativa.**

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Activo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Constructivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colaborativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intencional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Complejo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conversacional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contextualizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reflexivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnológico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ACTIVO: los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.

MANIPULATIVO: aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los objetos de aprendizaje.

CONSTRUCTIVO: los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.

COLABORATIVO: los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, intercambiando y exponiendo puntos de vista.

INTENCIONAL: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.

COMPLEJO: se involucra a los alumnos en la solución de problemas complejos y poco estructurados.

CONVERSACIONAL: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.

CONTEXTUALIZADO: los alumnos realizan tareas que favorecen aprendizajes muy vinculados al mundo real.

REFLEXIVO: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.

TECNOLÓGICO: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

<-Anterior Siguiente->

50%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Figura 5.5: Preguntas de la Dimensión III - Características Generales del EAR

Dimensión IV: actividades de aprendizaje. Toda actividad educativa debe planificarse para alcanzar ciertos objetivos. Las siguientes variables nos permiten reunir dicha información (Tabla 5.8, Figura 5.6 y Figura 5.7).

Tabla 5.8: Operacionalización de Variables - Dimensión IV. Actividades de Aprendizaje

DIMENSIÓN IV: ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE							
Nombre Variable/Indicadores	VARIABLES			PREGUNTA			
	Nivel de Medición			Categorías de respuesta	Tipo		#
	N	O	E		C	A	
4.1. Tipo de Aprendizaje							
4.1.1. Conocimientos conceptuales	X			1. Sí	2. No	X	19
4.1.2. Procedimentales							
4.1.3. Actitudinales							
4.2. Actividades de Aprendizaje							
4.2.1. Memorísticas				Frecuencia en qué las siguientes actividades de aprendizaje son requeridas a sus alumnos:			
4.2.2. Analíticas				Escala Likert:			
4.2.3. Resolución de problemas		X		1. Nunca			X
4.2.4. Críticas/Argumentativas				2. Pocas veces			
4.2.5. Creativas				3. Algunas veces			
4.2.6. Expresivas simbólicas				4. La mayoría de las veces			
4.2.7. Expresivas prácticas				5. Siempre			
4.2.8. Metacognitivas							
4.3. Técnica(s) de Enseñanza							
4.3.1. Exposición magistral o tradicional							
4.3.2. Aprendizaje por diseño							
4.3.3. Aprendizaje por descubrimiento	X			1. Sí	2. No	3. No la conozco	X
4.3.4. LEGO Education 4C							
4.3.5. Aprendizaje basado en proyectos							
4.3.6. Aprendizaje basado en problemas							
4.3.7. Otra técnica de enseñanza							
4.4. Utiliza Etapas	X			1. Sí	2. No	X	22
<i>Filtro: 4.4. = Sí - 4.4.1. Nombre de las etapas</i>	X					X	22a
4.5. Nivel de autonomía							
4.5.1. Construcción	X			1. Estructurado	3. No estructurado	X	23
4.5.2. Programación				2. Semiestructurado	4. No procede		
4.6. Establece roles	X			1. Sí	2. No	X	24
<i>Filtro: 4.6. = Sí - 4.6.1. Rota estos roles</i>	X			1. Sí	2. No	X	24a
<i>Filtro: 4.6. = Sí - 4.6.2. Nombre de los roles</i>	X					X	24b
4.7. Actitud favorable							
4.7.1. Actividades RE (alumnos)				Escala Likert:			
4.7.2. Hacia el error (alumnos)		X		1. Totalmente en desacuerdo			X
4.7.3. Hacia la ciencia (alumnos)				2. En desacuerdo			
4.7.4. Actividades RE (instructor)				3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo			
				4. De acuerdo			
				5. Totalmente de acuerdo			
Final del Cuestionario (obligatorio) para el Entorno Extraescolar							
4.8. Interdisciplinaridad (solamente para el Entorno Escolar)				¿Realiza conjuntamente con otro(s) docentes(s) actividades interdisciplinarias al utilizar este recurso para hacer robótica? Escala Likert			
	X			1. Nunca	2. Pocas veces	3. Algunas veces	X
				4. La mayoría de las veces	5. Siempre		26
<i>Filtro: 4.8. = 3, 4 o 5</i>							
<i>4.8.1. Descripción de la actividad</i>	X					X	26a



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

IV. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

RECUERDE responder las siguientes preguntas, utilizando como criterios las respuestas anteriormente elegidas.

***19. ¿Qué aprendizaje(s) quiere favorecer al utilizar recursos para hacer robótica en sus actividades? (señale todas las opciones que correspondan):**

- Conocimientos conceptuales Procedimentales (habilidades/destrezas) Actitudinales

***20. Indique la frecuencia en qué las siguientes ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE son requeridas a sus alumnos en este entorno de aprendizaje basado en la robótica educativa.**

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Memorísticas/Reproductivas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análíticas (pensamiento analítico)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resolución de problemas (pensamiento complejo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Críticas (pensamiento críticas) y argumentativas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Creativas (pensamiento creativo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expresivas simbólicas (representar, comunicar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expresivas prácticas (aplicar, usar herramientas)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metacognitivas (tener conciencia de los propios procesos cognitivos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***21. ¿Qué técnica(s) de enseñanza utiliza durante las actividades donde incorpora la robótica?**

	Sí	No	No la conozco
Exposición magistral o tradicional (conferencia)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje por diseño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje por descubrimiento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metodología LEGO Education 4C	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje basado en proyectos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje basado en problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otra técnica de enseñanza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***22. El trabajo que realizan sus alumnos está dividido en fases o etapas definidas:**

- Sí No

22a. Por favor, podría mencionar las fases o etapas (según el número que emplee) que desarrollan sus alumnos con este recurso para la robótica:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

Figura 5.6: Preguntas de la Dimensión IV - Actividades de Aprendizaje (parte I)

***23. Nivel de autonomía de los alumnos al diseñar, construir y/o programar el robot según la información suministrada:**

- 1.- **ESTRUCTURADO** (autonomía limitada, los alumnos cuentan con una guía paso a paso de todo el proceso).
- 2.- **SEMIESTRUCTURADO** (los alumnos pueden realizar cambios a la guía facilitada).
- 3.- **NO ESTRUCTURADO** (máxima autonomía, los alumnos realizan todo el proceso sin ninguna guía).
- 4.- **NO PROCEDE** (actividad no requerida).

	1	2	3	4
Construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***24. Asigna roles a los alumnos:**

- Sí No

*** 24a. Rota estos roles durante las actividades o clases:**

- Sí No

24b. Por favor, indique los roles que suele asignar (según sea el tamaño del grupo en sus clases):

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

***25. En relación a las actividades propuestas, podría valorar las siguientes afirmaciones:**

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
A sus alumnos les motiva realizar estas actividades de robótica educativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estas actividades permiten que: el error deje de tener una connotación negativa, para convertirse en un elemento que motiva a los alumnos a seguir probando y aprendiendo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estas actividades de robótica educativa les fomenta una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología a sus alumnos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le resulta motivador como instructor enseñar con este recurso tecnológico usado para la robótica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***26. ¿Realiza conjuntamente con otro(s) docente(s) actividades interdisciplinares al utilizar este recurso para hacer robótica?**

- Nunca Pocas veces Algunas veces La mayoría de las veces Siempre

26a. Por favor, podría explicar la forma de trabajo interdisciplinar (sería un gran aporte conocer su experiencia en este sentido, no hay muchas actualmente):

<-Anterior Siguiente->

60%

Figura 5.7: Preguntas de la Dimensión IV - Actividades de Aprendizaje (parte II)

El cuestionario para el Entorno Extraescolar finaliza con la IV dimensión y en el caso del Entorno Escolar es con la V dimensión sobre evaluación.

En la Figura 5.8 se muestra la pregunta filtro que se realizó a ambos entornos para saber si el encuestado desea seguir colaborando con una última dimensión de carácter voluntario y cuyas preguntas fueron abiertas.



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

CUESTIONARIO FINALIZADO

La siguiente sección es de carácter VOLUNTARIO, son preguntas abiertas (ninguna obligatoria) sobre las ventajas y desventajas de la enseñanza con este recurso tecnológico para robótica, cuyo valor al provenir de experiencias reales es extremadamente significativo.

Cualquier aporte es bienvenido.

***32. ¿Desea seguir colaborando?**

Sí No

<-Anterior Siguiente->

80%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Figura 5.8: Pregunta filtro para habilitar la dimensión de carácter voluntario

Dimensión V: evaluación (solo aplica para el Entorno Escolar). Estas variables nos ayudarán a comprender la evaluación, considerada uno de los elementos claves en el currículum, al hacer actividades basadas en *robótica educativa* (Tabla 5.9 y Figura 5.9).

Tabla 5.9: Operacionalización de Variables - Dimensión V. Evaluación

DIMENSIÓN V: EVALUACIÓN (solo para el Entorno Escolar)								
VARIABLES						PREGUNTA		
Nombre Variable/Indicadores	Nivel de Medición			Categorías de respuesta	Tipo		#	
	N	O	E		C	A		
5.1. Tipo(s) de evaluación								
5.1.1. Inicial/diagnóstica								
5.1.2. Formativa								
5.1.3. Sumativa								
5.1.4. Autoevaluación	X			1. Sí	2. No	X	27	
5.1.5. Coevaluación								
5.1.6. Heteroevaluación								
5.1.7. Otra								
5.2. Instrumento(s) de evaluación								
5.2.1. Portafolio								
5.2.2. Informes								
5.2.3. Pruebas escritas								
5.2.4. Ejercicios prácticos	X			1. Sí	2. No	X	28	
5.2.5. Registro anecdótico								
5.2.6. Exposición o disertación								
5.2.7. Listas de cotejo o control								
5.2.8. Matriz de valoración o rúbricas								
5.2.9. Otro								
5.3. Finalidad de la evaluación								
5.3.1. Calificarlos			X	Escala Likert: 1. Nunca		X	29	
5.3.2. Regular la enseñanza				2. Pocas veces				
5.3.3. Regular el aprendizaje				3. Algunas veces				
				4. La mayoría de las veces				
				5. Siempre				
5.4. Mejora en los aprendizajes			X	Escala Likert : 1. Nada	2. Muy poco	3. Algo	X	
				4. Bastante	5. Mucho		30	
Filtro: 5.4. = 3, 4 o 5			X	Escala Likert : 1. Nada	2. Muy poco	3. Algo	X	
5.4.1. Mejora académica				4. Bastante	5. Mucho		30a	
5.5. Evaluación de la Robótica como recurso de aprendizaje			X	Escala de 1 (valor más bajo) a 10 (valor más alto)			X	31
Opción de carácter voluntario: ¿Desea seguir colaborando?								
Filtro = Sí	X			1. Sí	2. No	X	32*	
Dimensión VI (Escolar) o Dimensión V (Extraescolar)								

* En el cuestionario del Entorno Extraescolar corresponde a la pregunta # 26



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

V. EVALUACIÓN

RECUERDE responder las siguientes preguntas, utilizando como criterios las respuestas anteriormente elegidas.

***27. ¿Qué tipo(s) de evaluación realiza al enseñar con este recurso para hacer robótica? Seleccione todas las que utilice.**

- Inicial/diagnóstica Autoevaluación Heteroevaluación
 Formativa Coevaluación Otra (Por favor especifique)
 Sumativa

***28. ¿Qué instrumento(s) de evaluación aplica durante el proceso de enseñanza-aprendizaje con robots? Seleccione todos los que utilice.**

- Portafolio Ejercicios prácticos Listas de cotejo o control
 Los informes Registro anecdótico Matriz de valoración o rúbricas
 Pruebas escritas Exposición o disertación Otro (Por favor especifique)

***29. Ha utilizado los resultados de la evaluación de los alumnos para las siguientes finalidades:**

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Calificarlos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regular la enseñanza, es decir, para reajustar lo que hago como instructor según los resultados que van consiguiendo los alumnos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ayudar a regular el aprendizaje de los alumnos, es decir, para detectar sus dificultades y progresos y ayudarles.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***30. ¿Considera que sus alumnos (en general) mejoran sus aprendizajes con las actividades que involucran este recurso tecnológico usado para la robótica?**

- Nada Muy poco Algo Bastante Mucho

***30a. En este caso ¿han mejorado también sus calificaciones académicas?**

- Nada Muy poco Algo Bastante Mucho

***31. Después de haber desarrollado estas pautas y considerando sus respuestas, ¿qué puntuación le pondría a la robótica, como herramienta para utilizar en su asignatura?**

Valore de 1 a 10 (1-valor más bajo a 10-valor más alto).

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

70%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Figura 5.9: Preguntas de la Dimensión V - Evaluación

Dimensión VI: detalles de la propia Práctica Educativa. Se aplicaron a ambos entornos y cuyas respuestas fueron de carácter voluntario y abiertas. Con esta sección de carácter cualitativo (Tabla 5.10 y Figura 5.10) se espera tener mayor precisión, amplitud y profundidad de la información obtenida en las dimensiones anteriores.

Tabla 5.10: Operacionalización de Variables - Dimensión VI. Detalles de la propia Práctica Educativa

RESPUESTAS DE CARÁCTER VOLUNTARIO DIMENSIÓN VI (Entorno Escolar) o DIMENSIÓN V (Entorno Extraescolar): DETALLES DE LA PROPIA PRÁCTICA EDUCATIVA						
VARIABLES					PREGUNTA	
Nombre Variable/Indicadores	Nivel de Medición			Categorías de respuesta	Tipo	
	N	O	E		C	A
6.1. Ejemplo de planificación (Entorno Escolar)	X				X	33
5.1. Tipo de seguimiento o evaluación de los aprendizajes de los alumnos (Entorno Extraescolar)	X				X	27
6.2. Según su propia experiencia ¿Qué conocimientos (programación, electrónica, mecánica, etc.) necesita todo instructor de robótica educativa?	X				X	34*
6.3. Ventajas/Beneficios para el Instructor						
6.3.1. Metodológicas						
6.3.2. Tecnológicas	X				X	35*
6.3.3. Cognitivas						
6.3.4. Sociales						
6.3.5. Otras						
6.4. Desventajas/Desafíos para el Instructor						
6.4.1. Metodológicas						
6.4.2. Tecnológicas	X				X	36*
6.4.3. Cognitivas						
6.4.4. Sociales						
6.4.5. Otras						
6.5. Ventajas/Beneficios para el Alumno						
6.5.1. Tecnológicas						
6.5.2. Cognitivas	X				X	37*
6.5.3. Sociales						
6.5.4. Otras						
6.6. Desventajas/Desafíos para el Alumno						
6.6.1. Tecnológicas						
6.6.2. Cognitivas	X				X	38*
6.6.3. Sociales						
6.6.4. Otras						
6.7. Por último, ¿Tiene alguna sugerencia o comentario que le gustaría compartir con los instructores que están considerando iniciarse en la robótica educativa?	X				X	39*

* En el cuestionario del Entorno Extraescolar corresponden a las preguntas # 28, 29, 30, 31, 32 y 33 respectivamente.

ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

VI. DETALLES DE LA PROPIA PRÁCTICA EDUCATIVA

Continuaré más tarde

33. Nos podría facilitar uno o varios ejemplos de su planificación (tipo de actividad y breve descripción) al utilizar robots:

EJEMPLO:

Tipo de actividad: INTERPRETAR un fenómeno matemáticamente.

Breve descripción: con la asistencia de la robótica, el alumno examina fenómenos relacionados con la matemática (velocidad y aceleración).

34. Según su propia experiencia ¿Qué conocimientos (programación, electrónica, mecánica, etc.) necesita todo instructor de robótica educativa?

Por favor, señale las VENTAJAS y DESVENTAJAS, tanto para el instructor como para el alumno, que ha experimentado al utilizar este recurso tecnológico usado para la robótica.

Para facilitar sus posibles respuestas, se han dividido en estas sub-categorías: metodológicas (solo para el instructor), tecnológicas, cognitivas, sociales y otras.

Sea libre de opinar en cualquiera de ellas.

35. VENTAJAS/BENEFICIOS PARA EL INSTRUCTOR:

Metodológicas:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

36. DESVENTAJAS/DESAFÍOS PARA EL INSTRUCTOR:

Metodológicas:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

37. VENTAJAS/BENEFICIOS PARA EL ALUMNO:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

38. DESVENTAJAS/DESAFÍOS PARA EL ALUMNO:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

39. Por último, ¿Tiene alguna sugerencia o comentario que le gustaría compartir con los instructores que están considerando iniciarse en la robótica educativa?

<- Anterior | Siguiente ->

90%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Figura 5.10: Preguntas de la Dimensión VI - Evaluación

5.4. Población y Muestra

Para la recogida de datos se diseñó una encuesta en línea dirigida exclusivamente a los instructores de Robótica Educativa de las regiones de Iberoamérica y España.

Nuestra población comprendió a todos aquellos docentes/instructores de *Robótica Educativa* a nivel preuniversitario ubicados en Iberoamérica y España, tanto de entornos de aprendizaje escolares como extraescolares que pudieran ser contactados vía internet para efectuar la encuesta.

Siendo dicho universo muy difícil de determinar y al estar limitado por el instrumento de medición (encuesta en línea), consideramos pertinente optar por una muestra no probabilística o dirigida⁷⁹, donde la elección de los elementos no es totalmente al azar sino que depende de razones relacionadas con las características de la investigación.

«Si bien la recomendación de utilizar métodos probabilísticos siempre que sea oportuno es muy apropiada, conviene reconocer que en la investigación educativa generalmente no es viable» (Bisquerra, 2004, p. 145).

Tabla 5.11: *Ventajas e inconvenientes de los muestreos no probabilísticos*

Ventajas	Inconvenientes
Simplicidad y economía del diseño muestral.	Imposibilidad de estimar el <i>error</i> típico o <i>muestral</i> .
No precisan de un listado de la población de estudio.	Dificultad en la generalización de los resultados de la investigación más allá de los casos analizados, por la introducción de <i>sesgos</i> en la elección de la muestra.
Fáciles de ejecutar.	

Fuente: (Cea, 2004, p. 173).

El tamaño (n) correcto de la muestra depende del propósito del estudio y de la naturaleza de la población bajo examen. Se considera grande cuando n es igual o mayor a 30 (Arnal y cols., 1992), mientras para otros autores 30 es el número mínimo de casos (Cohen y Manion, 1990). Recordamos que en nuestro

⁷⁹ Muestra no probabilística o dirigida: subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación.

estudio contamos con dos grupos: el entorno escolar y el entorno extraescolar. De allí la importancia para los análisis estadísticos entre variables el conocer el tamaño (n) de la muestra final de los subgrupos, por ejemplo: género o procedencia (España o Iberoamérica).

Tipo de muestra: una mezcla de muestra por cuotas y en cadena (mínimo de 50 casos válidos y completos por cada entorno de aprendizaje), ya que en nuestro estudio los principales subgrupos son los entornos de aprendizaje: escolar y extraescolar.

El muestreo por cuotas se emplea cuando no se puede disponer de una muestra escogida al azar. Sin embargo, se quiere una muestra representativa de la población y se fijan unas cuotas consistentes en un número de individuos que reúnen unas determinadas condiciones o variables demográficas en la población. «Si se sigue este procedimiento con rigurosidad puede tener las mismas virtudes que el muestreo probabilístico; de hecho algunos autores lo incluyen entre los probabilísticos» (Bisquerra, 2004, p. 148).

En el muestreo en cadena (bola de nieve) se localizan algunos individuos, los cuales conducen a otros, y estos a otros, y así hasta conseguir una muestra suficiente. Funciona como la bola de nieve que al rodar va creciendo (Bisquerra, 2004). Como indican Hernández Sampieri y cols. (2010) y Cea (2004) este tipo de muestreo tiene un valor limitado a la muestra en sí, mas no a la población. Aunque supone un procedimiento de selección informal de la muestra y no se pueden generalizar los datos a ésta, si podemos hablar de tendencias.

Respecto a la muestra, se utilizó como unidad inicial y principal de nuestra muestra la Red de Robótica Latinoamericana⁸⁰ (<http://redrobotica.org/>), con aproximadamente 210 miembros cuyo perfil era acorde con los criterios de este estudio, al mencionar como población meta de sus actividades de RE: niños (de 5 a 12 años) y jóvenes (de 13 a 17 años). Posteriormente, se integraron a esta muestra grupos específicos localizados mediante búsqueda en Internet y contactados vía email:

- Torneos de robótica educativa (16 personas)
- Proyectos escolares (14 personas)
- Actividades extraescolares (79 personas)

⁸⁰ <http://redrobotica.org/profiles/blogs/an-lisis-de-la-rob-tica-educativa-en-entornos-preuniversitarios>

- 12 docentes

Además, la encuesta se divulgó a través de nuestra web de investigación (http://diarium.usal.es/kathia_pitti/investigacion/), activa desde el 1 de octubre de 2012 (Figura 5.12).

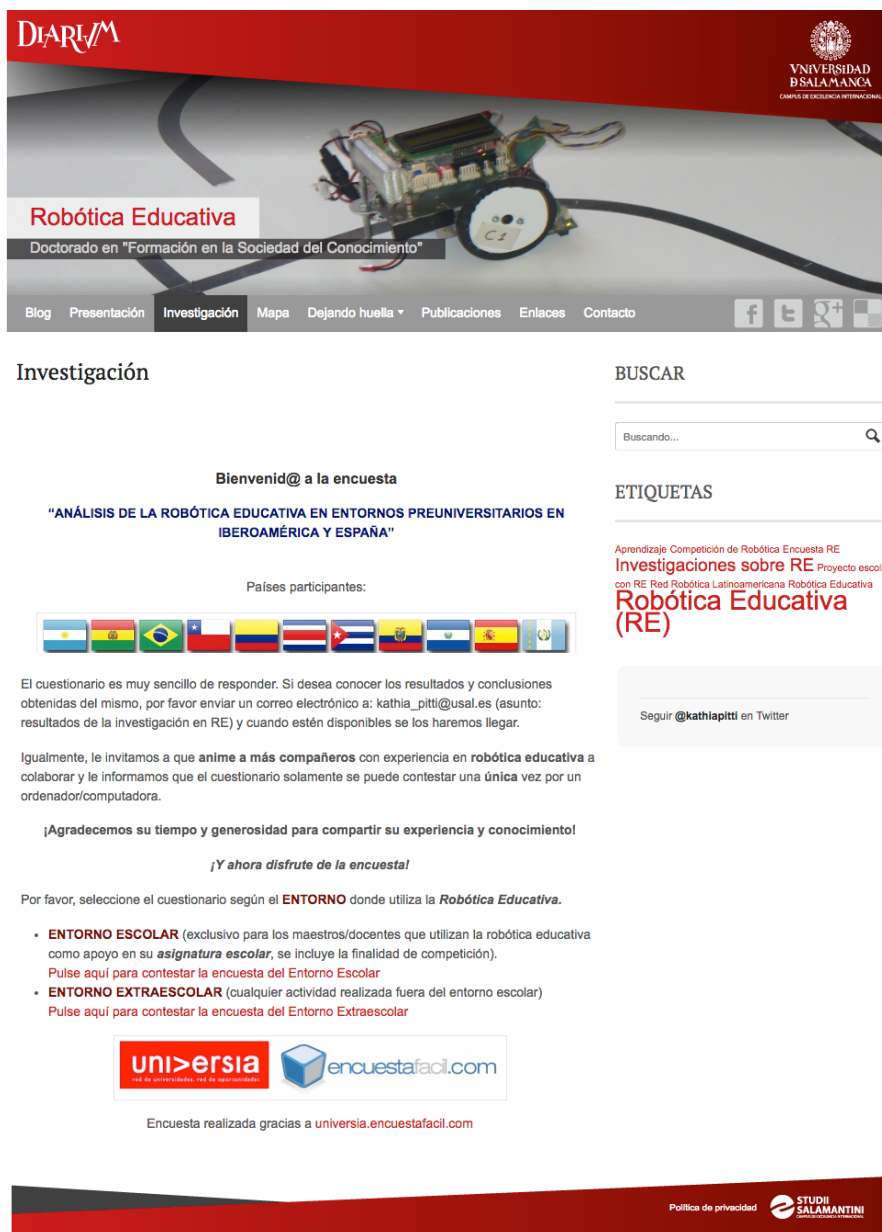


Figura 5.11: Captura de pantalla de la Web de Investigación

5.5. Ficha Técnica de la Encuesta

En la Tabla 5.12 se presenta la ficha técnica de la encuesta donde constan los datos más significativos del proceso que se ha seguido para realizar el estudio.

Tabla 5.12: *Ficha Técnica de la Encuesta*

Ficha Técnica de la Encuesta	
Objetivo de la encuesta	Obtener información sobre las prácticas educativas con robots y su incidencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje en etapas preuniversitarias.
Técnica de investigación	Encuesta por Internet
Instrumento de recogida de datos	Cuestionario estructurado y elaborado ad hoc.
Contexto	Internet a través de la aplicación web para encuestas online: <i>Encuesta Fácil</i> (https://www.encuestafacil.com) gratuita (en esos momentos) por el acuerdo de colaboración entre Universia y encuestafacil.com
Ámbito geográfico	Iberoamérica y España
Universo	Compuesto por hombres y mujeres, mayores de edad, que realicen actividades escolares o extraescolares de <i>Robótica Educativa</i> a nivel preuniversitario de Iberoamérica y España.
Método de muestreo	No probabilístico o dirigido, con selección por cuotas y en cadena.
Marco muestral según vías de contacto	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sitio web de investigación:</i> <ul style="list-style-type: none"> - http://diarium.usal.es/kathia_pitti/investigacion/ • <i>Foros:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Red de Robótica Latinoamérica (210 miembros que encajan con el perfil) • <i>Grupos localizados por Internet y contactados a través correo electrónico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Torneos de <i>Robótica Educativa</i> (16 personas) - Proyectos escolares (14 personas) - Actividades extraescolares (79 personas) - 12 docentes
Muestra definitiva	<p><i>Total = 127</i></p> <p>Entorno escolar = 60</p> <p>Entorno extraescolar = 67</p>
Fecha de trabajo de campo	Marzo - Mayo 2013
Procesamiento	Mediante el SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales), versión 20.0. Licencia de la Universidad de Salamanca.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados de la encuesta por Internet, dando sentido a los datos obtenidos, codificándolos, tratándolos y ordenándolos para poder describir y caracterizar los *EAR preuniversitarios de Iberoamérica y España* y así brindar respuesta al problema planteado. Se usa el SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, versión 20.0).

Para ello, realizaremos sobre la matriz de datos y mediante métodos estadísticos, según el tipo de variable, el análisis descriptivo de tipo cuantitativo de las cinco primeras dimensiones de la encuesta. Se incluyen también algunos análisis de tres variables a la vez con el propósito de caracterizar adecuadamente nuestro objeto de estudio. Luego se presenta el análisis cualitativo de la sexta dimensión (*detalles de la propia práctica educativa*) que fue de carácter voluntario en nuestro cuestionario.

Después, se lleva a cabo un breve análisis diferencial en función de las categorías de Robots Educativos: EIM e IM.

Finalmente, se realiza el análisis de árboles de decisión o segmentación jerárquica a partir del algoritmo CHAID. Con el objetivo de identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa sobre el *rendimiento académico* de los alumnos que realizan actividades de robótica en un entorno escolar preuniversitario.

Todo lo anterior nos permitirá enriquecer la discusión de los resultados y las conclusiones a efectuarse en el último capítulo.

6.1. Análisis descriptivo

En este apartado presentamos el análisis cuantitativo de los resultados de la encuesta “*Análisis de la Robótica Educativa en entornos escolares/extraescolares preuniversitarios en Iberoamérica y España*” con la descripción del total de 127 casos. Simultáneamente, se presentan los resultados descriptivos de cada *Entorno de Aprendizaje* (EA). El EA Escolar estuvo representado por el 47.2% (n=60) de la muestra y el restante 52.8% (n=67) corresponde al EA Extraescolar.

El análisis estadístico de los datos cuantitativos de la encuesta sigue, como cualquier procedimiento analítico, un proceso secuencial. A continuación, analizaremos por dimensión cada uno de los ítems del cuestionario utilizando para ello los datos de frecuencias y porcentajes, además de gráficas de tres variables. Los ítems aparecen en el mismo orden en el que estaban en el cuestionario.

6.1.1. Dimensión I. Perfil del Instructor de Robótica Educativa

En este grupo de variables se incluyeron los datos demográficos de identificación, así como los años de experiencia en RE y el tipo de formación realizada para obtener estos conocimientos. En el ámbito de la investigación educativa este tipo de variables son sumamente importantes, ya que permiten hacer un análisis más detallado y explicar de una manera más completa los resultados obtenidos. Abarcan desde la pregunta uno hasta la siete.

Son notables las similitudes encontradas en ambos Entornos de Aprendizaje (EA) en varios ítems. Algunos datos destacados son:

- En ambos EA predominan los *instructores hombres* (más del 60%).
- Más de la mitad de los instructores son del área de *Ingeniería*.
- El mayor porcentaje de instructores tenía *menos de cuatro años* enseñando RE.
- Los conocimientos adquiridos de RE por la mayoría de los instructores han sido el resultado de la *experiencia* y el *autoaprendizaje*.

A continuación, se presentan la distribución de frecuencias y de porcentajes para cada variable de esta dimensión, tanto del total de encuestados como por Entorno de Aprendizaje.

6.1.1.1. País

El desglose por *país* de los instructores de RE que participaron en este estudio se presenta en la Tabla 6.1. En estos 127 casos encontramos instructores de casi todos los países convocados, a excepción de Cuba, Honduras, Nicaragua y Paraguay. Además, registramos desigualdades de participación de los países por Entorno de Aprendizaje (EA). Dicha información debe ser contemplada a la hora de trasladar las conclusiones hacia contextos diferentes a los de esta muestra.

Tabla 6.1: Muestra encuestada según el País, el Entorno de Aprendizaje y la Procedencia (Iberoamérica o España)

PAÍS	ENTORNO DE APRENDIZAJE		TOTAL
	Escolar	Extraescolar	
Argentina	3	3	6
Bolivia	1	0	1
Brasil	0	1	1
Chile	1	4	5
Colombia	0	3	3
Costa Rica	7	2	9
Ecuador	0	4	4
El Salvador	3	2	5
España	23	28	51
Guatemala	1	0	1
México	5	7	12
Panamá	5	4	9
Perú	2	4	6
Puerto Rico	1	0	1
Rep. Dominicana	0	1	1
Uruguay	4	1	5
Venezuela	4	3	7
TOTAL	60	67	127

Por consiguiente, para compensar estas diferencias y poder realizar los análisis estadísticos necesarios, hemos recodificado la variable *país* en una

nueva denominada *procedencia* (Tabla 6.2), que también corresponde con las dos regiones propuestas para realizar nuestra investigación:

- Iberoamérica con 76 casos.
- España con 51 casos.

Tabla 6.2: Muestra encuestada según la Procedencia (Iberoamérica o España) y el Entorno de Aprendizaje

PROCEDENCIA	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Iberoamérica	76	59.8	37	61.7	39	58.2
España	51	40.2	23	38.3	28	41.8
Total	127	100	60	47.2	67	52.8

Con esta agrupación se obtiene para los análisis estadísticos una muestra bastante proporcionada y representativa de cada región, al igual que por EA, como se observa en el Gráfico 6.1.

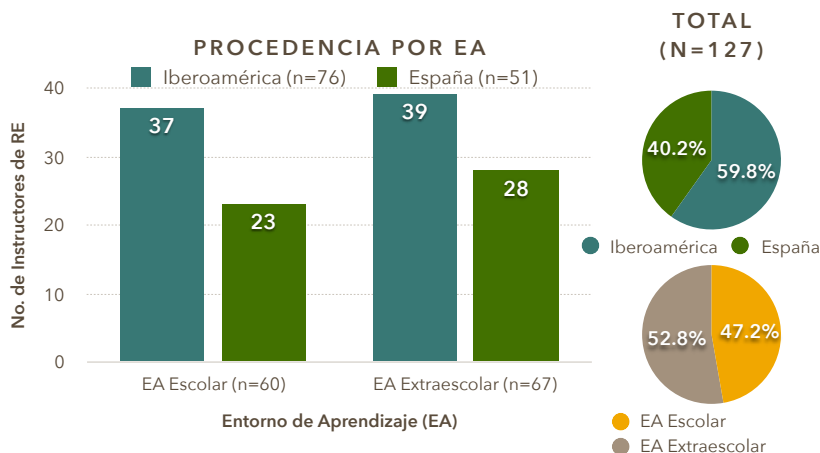


Gráfico 6.1: Muestra encuestada por Entorno de Aprendizaje (EA) y por Procedencia

6.1.1.2. Edad de los Instructores

En la Tabla 6.3 se observa que de la muestra total, el intervalo de edad de 33 a 40 años cuenta con el mayor porcentaje (33.9%) y el intervalo de edad de más de 48 años sería el menos representado (15.0%).

En función del Entorno de Aprendizaje los datos indican que:

- El intervalo de edad de *menos de 33 años*, corresponde al menor porcentaje (11.7%) para el EA Escolar, pero contrariamente es el mayor (31.3%) para el EA Extraescolar.
- El intervalo de edad de *33 a 40 años* para el EA Escolar cuenta con el mayor porcentaje (40.0%).
- El rango de edad de *41 a 48 años* es muy similar en ambos EA.
- De los instructores que contaban con *más de 48 años*, el EA Escolar (20.0%) casi dobla al EA Extraescolar (10.4%).

Tabla 6.3: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Edad de los Instructores*

EDAD (años)	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
	<i>f</i>	%	Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Menos de 33	28	22.0	7	11.7	21	31.3
De 33 a 40	43	33.9	24	40.0	19	28.4
De 41 a 48	37	29.1	17	28.3	20	29.9
Más de 48	19	15.0	12	20.0	7	10.4
Total	127	100	60	100	67	100

En cuanto a las edades de los instructores por EA según su procedencia (Gráfico 6.2) podemos destacar:

- *EA Escolar:* En ambas regiones el intervalo de edad de *33 a 40 años* cuenta con el mayor porcentaje, para España es casi la mitad de los instructores (47.9%). El intervalo de edad con la menor cantidad de instructores es el de *menos 33 años*, en ambas procedencias.
- *EA Extraescolar:* El mayor porcentaje (39.3%) de instructores españoles fue para el intervalo de *41 a 48 años* de edad, mientras que la mayor cantidad de instructores iberoamericanos se situó en el de *menos 33 años* de edad (35.9%). En cambio, para ambas regiones el intervalo de más de 48 años de edad cuenta con el menor porcentaje siendo muy similar (10%).

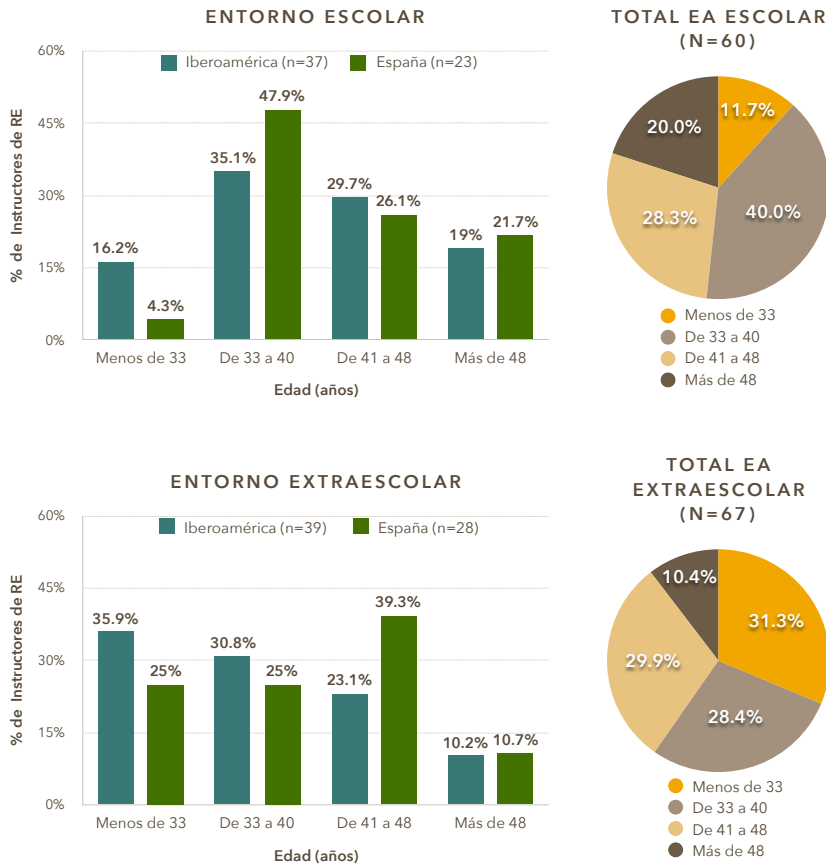


Gráfico 6.2: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Edad de los Instructores

6.1.1.3. Género

De los 127 instructores que participaron en la encuesta, aproximadamente dos de cada tres instructores de RE son *hombres* (Tabla 6.4). También, se aprecia que el EA Escolar cuenta con un 5.4% más de *mujeres* a diferencia del extraescolar que tiene un 5.4% más de *hombres*. Sin embargo (Gráfico 6.3), al desagregar los resultados de género por EA y procedencia, dicho dato se mantiene para el EA Escolar de España, presenta el valor más bajo en el EA Escolar de Iberoamérica y el EA Extraescolar de España (tres de cada cinco instructores de RE son hombres) y obtiene la cifra más alta para el EA Extraescolar de Iberoamérica (tres de cada cuatro instructores de RE son hombres).

Tabla 6.4: Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Género

GÉNERO	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Mujer	43	33.9	22	36.7	21	31.3
Hombre	84	66.1	38	63.3	46	68.7
Total	127	100	60	100	67	100

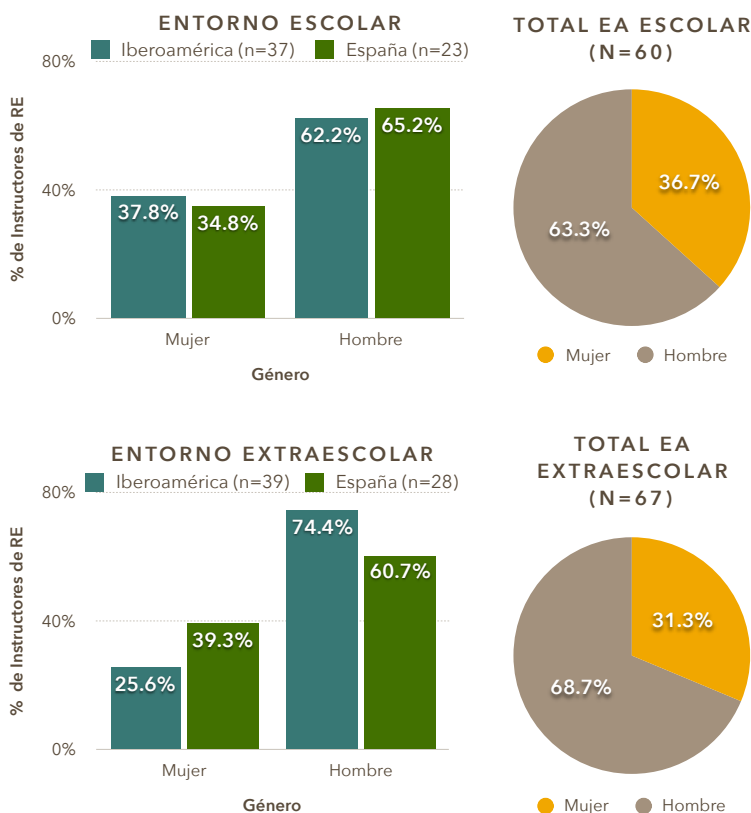


Gráfico 6.3: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Género

En términos de la procedencia, tenemos que 24 mujeres de Iberoamérica y 19 de España contestaron la encuesta. En cuanto a hombres, fueron 52 y 32 respectivamente. Al analizar el género por EA según su procedencia (Gráfico 6.3) podemos resaltar que:

EA Escolar: La cantidad de mujeres y hombres por procedencia es muy similar en este EA, con cerca de un 3% de variación.

EA Extraescolar: En este EA existe una mayor variación (13.7%) en cuanto al género según su procedencia.

6.1.1.4. Titulación Académica y Área de Conocimiento

Tabla 6.5: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Titulación Académica y el Área de Conocimiento*

I DIMENSIÓN PERFIL DEL INSTRUCTOR DE ROBÓTICA EDUCATIVA	ENTORNO DE APRENDIZAJE					
	TOTAL		Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
	127	100	60	47.2	67	52.8
TITULACIÓN ACADÉMICA						
Diplomatura	23	18.1	12	20.0	11	16.4
Licenciatura	49	38.6	24	40.0	25	37.3
Postgrado	16	12.6	8	13.3	8	11.9
Máster	22	17.3	8	13.3	14	20.9
Doctorado	12	9.4	7	11.7	5	7.5
Otra	5	3.9	1	1.7	4	6.0
ÁREA DE CONOCIMIENTO						
Arte, Letras y Humanidades	17	13.4	8	13.3	9	13.4
Ciencias	27	21.3	16	26.7	11	16.4
Ingenierías	72	56.7	32	53.3	40	59.7
Ciencias Sociales y Jurídicas	8	6.3	3	5.0	5	7.5
Ciencias de la Salud	3	2.4	1	1.7	2	3.0

En la Tabla 6.5 observamos los datos de las dos siguientes variables consultadas en el cuestionario:

Titulación académica: Para toda la muestra y por EA, la *licenciatura* es la titulación predominante. El segundo lugar difiere según el EA, para el EA Escolar es la *diplomatura* mientras que para el EA Extraescolar es el *máster*. Otro

dato a mencionar es que alrededor del 40% de los instructores en ambos EA continúan estudiando luego de culminar su carrera.

Área de conocimiento: Más del 50% de los encuestados son del área de la Ingeniería, seguido por ‘Ciencias, Artes, Letras y Humanidades’, y ‘Ciencias Sociales y Jurídicas’, lo que se mantiene igual tanto por EA como por procedencia. El área de *Ciencias de la Salud* está presente con un docente español que imparte Educación Física y en el EA Extraescolar, con un instructor tanto para Iberoamérica como para España.

6.1.1.5. Experiencia y Formación en RE

A continuación presentamos en la Tabla 6.6 las dos últimas variables del perfil del instructor. Es importante señalar que la variable *tiempo de experiencia trabajando en RE (años)* se recodificó, es decir, se agruparon los valores en un menor número de categorías por la conveniencia para análisis posteriores, de siete a tres.

Experiencia en RE: Describiendo la muestra total, vemos que el mayor porcentaje de instructores (52.7%) tenía *menos de cuatro años* enseñando RE. Otro 26.8% de los instructores tenía *de cuatro a nueve años* enseñando RE, y *más de nueve años* un 20.5% de la muestra.

Analizando por EA y procedencia, para el EA Extraescolar los instructores con *menos de cuatro años* se incrementan a un 61.2% (debido a que el 78.6% de los instructores de RE españoles se ubicaron en esta categoría) mientras que para el EA Escolar disminuye a 43.3%. Otro dato a resaltar es sobre la procedencia de los instructores con *más de nueve años* enseñando RE, ya que Iberoamérica cuenta con un porcentaje mucho mayor que España, así tienen un 22.1% más en el EA Escolar y un 13.4% más en el EA Extraescolar.

Formación en RE: Un 33.0% de los encuestados respondió formarse en RE con *cursos formales*, siendo *la experiencia, el autoaprendizaje y el intercambio con colegas* su principal fuente de conocimientos (67.0%). A su vez, 18 instructores realizaron un *curso virtual*, 14 eran del EA Escolar y la mayoría (12) de Iberoamérica.

Además, en el EA Extraescolar un 82.0% de los instructores iberoamericanos manifestaron aprender mediante *autoaprendizaje* y esta cifra aumenta a

89% para los españoles. Mientras que en el EA Escolar un 65.0% de los iberoamericanos participó de un *curso institucional (voluntario)*, dato que para España es 48.0%.

Tabla 6.6: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Experiencia y Formación en RE*

I DIMENSIÓN PERFIL DEL INSTRUCTOR DE ROBÓTICA EDUCATIVA	ENTORNO DE APRENDIZAJE					
	TOTAL		Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
	127	100	60	47.2	67	52.8
EXPERIENCIA EN RE (años)						
Menos de 4	67	52.8	26	43.3	41	61.2
De 4 a 9	34	26.8	18	30.0	16	23.9
Más de 9	26	20.5	16	26.7	10	14.9
FORMACIÓN EN RE*						
Experiencia	90	70.9	43	71.7	47	70.1
Autoaprendizaje	101	79.5	44	73.3	57	85.1
Intercambio con colegas	68	53.5	37	61.7	31	46.3
Curso no institucional	39	30.7	16	26.7	23	34.3
Curso institucional voluntario	57	44.9	35	58.3	22	32.8
Curso institucional obligatorio	14	11.0	10	16.7	4	6.0
Curso virtual	18	14.2	14	23.3	4	6.0
Otra formación	2	1.6	1	1.7	1	1.5

* Los instructores podían seleccionar las opciones pertinentes.

6.1.2. Dimensión II. Recursos Tecnológicos

Esta dimensión permite conocer los tipos de recursos utilizados para hacer robótica, de gran importancia por ser nuestro objeto de estudio. Así como, la percepción del instructor sobre los niveles de dificultad para su uso y el tipo de material de apoyo que utiliza para enseñar RE. Comprende desde la pregunta ocho hasta la doce del cuestionario.

Algunos datos a resaltar:

- De los 127 instructores el 54.3% usa un único tipo/marca de robot, el 74.0% usa robots de la *categoría IM* (Informática – Mecánica) y un 78.0% los programa con una *interfaz tipo gráfica*.

- Alrededor de un 20.0% de los instructores considera que el *lenguaje de programación* tendría un *nivel de dificultad inicial más alto* para alumnos sin experiencia previa que el aprender a usar la plataforma robótica.
- El 72.4% de los instructores se basa en *Internet* para diseñar/planificar sus clases de RE y el 68.5% *elabora su propio material*.

6.1.2.1. Tipos/marcas de Recursos para hacer RE

Empezamos por conocer cuántos *tipos/marcas de recursos para hacer RE* usan los instructores encuestados. Los resultados al analizar toda la muestra y por EA se observan en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función de los Tipos/Marcas de Recursos para hacer Robótica*

TIPOS/MARCAS DE RECURSOS DE RE USADOS	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Uno	69	54.3	32	53.3	37	55.2
Dos	35	27.6	18	30.0	17	25.4
Tres	13	10.2	7	11.7	6	9.0
Más de tres	10	7.9	3	5.0	7	10.4
Total	127	100	60	100	67	100

De los 127 instructores el 54.3% usa *un único tipo de robot*, mientras que, el 7.9% (10 instructores, cuatro mujeres y seis hombres) informó trabajar con *más de tres robots*. También apreciamos que el EA Extraescolar dobla la cifra del EA Escolar.

Con la finalidad de poder realizar análisis cruzados con otras variables fue esencial colocar la siguiente nota a los encuestados que utilizaban más de un recurso: “MUY IMPORTANTE, al utilizar ACTUALMENTE distintos tipos de recursos para hacer robótica con sus alumnos, le solicitamos elija UNO de ellos (recomendamos aquel con el cual usted tiene MAYOR EXPERIENCIA) para RESPONDER TODAS las preguntas restantes del cuestionario”.

6.1.2.2. Recurso para hacer Robótica

Para analizar la diversidad de *plataformas para hacer robots* (PR) utilizadas por los instructores utilizamos la categorización, propuesta por la autora del estudio, para educación preuniversitaria expuesta en el Apartado 1.4.2. Seguidamente definimos nuevamente las tres categorías que planteamos:

- *Categoría EIM (Electrónica/Electricidad – Informática – Mecánica)*. El alumno pone en práctica conocimientos de estas tres áreas, aplicando la robótica de forma integral. Ejemplos: robots basados en placas Arduino o similar, robots imprimibles, fabricados con materiales reciclables, ...
- *Categoría IM (Informática – Mecánica)*. El alumno cuenta con piezas prediseñadas y de fácil conexión para construir su robot, de tal manera que no son necesarios conocimientos del área electrónica/eléctrica. Ejemplos: LEGO Mindstorms, LEGO WeDo, VEX IQ, MBOT ...
- *Categoría I (Informática)*. Son robots con una morfología predeterminada que no requiere (inicialmente) la fase de construcción, siendo su uso principal el aprendizaje del pensamiento computacional. Ejemplos: Bee-Bot, Blue-Bot, mOway, Codey rockey...

De los robots educativos utilizados por los encuestados en 2013 (Tabla 6.8), la categoría predominante fue la *IM* con un 74.0%, en segundo lugar la *EIM* con 24.4% y, finalmente, la categoría *I* con un 1.6%. Igualmente cada categoría cuenta con un recurso principal para hacer RE, en el caso de la categoría *IM* es *Legó Mindstorms* 89.4%. Dentro de la categoría *EIM* destacan los robots educativos basados en la *placa Arduino* 45.2% y la categoría *I* representada totalmente por *Bee-Bot* 100%.

Otros robots con fines educativos mencionados por los instructores fueron: Andromie, Netduino, mOway, Placa Imagina, Pingüino, Robo-CIRCLE, Bioloid y PIC.

En ambos EA las tres categorías están presentes, en aproximadamente, un 50% para cada una (Tabla 6.8). En cuanto a la procedencia, los robots categoría *I* (n=2) los usan instructores de Iberoamérica al igual que los robots categoría *EIM* son utilizados principalmente por esta región (Gráfico 6.4).

Tabla 6.8: Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Robot según Categoría: EIM, IM e I

ROBOTS EDUCATIVOS SEGÚN CATEGORÍAS	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
CATEGORÍA EIM	31	24.4	15	25.0	16	23.9
Placa Arduino	14	11.0	5	8.3	9	13.4
Butiá	5	3.9	4	6.7	1	1.5
Diseño propio	5	3.9	1	1.7	4	6.0
Materiales reciclables	4	3.1	3	5.0	1	1.5
BoE-Bot (Parallax)	1	0.8	0	0	1	1.5
Ícaro	1	0.8	1	1.7	0	0
GoGo Board	1	0.8	1	1.7	0	0
CATEGORÍA IM	94	74.0	44	73.3	50	74.6
Lego Mindstorms	84	66.1	38	63.3	46	68.7
Lego WeDo	3	2.4	2	3.3	1	1.5
Fischertechnik	3	2.4	3	5.0	0	0
Robo-Ed-Es	2	1.6	0	0	2	3.0
Múltiplo	1	0.8	1	1.7	0	0
Olo	1	0.8	0	0	1	1.5
CATEGORÍA I	2	1.6	1	1.7	1	1.5
Bee-Bot	2	1.6	1	1.7	1	1.5
Total	127	100	60	100	67	100

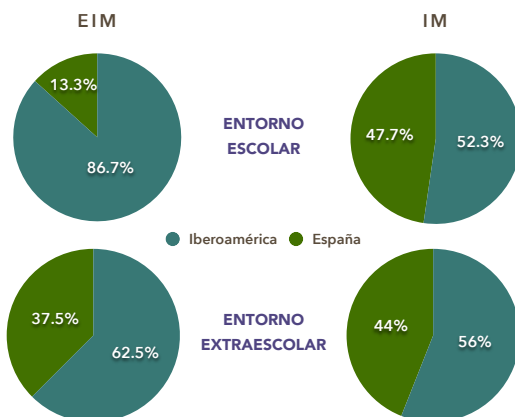


Gráfico 6.4: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Categoría del Robot

6.1.2.3. Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación (LP) los hemos dividido, según la interfaz visual o no del programa, en *textuales y gráficos*. El 78.0% emplea una interfaz de *tipo gráfico* frente a un 20.5% que usa de *tipo textual*, y el 1.5% restante corresponde a los robots Bee-Bot de la categoría I (Tabla 6.9). En cuanto a los EA, el EA Escolar utiliza 3.9% más el LP *gráfico*, mientras que, el EA Extraescolar usa un 3.8% más el LP *textual*.

Tabla 6.9: Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Lenguaje de Programación (LP)

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN SEGÚN INTERFAZ	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
De Interfaz Textual	26	20.5	11	18.3	15	22.4
Arduino	14	11.0	5	8.3	9	13.4
RobotC / C	4	3.1	2	3.3	2	3.0
NXC	3	2.4	1	1.7	2	3.0
Creado Ex Profeso	3	2.4	2	3.3	1	1.5
BricxCC	1	0.8	1	1.7	0	0
RoboPlus	1	0.8	0	0	1	1.5
De Interfaz Gráfica	99	78.0	48	80.0	51	76.1
NXT-G	68	53.5	29	48.3	39	58.2
Robolab	11	8.7	6	10.0	5	7.5
Scratch	6	4.7	2	3.3	4	6.0
TortuBots	5	3.9	4	6.7	1	1.5
WeDo	3	2.4	2	3.3	1	1.5
RoboPRO / LLWin (Fischertechnik)	3	2.4	3	5.0	0	0
Physical Etoys	1	0.8	1	1.7	0	0
Minibloq	1	0.8	1	1.7	0	0
LabView	1	0.8	0	0	1	1.5
No requiere	2	1.5	1	1.7	1	1.5
Total	127	100	60	100	67	100

Otros lenguajes de programación indicados por los encuestados son: Visual basic, MPLAB, Robomind, Phyton, MowayWorld, Shell Script, KLogo, Enchanting, S4A y Basic Stamp.

En relación a la procedencia, los instructores iberoamericanos usan en ambos EA casi un 45.0% más el LP *textual* que los españoles (Gráfico 6.5).

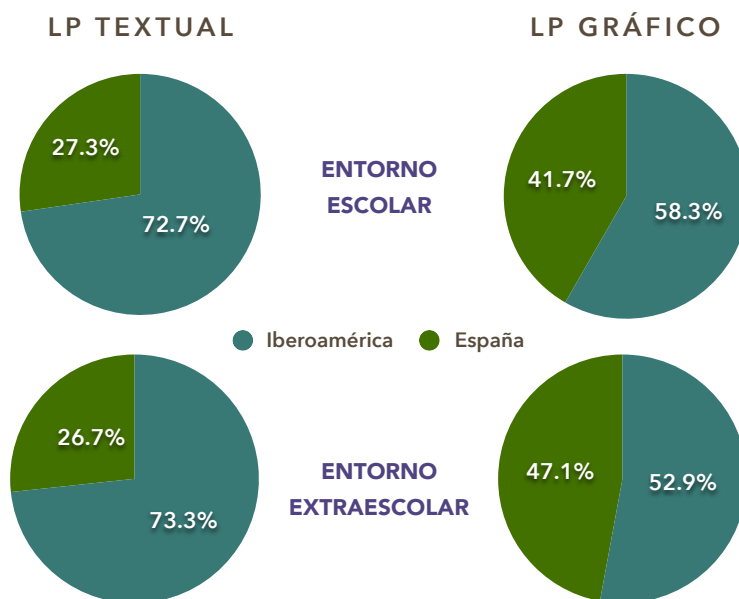


Gráfico 6.5: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Lenguaje de Programación (LP)

6.1.2.4. Nivel de dificultad de uso para los alumnos

Al consultarles a los instructores sobre el nivel de dificultad para un alumno sin experiencia previa con estos recursos (Tabla 6.10), el 95.3% situó a la plataforma para hacer robot que usan entre *muy bajo* y *normal*. A su vez, todos los que señalaron un nivel *alto* provienen del EA Escolar (3.9%) y el único caso *muy alto* del EA Extraescolar, cuyo campo de estudio del instructor es *Ciencias Sociales y Jurídicas*. El porcentaje para los niveles de *muy bajo a normal* disminuye a un 77.9% en cuanto al *lenguaje de programación* (LP).

Según las respuestas dadas, un 25.6% de los instructores del EA Extraescolar iberoamericanos considera que el *lenguaje de programación* tendría un nivel de dificultad inicial *más alto* que aprender a usar la *plataforma para hacer robot*, contra solo un 14.3% de sus homólogos españoles. Recordemos que en Iberoamérica se utiliza más el *LP tipo textual*.

Tabla 6.10: Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Nivel de Dificultad de uso para los alumnos: PR y LP

NIVEL DE DIFICULTAD INICIAL DE USO PARA LOS ALUMNOS	Total		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
	127	100	60	100	67	100
RECURSO PARA HACER ROBÓTICA						
Muy bajo	12	9.4	7	11.7	5	7.5
Bajo	35	27.6	16	26.7	19	28.4
Normal	74	58.3	32	53.3	42	62.7
Alto	5	3.9	5	8.3	0	0
Muy alto	1	0.8	0	0	1	1.5
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN						
Muy bajo	12	9.4	7	11.7	5	7.5
Bajo	25	19.7	13	21.7	12	17.9
Normal	62	48.8	27	45.0	35	52.2
Alto	26	20.5	12	20.0	14	20.9
Muy alto	2	1.6	1	1.7	1	1.5

6.1.2.5. Material de apoyo

La última variable de esta dimensión se refiere a la procedencia del material de apoyo que utilizan para planificar/impartir las clases de RE (Tabla 6.11). El 72.4% se basa en *Internet* y el 68.5% también utiliza *guías de elaboración propia*, un 48% emplea el *material proporcionado por el fabricante del recurso*, un 37.8% utiliza *libros*, un 37.0% usa el *facilitado por la entidad organizadora del curso* y el 0.8% que señaló *otra procedencia* corresponde al material compartido por un colega de trabajo.

Al analizar por EA, los datos señalan ciertas diferencias. Para el EA Escolar el *material elaborado por los mismos instructores* ocupa el primer lugar con un 70.0%, también utilizan un 16.8% más *libros* y un 8.9% más material realizado por las *entidades que organizan dichos cursos* que los instructores del EA Extraescolar.

Tabla 6.11: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Material de Apoyo*

MATERIAL DE APOYO*	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Libro(s)	48	37.8	28	46.7	20	29.9
Internet	92	72.4	41	68.3	51	76.1
Elaboración propia	87	68.5	42	70.0	45	67.2
El fabricante del recurso	61	48.0	27	45.0	34	50.7
La entidad organizadora del curso	47	37.0	25	41.7	22	32.8
Otra procedencia	1	0.8	1	1.7	0	0

* Los 127 instructores podían seleccionar todas las opciones pertinentes.

6.1.3. Dimensión III. Características Generales del EA

Las variables analizadas en esta tercera dimensión buscan describir el contexto donde se desarrollan las actividades de RE, tales como: la asignatura (EA Escolar) o la entidad (EA Extraescolar), la participación en competencias, la edad de los alumnos, el número promedio de alumnos por clase, el número promedio de alumnos por robot y los atributos del entorno de aprendizaje (EA). Corresponden a las preguntas desde la 13 a la 18 de la encuesta.

Algunos datos a resaltar:

- Las principales asignaturas donde se integra la RE son de las áreas *STEM*, que es el acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics (*Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas*).
- Acerca de la *edad de los alumnos* podemos indicar que la RE se promueve principalmente entre las edades de *13 a 17 años* (68.5%) y que el EA Extraescolar de España es donde se observa un mejor equilibrio entre ambos grupos de edad, siendo los que realizan más actividades para las edades de 5 a 12 años (48.1 %).
- Con respecto al *número promedio de alumnos en clase* se pudo constatar la gran diferencia entre ambos EA. Mientras que, un 55.0% de los docentes escolares tienen *más de 18 alumnos por clase* (48.6% Iberoamérica y 65.2% España), el 53.1% de los instructores extraescolares no superan los *12 alumnos en su aula* (45.9% Iberoamérica y 63.0% España).
- En relación al *ratio alumnos/recursos para hacer robótica* no es de asombro verificar que es mayor en el EA Escolar, donde un 56.7% utiliza para *cuatro o más alumnos* el mismo robot durante sus actividades. Dicho dato para el EA Extraescolar es de 29.7%.
- En cuanto a la presencia en los EAR de los *diez atributos* propuestos, se observan las *grandes similitudes entre las medias por EA y por procedencia* con relación a cada uno de los atributos. Estos resultados tan parecidos, con medias aritméticas bastante altas, en diferentes submuestras del estudio demuestran unas características del EAR muy favorables para propiciar *aprendizajes significativos* según los planteamientos del Dr. David Jonassen.

6.1.3.1. Asignatura (EA Escolar) y Entidad (EA Extraescolar)

Para el EA Escolar se indagó en la *asignatura* donde se integra la RE. Los resultados coinciden con otros estudios (Gráfico 6.6) son: las materias más afines a la robótica (*tecnología* con un 41.0%, *informática* con el 20.0%, *robótica* con un 14.0% y *ciencias* con un 12.0%). De estos datos se deduce que la RE se usa principalmente como objeto de aprendizaje en las áreas STEM.

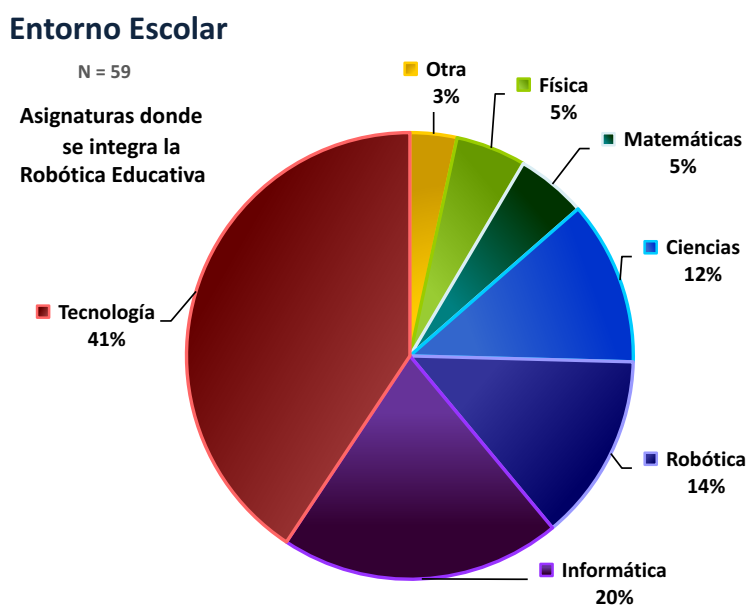


Gráfico 6.6: Asignaturas donde se integra la RE

Ahora bien, según la procedencia (Gráfico 6.7) los datos nos indican que el 82.6% de los docentes españoles integra la RE en la asignatura de *tecnología*, mientras que la asignatura con mayor porcentaje para los docentes latinoamericanos es la *informática* (27.8%), seguido de la *robótica* (22.2%), la *ciencia* (19.4%) y la *tecnología* (13.9%). Resulta llamativa esta diversidad de asignaturas que usan la RE en Latinoamérica versus una única asignatura sobresaliente en España. El motivo podría ser falta de inclusión dentro del currículo educativo como un tema a impartir obligatoriamente y que actualmente continua siendo parte del debate internacional (INTEF, 2018).

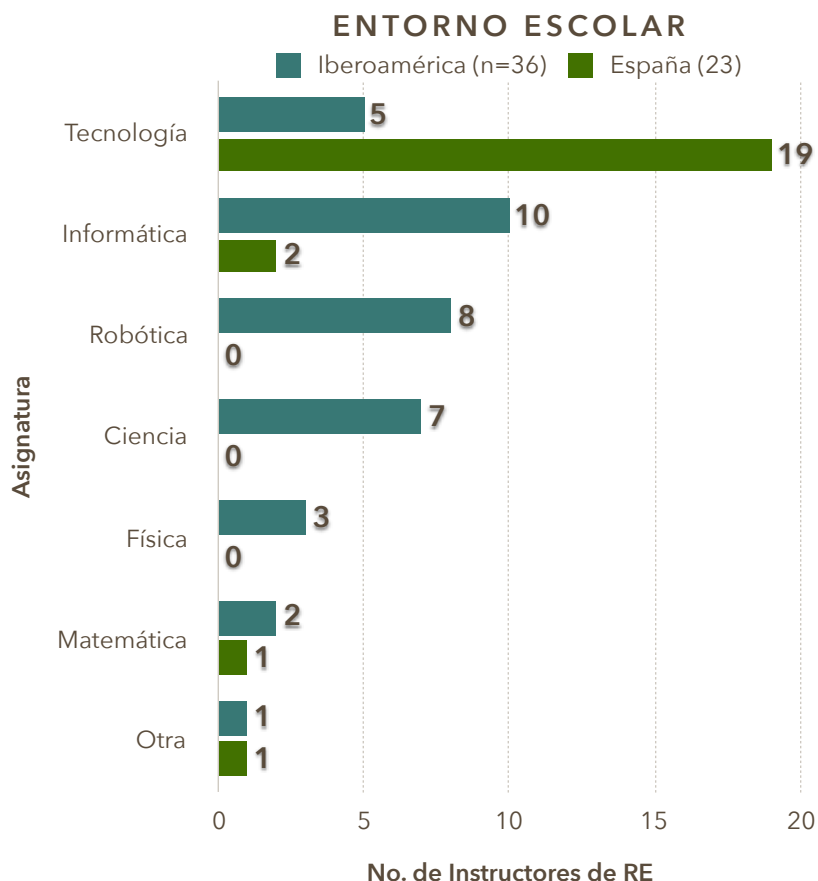


Gráfico 6.7: Asignatura donde se integra la RE según la Procedencia de los docentes

Asimismo, para el EA Extraescolar se investigó sobre la entidad organizadora de la actividad de RE (Gráfico 6.8). Se aprecia la variedad de grupos que intentan acercar estas actividades de RE a los niños y jóvenes, donde la *empresa privada* lidera con un 33.0%, porcentaje que se mantiene analizando la procedencia de los docentes (Gráfico 6.9). Cabe destacar el papel que desempeñan las *Universidades* en Iberoamérica (29.7%) en realizar actividades de RE, en cambio, en esta encuesta no se pudo captar ninguna de España que participara en la encuesta, pero, son también un importante actor en la realización de dichas actividades (INTEF, 2018).

Entorno Extraescolar

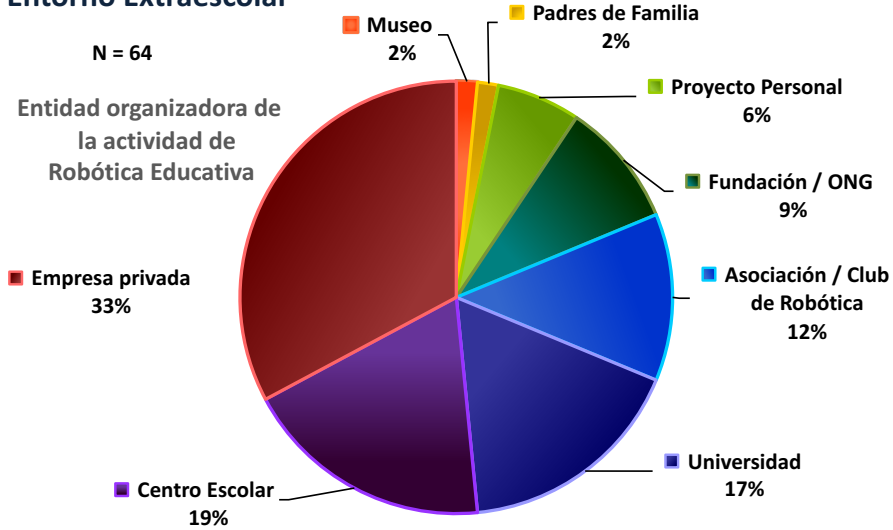


Gráfico 6.8: Entidad organizadora de la actividad extraescolar de RE

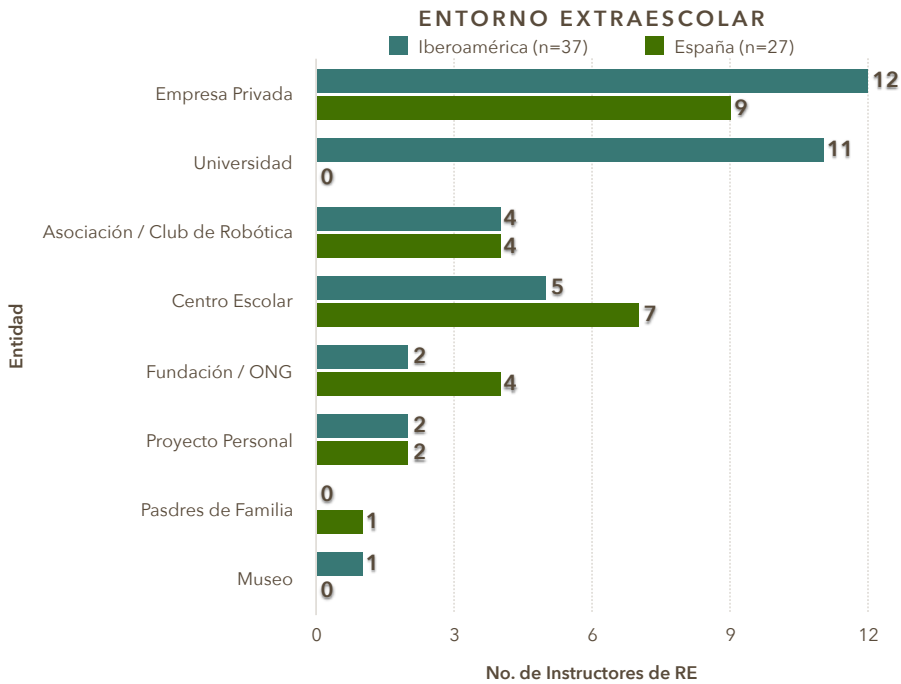


Gráfico 6.9: Entidad organizadora de la actividad extraescolar de RE según la procedencia de los instructores

6.1.3.2. Finalidad Competición

En el Apartado 2.1.1 se observó la variedad de *torneos de RE* existentes a nivel local e internacional. Con esta variable se desea visibilizar la inclusión de este tipo de actividad en los EA. Según la muestra encuestada, un 45.2% del total de casos participa en una competición (Tabla 6.12). Las cifras por EA y por procedencia indican que es una actividad de RE muy popular, en el EA Escolar es un 40.0% (Iberoamérica = 43.2% y España = 34.8%) y para el EA Extraescolar es un 50.0% (Iberoamérica = 48.6% y España = 51.9%).

Tabla 6.12: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Participación en Competiciones de RE*

III DIMENSIÓN CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE	Total		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
	124	100	60	48.4	64	51.6
PARTICIPA EN ALGÚN TORNEO						
Sí	56	45.2	24	40.0	32	50.0
No	68	54.8	36	60.0	32	50.0
NOMBRE DEL TORNEO (N=56)						
Interescolar de Robótica UCAB	3	5.4	2	8.3	1	3.1
Junior FLL (First Lego League)	1	1.8	0	0	1	3.1
FLL (First Lego League)	21	37.5	8	33.3	13	40.6
Roboliga - Argentina	3	5.4	2	8.3	1	3.1
WRO (World Robotic Olympiad)	2	3.6	1	4.2	1	3.1
Robocampeones	1	1.8	1	4.2	0	0
RoboCupJunior	3	5.4	1	4.2	2	6.2
Concurso de Robótica – Panamá	5	8.9	4	16.7	1	3.1
Sumo.uy	3	5.4	3	12.5	0	0
Otra competición Local/Nacional	14	25.0	2	8.3	12	37.5

6.1.3.3. Edad de los Alumnos

En relación a la variable *edad de los alumnos*, primeramente la analizamos de forma individual desde los 5 hasta los 17 años (Gráfico 6.10). En general, va aumentando en ambos EA hasta alcanzar su máximo en los 14 años, con 72 instructores de RE que hacen actividades para dicha edad.

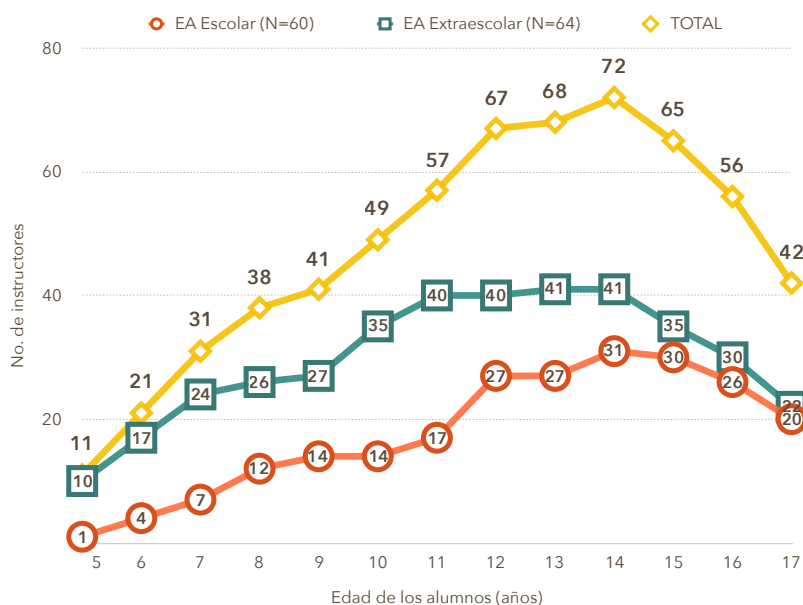


Gráfico 6.10: Muestra encuestada por EA en función de la Edad de los Alumnos

Para facilitar los análisis posteriores de la variable *edad de los alumnos*, se procedió a agrupar las trece categorías iniciales en dos: de 7 a 12 años y de 13 a 17 años (Tabla 6.13).

Tabla 6.13: Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Edad de los Alumnos Categorizada

EDAD DE LOS ALUMNOS (años)	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
	<i>f</i>	%	Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
De 5 a 12	39	31.5	17	28.3	22	34.4
De 13 a 17	85	68.5	43	71.7	42	65.6
Total	124	100	60	100	64	100

De esta división se puede señalar con mayor claridad, según nuestra muestra por EA y procedencia (Gráfico 6.11), que la RE se promueve principalmente entre las edades de 13 a 17 años. El EA Extraescolar de España son los que más actividades para las edades de 5 a 12 años (48.1 %) realizan.

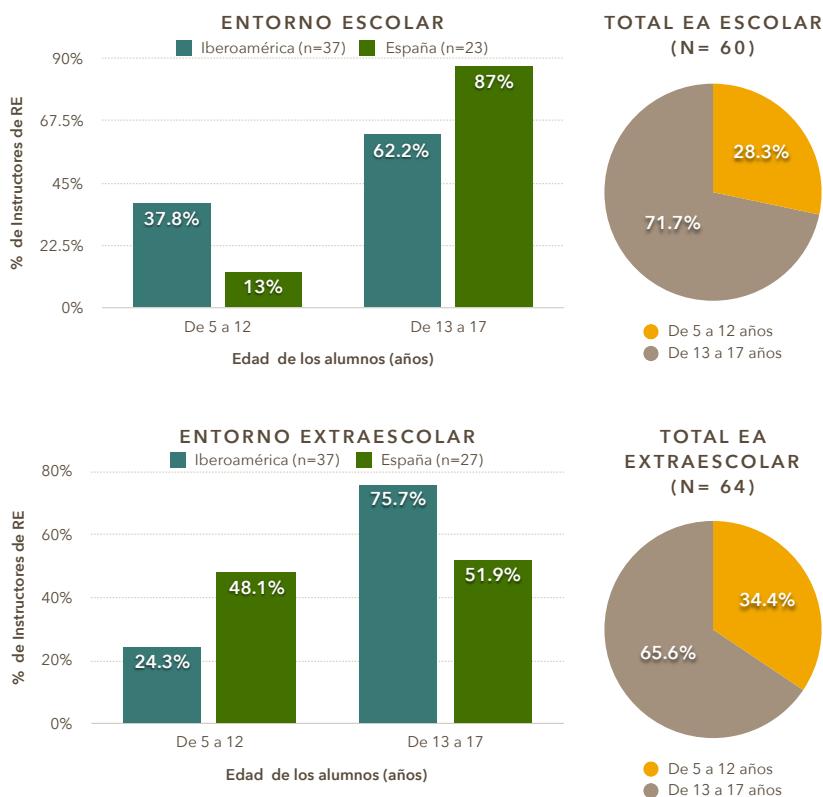


Gráfico 6.11: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Edad de los Alumnos Categorizada

6.1.3.4. Número Promedio de Alumnos en Clase

Otra variable considerada dentro de esta dimensión es el *número de alumnos por clase* (Tabla 6.14). Los datos de la muestra total indican que a medida que aumenta el número de alumnos disminuyen los casos. Sin embargo, a nivel de EA y procedencia todo cambia. De los seis intervalos ofrecidos como posibles respuestas, el 53.1 % de los instructores extraescolares no superan los *12 alumnos en su aula* (45,9% Iberoamérica y 63.0% España). Esta situación solo la tienen un 21.7% de los docentes del EA Escolar. Al contrario, un 55.0% de los docentes escolares tienen *más de 18 alumnos por clase* (48.6% Iberoamérica y 65.2% España), lo que para sus colegas del EA Extraescolar corresponde a un 21.9%.

Tabla 6.14: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Número Promedio de Alumnos en Clase*

NÚMERO PROMEDIO DE ALUMNOS POR CLASE	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Entre 1 y 12	47	37.9	13	21.7	34	53.1
Entre 13 y 18	30	24.2	14	23.3	16	25.0
Entre 19 y 24	23	18.5	16	26.7	7	10.9
Entre 25 y 30	17	13.7	11	18.3	6	9.4
Más de 30	7	5.6	6	10.0	1	1.6
Total	124	100	60	100	64	100

6.1.3.5. Ratio Alumnos/Recursos para hacer Robótica

Al examinar esta variable a nivel de toda la muestra (Tabla 6.15) se obtiene que el número de alumnos por plataforma para hacer robótica es de tres (34.7%), dato que se mantiene igual para el EA Extraescolar (45.3%). Sin embargo, para el EA Escolar el ratio por PR más frecuente es de cuatro alumnos (35.0%). Por otro lado, en el ratio de más de cuatro alumnos por PR, el EA Escolar alcanza un 21.7% en tanto en el EA Extraescolar es solamente un 9.4%.

Tabla 6.15: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Ratio Alumnos/Recursos para hacer Robótica*

RATIO ALUMNOS/ RECURSO PARA HACER ROBÓTICA	TOTAL		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Dos	28	22.6	12	20.0	16	25.0
Tres	43	34.7	14	23.3	29	45.3
Cuatro	34	27.4	21	35.0	13	20.3
Más de cuatro	19	15.3	13	21.7	6	9.4
Total	124	100	60	100	64	100

En el Gráfico 6.12 se observan los detalles por procedencia. Se mantiene la diferencia mencionada entre ambos EA. España destaca con un 47.8% en

la frecuencia de *cuatro* alumnos por PR para el EA Escolar y con un 51.9% en la frecuencia de *tres* alumnos por PR en el EA Extraescolar. Esta frecuencia también es la de mayor porcentaje para Iberoamérica con un 40.5%.

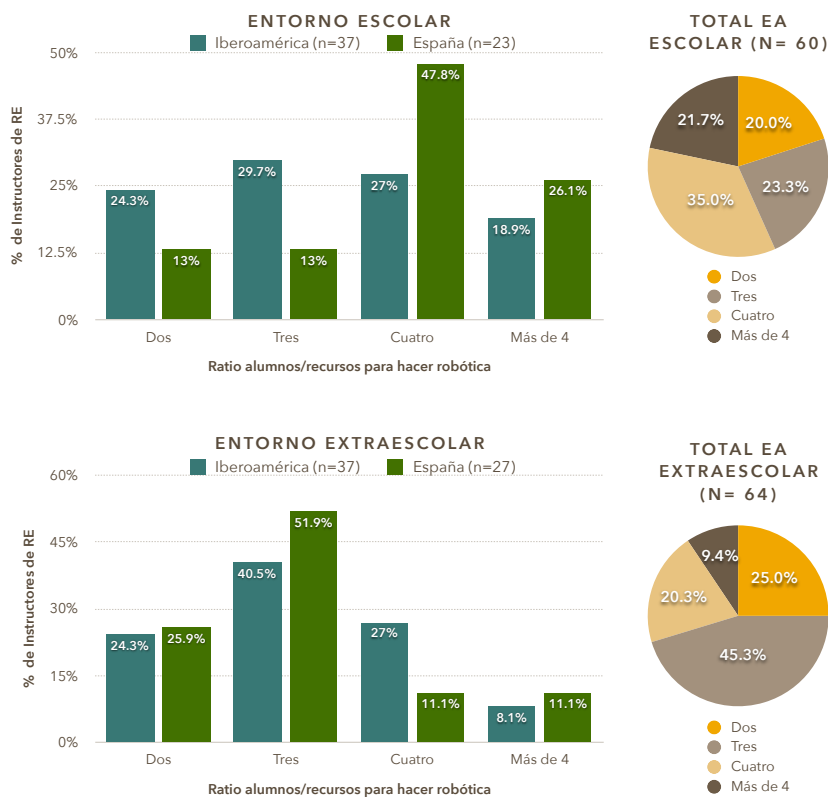


Gráfico 6.12: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Ratio Alumnos/Recursos para hacer Robótica

6.1.3.6. Atributos de un EAR

En el marco teórico se detalló sobre el constructo *atributos de un Entorno de Aprendizaje basado en Robótica* y su especial relevancia en nuestro estudio, dado que en las investigaciones de Benitti (2012), Sullivan (2008) y Gaudiello y Zibetti (2013) se argumenta que los resultados de aprendizaje obtenidos en las actividades basadas en *Robótica Educativa* son consecuencia de *atributos del Entorno de Aprendizaje* en sí y del *enfoque pedagógico*.

En consecuencia, se seleccionó la propuesta del *Dr. David Jonassen* quien junto a otros colegas (Jonassen, 2009; Jonassen y cols., 2012; Jonassen y Strobel,

2006) plantean diez atributos que deben estar presentes en las actividades basadas en tecnología para que el aprendizaje significativo pueda ocurrir. Además, cada uno de estos atributos mantiene una gran correspondencia con la literatura revisada sobre RE. Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos se vuelve a presentar su definición:

- *Activo*: los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.
- *Manipulativo*: aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los recursos de aprendizaje.
- *Constructivo*: los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus propios conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.
- *Colaborativo*: los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, exponiendo e intercambiando puntos de vista.
- *Intencional*: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.
- *Complejo*: se involucra a los alumnos en la solución de problemas poco estructurados.
- *Conversacional*: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.
- *Contextualizado*: los alumnos realizan tareas que favorecen adquirir aprendizajes muy vinculados al mundo real.
- *Reflexivo*: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.
- *Tecnológico*: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

Del análisis de la frecuencia en qué 123 docentes consideran *presentes o no dichos atributos en su EAR*, en una escala Likert de 1 a 5 (desde nunca hasta siempre), se extrae que siete atributos presentan medias superiores a cuatro, es decir, están presentes *la mayoría de las veces o siempre*. Los otros tres atributos obtuvieron una media entre 3.45 y 3.98, lo que indica que están presentes *algunas veces*, según la información proporcionada por los instructores de RE (Tabla 6.16).

Tabla 6.16: *Análisis descriptivo de la escala: Atributos de un EAR
(en orden descendente)*

ATRIBUTO N= 123	\bar{x}	DE	1 Nunca (%)	2 Pocas veces (%)	3 Algunas veces (%)	4 La mayoría de las veces (%)	5 Siempre (%)
Tecnológico	4.54	.617	0	0	6.5	32.5	61.0
Activo	4.42	.653	0	0.8	6.5	42.3	50.4
Manipulativo	4.37	.751	0	2.4	8.9	37.4	51.2
Colaborativo	4.37	.751	0	2.4	8.9	37.4	51.2
Constructivo	4.26	.745	0	2.4	10.6	45.5	41.5
Intencional	4.12	.902	0.8	2.4	22.8	31.7	42.3
Reflexivo	4.04	.843	0.8	4.1	16.3	48.0	30.9
Contextualizado	3.98	.830	0	3.3	25.2	41.5	30.1
Conversacional	3.82	.887	1.6	4.9	25.2	46.3	22.0
Complejo	3.45	.916	0	15.4	38.2	32.5	13.8

En este punto luego de realizado el análisis global, surge la siguiente interrogante: ¿habrá diferencias estadísticamente significativas en la presencia de estos diez atributos propuestos según el EA y la procedencia?

Por ello, con la intención de definir el empleo de las técnicas estadísticas más adecuadas (paramétricas o no paramétricas), y por tener más de 50 datos, se aplicó el estadístico de prueba Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Los resultados de los 10 atributos presentan un nivel de significación igual a 0.000, es decir, los datos en la población se distribuyen de manera aleatoria, es decir, la variable no tienen una distribución normal. En consecuencia se rechaza la hipótesis de normalidad. Procedemos a utilizar pruebas no paramétricas, específicamente el modelo U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney por EA en cada uno de los atributos estudiados fueron $p > 0.05$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas. Esta afirmación se visualiza mejor en el Gráfico 6.13, al comprobar las grandes similitudes entre las medias del EA Escolar y del EA Extraescolar con relación a cada uno de los atributos. Lo más destacado es que el EA Extraescolar puntúa más alto en ocho de los atributos, a excepción de los atributos *colaborativo* y *manipulativo*.

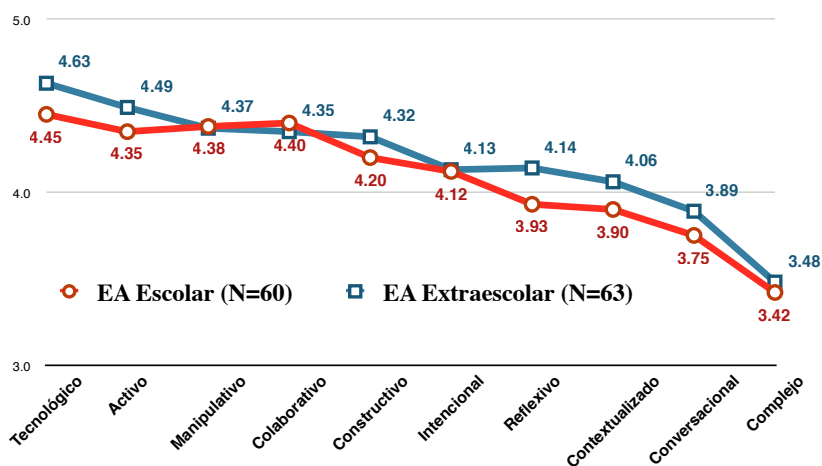


Gráfico 6.13: Media de los Atributos de un EAR según el EA

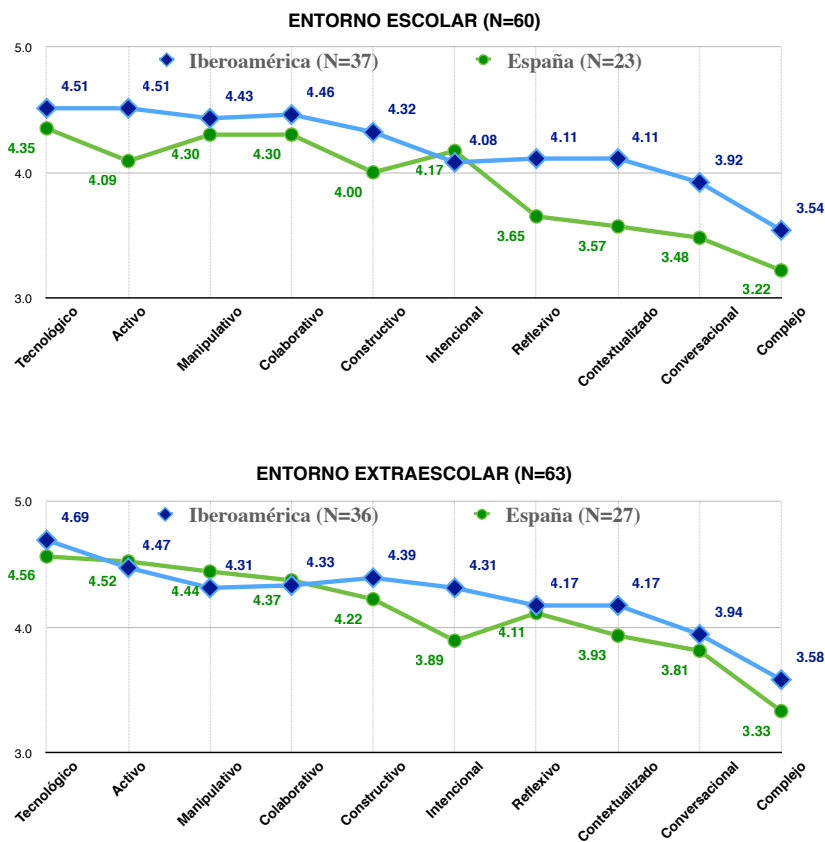


Gráfico 6.14: Media de los Atributos de un EAR según la Procedencia

También para cada EA, se procedió a hacer la prueba U de Mann-Whitney en función de la procedencia para cada uno de los diez atributos. Mientras que para el EA Extraescolar no hubo diferencias estadísticamente significativas en ningún atributo. Para el EA Escolar existe una diferencia estadísticamente significativa con $p = 0.007$ en el atributo *contextualizado* y de $p = 0.018$ en el atributo *activo*. Se presenta el Gráfico 6.14 para una mejor visualización de estos resultados, donde se aprecia que los docentes iberoamericanos indican incorporar más estos dos atributos a sus actividades de RE que los españoles.

Estos resultados tan parecidos indican una elevada presencia de los atributos propuestos (según las medias aritméticas bastante altas) en diferentes submuestras del estudio (por EA y por procedencia) que demuestran unas características del EAR muy favorables para propiciar *aprendizajes significativos* según los planteamientos del *Dr. David Jonassen*.

Adicionalmente, consideramos importante mencionar que en publicaciones previas de este estudio (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde, 2014; Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón, 2014) se plantearon otras preguntas relacionadas a los atributos propuestos:

1. ¿Importa el tipo de recurso para hacer robótica?
2. ¿Qué otras variables pueden afectar la presencia de dichos atributos?

En relación a la primera pregunta, se determinó que *no existen diferencias significativas en función del tipo de plataforma para hacer robótica ni del lenguaje de programación*, es decir, del recurso tecnológico empleado.

Para responder a la segunda pregunta debido a la gran cantidad de variables estudiadas, se presentaron las dos que influyen en una mayor cantidad de atributos al presentar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) y que están bajo el control del docente/instructor. Éstas son: *establecer etapas/fases y asignar roles a los alumnos*.

Se confirmó que existen diferencias significativas en función de si el docente/instructor *utiliza o no etapas/fases* durante la actividad de RE respecto a cuatro atributos. Éstos son: constructivo ($p = 0.020$), intencional ($p = 0.002$), conversacional ($p = 0.002$) y complejo ($p = 0.001$).

Por otro lado, los atributos: activo ($p = 0.018$), conversacional ($p = 0.026$), contextualizado ($p = 0.010$) y constructivo ($p = 0.036$) están presentes con mayor frecuencia en el EA Escolar si el docente les *asigna roles a sus alumnos*.

6.1.4. Dimensión IV. Actividades de Aprendizaje

Toda actividad educativa debe planificarse para alcanzar ciertos objetivos. El análisis estadístico de las siguientes variables nos permiten reunir dicha información. Para el EA Extraescolar esta dimensión corresponde a la última obligatoria de la encuesta.

Algunos datos a resaltar:

- El *tipo de aprendizaje* más promovido en las actividades de RE son los aprendizajes procedimentales (93.0%).
- Las cuatro *actividades de aprendizaje* que con más frecuencia se les requiere a los alumnos (medias superiores a cuatro, es decir, están presentes la mayoría de las veces o siempre) al hacer RE son: *las expresivas prácticas* (aplicar, usar herramientas), *las creativas*, *la resolución de problemas* y *las analíticas*, mientras que las actividades memorísticas son requeridas pocas veces.
- De las *técnicas de enseñanza* propuestas el *aprendizaje por descubrimiento* y el *aprendizaje basado en proyectos*, ocupan por empate el primer lugar con un 89.4%
- El nivel de autonomía *semiestructurado* es el más utilizado, tanto en la fase de construcción como en la fase de programación, para la muestra total y por EA. En tanto, los instructores españoles en ambos EA establecen principalmente un nivel de autonomía *no estructurado*.
- A nivel pedagógico dos variables se incluyeron. Un 64.6% de los instructores de RE utiliza fases o etapas en sus clases y el 54.0% asigna roles a sus alumnos, de ellos un 95.1% los rota.
- Con una media superior a 4.5 (escala Likert de 1 a 5) calificaron los instructores encuestados las cuatro actitudes indagadas: hacia las actividades de RE (alumnos e instructores), hacia el error y hacia la ciencia y la tecnología.
- Muy pocos docentes utilizan el potencial *multidisciplinar* de la RE señalado en la literatura (5.7% siempre y 15.1% la mayoría de las veces) para realizar actividades interdisciplinarias.

6.1.4.1. Tipo de Aprendizaje

La primera variable analizada en esta dimensión corresponde al *tipo de aprendizaje* que los instructores planificaron favorecer al utilizar la RE en sus actividades, los mismos podían señalar todas las opciones pertinentes.

Un total de 115 respuestas válidas se obtuvieron. El 93.0% señaló promover aprendizajes procedimentales, seguido por aprendizajes actitudinales con un 75.7% y en último lugar ubicaron los aprendizajes conceptuales con un 66.1%. Este mismo posicionamiento se mantuvo por EA, con la particularidad que en el EA Escolar la diferencia porcentual entre el requerimiento de aprendizajes actitudinales y conceptuales fue pequeña un 1.8% en relación al EA Extraescolar con un 16.4% (Tabla 6.17).

Tabla 6.17: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función del Tipo de Aprendizaje*

TIPO DE APRENDIZAJE*	TOTAL (N=115)		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar (n=54)		Extraescolar (n=61)	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Conocimientos Conceptuales	76	66.1	42	77.8	34	55.7
Procedimentales (habilidades/destrezas)	107	93.0	52	96.3	55	90.2
Actitudinales	87	75.7	43	79.6	44	72.1

* Los instructores podían seleccionar todas las opciones pertinentes

En relación a la procedencia, los resultados anteriores se mantienen. Cabe destacar que el 100% de los docentes de España favorecen aprendizajes procedimentales al hacer actividades de RE (Gráfico 6.15).

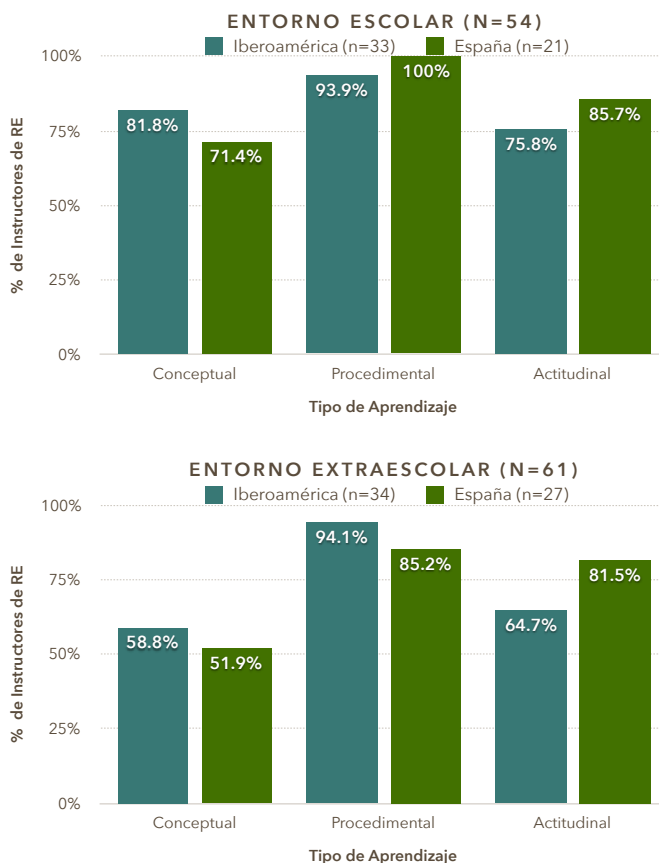


Gráfico 6.15: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y Tipo de Aprendizaje

6.1.4.2. Actividades de Aprendizaje

La siguiente variable analizada se refiere a la frecuencia en qué ocho diferentes actividades de aprendizaje son requeridas a los alumnos en un EAR. Para la medición se usó una escala Likert de 1 a 5 (desde nunca hasta siempre). Las medias obtenidas en orden descendente se presentan en la Tabla 6.18.

Cuatro actividades presentaron medias superiores a cuatro, es decir, están presentes la mayoría de las veces o siempre son: *las expresivas prácticas* (aplicar, usar herramientas), *las creativas*, *la resolución de problemas* y *las analíticas*. Por otro lado, los encuestados indican que las actividades memorísticas son requeridas pocas veces, con una media de 2.56.

Tabla 6.18: Estadísticos básicos en función de las Actividades de Aprendizaje requerida

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE N= 114	Media	DE	1 Nunca (%)	2 Pocas veces (%)	3 Algunas veces (%)	4 La mayoría de las veces (%)	5 Siempre (%)
Expresivas prácticas	4.37	0.628	0	0	7.9	47.4	44.7
Creativas	4.31	0.730	0	1.8	10.5	43.0	44.7
Resolución de problemas	4.20	0.694	0	1.8	10.5	53.5	34.2
Analíticas	4.06	0.744	0	0.9	21.9	47.4	29.8
Expresivas simbólicas	3.94	0.756	0	2.6	23.7	50.9	22.8
Críticas/Argumentativas	3.81	0.851	0.9	3.5	31.6	42.1	21.9
Metacognitivas	3.73	0.905	0.9	7.9	28.9	42.1	20.2
Memorísticas	2.56	0.950	11.4	38.6	36.0	10.5	3.5

En el análisis por EA (Gráfico 6.16) es notoria la cercanía de las medias de cinco de las actividades consultadas. El EA Extraescolar indica que promueve más las *actividades creativas y analíticas* que el EA Escolar, todo lo contrario para las *actividades memorísticas*.

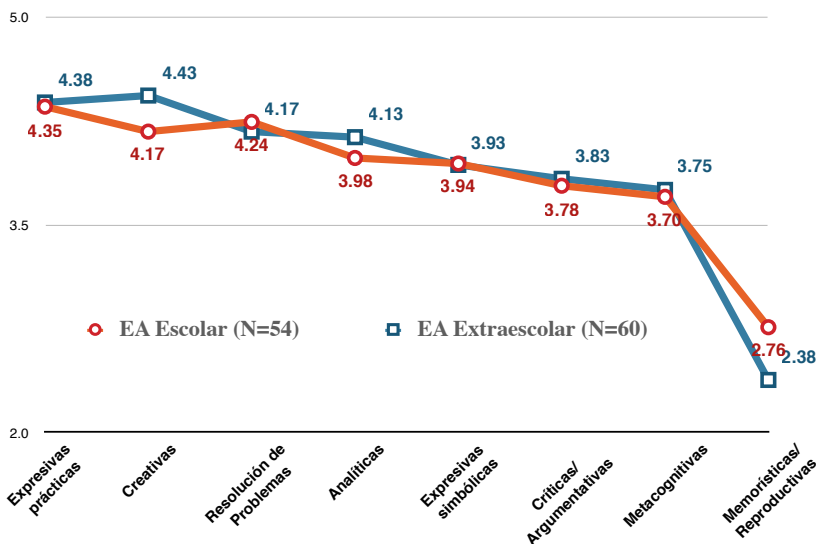


Gráfico 6.16: Media de las Actividades de Aprendizaje requeridas según el EA

Al realizar las pruebas según la procedencia, el EA Extraescolar tanto de España como de Iberoamérica conservó las mismas cuatro actividades con medias superiores a cuatro. Sin embargo, en el EA Escolar las medias de los docentes iberoamericanos fueron más altas que las de los españoles para cada una de las ocho actividades, y de esas, seis actividades presentaron medias superior a cuatro, excepto dos de ellas: *las críticas/argumentativas* (3.94) y *las memorísticas* (2.85). Para los docentes de España solamente las *actividades de resolución de problemas* (4.19) y *las expresivas prácticas* (4.05) resultaron con medias superiores a cuatro.

6.1.4.3. Técnicas de Enseñanza

A continuación, exploramos las *técnicas de enseñanza* que utilizan los instructores para desarrollar las actividades de RE y así facilitar la construcción del conocimiento en los participantes. De las opciones propuestas, dos técnicas, el *aprendizaje por descubrimiento* y el *aprendizaje basado en proyectos*, ocupan por empate el primer lugar con un 89.4% (Tabla 6.19).

El 6.2% (siete casos) corresponden a otras técnicas, estas son: aprender-haciendo/enseñar-produciendo (EA Escolar); método científico, competiciones, construccionismo, trabajo cooperativo, FENCI: Fenomenología Cíclica y trabajo colaborativo (EA Extraescolar).

Tabla 6.19: Distribución de frecuencias y porcentajes en función de la Técnica de Enseñanza

TÉCNICA DE ENSEÑANZA*	TOTAL (N=113)		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar (n=53)		Extraescolar (n=60)	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Exposición magistral o tradicional	58	51.3	28	52.8	30	50.0
Aprendizaje por diseño	86	76.1	39	73.6	47	78.3
Aprendizaje por descubrimiento	101	89.4	47	88.7	54	90.0
Metodología LEGO Education 4C	32	28.3	15	28.3	17	28.3
Aprendizaje basado en proyectos	101	89.4	50	94.3	51	85.0
Aprendizaje basado en problemas	100	88.5	48	90.6	52	86.7
Otra	7	6.2	43	79.6	44	72.1

* Los instructores podían seleccionar todas las opciones pertinentes

En el análisis por EA según la procedencia se observan valores muy cercanos en las técnicas de enseñanza indagadas. Con diferencias de más de 10.0% encontramos que, en el EA Escolar los docentes de Iberoamérica usan un 12.6% más la *exposición tradicional* que los docentes españoles. En el EA Extraescolar la técnica de enseñanza más empleada por los instructores de España es el *aprendizaje por descubrimiento* (96.3%) y que, a su vez, marca una distancia de 11.5% con los instructores iberoamericanos que prefieren utilizar, principalmente, el *aprendizaje basado en proyectos* y el *aprendizaje basado en problemas*, ambos con un 90.9%.

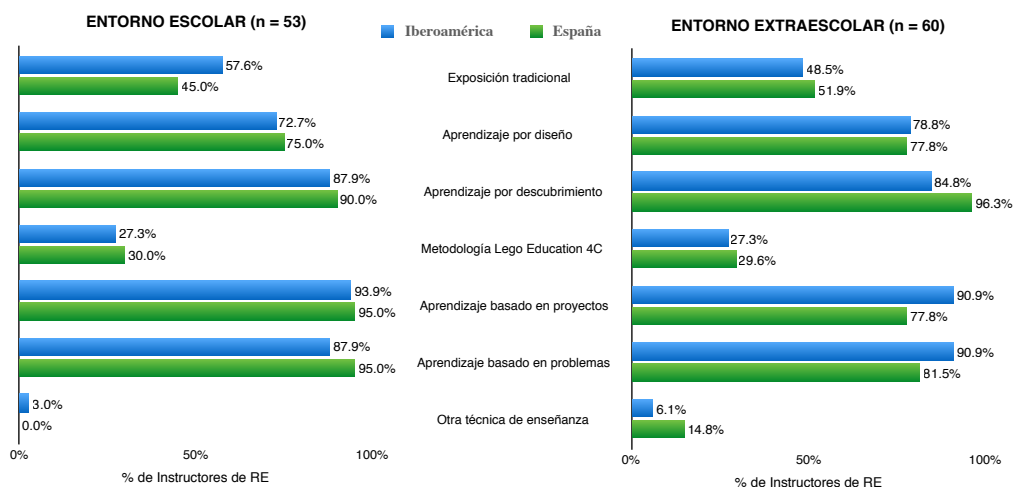


Gráfico 6.17: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y la Técnica de Enseñanza

6.1.4.4. Utiliza Etapas/Fases

Las actividades de RE permiten que se establezcan o no *etapas/fases* que le faciliten a los participantes lograr los objetivos de aprendizaje. A continuación, en el Gráfico 6.18 se presenta la cantidad de instructores que **sí utiliza etapas** a nivel global, por EA y según la procedencia. Un 64.6% de los instructores encuestados reporta establecerlas. Por EA vemos que el EA Extraescolar las emplea un poco más (68.3%), siendo su uso mayor en los instructores iberoamericanos con un 75.8%.

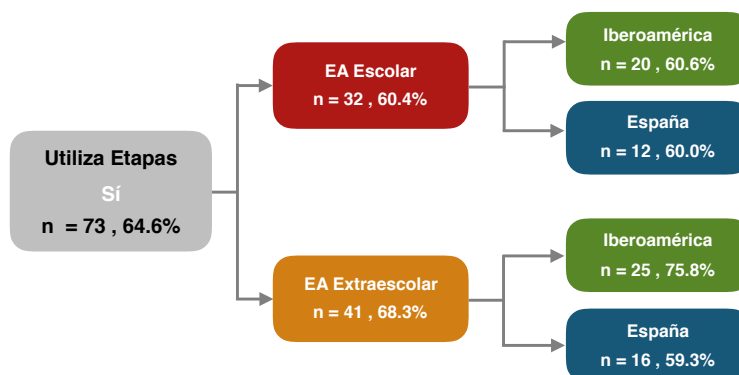


Gráfico 6.18: Muestra total, por EA y por Procedencia en función si se Utiliza Etapas

A estos 73 instructores que respondieron que *sí utilizan etapas/fases* durante sus actividades de RE se les invitó a mencionarlas, hasta un máximo de diez. Se obtuvieron 69 aportes. Procedemos a señalar algunos aportes. Así, una instructora española indicó una sola etapa «Más guiado a menos» (EX19, alumnos de 5 a 12 años). Mientras que tres instructores usan dos etapas:

- «1. - Etapa guiada para aprender a construir y programar 2. - Etapa abierta: construyen y programan sus propios modelos» (ES13, España, alumnos de 13 a 17 años).
- «1. - Análisis de problemas 2. - Diseño mecánico» (EX45, México, alumnos de 13 a 17 años).
- «1. - Cátedra 2. - Laboratorio» (EX65, Chile, alumnos de 13 a 17 años).

Otros trece instructores señalan que utilizan tres etapas, algunos ejemplos son:

- «1. - Construcción/Diseño 2. - Programación 3. - Ejecución/Pruebas» (ES19 y EX48, España, alumnos de 13 a 17 años).
- «1. - Desaprender 2. - Aprender 3. - Re-Aprender» (ES39, Venezuela, alumnos de 13 a 17 años).
- «1. - Mecánica 2. - Armado 3. - Programación» (EX18, México, alumnos de 5 a 12 años).
- «1. - Etapa de inicio (se da conocer el proyecto a trabajar) 2. - Etapa de desarrollo (posibles respuestas para solucionar la problemática

del proyecto) 3. - Etapa de cierre (exposición de la solución de la problemática)» (EX43, Venezuela, alumnos de 13 a 17 años).

El número de etapas que más instructores (17) indicaron utilizar fue de cinco. En la Tabla 6.20 se muestran otras respuestas dadas:

Tabla 6.20: Ejemplos de Etapas que proponen los instructores durante las actividades de RE

Ejemplos de etapas o fases que implementan los instructores en las actividades de RE	
EA Escolar	EA Extraescolar
«1. - Conocimiento de piezas 2. - Diseño del robot 3. - Aprender a programar con los tutoriales 4. - Proyecto de robótica» (ES02, España, alumnos de 13 a 17 años).	«1. - Identificamos el proyecto 2. - Organizamos el trabajo 3. - Diseñamos 4. - Construimos 5. - Programamos 6. - Probamos 7. - Corregimos 8. - Exponemos» (EX07, España, alumnos de 5 a 12 años).
«1. - Búsqueda del problema 2. - Análisis del problema 3. - Lista de posibles soluciones 4. - Elección de la solución 5. - Montaje 6. - Programación 7. - Comprobar el resultado 8. - Repetir si la solución no cumple con los requisitos.» (ES06, España, alumnos de 13 a 17 años).	«1. - Identificar el problema 2. - Dar ideas entre todos 3. - Elegir entre las diferentes opciones 4. - Ejecución 5. - Pruebas 6. - Observación 7. - Corrección de errores» (EX21, España, alumnos de 13 a 17 años).
«1. - Análisis del problema 2. - Lluvia de ideas 3. - Propuestas individuales 4. - Análisis y selección propuesta a desarrollar 5. - Mejora de la propuesta seleccionada 6. - Desarrollo de la propuesta. Construcción 7. - Programación 8. - Prueba y corrección» (ES11, España, alumnos de 13 a 17 años).	«1. - Conocer la herramienta 2. - Conocer la programación 3. - Proyecto guiado 4. - Variantes de proyecto 5. - Proyecto libre» (EX28, España, alumnos de 5 a 12 años).
«1. - Cada integrante del equipo propone un proyecto 2. - Elección del proyecto a realizar por votación de los alumnos y docente 3. - Asignación de roles: armador- programador- comunicador- coordinador 4. - Investigación por internet sobre el tema del proyecto 5. - Diseño del plano y despiece del proyecto 6. - Armado del Robot o robots 7. - Desarrollo del software 8. - Prueba del funcionamiento 9. - Escritura del informe del proyecto 10. - Presentación en exposiciones y competencias. (ES21, Argentina, alumnos de 13 a 17 años).	«1. - Exploración de experiencia previa 2. - Lluvia de ideas 3. - Conociendo el entorno 4. - Estableciendo las reglas 5. - Conociendo los equipos 6. - Diseño 7. - Construcción 8. - Programación 9. - Retroalimentación» (EX32, República Dominicana, alumnos de 13 a 17 años).
«1. - Interiorizar el problema 2. - Búsqueda de información - solución propia provisional 3. - Puesta en común - solución semidefinitiva 4. - Adquisición de recursos 5. - Construcción 6. - Rediseño (fruto de la interacción con el producto en marcha) 7. - Ensayos (¿satisface la propuesta?) 8. - Mejoras 9. - Recapitulación - documentación 10. - Presentación al resto de compañeros (normalmente)» (ES32, España, alumnos de 13 a 17 años).	«1. - Identificación de necesidades o problemas 2. - Recolección de información 3. - Lluvia de ideas y soluciones 4. - Diseño 5. - Selección de recursos y materiales 6. - Construcción del proyecto 7. - Prueba de funcionamiento del proyecto robótico 8. - Evaluación del proyecto 9. - Mejoras del proyecto y solución de fallas 10. - Presentación al público del proyecto» (EX38, Chile, alumnos de 13 a 17 años).
«1. - Conocimiento y estudio 2. - Intercambio de ideas e información 3. - Trabajo colaborativo 4. - Prueba 5. - Ajustes 6. - Demostración 7. - Compartir y publicar» (ES38, Panamá, alumnos de 13 a 17 años).	«1. - Ingeniería Básica (teoría, conceptos) 2. - Diseño del robot 3. - Construcción del robot 4. - Programación 5. - Socialización» (EX52, El Salvador, alumnos de 13 a 17 años).
«1. - Identificación del problema 2. - Discusión en grupo 3. - Soluciones por grupos 4. - Compartir soluciones 5. - Conclusiones y evaluación» (ES56, España, alumnos de 5 a 12 años).	«1. - Imaginar 2. - Diseñar 3. - Desarrollar 4. - Probar 5. - Mejorar» (EX56, España, alumnos de 5 a 12 años).

En algunos casos las etapas pueden ser más específicas según la actividad a realizar. De esta manera, un docente guatemalteco que utiliza materiales reciclables (robot tipo EIM) para hacer RE plantea las siguientes etapas: «1. - Mecánica del robot (soldadura, motores, engranajes, etc.) 2. - Programación de los microcontroladores 3. - Diseño de circuitos y manufactura de placas 4. - Decoración y acabados finales de chasis 5. - Exposición de proyecto 6. - Desarrollo de material impreso y presentación virtual» (ES35, alumnos de 13 a 17 años).

Otro caso particular es cuando se participa en alguna competencia de RE: «1. - Análisis del tema y las normas de la FLL 2. - Iniciación a la programación 3. - Diseño y construcción de diversos modelos de robots 4. - Programación sencilla o compleja, depende las capacidades y conocimientos previos 5. - Estudio de las misiones 6. - Análisis del proyecto científico 7. - Reparto de tareas según capacidades e intereses» (EX15, España, alumnos de 13 a 17 años).

6.1.4.5. Nivel de Autonomía

En los Apartados 1.3.1.1 y 1.3.1.2. se mencionó que tanto en la fase de construcción de un robot como en la fase de programación el instructor establece el *nivel de autonomía* con que los alumnos realizarán las actividades de RE.

Tabla 6.21: *Distribución de frecuencias y porcentajes en función del nivel de autonomía*

IV DIMENSIÓN	Total		ENTORNO DE APRENDIZAJE			
			Escolar		Extraescolar	
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
	113	100	53	46.9	60	53.1
NIVEL DE AUTONOMÍA AL CONSTRUIR						
Estructurado	14	12.4	10	18.9	4	6.7
Semiestructurado	54	47.8	23	43.4	31	51.7
No estructurado	42	37.2	19	35.8	23	38.3
No procede	3	2.7	1	1.9	2	3.3
NIVEL DE AUTONOMÍA AL PROGRAMAR						
Estructurado	12	10.6	4	7.5	8	13.3
Semiestructurado	61	54.0	33	62.3	28	46.7
No estructurado	39	34.5	16	30.2	23	38.3
No procede	1	0.9	0	0	1	1.7

Para la muestra total y por EA el nivel de autonomía *semiestructurado* (la guía es parcial y se deja un margen para que el alumno pueda realizar sus propias aportaciones) es el más utilizado en ambas fases (Tabla 6.21).

Sin embargo, en el análisis por procedencia (Gráficos 6.19 y 6.20) observamos que en la fase de construcción, tanto para el EA Escolar como para el EA Extraescolar, los instructores españoles establecen principalmente un nivel de autonomía *no estructurado* (el alumno tiene completa libertad para construir, basándose únicamente en el objetivo marcado por el docente). En cuanto a la fase de programación, en el EA Extraescolar de España hay un empate (44.4%) entre *no estructurado* y *semiestructurado*.

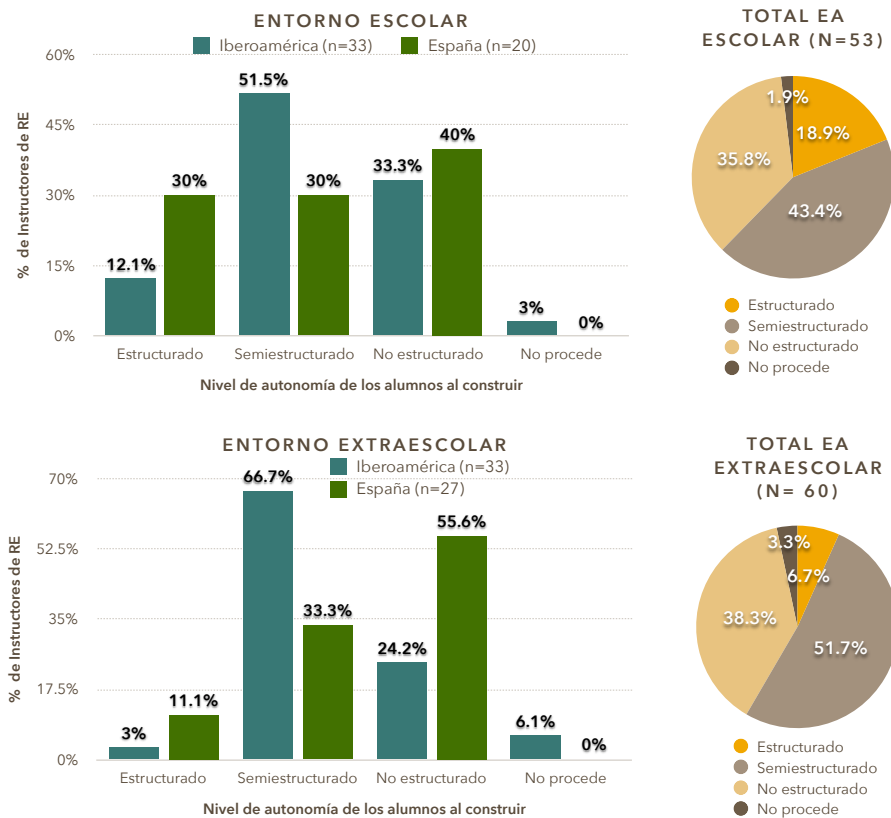


Gráfico 6.19: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Nivel de Autonomía de los Alumnos al Construir

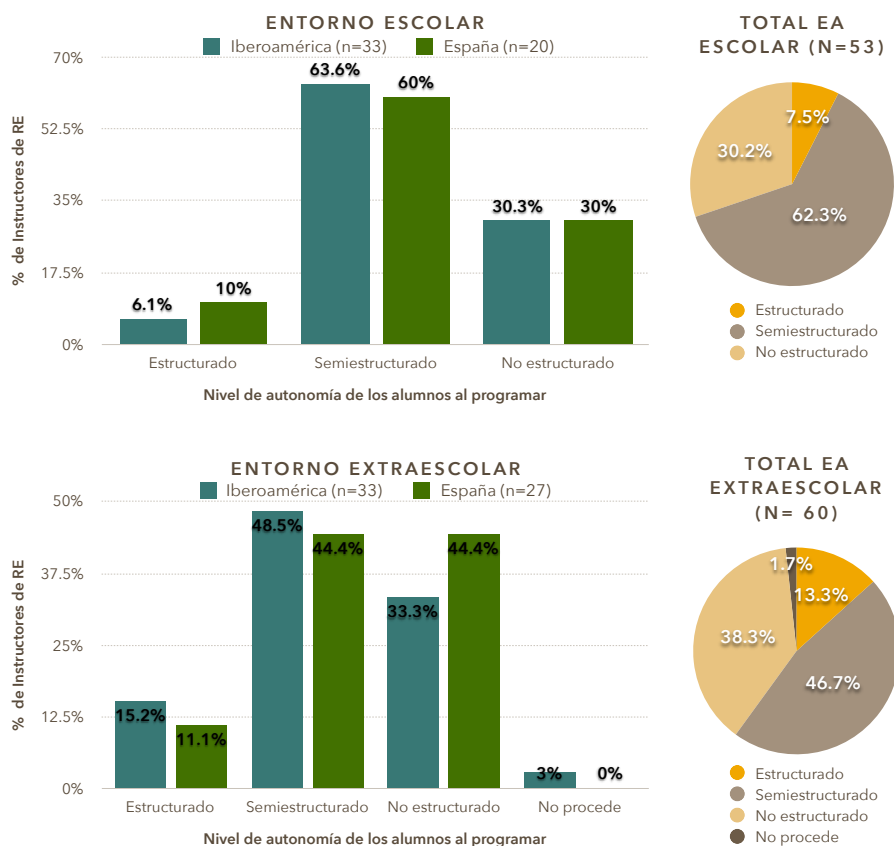


Gráfico 6.20: Muestra encuestada por EA según la Procedencia y el Nivel de Autonomía de los Alumnos al Programar

6.1.4.6. Establece Roles

En las actividades de RE, es importante el concepto de *rol* (Apartado 1.5.2.1.), que puede ser definido como una determinada responsabilidad que se le entrega a un miembro del equipo, con las tareas específicas que debe llevar a cabo, pero que no lo exenta de participar en otras.

Sobre este particular (Gráfico 6.21), el 54.0% de los instructores de RE *asignan roles a sus alumnos*. Las cifras por EA son parecidas pero por procedencia el EA Escolar de Iberoamérica marca una diferencia de 57.7% más que el español. Este valor disminuye a 15.5% para el EA Extraescolar.

Este rol no debería ser permanente y es importante rotarlo entre los miembros del equipo. Esto permite que todos puedan practicar las habilidades

relacionadas con cada rol y así descubrir sus propios talentos, limitaciones o aspectos a mejorar. Por ello, a los 61 instructores que manifestaron *asignar roles a sus alumnos* se les consultó si los *rotaban* (Gráfico 6.21). El 95.1 % respondió que *sí rota esos roles* y para el EA Escolar alcanza el 100%.

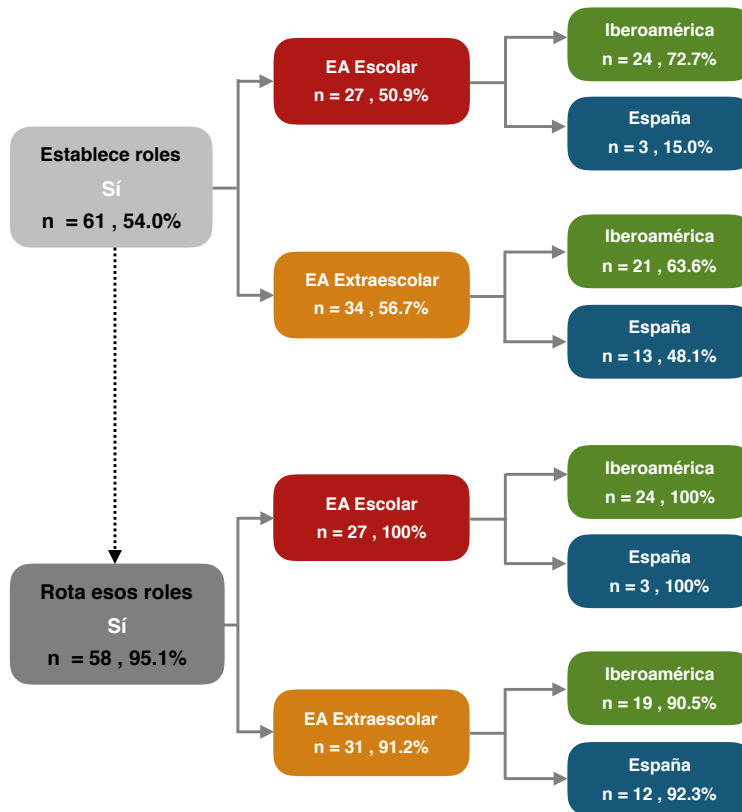


Gráfico 6.21: Muestra total, por EA y por Procedencia en función si Establece Roles y los Rota

Veamos los roles que los instructores del estudio asignan a sus alumnos agrupándolos por similitud:

- Constructor, arquitecto, armador, ensamblador, diseñador, ingeniero, experto en construcción, técnico, montador.
- Programador, experto en programación, informático.
- Orador, presentador, expositor, relator, comunicador, vocal, portavoz, encargado de comunicación.

- Analista, anotador, editor, escritor, periodista, documentalista, observador de resultados, desarrollador de bitácora de trabajo y recolección de información.
- Líder, líder de equipo, jefe de proyecto, coordinador de grupo, responsable del proyecto, capitán, encargado de integración, director.
- Jefe de piezas, almacenero, experto en piezas, buscador de piezas y materiales, encargado de material, líder de herramientas, jefe de inventario.
- Investigador.
- Jefe de calidad, inspector, crítico, revisor.
- Asistente, ayudante, secretario, corresponsable del proyecto, sublíder
- Controlador del tiempo.
- Encargado de mantenimiento.
- Mediador, negociador.
- Probador.
- Líder de orden y limpieza.
- Evaluadores de productos de otros equipos.
- Fotógrafo.

6.1.4.7. Actitudes hacia las Actividades de RE

Mediante estas cuatro preguntas medidas mediante una escala Likert (1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo y 5. Totalmente de acuerdo) indagamos en algunas actitudes encontradas en la literatura científica sobre RE. Estos planteamientos se expusieron en los siguientes apartados: motivación (1.5.), fomenta una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología en los alumnos (2.2.2.1.) y el error (3.1.1.3.).

Los valores de la media de la muestra total y por EA fueron muy similares, mientras que, en algunas actitudes varió según la procedencia, como se muestra a continuación por orden descendente:

- (*media*=4.81 y *DE*=.413) Le resulta motivador enseñar con este recurso usado para la robótica. EA Escolar Iberoamérica 4.85 y España 4.75. EA Extraescolar Iberoamérica 4.91 y España 4.70.

- ($media=4.75$ y $DE=.509$) A sus alumnos les motiva realizar estas actividades de RE. Por procedencia son valores similares.
- ($media=4.67$ y $DE=.589$) Fomenta una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología. EA Escolar Iberoamérica 4.76 y España 4.50. EA Extraescolar Iberoamérica 4.76 y España 4.59.
- ($media=4.64$ y $DE=.568$) El error deja de tener una connotación negativa. EA Escolar Iberoamérica 4.70 y España 4.50. EA Extraescolar Iberoamérica 4.91 y España 4.70.

Las similitudes entre la muestra total y EA se aprecian en el Gráfico 6.22, mientras que las diferencias según procedencia son visibles en el Gráfico 6.23.

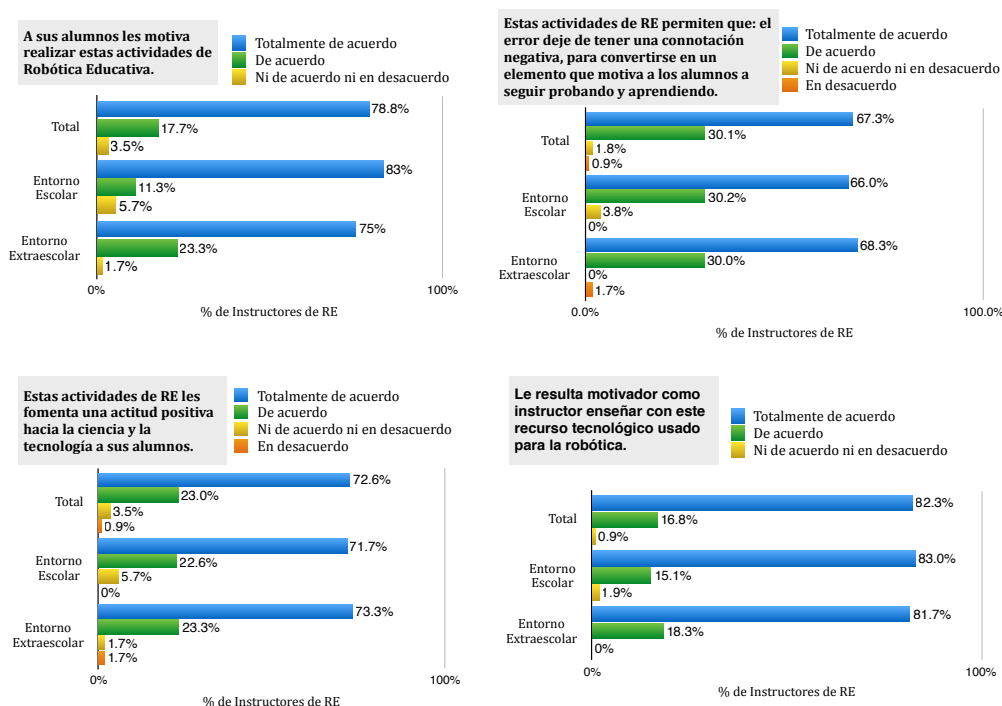


Gráfico 6.22: Muestra encuestada total ($N= 113$), EA Escolar ($n=53$) y EA Extraescolar ($n=63$) en función de la Actitudes hacia las actividades de RE

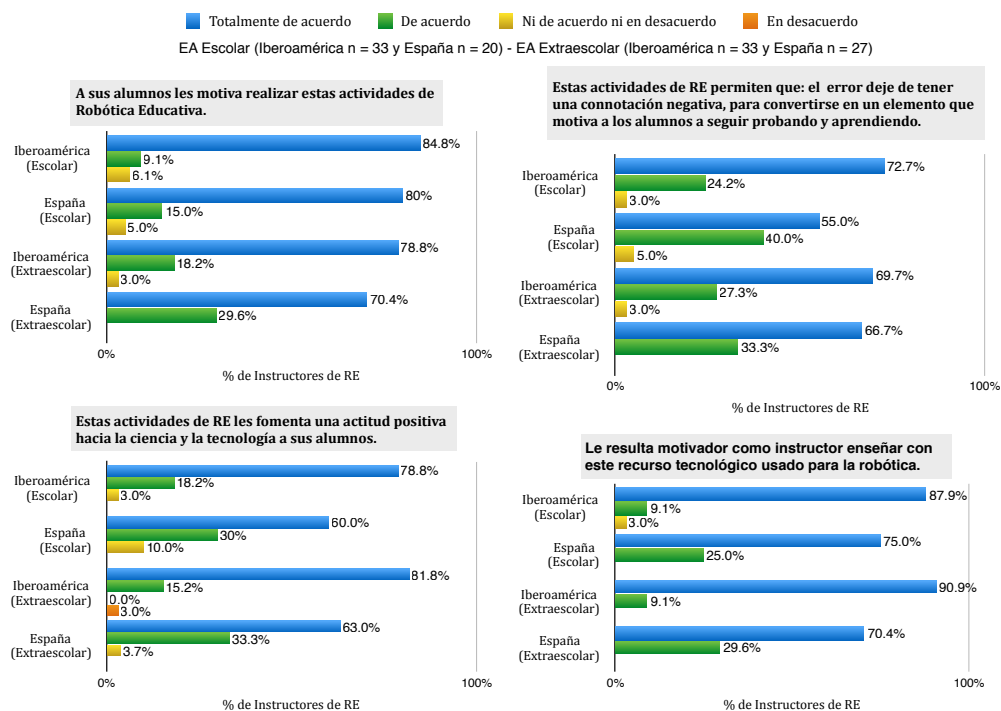


Gráfico 6.23: Muestra encuestada por EA y procedencia en función de las Actitudes hacia las Actividades de RE

6.1.4.8. Interdisciplinaridad (EA Escolar)

La pregunta sobre *interdisciplinaridad* se aplicó solamente al EA Escolar y se midió con una escala Likert de 1 a 5 (desde nunca hasta siempre). La media obtenida fue de 2.47 y en el Gráfico 6.24 se observa con más detalle que 56.6% del total de docentes encuestados (42.4% Iberoamérica y 80.0% España), *pocas veces* o *nunca*, utilizan el potencial *multidisciplinar* de la RE señalado en la literatura.

A los docentes que indicaron que hacen *actividades interdisciplinares*, desde *algunas veces* hasta *siempre*, se les solicitó que explicarán dicha forma de trabajo interdisciplinar. Los aportes se muestran en la Tabla 6.22.

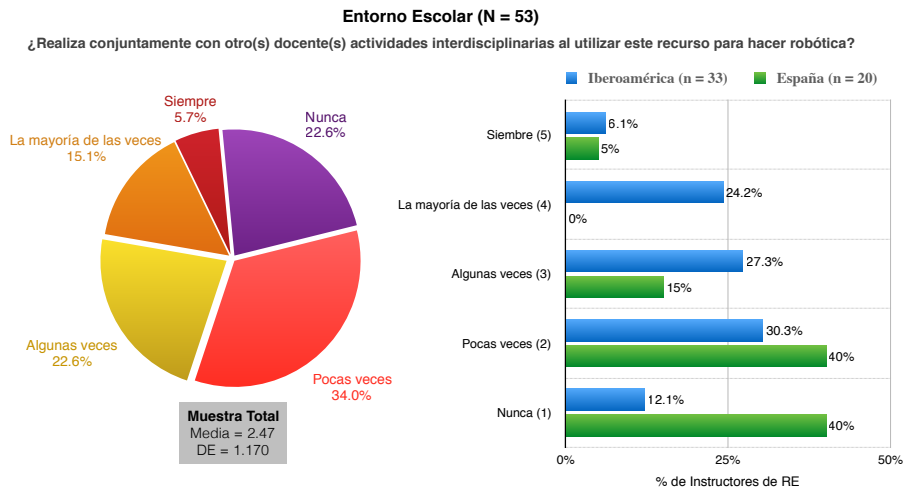


Gráfico 6.24: Muestra total y por procedencia del EA Escolar en función de la Interdisciplinaridad

Tabla 6.22: Aportes sobre la forma de trabajo Interdisciplinar

Explicación sobre la forma de trabajo interdisciplinar	
Iberoamérica	España
«Solicito apoyo en el área mecánica para algunos diseños.» (ES12, Panamá, Ciencias).	«Para el concurso FLL con el proyecto científico recurrimos a asignaturas como biología, física y química.» (ES02, Tecnología).
«Para montar el proyecto final elaboramos una maqueta con ayuda de la profesora de Artes Plásticas.» (ES18, Costa Rica, Tecnología).	«Hemos participado en un proyecto con centros de otras provincias. Se hacían intercambios culturales pero también en robótica, compartiendo la resolución de problemas comunes. El alumnado se intercambiaba correo y luego se visitaban los otros institutos.» (ES32, Tecnología).
«Por ejemplo con física, trabajamos: plano inclinado, cálculo de fuerza y torque. Palancas y poleas. Engranajes. Reducción de fuerzas con engranajes. Etc.» (ES21, Argentina, Tecnología).	«Con el profesor de robótica de la Fundación se ha realizado una lucha de Sumo con alumnado de 2º de la E.S.O. durante 8 sesiones en la hora lectiva de educación física.» (ES34, Educación Física).
«El Educador le explica clases de ángulos o figuras geométricas (Matemáticas) y los estudiantes programan un equipo LEGO para que realice movimientos en diversos ángulos o formas geométricas.» (ES36, Panamá, Informática).	«Preparación de la documentación en las asignaturas de informática y de lengua.» (ES53, Tecnología).
«Al final de cada proyecto de robótica, hay un proyecto de aplicación que se coordina con el docente de ciencias o matemáticas. También las actividades del currículo tienen actividades integradas.» (ES43, El Salvador, Ciencias).	
«Vínculo el trabajo de robótica con proyectos de física en secundaria, donde pueden aplicar sus temas de máquinas simples. En otras asignaturas, estos apoyan para resolver un problema si se usa aprendizaje basado en problemas.» (ES58, México, Física).	

6.1.5. Dimensión V. Evaluación (EA Escolar)

La importancia de la *evaluación* en el diseño de los EAR fue analizada en el Apartado 3.3. A continuación, en esta dimensión se presentan los resultados sobre qué, quién(es), cómo y para qué evalúan los docentes encuestados. Esta dimensión únicamente se diseñó para los docentes del EA Escolar y en total se obtuvieron 50 respuestas.

Algunos datos a resaltar:

- En cuanto al *tipo de evaluación* los resultados fueron: según su propósito la más utilizada fue la *evaluación formativa* y según el sujeto evaluador fue la *autoevaluación*.
- Los principales *instrumentos de evaluación* empleados por la muestra total y según la procedencia son: *ejercicios prácticos* y *exposición o disertación*.
- Tanto la muestra total como por procedencia, los resultados indican que *la finalidad de la evaluación* en sus actividades de RE es *regular el aprendizaje de los alumnos*, es decir, para reajustar lo que hacen como docentes según los resultados que van consiguiendo los alumnos.
- Sobre si los docentes encuestados perciben que sus alumnos *mejoran sus aprendizajes* con las actividades basadas en RE, todos los docentes contestaron favorablemente (*media=4.30* y *DE=0.647*) (de un máximo de 5).
- En relación a la valoración de la *mejora en las calificaciones académicas* de los alumnos al realizar actividades de RE, se obtuvo una (*media=3.44* y *DE=0.733*) de la muestra total de docentes (de un máximo de 5).
- La puntuación que le dan los docentes encuestados a *la robótica como herramienta para utilizar en su asignatura* registra una (*media=9.14* y *DE=0.992*), un 48.0% le da la puntuación máxima de 10.

6.1.5.1. Tipo de Evaluación

Se presentan los resultados obtenidos (Gráfico 6.25) según los tipos de evaluación propuestos en este estudio. Los docentes podían seleccionar todas las opciones pertinentes.

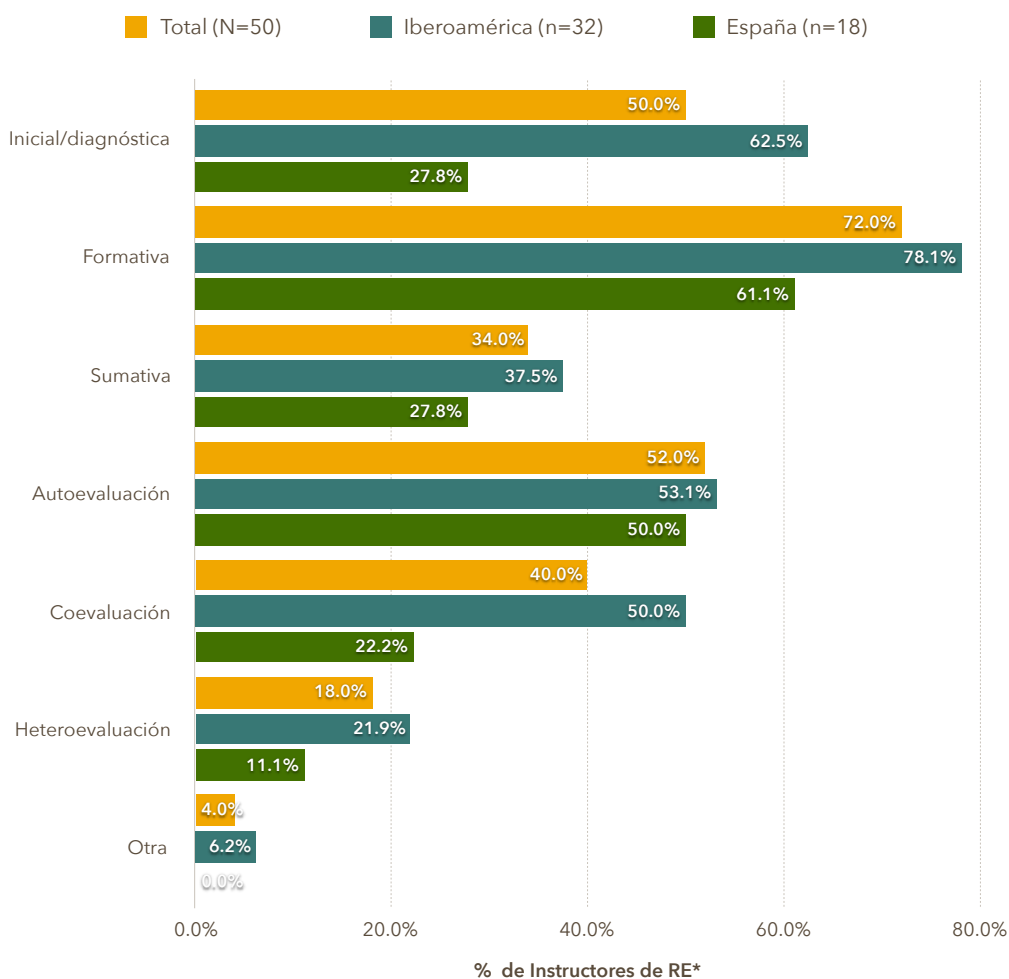
- *Según su propósito (qué se evalúa)*: los docentes, tanto de la muestra total como según la procedencia, emplean sobre todo la *evaluación formativa*,

seguida de la evaluación inicial/diagnóstica y por último de la evaluación sumativa.

- Según el sujeto evaluador (quién evalúa): aquí todos los docentes y según la procedencia también concordaron, siendo la *autoevaluación* el principal tipo de evaluación utilizado, luego aparece la *coevaluación* y finalmente la *heteroevaluación*.

Entorno Escolar (N = 50)

¿Qué tipo(s) de evaluación realiza al enseñar con este recurso para hacer robótica?

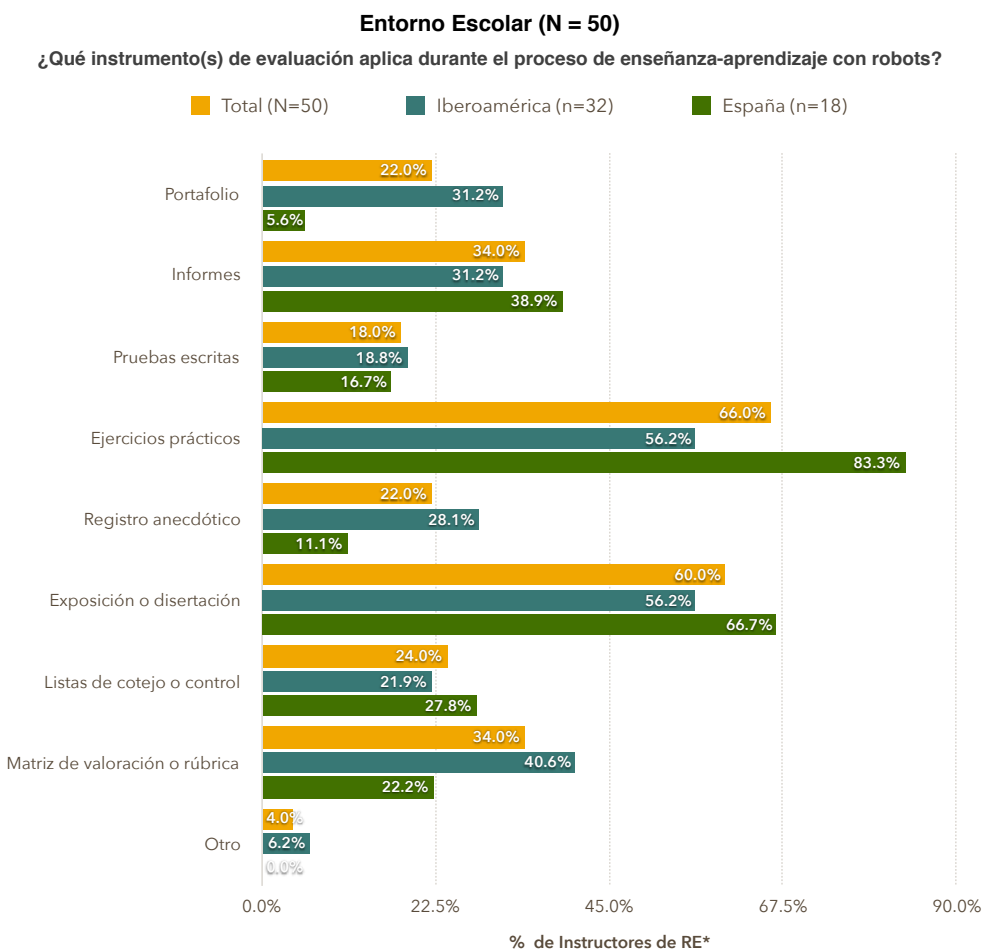


* Los instructores de RE podían seleccionar todas las opciones pertinentes.

Gráfico 6.25: Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función del Tipo de Evaluación

6.1.5.2. Instrumento(s) de Evaluación

Los resultados sobre los instrumentos de evaluación (cómo se evalúa) más utilizados por los docentes encuestados se muestran en el Gráfico 6.26. Los dos primeros lugares: *ejercicios prácticos* y *exposición o disertación* son los principales según la muestra total y la procedencia. Mientras que el tercer lugar para la muestra total tiene un empate que coincide con el tercer instrumento más utilizado según la procedencia, para los docentes iberoamericanos son los *informes* y para los españoles son las *matrices de valoración o rúbricas*.



* Los instructores de RE podían seleccionar todas las opciones pertinentes.

Gráfico 6.26: Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función del Instrumento de Evaluación

6.1.5.3. Finalidad de Evaluación

Para conocer la finalidad de evaluación, es decir, para qué se evalúa en estas actividades de RE se utilizó una escala Likert (1. Nunca, 2. Pocas, 3. Algunas veces, 4. La mayoría de las veces y 5. Siempre). La media de la muestra total (es el dato presentado) y por procedencia concuerdan en el siguiente orden descendente:

- (*media*=4.04 y *DE*=1.049) Regular el aprendizaje.
- (*media*=3.90 y *DE*=0.931) Regular la enseñanza.
- (*media*=3.06 y *DE*=1.391) Calificarlos.

Las similitudes entre la muestra total y por procedencia se aprecian en el Gráfico 6.27.

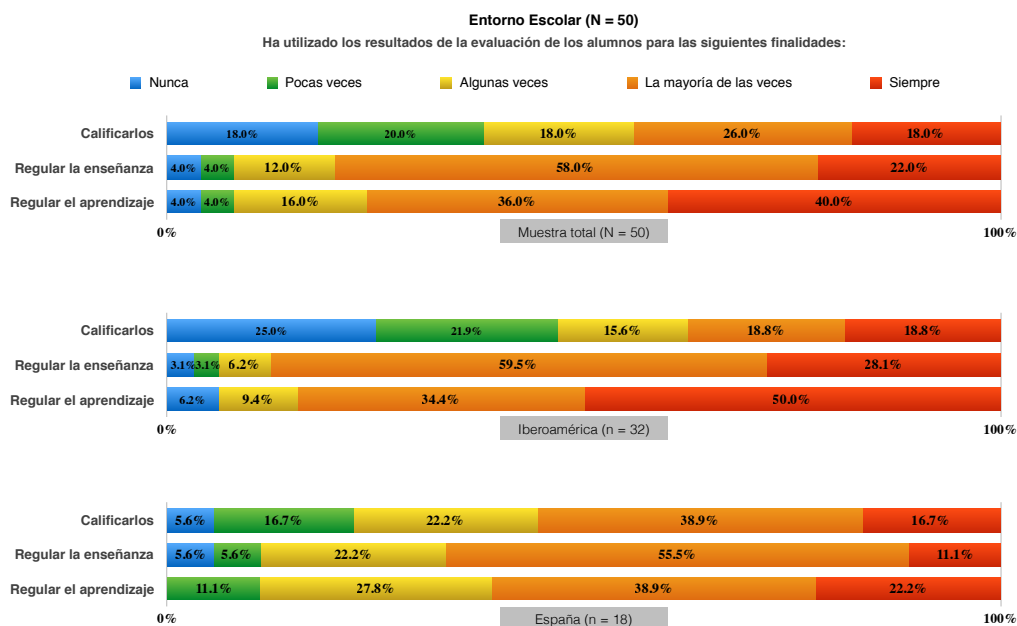


Gráfico 6.27: Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función de la Finalidad de la Evaluación

6.1.5.4. Mejora en los Aprendizajes

Primeramente, se les preguntó si perciben que sus alumnos *mejoran sus aprendizajes* con las actividades basadas en RE . Se utilizó para ello una escala

Likert de 1 a 5 con los siguientes resultados: nada (0%), muy poco (0%), algo (10%), bastante (50%), mucho (40%). Todos los docentes contestaron favorablemente ($media=4.30$ y $DE=0.647$).

Así, la segunda pregunta consistió en saber si igualmente perciben una mejora en las calificaciones académicas. Usamos la misma escala de valores y se obtuvieron estos datos: nada (2%), muy poco (4%), algo (46%), bastante (44%), mucho (4%). Se aprecia un notable descenso en la mejora de las calificaciones con relación a la mejora de los aprendizajes ($media=3.44$ y $DE=0.733$), más marcada para los docentes españoles ($media=3.06$ y $DE=0.802$) (Gráfico 6.28).

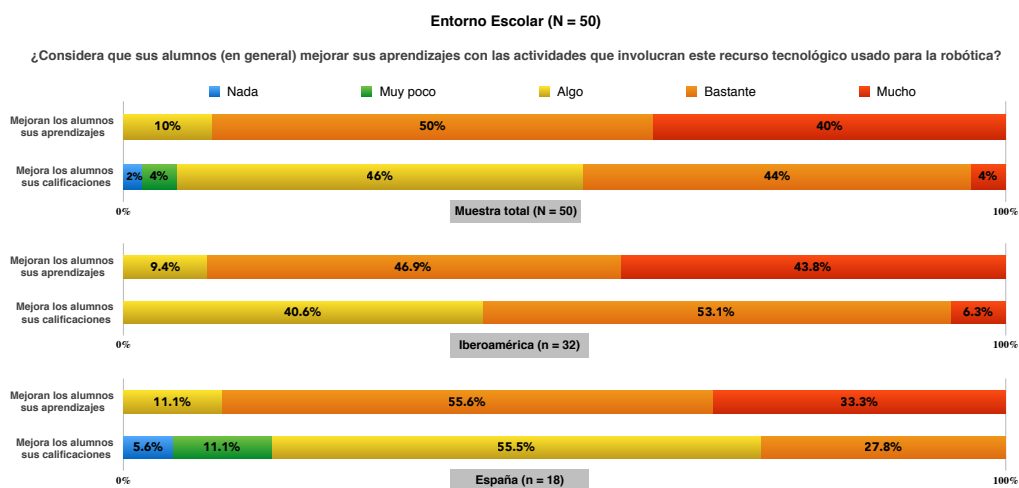


Gráfico 6.28: Muestra total y por Procedencia del EA Escolar en función de la Mejora de los Alumnos en sus Aprendizajes y Calificaciones

6.1.5.5. Evaluación de la Robótica como recurso de aprendizaje

Se concluye esta dimensión con la siguiente pregunta a los encuestados: *Después de haber desarrollado estas pautas y considerando sus respuestas, ¿qué puntuación le pondría a la robótica, como herramienta para utilizar en su asignatura?* La valoración fue de 1 a 10 (1-valor más bajo a 10-valor más alto).

Se registra una ($media=9.14$ y $DE=0.992$), un 48.0% le da la puntuación máxima de 10 (Gráfico 6.29). Dicho dato varía según la procedencia, donde un 22.9% más de los docentes iberoamericanos le dan puntuación de 10 en relación a los docentes españoles.

Entorno Escolar (N = 50)

¿Qué puntuación le pondría a la robótica, como herramienta para utilizar en su asignatura?
 Valore de 1 a 10 (1 - valor más bajo a 10 - valor más alto)

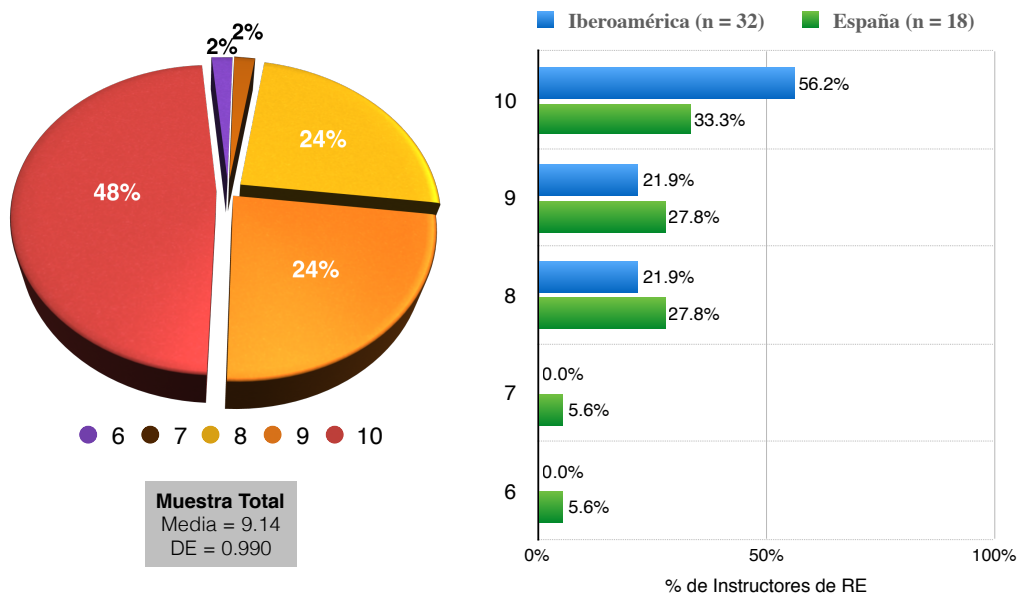


Gráfico 6.29: Muestra total y por procedencia del EA Escolar en función de la Evaluación de la Robótica como Recurso de Aprendizaje

6.1.6. Dimensión VI. Detalles de la Propia Práctica Educativa

Con esta sección de carácter cualitativo se espera tener mayor precisión, amplitud y profundidad de la información obtenida en las dimensiones anteriores. Se le propuso a ambos EA y dichas preguntas abiertas fueron de carácter voluntario.

Para conservar el anonimato se colocan el código utilizado en SPSS para diferenciar cada caso, así *ES* indica que es del EA Escolar y *EX* para el EA Extraescolar, el país y algún otro dato a destacar. También en varias preguntas se procedió a agrupar las respuestas según afinidad para una mejor comprensión.

6.1.6.1. EA Escolar: descripción de actividades de RE

Pregunta: Nos podría facilitar uno o varios ejemplos de su planificación (tipo de actividad y breve descripción) al utilizar robots: **EJEMPLO:** Tipo de actividad: INTERPRETAR un fenómeno matemáticamente. Breve descripción:

con la asistencia de la robótica, el alumno examina fenómenos relacionados con la matemática (velocidad y aceleración).

Del total de 16 aportes, las actividades presentadas corresponden a las áreas de física, matemática, robótica y programación (STEM):

- Explicación de la leyes de Newton a alumnos de noveno grado con la creación de carritos que cumplan estas leyes.
- Fenómenos relacionados con la física como hidráulica y neumática, velocidad y aceleración.
- Comprensión de las variables y factores que intervienen en el movimiento rectilíneo uniforme (los estudiantes diseñan sus propios vehículos y le incorporan sistemas de engranajes y poleas simples y compuestas, luego calculan la velocidad a que viaja, grafican las relaciones distancia tiempo, y determinan la velocidad).
- Reconocimiento de los elementos físicos intervinientes en la rotación de un motor paso a paso bipolar y unipolar.
- Distancias, impulsos por viento y fricción, parábolas, estimaciones matemáticas al usar variables.
- Análisis de la estructura y mecanismos que forman el robot.
- ¿Cómo funcionan las cosas? mediante la robótica, los estudiantes pueden recrear situaciones que les permitan conocer el funcionamiento de alguna máquina y comprender los principios del funcionamiento de ésta, de igual manera se despierta en ellos el deseo de aprender cómo funcionan las cosas y aprender de una manera más profunda, se despierta la motivación por aprender.
- Programación básica y utilización del lenguaje condicional (IF) para hacer hipótesis de lo que podría ocurrir.

6.1.6.2. EA Extraescolar: descripción del seguimiento o evaluación de los aprendizajes a los alumnos durante las actividades de RE

Pregunta: Nos podría indicar si realiza algún tipo de seguimiento o evaluación de los aprendizajes de los alumnos durante esta actividad extraescolar (breve descripción):

Del total de 34 aportes, 8 mencionan que no realizan ningún tipo de evaluación. Otros señalan lo siguiente: la presentación final que realizan

a los padres, el número de errores por proyecto, cambios de actitudes, retroalimentación inmediata, listas de cotejo, en la participación en concursos o ferias de ciencia, y observación de los trabajos realizados. Algunos dieron más detalles, por ejemplo:

- «Dentro de nuestra metodología, realizamos una valoración de la evolución de los niños dentro de los roles que se imponen, buscando sus fortalezas y debilidades en cada uno y creando entornos que les permitan convertir en fortalezas las debilidades e incrementar sus habilidades naturales» (EX53, España, empresa privada).
- «Los estudiantes deben cumplir con ciertos requerimientos tanto en el área de programación como de construcción. Esto les permite avanzar al siguiente nivel de Robótica que son 6 actualmente» (EX05, Costa Rica, centro educativo).
- «Se asignan "contratos" de la funciones que asumirán los integrantes del los equipos de trabajo y al finalizar las sesión presentan informe sobre lo realizado, se realiza retroalimentación en la siguiente sesión y al finalizar el proyecto se realiza evaluación de conocimientos y competencias, las cuales se especifican al inicio del curso.» (EX40, Colombia, empresa privada).
- «Si, los alumnos completan un reporte que tiene preguntas para mejorar la calidad del servicio» (EX49, México, empresa privada).

6.1.6.3. Conocimientos requeridos para un instructor de RE

Pregunta: Según su propia experiencia ¿Qué conocimientos (programación, electrónica, mecánica, etc.) necesita todo instructor de robótica educativa?

Esta pregunta abierta fue respondida por 50 instructores. De sus aportes podemos señalar que la *programación* sería el conocimiento más requerido para ser un instructor de RE, seguido de mecánica y física básica. Los instructores que emplean robots de la categoría EIM suelen mencionar más la electrónica y la electricidad como conocimientos necesarios. El EA Extraescolar valora la formación pedagógica. También se menciona en menor medida la matemática, la gestión de proyectos, la lógica y la psicología.

A continuación, se comparten las opiniones de algunos instructores RE encuestados sobre este particular.

- *Sobre programación:*
 - «Es indispensable tener conocimientos básicos sobre programación.» (ES04, Venezuela, informática).
 - «La electrónica no es necesario comprenderla del todo, se puede trabajar con dispositivos prearmados, la complejidad suele caer en la programación que se puede hacer en muchos casos con lenguajes como <http://scratch.mit.edu/>.» (ES59, Argentina, robótica).
 - «Conocimiento del kit que se utiliza y experiencia programando para identificar rápidamente errores en el código de los alumnos y así poder solucionar instantáneamente cualquier inquietud.» (EX65, Chile, Universidad).
 - «El instructor a mi parecer debe tener más conocimientos en programación ya que en lo mecánico y electrónico siempre se puede realizar adaptaciones» (EX22, Ecuador, empresa privada).
 - «Hace falta tener conocimientos de programación y algunas ideas de mecánica. Al utilizar equipamiento de LEGO no es preciso tener conocimientos de electrónica.» (EX57, España, centro escolar).
- *En cuanto a la electrónica y la electricidad:*
 - «En lo particular utilizo gran variedad de materiales de reciclaje, hierro, aluminio, por lo que no hay un prototipo preestablecido a seguir, pero si hay que tener mucho conocimiento en todas esas áreas tecnológicas, sobre todo electrónica, mecánica, programación, etc.» (ES35, Guatemala, robótica).
 - «Sistemas (Lógica de la programación, entre otros), electrónica, mecánica, física, instrumentación y matemáticas.» (ES36, Venezuela, robótica).
 - «Conocimientos básicos de electricidad, electrónica, programación, mecánica y de formulación de proyectos para la organización de proyectos.» (EX38, Chile, Universidad).
 - «Electrónica, programación, mecánica y dinámica de grupos» (EX46, España, asociación/club de robótica).
- *La formación pedagógica es importante para el EA Extraescolar:*
 - «Debe tener conocimientos de programación y de mecánica para utilizar la tecnología pero principalmente de educación para que pueda mediar satisfactoriamente.» (EX05, Costa Rica, centro escolar).

- «Un instructor necesita ante todo una vocación de docente y conocimientos básicos de programación, matemática y psicología.» (EX14, Ecuador, empresa privada).
- «En nuestro caso buscamos que tenga experiencia y buen manejo de grupo de chicos y tenga facilidad para adquirir nuevos conocimientos. En particular, prefiero que tenga conocimientos de programación, creo que es el más importante de todos, quizás es hacia donde nosotros orientamos el curso.» (EX26, Argentina, empresa privada).
- «Se trata de un sistema sencillo e intuitivo (LEGO) y bajo mi punto de vista lo más importante a la hora del trabajo con niños es la formación pedagógica específica en los niveles que se imparta, muy por encima de la formación técnica en la materia.» (EX35, España, empresa privada).
- «El instructor puede aprender durante el proceso, siempre que parta de una base tecnológica natural, dominando al menos una de las disciplinas y contando siempre con una gran disposición a la enseñanza, tomando en cuenta que el aprendizaje nunca avanza a la misma velocidad, ni de la misma manera en las personas.» (EX53, España, empresa privada).
- *Práctica con la plataforma de RE seleccionada para familiarizarse con su funcionamiento:*
 - «En nuestro caso, al tratarse de LEGO, conocimiento sobre las piezas de esta marca y del programa NXT-G.» (EX41, España, empresa privada).
 - «Claves del proceso, en general, para programar. Lo básico de electrónica, comprender cómo funciona un motor, un sensor, una controladora, sin llegar a ser un experto... Algunos principios básicos de física: roce, equilibrio, fuerza, torque, velocidad, aceleración, entre otros. Por supuesto, pasar muchas horas programando con el software elegido y construyendo con los materiales asignados.» (EX47, Venezuela, Universidad).
 - «Según las edades de los alumnos. Para alumnos de 7-8 años, lo que necesita (si no lo tiene) es ganas de aprenderlo. Para alumnos mayores se requiere conocimientos más amplios, principalmente de programación y de mecánica. Pero lo más importante es conocer el kit que va a utilizar; por ejemplo para NXT de Lego, es más importante

conocer la interfaz que ser un buen programador.» (EX64, España, Fundación/ONG).

Se podría resumir con estos aportes: «Robótica = multidisciplinar, así que sí es conveniente saber de todo un poco, pero sino se adquieren esos conocimientos.» (EX48, España, Fundación/ONG) y «Más que cierta instrucción en particular, se requiere una mente abierta y un deseo ferviente de aprender. Hemos tenido instructores de diversas disciplinas.» (EX54, México, empresa privada).

Ventajas/Desventajas de la RE

Pregunta: Por favor, señale las VENTAJAS y DESVENTAJAS, tanto para el instructor como para el alumno, que ha experimentado al utilizar este recurso tecnológico usado para la robótica. Para facilitar sus posibles respuestas, se han dividido en estas sub-categorías: metodológicas (solo para el instructor), tecnológicas, cognitivas, sociales y otras. Sea libre de opinar en cualquiera de ellas.

6.1.6.4. Ventajas/beneficios para el instructor de RE

Los instructores de RE encuestados perciben que enseñar RE les ofrece la oportunidad de implementar estrategias innovadoras, usar una tecnología de actualidad y avanzada, desarrollo de nuevas destrezas y conocimientos, relacionarse con otras personas que hacen RE. Veámos algunos aportes escritos por los docentes:

■ *Metodológicas:*

- «Poseer mayor cantidad de estrategias para trabajar con los escolares de manera interesante.» (ES04, Venezuela).
- «La robótica ayuda a usar herramientas innovadoras para reforzar los conocimientos.» (ES12, Panamá).
- «Aprender a ser constructivista.» (ES16, Costa Rica).
- «Permite explicar de forma vivencial algún contenido curricular.» (ES20, El Salvador).
- «Diversidad de ritmos de aprendizaje» (ES34, España).
- «Formalizar el método científico mediante su experimentación.» (ES45, México).

- «Uso de roles para establecer trabajo colaborativo.» (ES58, México).
- «Creatividad en las técnicas de enseñanza-aprendizaje.» (EX14, Ecuador).
- «Trabajo colaborativo y en equipo.» (EX33, España).
- «Clases interactivas y entretenidas.» (EX41, España).
- «Empoderamiento de un método científico más social (MCS).» (EX51, Colombia).
- «Permite un tipo de formación enfocada a conseguir objetivos.» (EX57, España).
- *Tecnológicas:*
 - «Fácil de usar para diferentes objetivos.» (ES12, Panamá).
 - «La tecnología funciona gracias a la ciencia, así que usar la tecnología es un excelente laboratorio.» (ES57, México).
 - «Facilita contar con mayor manejo de recursos tecnológicos.» (ES04, Venezuela).
 - «Se utilizan programas y componentes electrónicos modernos» (ES35, Guatemala).
 - «Integrar de manera inteligente y racional las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje.» (ES45, México).
 - «Aprendizaje de las nuevas tecnologías.» (EX43, Venezuela).
 - «Estar en contacto con elementos tecnológicos avanzados.» (EX26, Argentina).
 - «Conocer nuevos campos.» (EX29, España).
- *Cognitivas:*
 - «Asegurar la interiorización del conocimiento y evitar el aprendizaje memorístico.» (ES12, Panamá).
 - «Estructura de pensamiento.» (ES16, Costa Rica).
 - «Desarrollo de habilidades, conocimientos y destrezas.» (EX05, Costa Rica).
 - «Razonamiento continuo.» (EX13, República Dominicana).
- *Sociales:*
 - «Facilita el trabajo en equipo.» (ES59, Argentina).

- «Conocer el impacto de la tecnología en el ámbito humano.» (ES04, Venezuela).
- «Permitir la cooperación, la colaboración y la socialización del conocimiento.» (ES45, México).
- «Facilita las relaciones, el intercambio de ideas, la expresión y defensa de ideas y productos.» (ES08, Costa Rica).
- «Relacionarme con las nuevas generaciones.» (EX14, Ecuador).
- «Conformación de redes de investigación.» (EX40, Colombia).
- «Desarrollo de redes sociales entre colegas.» (EX38, Chile).
- «Permite establecer relaciones con otros grupos que trabajan estos aspectos.» (EX57, España).

6.1.6.5. Desventajas/desafíos para el instructor de RE

De las respuestas brindadas, se observa el tiempo exigido como principal desventaja metodológica, tanto para la planificación como para el desarrollo de la actividad en sí. A nivel tecnológico encontramos la falta de recursos y la necesidad de actualización constante, esta última es la principal desventaja también a nivel cognitivo. Y a nivel social manifiestan que sería la gestión de grupos. A continuación, se presentan algunas de las aportaciones:

■ *Metodológicas:*

- «Desubicación si no se dispone de experiencia.» (ES34, España).
- «El reto de integrarlo intencionalmente con otras áreas académicas y/o ejes transversales.» (ES04, Venezuela).
- «Se necesita mucho tiempo para planificar las actividades y no todos los alumnos se adaptan con facilidad al método de trabajo por ser más libre y por tanto requiere mayor esfuerzo y concentración por su parte.» (ES17, España).
- «El tiempo para clase nunca es suficiente.» (ES58, México).
- «Dedicar tiempo a la organización.» (EX13, República Dominicana).
- «No todos aprenden al mismo ritmo.» (EX05, Costa Rica).

■ *Tecnológicas:*

- «Tiene que apearse a lo que hay en la escuela o en el mercado.» (ES35, Guatemala).

- «Manejo de distintas tecnologías.» (ES59, Argentina).
- «Carencia de recursos.» (ES37, Venezuela).
- «Debe mantenerse actualizado.» (ES08, Costa Rica).
- «Aprendizaje continuo.» (EX43, Venezuela).
- «Disponibilidad de los recursos.» (EX13, República Dominicana).
- «Alto costo del material.» (EX40, Colombia).
- «Depende del proyecto no hay suficiente material.» (EX05, Costa Rica).
- «No ser diestro para el ensamblaje de piezas, por su falta de motricidad.» (EX20, El Salvador).
- «Falta de material y/o información.» (EX29, España).
- *Cognitivas:*
 - «Deberá de someterse a una constante capacitación o autoaprendizaje.» (ES35, Guatemala).
 - «Tiene que conocer de distintas áreas.» (ES59, Argentina).
 - «Poca literatura y difusión.» (ES37, Venezuela).
 - «Requiere capacidades de programación y creatividad, así como facilidades y estrategias para la resolución de problemas.» (ES08, Costa Rica).
 - «Más tiempo de estudio.» (EX13, República Dominicana).
 - «Aprender nuevos conocimientos.» (EX31, Panamá).
- *Sociales:*
 - «Tiene que tener un buen manejo de grupos.» (ES59, Argentina).
 - «Aprender a trabajar en grupo.» (EX31, Panamá).
 - «No es fácil controlar un grupo en ambiente semilúdico» (EX46, España).

6.1.6.6. Ventajas/beneficios para el alumno de RE

Entre las ventajas para los alumnos al hacer actividades de RE señalaron: aprender a partir de la experiencia con tecnologías actuales y la mejora en diversas habilidades (resolución de problemas, metacognición, analíticas, creativas fueron algunas de las mencionadas). A nivel social los beneficios son considerables al ser casi un requisito trabajar en equipo durante estas actividades de RE. Entre los aportes dados por los docentes tenemos:

■ *Tecnológicas:*

- «Aprende a utilizar diversas herramientas de tecnología tales como: simuladores, programas, computadoras, etc.» (ES35, Guatemala).
- «Aprenden a integrar tecnologías en sus procesos de aprendizaje.» (ES45, México).
- «Facilita la programación y permite el uso de tecnología nueva.» (ES08, Costa Rica).
- «Indaga de forma autónoma, que otros recursos puede usar con sus robots.» (ES58, México).
- «Vive la experiencia de trabajo con equipos de actualidad.» (EX31, Panamá).
- «Uso práctico de las tecnologías.» (EX33, España).
- «Interiorización de su entorno tecnocientífico vivencial.» (EX51, Colombia).
- «Incrementa sus destrezas tanto técnicas como conceptuales.» (EX53, España).

■ *Cognitivas:*

- «Aprende haciendo y construye nuevo conocimiento a partir de la experiencia.» (ES35, Guatemala).
- «Le permite desafiarse a sí mismo para resolver un problema planteado.» (ES20, El Salvador).
- «Metacognición.» (ES07, Costa Rica).
- «La resolución de problemas, el diseño y la creatividad se fortalecen y consolidan.» (ES08, Costa Rica).
- «Les ayuda a estructurar su pensamiento.» (EX57, España).
- «Aumenta la deducción analítica.» (EX22, Ecuador).
- «Mejora capacidad de razonamiento.» (EX35, España).
- «Gana mas conocimientos en dicha área.» (EX14, Ecuador).

■ *Sociales:*

- «Alta capacidad de adaptación e integración.» (ES37, Venezuela).
- «Se relaciona con mayor fluidez con sus pares.» (ES58, México).
- «Es imprescindible, porque comparte y aprende de y con los demás.» (ES07, Costa Rica).

- «Aprender la aceptación de otros criterios, mejorar el trabajo en equipo y solucionar problemas sencillos.» (ES12, Panamá).
- «Al pensar y hacer al lado de otros, así como al mostrar y defender sus diseño hace que los estudiantes desarrollen más capacidades expresivas y sociales.» (ES08, Costa Rica).
- «Aprenden a colaborar y conformar inteligencia colectiva.» (ES45, México).
- «Le permite desarrollar habilidades sociales gracias a los roles en los que participa, creando nuevos lazos y conocimientos de inteligencia social y emocional.» (EX53, España).
- «Mejora la autoestima y capacidad de relacionarse con otros.» (EX38, Chile).
- «Ampliación del lenguaje especializado, socialización, buena estima.» (EX52, El Salvador).

6.1.6.7. Desventajas/desafíos para el alumno de RE

En cuanto a las desventajas para los alumnos mencionaron: LP no amigables, no todos tienen las mismas habilidades requeridas en RE (construcción y programación), puede generar frustración y no lograr trabajar en equipo adecuadamente. Seguidamente algunos aportes:

- *Tecnológicas:*
 - «Dominar e inventar nuevas formas de utilización de la tecnología para realizar nuevos aprendizajes.» (ES45, México).
 - «No todo el software es amigable con todos los alumnos.» (ES58, México).
 - «No todos los estudiantes tienen habilidades o les agrada la programación y la construcción y ambas son requisito.» (ES08, Costa Rica).
 - «Dificultad en el acceso a la misma.» (EX12, Venezuela).
- *Cognitivas:*
 - «Se enfrentan a problemas que pueden generar frustración.» (ES08, Costa Rica).

- «En ocasiones puede generar una frustración que deberá ser paliada por el instructor para que no se convierta en un problema y si en un motivante.» (EX53, España).
- «El reto de nuevos conocimientos.» (EX31, Panamá).
- «Complicaciones de la programación.» (EX57, España).
- *Sociales:*
 - «Existen alumnos individualistas o protagonistas que se les dificulta colaborar.» (ES58, México).
 - «Los que tienen dificultades para expresarse se enfrentan al miedo y les da panico escénico. A otros les cuesta trabajar en equipo.» (ES08, Costa Rica).
 - «Aprender a respetar las reglas del grupo.» (EX57, España).
 - «Puede generar conflictos en los grupos la falta de compatibilidad de caracteres.» (EX14, Ecuador).

6.1.6.8. Sugerencias para nuevos instructores de RE

Pregunta: Por último, ¿Tiene alguna sugerencia o comentario que le gustaría compartir con los instructores que están considerando iniciarse en la robótica educativa?

En esta consulta se obtuvieron muchas respuestas que han sido agrupadas por similitud para una mejor comprensión de los aportes:

- *Importancia de la planificación:*
 - «Paciencia y muchas horas de trabajo ya que se necesita organizar muy bien las actividades, y hacer ver al alumnado desde el principio que la robótica puede ser divertida y emocionante pero no es un juego, requiere esfuerzo y concentración.» (ES17, España).
 - «Practicar muchas veces con el modelo robótico mucho antes de que la clase de alumnos llegue. Recuerde que las baterías deben ser cargadas a diario.» (ES20, El Salvador).
 - «Planificar bien cada sesión de trabajo, ya que si no esta claro el objetivo que se quiere lograr es muy fácil perder el objetivo de la misma.» (EX43, Venezuela).
- *Formación y actualización permanente:*

- «Es genial, porque es una forma de motivar a los estudiantes el deseo de aprender. Además es muy gratificante participar de estos procesos en los cuales los niños nos sorprenden con sus logros. La actualización constante es la mejor herramienta, ya que nos permite aprender y ser mejores docentes cada día.» (ES07, Costa Rica).
- «Realizar cursos con profesionales cualificados que sepan guiarles para evitar caer en estereotipos o errores.» (ES34, España).
- «La práctica hace al maestro, es importante estar construyendo y creando nuevas alternativas. Además es importante indagar, estar actualizado porque la tecnología cambia todos los días.» (EX05, Costa Rica).
- *Sobre la plataforma para hacer RE:*
 - «La plataforma robótica usada es un arma de doble filo, de la misma forma que a muchos le interesa, otros le pueden tomar disgusto, esto es debido al nivel de programación requerido y al lenguaje de programación.» (ES33, Puerto Rico).
 - «Que no tengan miedo a hacerlo, y en la medida de lo posible que experimenten antes con los materiales que piensen utilizar.» (EX64, España).
- *Otras razones para ser un instructor de RE:*
 - «Primero, que el uso de robots es el pretexto para enseñar otras cosas. Segundo, el principal cambio o beneficio es la mejora de la autoestima, del alumno, del padre al hijo, etc. Tercero, que todos los niños son talentosos, solamente no lo saben. Que deben estar preparados para preguntas muy complejas. Que la robótica educativa debe tener un puente con la robótica aplicada, que en cada proyecto deben ser parte otros profesionales o empresas y que es una excelente forma de reconocer talentos. Que deben incluir a todo tipo de niños en el taller, no solamente a los más destacados.» (EX40, Chile).
 - «Que es una forma dinámica, atrevida, entretenida de lograr despertar en los alumnos pensamientos más allá del conductismo que se imparte en las aulas. Logra despertar en los estudiantes un mayor deseo de aprender y de resolver problemas por si mismos.» (ES16, Costa Rica).
 - «Es una experiencia muy gratificante, y con ilimitadas posibilidades.» (EX46, España).

6.2. Análisis Diferencial en función de las categorías de robots educativos: EIM e IM

A continuación, mostramos los resultados obtenidos en el análisis diferencial en función de las categorías de robots educativos (EIM e IM) previamente publicados (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde, 2014; Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón, 2014), al considerar su importancia en este estudio y para posteriores investigaciones.

Para estos análisis se prescinde de la categoría I por representar el 1.6% del total. Los dos casos de esta categoría corresponden al robot Bee-Bot empleado en niños de 7 a 12 años por instructores masculinos procedentes de Iberoamérica. El 100% se calcula entre las categorías EIM e IM. Se presentan solamente los resultados donde existen diferencias estadísticamente significativas en el contraste Chi-cuadrado (x^2). En la Tabla 6.23 además del total se muestran los valores por EA de cada categoría de robot por ser estadísticamente significados también.

- *Lenguaje de Programación* ($x^2 = 47.823; p = 0.001; df = 1$)

Existen diferencias significativas entre las *categorías de robots educativos* y el *lenguaje de programación*, tanto en la muestra total como por EA (EA Escolar ($x^2 = 22.680; p = 0.000; df = 1$) y EA Extraescolar ($x^2 = 25.472; p = 0.000; df = 1$)). El uso del lenguaje textual predomina en los robots categorizados EIM (76.9%) mientras que el lenguaje gráfico (88.9%) se usa en su mayoría en los robots de tipo IM.

- *Edad de los alumnos* ($x^2 = 11.598; p = 0.001; df = 1$)

Existe diferencia significativa entre las *categorías de robots educativos* y la *edad del alumno*, tanto en la muestra total como por EA (EA Escolar ($x^2 = 7.484; p = 0.006; df = 1$) y EA Extraescolar ($x^2 = 4.425; p = 0.033; df = 1$)). Se observa que los robots de la categoría IM son los más utilizados para ambos rangos de edades, sobresaliendo su uso en edades de 5 a 12 años (94.7%). En cambio los EIM se están empleando casi exclusivamente en edades de 13 a 17 años (93.5%).

La diferencia más apreciable en cuanto a los EA es el uso de robots de la categoría EIM en edades *de 5 a 12 años* en el EA Extraescolar contra su nula presencia en el EA Escolar. En los otros casos su uso es muy similar. Profundizando en estos dos casos para edades de 5 a 12 años, podemos

señalar que ambos son robots basados en la placa Arduino y que utilizan el lenguaje gráfico Scratch para su programación, siendo esta una alternativa para iniciar con esta tecnología EIM desde edades tempranas.

Tabla 6.23: *Análisis Diferencial y distribución de frecuencias en función de las Categorías de Robots Educativos: EIM e IM*

	CATEGORÍAS DE ROBOTS EDUCATIVOS			
	EIM		IM	
	Total	n [%horizontal]	n Escolar n Extraescolar	n [%horizontal] n Escolar n Extraescolar
Lenguaje de Programación* [N=125]				
De interfaz textual	26	20 [76.9]	9 11	6 [23.1] 4
De interfaz gráfica	99	11 [11.1]	6 5	88 [88.9] 42 46
Edad de los alumnos* [N=123]				
De 5 a 12 años	38	2 [5.3]	0 2	36 [94.7] 16 20
De 13 a 17 años	85	29 [34.1]	15 14	56 [65.9] 28 28

* Existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < .05$)

6.3. Análisis CHAID para determinar los predictores de *rendimiento académico* en actividades de RE

Como indican las revisiones sistemáticas (Anwar y cols., 2019; Benitti, 2012; Ferrada y cols., 2020; Lathifah y cols., 2019; Ribeiro y Lopes, 2020; Souza y cols., 2018; Toh, Causo, Tzuo, Chen, y Yeo, 2016) sobre RE preuniversitaria, aún existen interrogantes para determinar el impacto real que la RE puede ofrecer a la educación formal. En publicaciones anteriores (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde, 2014; Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón, 2014), logramos identificar dos nuevas variables que, según la percepción de los docentes, mejoran las calificaciones de los estudiantes de forma estadísticamente significativa: *establecer etapas* y *asignar roles*.

En esos primeros artículos se difundieron los resultados parciales de este estudio. Sin embargo, no se analizaron todas las variables, principalmente de la dimensión *evaluación*. Además, se aplicó el estadístico correspondiente de manera individual a cada variable para validar si existían diferencias estadísticamente significativas (no se utilizó el algoritmo CHAID).

Por tal motivo, para determinar los mejores predictores del *rendimiento académico* al realizar actividades de RE se plantea en esta tesis doctoral utilizar árboles de decisión o de segmentación jerárquica para encontrar esas variables que le permitan al docente, a los gestores de proyectos e investigadores tener en cuenta al momento de diseñar un entorno de aprendizaje basado en robótica (EAR) y que las mismas sean fáciles de implementar en la educación formal.

Según Santin (2006) y Pérez (2011) citado por Berlanga, Rubio Hurtado, y VilàBaños (2013) las ventajas de aplicar los árboles de decisión son:

- Resulta adecuado cuando en el problema objeto de estudio contamos con un número elevado de datos y variables, conocemos la información que posiblemente influye en un resultado pero desconocemos la forma funcional que relaciona las variables explicativas (predictoras) y explicadas (a predecir).
- Facilita la interpretación de la decisión adoptada.
- Facilita la comprensión del conocimiento utilizado en la toma de decisiones.
- Explica el comportamiento respecto a una determinada decisión.
- Reduce el número de variables independientes.

Aunque existen varios algoritmos capaces de generar árboles de decisión, en este trabajo de investigación hemos utilizado, por su sencillez y por ser de uso extendido, el algoritmo CHAID, o *detección automática de interacciones mediante Chi-cuadrado* (del inglés Chi-squared Automatic Interaction Detection) de Kass (1980) y Madgison (1989). Para Escobar (1998) el análisis CHAID muestra las variables explicativas más significativas y sus interacciones con la variable a predecir a través de un diagrama de árbol empleando la estadística chi-cuadrado, el método de Bonferroni y la fusión de categorías.

6.3.1. Motivos para usar el análisis CHAID

A continuación, se exponen los motivos de la selección de esta técnica multivariable predictiva o de dependencia basada en el algoritmo CHAID, que podemos definir como un método de segmentación jerárquica, descendente y divisivo que pertenece a las técnicas de minería de datos de tipo supervisada ya que requiere de una variable a predecir (dependiente).

Inicialmente, el algoritmo CHAID considera a todas las variables predictoras (independientes) como un solo grupo y divide a la muestra total en dos o más grupos distintos basados en categorías del “mejor” predictor. Luego divide cada uno de estos en grupos más pequeños basados en otros predictores. Este proceso sucesivo termina cuando no se encuentran más predictores estadísticamente significativos o hasta que se cumplan los criterios de parada⁸¹.

El algoritmo CHAID despliega de forma gráfica los resultados en un diagrama de árbol fácil de entender, desde un punto de vista probabilístico, ante una gama de posibles decisiones que tal vez no encontraríamos con estadísticos más tradicionales (Berlanga y cols., 2013). Como bien señala Santin (2006, p. 65) «un árbol de decisión, en una de sus formas más sencillas, es un algoritmo para la construcción automática de tablas de contingencia».

Algunas características importantes del algoritmo CHAID para el ámbito de las ciencias sociales y del comportamiento (Escobar, 1998; Santin, 2006) y por ello relacionadas con nuestro estudio son:

- Es uno de los métodos divisivos más difundidos para la creación de árboles de decisión o segmentación jerárquica.
- La calificación de «automatic» se refiere a que la clasificación se obtiene automáticamente mediante el algoritmo CHAID, y no depende de la interpretación y decisión del investigador.
- Procede del ámbito de la inteligencia artificial (minería de datos de tipo supervisada).
- El CHAID ahorra mucho tiempo al investigador, evitando que analice cientos de tabulaciones cruzadas y cuadros bivariados yuxtapuestos,

⁸¹ Los criterios de parada, también llamados filtros de proceso, son definidos de antemano por el investigador. Existen tres criterios fundamentales para establecer reglas de parada, la basada en un índice de mejora mínimo (p-valor), número mínimo de casos de los grupos y profundidad máxima del árbol

identificando rápida y fácilmente las relaciones significativas entre las variables.

- Al ser una técnica divisiva es especialmente adecuada para el análisis de variables categóricas (nominales u ordinales), predominantes en nuestro cuestionario. Aunque actualmente se puede trabajar con variables en cualquier nivel de medida. Si la variable criterio es continua, se utiliza la prueba F. Si la variable criterio es categórica se usa la prueba Chi-cuadrado.
- CHAID considera todos los cortes posibles en todas las variables. Selecciona el corte que da el menor p-valor asociado a una medida de contraste estadístico.
- No hace supuestos de normalidad ni de homogeneidad de los datos.
- Es no paramétrico y no lineal, lo que significa que los datos faltantes no son un problema.
- Respecto a otros algoritmos es que es capaz de construir árboles no binarios, esto es, puede presentar más de dos ramas, o divisiones de datos según categorías a explicar, en cada nodo.

En los últimos años, el algoritmo CHAID está demostrando su utilidad en el ámbito educativo para diferentes propósitos, algunos ejemplos son: la eficacia de las escuelas (Santin, 2006), la disciplina escolar (Horner, Fireman, y Wang, 2010), mientras que Martín-García, Hernández Serrano, y Sánchez Gómez (2014) lo utilizan para estudiar los adoptantes de blended learning en contextos universitarios, también se usa para predecir el rendimiento académico general (Baran y Kiliç, 2015; Ramaswami y Bhaskaran, 2010) o en una asignatura como matemática (Olaya, Mosquera, y Artamónova, 2009). Por el contrario, si nos enfocamos en robótica educativa no fue posible ubicar ningún artículo que incorporara esta técnica.

En relación al rendimiento académico de los estudiantes al realizar actividades de RE, a nivel intracurricular, los métodos utilizados para su medición según las revisiones sistemáticas suelen ser: cuestionarios individuales, portafolios electrónicos, observación, entrevistas estructuradas, pre-test y post-tests, evaluación formativa y sumativa (Hong y cols., 2016; Nurbekova y cols., 2018; Xia y Zhong, 2018). Además, Hong y cols. (2016) señalan que se necesitan métodos de análisis refinados para proporcionar mejores datos sobre los efectos de la RE en el aula. Debido, en gran medida, a la cantidad de variables que se

deben considerar para tener una visión completa, por ejemplo: el análisis de la interacción humano-robot no ha sido investigado.

6.3.2. Variables usadas en este estudio para el análisis CHAID

Para realizar el análisis CHAID la variable a predecir *mejora en el rendimiento académico* fue obtenida de los docentes del EA Escolar que respondieron a la encuesta en línea (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde, 2014; Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón, 2014). En dicha encuesta se le consultó si consideraban que sus alumnos (en general) *mejoraron sus aprendizajes* con las actividades de RE. Para ello se utilizó una escala Likert de 1 a 5 con los siguientes resultados: nada (0%), muy poco (0%), algo (10%), bastante (50%), mucho (40%). Todos los docentes contestaron muy favorablemente. Al estar este valor entre «bastante» y «mucho» se procedió a realizarles otra pregunta, que consistió en saber si igualmente perciben una *mejora en las calificaciones académicas* (rendimiento académico). Se usó la misma escala de valores y se obtuvieron estos datos: nada (2%), muy poco (4%), algo (46%), bastante (44%), mucho (4%). Se aprecia un notable descenso en la *mejora de las calificaciones* con relación a la *mejora de los aprendizajes*.

Se parte de esta diferencia para realizar el análisis CHAID que nos permitirá explorar más a profundidad y así conocer si existen variables que podrían predecir lo que un docente puede hacer cuando enseña RE para conseguir que sus alumnos no solamente *mejoren sus aprendizajes* sino que también se refleje en su *rendimiento académico*.

Al ser la muestra pequeña (50 casos), para este tipo de análisis, se decidió dicotomizar la variable a predecir de la siguiente manera «mejoran los alumnos su rendimiento académico», etiqueta < 4 (corresponde a las categorías nada - muy poco - algo, con 52%) y con etiqueta ≥ 4 (corresponde a las categorías bastante - mucho, 48%). De esta manera nos preguntamos ¿qué variables forman parte e incrementan ese 48% que mejoraría el *rendimiento académico* de los estudiantes al realizar actividades de RE?. Para esto se ingresan las variables predictoras (se consideraron para nuestro modelo aquellas dimensiones en que el docente tiene control al momento de elaborar su planificación didáctica, no se utilizan las dos primeras dimensiones, «perfil del instructor» ni «recursos tecnológicos»), para que el algoritmo CHAID encuentre las variables (o indicadores de variables en algunos casos) que significativamente se relacionan con la variable a predecir.

Por consiguiente, las 15 variables empleadas corresponden a las siguientes dimensiones de la encuesta:

- *Características generales del EAR* (4 variables): finalidad competición, número promedio de alumnos en clase, ratio alumnos/recursos para hacer robótica y atributos del EAR. Los indicadores y las opciones de respuesta de estas variables se encuentran en la Tabla 5.7.
- *Actividades de aprendizaje* (8 variables): tipo de aprendizaje, actividades de aprendizaje, técnicas de enseñanza, utiliza etapas/fases, nivel de autonomía, establece roles, actitudes favorables e interdisciplinaridad. En la Tabla 5.8 se aprecian los indicadores y las categorías de respuesta de dichas variables.
- *Evaluación* (3 variables): tipos de evaluación, instrumentos de evaluación y finalidad de la evaluación. Se pueden verificar los indicadores y las categorías de respuesta de estas variables en la Tabla 5.9.

Cabe resaltar que estas 15 variables producen 56 indicadores (posibles nodos), los cuales son considerados como variables independientes por el algoritmo CHAID (se omitieron los indicadores filtro y estas cuatro: edad de los alumnos, otra técnica de enseñanza, otro tipo de evaluación, otro instrumento de evaluación). Por ejemplo, la variable *instrumentos de evaluación* cuenta con ocho indicadores que pueden ser utilizados por el algoritmo CHAID para generar nodos. De hecho, se podrían obtener 56 árboles de decisión diferentes (uno para cada indicador) pero al establecer un valor de $p < .05$ como criterio de parada del árbol de decisión conseguimos determinar solamente los indicadores con mayor nivel de discriminación de las variables predictoras.

6.3.3. Criterios utilizados para el análisis CHAID

Entendiendo que:

- Al aplicar el algoritmo CHAID se obtendrá un único árbol de decisión que asigna al nodo superior la variable (o su indicador) más influyente (el valor p más pequeño) y, a partir de ella, aparecen las demás en orden de prelación descendente.
- Adicional al árbol de decisión el software estadístico SPSS genera una «tabla de clasificación» para dicho árbol de decisión que nos permite,

para variables predictoras categóricas (nominales, ordinales), conocer el número de casos clasificados correcta e incorrectamente para cada categoría de la variable a predecir. Dicha tabla proporciona una rápida evaluación de la bondad del funcionamiento del modelo completo del árbol de decisión y también cada categoría, por lo que es útil para identificar qué categorías son las mejores o peores representadas.

Por consiguiente, dada la naturaleza del presente estudio, fundamentalmente de carácter exploratorio, se opta por:

- Obtener todos los modelos de árboles de decisión que el programa estadístico SPSS genere, es decir, luego de obtener el primer árbol la variable más influyente detectada se elimina como opción dentro de las variables predictoras y se vuelve a generar el siguiente árbol de decisión. Se continua hasta que no existan variables predictoras estadísticamente significativas que permitan mejorar el *rendimiento académico* de los alumnos.
- Que en los resultados de la «tabla de clasificación» nos interesa concretamente que el modelo de árbol resultante clasique de forma correcta, aproximadamente, al 80% de la muestra en la categoría ≥ 4 (bastante - mucho) de la variable a predecir «mejoran los alumnos su rendimiento académico». De esta forma, se busca reconocer los árboles de decisión donde dicha categoría sea la mejor representada del modelo, permitiendo hasta un 20% de casos clasificados incorrectamente.
- Al ser nuestra variable a predecir «mejoran los alumnos su rendimiento académico» de tipo nominal, como prueba de significación se utiliza el Chi-cuadrado de Pearson, con ajuste de Bonferroni y se establece un nivel de significación $p < .05$ que se corresponde con un nivel de confianza del 95% (a partir de este valor las categorías o grupos se funden).

6.3.4. Resultados del análisis CHAID

Se procesaron los resultados mediante análisis de frecuencias y se realizó el árbol de segmentación utilizando el algoritmo CHAID a través del software estadístico SPSS 20. A continuación, se presentan los resultados más relevantes de los datos descriptivos y del análisis CHAID.

6.3.4.1. Datos descriptivos de la muestra usada en el análisis CHAID

Resumimos los datos descriptivos de las dos primeras dimensiones del EA Escolar:

- *Perfil del instructor:* de los 50 docentes participantes de la encuesta en línea, 18 docentes son procedentes de España y 32 de Iberoamérica (Argentina - 2, Bolivia - 1, Chile - 1, Costa Rica - 7, El Salvador - 2, Guatemala - 1, México - 4, Panamá - 4, Perú - 2, Puerto Rico - 1, Uruguay - 3, y Venezuela - 4). Consideramos que la diversidad de esta muestra enriquece considerablemente este estudio. Un 40% son mujeres y el 60% son hombres, de ellos el mayor porcentaje se sitúa en el rango de edad comprendido de 33 a 40 años (40%). El 52% son del área de Ingeniería con un 52%, seguido por Ciencias con un 26%, Arte, Letras y Humanidades (14%), Ciencias Sociales y Jurídicas (6%) y Ciencias de la Salud (2%). El tiempo de experiencia de estos docentes enseñando RE va desde menos de 4 años (40%), de 4 a 9 años (32%) y más de 10 años (28%). Un 30% de los docentes imparte las clases de RE a alumnos de 5 a 12 años y el otro 70% a estudiantes de 13 a 17 años.
- *Recursos tecnológicos:* en cuanto al tipo de robot educativo usado por los docentes, la categoría predominante es la IM (Informática-Mecánica) con un 72%, en segundo lugar, la EIM (Electrónica-Informática-Mecánica) con 26% y finalmente la I (Informática) con un 2%. En relación con el lenguaje de programación el 82% emplea una interface de tipo gráfico y un 16% usa de tipo textual, el 2% restante corresponde al robot Bee-Bot que se programa a través de botones.

6.3.4.2. Árboles de segmentación resultantes usando el algoritmo CHAID

Los criterios de parada del algoritmo CHAID son fijados de antemano por el investigador. Para obtener un árbol de segmentación claro y fácilmente comprensible, se ha decidido que su profundidad debe ser hasta un tercer nivel. Además, se ha establecido, a fin de asegurar un mayor número de casos por categoría, que el nodo principal debe tener al menos 20 casos, mientras que los nodos siguientes o terminales deben tener al menos 5 casos, que comprenden el 40% y el 10%, respectivamente, de la muestra total (50 casos).

Recordemos que el árbol de decisión o de segmentación jerárquica parte siempre de la variable a predecir, que en nuestro estudio es *mejoran los alumnos*

su rendimiento académico y que está clasificada en < 4 (nada - muy poco - algo) con un 52% y ≥ 4 (bastante - mucho) con un 48% de los casos, este sería el porcentaje a mejorar al aplicar el algoritmo CHAID. En otras palabras, buscamos las variables e indicadores que lograrían predecir dicha mejora.

Siendo nuestro estudio de carácter descriptivo-exploratorio y de cara a la toma de decisiones por parte de un docente o investigador, resulta de especial interés presentar todos los árboles de decisión, que aplicando el algoritmo CHAID, cumplen los niveles de significación $p < 0.05$ y los otros criterios de parada anteriormente mencionados. En total se obtuvieron 19 árboles de segmentación jerárquica (Tabla 6.24) que muestran los mejores predictores para la *mejora del rendimiento académico de los alumnos* al realizar actividades de RE.

Para facilitar la interpretación de los 19 árboles resultantes se ha elaborado la Tabla 6.24 donde aparecen en orden del nivel de significación (p-valor) las principales variables e indicadores predictores. Además, se describe la probabilidad más alta de *mejorar el rendimiento académico de los alumnos* enunciando todas las variables involucradas en dicho árbol resultante con su correspondiente porcentaje de mejora. También se incluyen los datos de la tabla de clasificación que ofrece el análisis CHAID dando énfasis en el porcentaje de acierto del modelo para la categoría ≥ 4 (bastante - mucho).

En la Tabla 6.25 se presentan las variables con sus indicadores, presentes o no, en los diferentes nodos de los 19 árboles de segmentación jerárquica resultantes.

Tabla 6.24: Árboles de segmentación jerárquica resultantes

# de árbol según CHAID	Principal variable e indicador predictor según p-valor	La probabilidad más alta de <i>mejorar el rendimiento académico de los alumnos</i> (>= 4 (bastante - mucho = 48%) se daría:	% de clasificación correcto del modelo
1	Finalidad de uso de los resultados de la evaluación: regular el aprendizaje de los alumnos. ($p=0.00$; $\chi^2=19.732$; $df=1$)	• Si el docente <i>siempre</i> tiene como finalidad de uso de la evaluación, regular el aprendizaje de los estudiantes (85%) y como tipo de evaluación realiza coevaluación (100%) .	Total= 80.0% (<4) = 88.5% (>= 4) = 70.8%
2	Actividad de aprendizaje requerida: expresiva práctica (aplicar, usar herramientas). ($p=0.00$; $\chi^2=16.663$; $df=1$)	• Si el docente <i>siempre</i> le requiere realizar actividades expresivas prácticas a sus alumnos (76%) y como instrumento de evaluación aplica el portafolio (100%) .	Total= 78.0% (<4) = 76.9% (>= 4) = 79.2%
3	Atributo del EAR presente: tecnológico (los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas). ($p=0.00$; $\chi^2=15.676$; $df=1$)	• Si el docente <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo tecnológico (70%) en el EAR, que la <i>mayoría de las veces</i> o <i>siempre</i> el atributo contextualizado (80%) esté también presente en el EAR y como instrumento de evaluación aplica matrices de valoración o rúbricas (100%) .	Total= 82.0% (<4) = 80.8% (>= 4) = 83.3%
4	Atributo del EAR presente: contextualizado (los alumnos realizan tareas que favorecen aprendizajes muy vinculados al mundo real). ($p=0.001$; $\chi^2=16.910$; $df=2$)	• Si el docente <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo contextualizado (85.7%) en el EAR. • Si el docente <i>algunas</i> o la <i>mayoría de las veces</i> hace que esté presente el atributo contextualizado (47.6%) en el EAR y como finalidad de uso de los resultados de la evaluación <i>siempre</i> califica (100%) a los alumnos.	Total= 82.0% (<4) = 92.3% (>= 4) = 70.8%
5	Actividad de aprendizaje requerida: crítica/argumentativa (pensamiento crítico). ($p=0.001$; $\chi^2=13.677$; $df=1$)	• Si el docente la <i>mayoría de las veces</i> o <i>siempre</i> le requiere realizar actividades críticas/argumentativas a sus alumnos (67.7%) y realiza evaluación de tipo sumativa (100%) .	Total= 74.0% (<4) = 61.5% (>= 4) = 87.5%
6	Actividad de aprendizaje requerida: creativa (pensamiento creativo). ($p=0.002$; $\chi^2=12.020$; $df=1$)	• Si el docente <i>siempre</i> le requiere realizar actividades creativas a sus alumnos (76.2%) y como tipo de evaluación realiza coevaluación (100%) .	Total= 74.0% (<4) = 80.8% (>= 4) = 66.7%
7	Actividad de aprendizaje requerida: metacognitiva (tener conciencia de los propios procesos cognitivos). ($p=0.004$; $\chi^2=10.101$; $df=1$)	• Si el docente <i>siempre</i> le requiere realizar actividades metacognitivas a sus alumnos (84.6%).	Total= 84.0% (<4) = 73.1% (>= 4) = 95.8%
8	Atributo del EAR presente: reflexivo (los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran). ($p=0.006$; $\chi^2=9.639$; $df=1$)	• Si el docente la <i>mayoría de las veces</i> o <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo reflexivo (61.1%) en el EAR y como instrumento de evaluación aplica pruebas escritas (100%) .	Total= 78.0% (<4) = 92.3% (>= 4) = 62.5%

continúa...

# de árbol según CHAID	Principal variable e indicador predictor según p-valor	La probabilidad más alta de <i>mejorar el rendimiento académico de los alumnos</i> (>= 4 (bastante - mucho = 48%) se daría:	% de clasificación correcto del modelo
9	Atributo del EAR presente: manipulativo (aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los objetos de aprendizaje). ($p=.006$; $\chi^2=8.820$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> Si el docente <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo manipulativo (65.5%) en el EAR y como instrumento de evaluación aplica matrices de valoración o rúbricas (90.0%). 	Total= 72.0% (<4) = 46.2% (>= 4) = 100%
10	Estas actividades de RE permiten (cambio de actitud) que: el error deje de tener una connotación negativa, para convertirse en un elemento que motiva a los alumnos a seguir probando y aprendiendo ($p=.010$; $\chi^2=7.826$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> Si el docente permite que <i>siempre el error deje de tener una connotación negativa (62.5%)</i> en el EAR y realiza evaluación de tipo sumativa (90.9%). Si el docente permite que <i>siempre el error deje de tener una connotación negativa (62.5%)</i> en el EAR, no realiza evaluación de tipo sumativa (47.6%) y el número promedio de alumnos que utilizan un mismo recurso para hacer robótica durante la clase es de dos (100%). 	Total= 80.0% (<4) = 96.2% (>= 4) = 62.5%
11	Actividad de aprendizaje requerida: expresiva simbólica (representar, comunicar). ($p=.018$; $\chi^2=7.596$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> Si el docente <i>siempre</i> le requiere realizar actividades expresivas simbólicas a sus alumnos (78.6%). Si el docente <i>pocas, algunas</i> o la <i>mayoría de las veces</i> le requiere realizar actividades expresivas simbólicas a sus alumnos (36.1%) y <i>siempre</i> como finalidad de uso de la evaluación regula la enseñanza, es decir, reajustando lo que hace como docente según los resultados que van consiguiendo los alumnos (83.3%). Si el docente <i>pocas, algunas</i> o la <i>mayoría de las veces</i> le requiere realizar actividades expresivas simbólicas a sus alumnos (36.1%), la <i>mayoría de las veces</i> como finalidad de uso de la evaluación regula la enseñanza (36.4%) y el trabajo que realizan sus alumnos está dividido en fases/etapas (70.0%) definidas. 	Total= 84.0% (<4) = 73.1% (>= 4) = 95.8%
12	Utiliza fases/etapas definidas durante el trabajo que realizan sus alumnos ($p=.018$; $\chi^2=5.611$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> Si el docente durante el trabajo que realizan sus alumnos utiliza fases/etapas definidas (62.1%), la <i>mayoría de las veces</i> o <i>siempre</i> como finalidad de uso de la evaluación regula la enseñanza, es decir, reajustando lo que hace como docente según los resultados que van consiguiendo los alumnos (75.0%) y como tipo de evaluación realiza heteroevaluación (100%). 	Total= 80.0% (<4) = 61.5% (>= 4) = 100%
13	Atributo del EAR presente: constructivo (los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado). ($p=.030$; $\chi^2=6.610$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> Si el docente <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo constructivo (70.0%) en el EAR y como instrumento de evaluación aplica matrices de valoración o rúbricas (100%). 	Total= 76.0% (<4) = 73.1% (>= 4) = 79.2%

continúa...

# de árbol según CHAID	Principal variable e indicador predictor según p-valor	La probabilidad más alta de <i>mejorar el rendimiento académico de los alumnos</i> (>= 4 (bastante - mucho = 48%) se daría:	% de clasificación correcto del modelo
14	Atributo del EAR presente: intencional (las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida). ($p=.031$; $\chi^2=6.549$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> • Si el docente <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo intencional (68.2%) en el EAR. 	Total= 68.0% (<4) = 73.1% (>= 4) = 62.5%
15	Atributo del EAR presente: complejo (se involucra a los alumnos en la solución de problemas complejos y poco estructurados). ($p=.031$; $\chi^2=6.549$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> • Si el docente la <i>mayoría de las veces</i> o <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo complejo (68.2%) en el EAR y realiza evaluación de tipo sumativa (100%). 	Total= 74.0% (<4) = 80.8% (>= 4) = 66.7%
16	Instrumento de evaluación: pruebas escritas ($p=.044$; $\chi^2=4.063$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> • Si el docente como instrumento de evaluación aplica pruebas escritas (77.8%). • Si el docente como instrumento de evaluación no aplica pruebas escritas (41.5%), <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo activo (61.9%) en el EAR y como instrumento de evaluación aplica matrices de valoración o rúbricas (100%). 	Total= 76.0% (<4) = 92.3% (>= 4) = 58.3%
17	Asigna roles a sus alumnos durante las actividades de aprendizaje ($p=.045$; $\chi^2=4.036$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> • Si el docente durante las actividades de aprendizaje asigna roles a sus alumnos (61.5%) y como instrumento de evaluación aplica matrices de valoración o rúbricas (90.0%). • Si el docente durante las actividades de aprendizaje no asigna roles a sus alumnos (33.3%) pero, <i>siempre</i> le requiere realizar actividades de resolución de problemas a sus alumnos (71.4%). 	Total= 74.0% (<4) = 88.5% (>= 4) = 58.3%
18	Atributo del EAR presente: activo (los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso). ($p=.045$; $\chi^2=5.221$; $df=1$)	<ul style="list-style-type: none"> • Si el docente <i>siempre</i> hace que esté presente el atributo activo (64.0%) en el EAR y como instrumento de evaluación aplica matrices de valoración o rúbricas (100%). 	Total= 70.0% (<4) = 100% (>= 4) = 37.5%
19	Actividad de aprendizaje requerida: analítica (pensamiento analítico). ($p=.048$; $\chi^2=5.786$; $df=1$)	Si el docente la <i>mayoría de las veces</i> o <i>siempre</i> le requiere realizar actividades analíticas a sus alumnos (58.3%) y como instrumento de evaluación aplica el portafolio (88.9%) .	Total= 76.0% (<4) = 92.3% (>= 4) = 58.3%

Tabla 6.25: Variables e indicadores según los nodos de los 19 árboles resultantes

Dimensión	Variables e indicadores según los nodos de los 19 árboles de decisión	
	Incluidos (28)	Excluidos (28)
Características Generales del Entorno de Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Atributos del EAR (<i>tecnológico, contextualizado, reflexivo, manipulativo, constructivo, intencional, complejo y activo</i>). • Ratio alumnos/recursos para hacer robótica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Finalidad competición. • Número promedio de alumnos en clase. • Atributos del EAR (<i>colaborativo y conversacional</i>).
Actividades de Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades de aprendizaje (<i>expresivas prácticas, críticas/argumentativas, creativas, metacognitivas, expresivas simbólicas, resolución de problemas y analíticas</i>). • Utiliza etapas/fases. • Establece roles. • Actitudes favorables hacia (<i>el error deja de tener una connotación negativa</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de aprendizaje (<i>conceptual, procedimental y actitudinal</i>). • Actividades de aprendizaje (<i>memorísticas</i>) • Técnicas de enseñanza (<i>exposición magistral o tradicional, aprendizaje por diseño, aprendizaje por descubrimiento, LEGO Education 4C, aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje basado en problemas</i>) • Nivel de autonomía (<i>construcción y programación</i>). • Actitudes favorables hacia (<i>actividades de RE-alumnos, hacia la ciencia, hacia actividades de RE-docentes</i>). • Interdisciplinaridad.
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de evaluación (<i>coevaluación, sumativa y heteroevaluación</i>). • Instrumentos de evaluación (<i>pruebas escritas, portafolio, matrices de valoración o rúbricas</i>). • Finalidad de la evaluación (<i>regular el aprendizaje de los alumnos, calificar y regular la enseñanza</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de evaluación (<i>inicial/diagnóstica, formativa y autoevaluación</i>). • Instrumentos de evaluación (<i>informes, ejercicios prácticos, registro anecdótico, exposición o disertación y listas de cotejo o control</i>).

Otros puntos a considerar de estos 19 árboles resultantes sobre cómo mejorar en los alumnos su *rendimiento académico* son:

- La relevancia de los *atributos presentes en un EAR*, de las *actividades de aprendizaje propuestas* a los alumnos y de la *finalidad del uso de los resultados al momento de evaluar* más que de la técnica de enseñanza y del número promedio de alumnos en clase. Es decir, enfocarnos más en los detalles de la planificación de las actividades de RE.
- La importancia de la evaluación para este tipo de actividades de RE. Casi en todos los árboles para aumentar esa *mejora en el rendimiento académico* se incluye en algún nodo la finalidad, un tipo o un instrumento de evaluación. Se destaca el uso de *matrices de valoración o rúbricas* en seis de los 19 árboles resultantes.

- Se confirma lo presentado en Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde (2014); Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón (2014), que *establecer etapas/fases y asignar roles a los alumnos* son acciones pedagógicas que permitirían al docente/instructor favorecer los resultados académicos en un EAR.
- Lo significativo del *cambio de actitud hacia el error* para que deje de tener una connotación negativa y se convierta en un elemento que motiva a los alumnos a seguir probando y aprendiendo (*mejora en su rendimiento académico*).

Procedemos a mostrar y describir los cinco (5) primeros árboles de segmentación jerárquica en el orden resultante al aplicar el algoritmo CHAID, que se basa en el estadístico Chi-cuadrado con su mejor valor $p < 0.05$ (primera columna de la Tabla 6.24).

De esta manera, el primer análisis CHAID arrojó un árbol (Gráfico 6.30) con seis (6) nodos en total. Se visualiza que el primer predictor pertenece al indicador *ayudar a regular el aprendizaje de los alumnos* ($p = 0.000; x^2 = 19.732; df = 1$) de la variable finalidad de la evaluación. Esto implicaría que, solamente analizando el nodo 2, si el docente utiliza *siempre* (> 4) la evaluación para detectar las dificultades y progresos de los estudiantes y les ayuda, el porcentaje de *mejora en el rendimiento académico* (bastante - mucho) aumenta de un 48 % a un 85 %.

Pero, dentro de este segmento que incluye a los 20 docentes que *regulan el aprendizaje de los alumnos*, realizar *coevaluación* aparece como segunda variable predictora ($p = 0.030; x^2 = 4.704; df = 1$). De este modo, obtenemos el árbol completo porque con el nodo 6 se logra predecir un 100 % de mejora (bastante - mucho) en el *rendimiento académico* a favor de los docentes que usan *coevaluación* en las actividades de RE y ayudan *siempre a regular el aprendizaje de los alumnos*.

Mientras que, para los que no aplican este tipo de evaluación la mejora (bastante - mucho) sería de un 70 %, es decir, baja con relación al 85 % del nivel anterior.

La tabla de clasificación resultante indica que este modelo clasifica correctamente al 80 % de la muestra, así el riesgo de clasificar mal los casos de la base de datos es de un 20 % (árbol 1 en la Tabla 6.24).

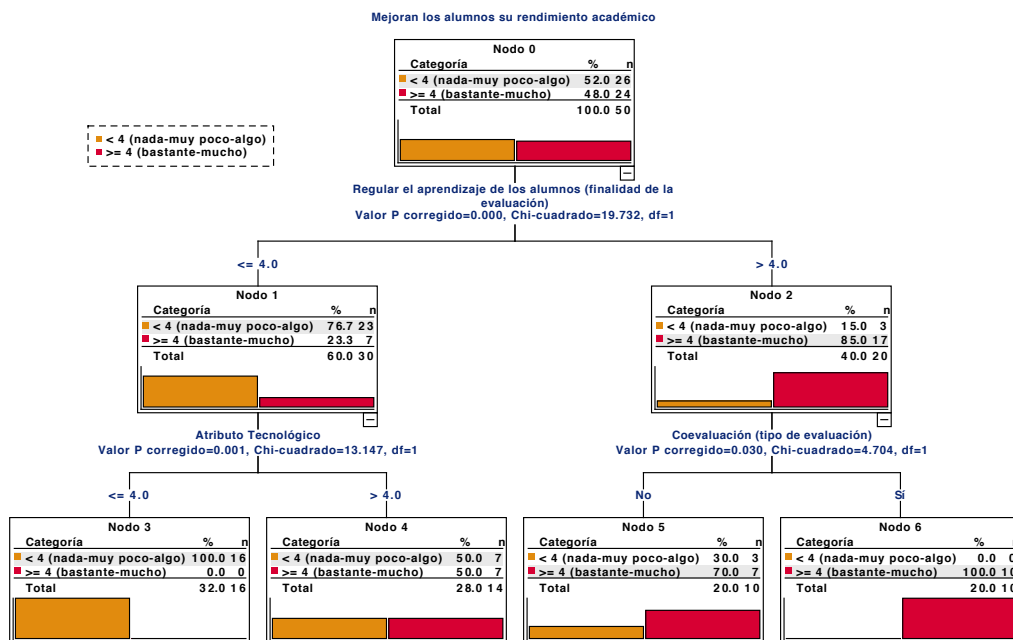


Gráfico 6.30: Primer árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

Para realizar el segundo análisis CHAID solamente se ha omitido la variable ayudar a regular el aprendizaje de los estudiantes. En el Gráfico 6.31 se ofrecen los resultados obtenidos, en donde se observan los mismos valores para el nodo 0. En el primer nivel de segmentación se generan dos nodos (dos subgrupos o segmentos) en función de la frecuencia en que el docente le propone realizar a sus estudiantes *actividades expresivas prácticas* (aplicar, usar herramientas), que emerge en este árbol como la principal variable predictora ($p = 0.000$; $x^2 = 16.633$; $df = 1$). El nodo 2 contiene a los 25 docentes que suelen hacer este tipo de actividades *siempre* (> 4). La segunda variable que se presenta como mejor predictora es utilizar el *portafolio* como instrumento de evaluación ($p = 0.032$; $x^2 = 4.618$; $df = 1$).

En resumen, este segundo árbol de segmentación nos indica que la probabilidad más alta de mejorar (bastante - mucho) al 100% el *rendimiento académico* de los alumnos al realizar RE es que los docentes hagan *expresivas prácticas* siempre (nodo 2) y que usen el *portafolio* como instrumento de evaluación (nodo 6).

La tabla de clasificación resultante del segundo análisis CHAID indica que este modelo segmenta correctamente al 78.0% de la muestra. Para la categoría ≥ 4 el acierto aumenta a 79.2% (árbol 2 en la Tabla 6.24).

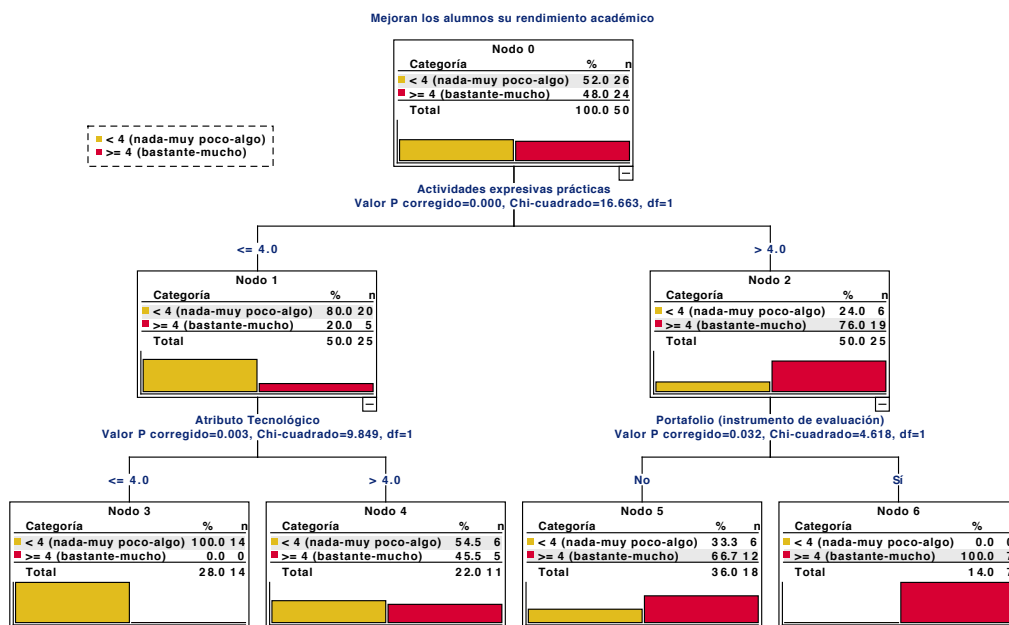


Gráfico 6.31: Segundo árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

El Gráfico 6.32 presenta el árbol de segmentación que contiene el tercer análisis CHAID, en esta ocasión se han omitido las variables predictoras anteriores *ayudar a regular el aprendizaje de los estudiantes* y *actividades expresivas prácticas*. Se formaron ocho (nodos), apareciendo como mejor variable predictora el *atributo tecnológico* ($p = 0.000; x^2 = 6.626; df = 1$). A continuación, el algoritmo CHAID divide a los grupos considerando otros predictores que son el *atributo contextualizado* ($p = 0.020; x^2 = 15.676; df = 1$) y el uso de la *matriz de valoración o rúbrica* ($p = 0.015; x^2 = 5.917; df = 1$).

En síntesis, los docentes que usan *siempre* la tecnología, como herramienta de construcción del conocimiento, donde los alumnos aprenden con ellas, no de ellas (atributo tecnológico, nodo 2), que *la mayoría de las veces o siempre* realizan tareas que favorecen aprendizajes vinculados al mundo real (atributo contextualizado, nodo 6) y que usan como instrumento de evaluación la matriz de valoración o rúbrica (nodo 8) tienen una probabilidad del 100% de mejorar

el *rendimiento académico de sus alumnos* en las actividades de RE. Este modelo clasifica correctamente al 82.0% de la muestra. Para la categoría ≥ 4 el acierto se incrementa a 83.3% (árbol 3 en la Tabla 6.24).

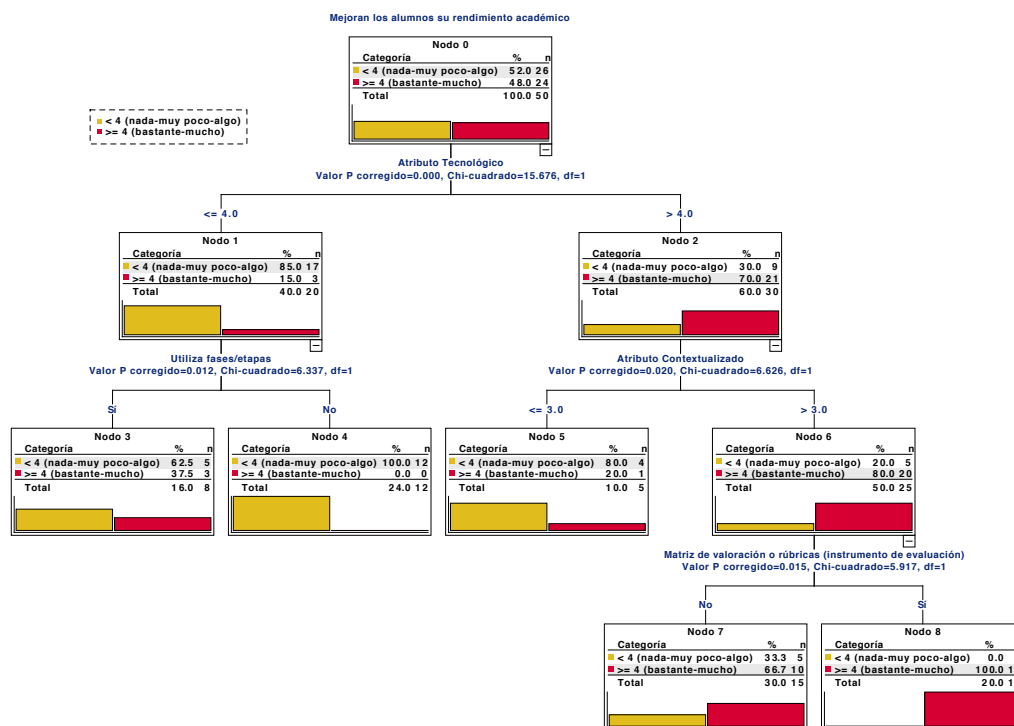


Gráfico 6.32: Tercer árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

Para el cuarto modelo de árbol (Gráfico 6.33) el mejor predictor es el *atributo contextualizado* ($p = 0.001$; $x^2 = 16.910$; $df = 2$). Se obtienen dos grupos terminales de interés. El primero grupo (mejora de 85.7%) está formado por los docentes que *siempre* (>4) usan dicho atributo en sus clases de RE (nodo 3). El segundo grupo (mejora de 100%) son los docentes que *algunas veces o la mayoría de las veces* contextualizan (nodo 2) y que *siempre califican* (nodo 5) como finalidad del uso de los resultados de la evaluación a sus alumnos ($p = 0.011$; $x^2 = 8.997$; $df = 1$). Este modelo clasifica correctamente al 82.0% de la muestra (árbol 4 en la Tabla 6.24).

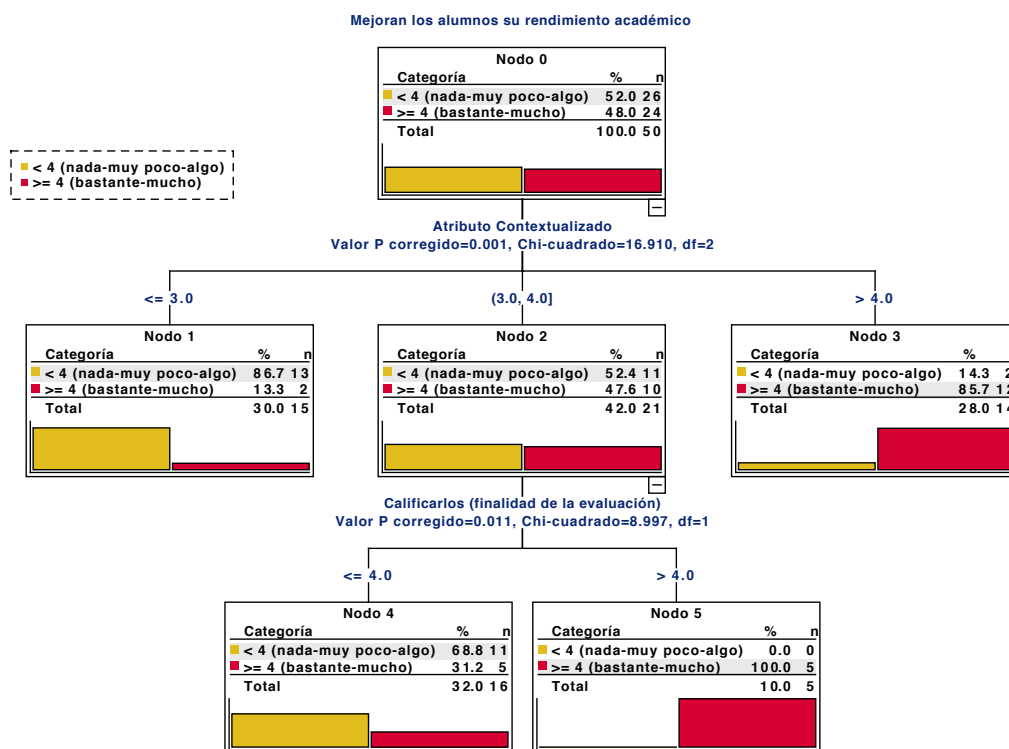


Gráfico 6.33: Cuarto árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

El Gráfico 6.34 muestra que en el quinto árbol el mejor predictor (nodo 2) es realizar desde *algunas veces hasta siempre* (>3) *actividades críticas / argumentativas* ($p = 0.001; x^2 = 13.677; df = 1$) en conjunto con el segundo predictor que es usar la *evaluación sumativa* ($p = 0.003; x^2 = 8.586; df = 1$) para conseguir una mejora en el *rendimiento académico* de 100% (nodo 4). Este modelo clasifica correctamente al 74.0% de la muestra. Para la categoría >= 4 el acierto sube a 87.5% (árbol 5 en la Tabla 6.24).

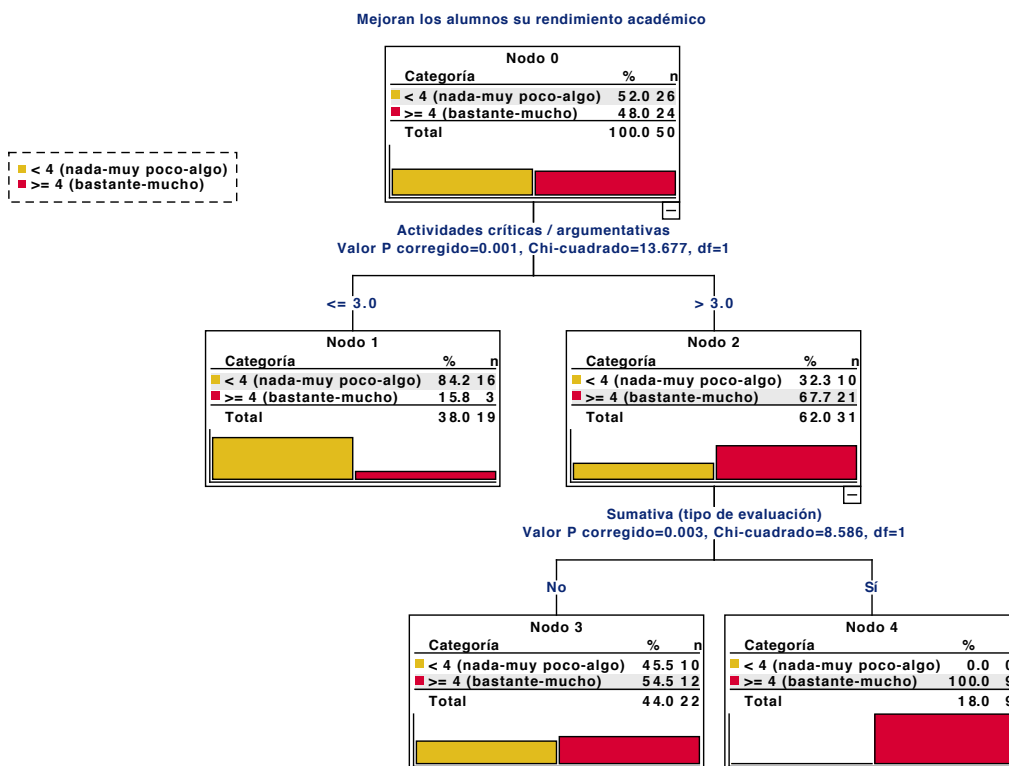


Gráfico 6.34: Quinto árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

Ahora, se describen otros cuatro (4) modelos de árboles resultantes. Esta selección se realizó de acuerdo al modelo más ventajoso según la *tabla de clasificación* de cada uno los 19 modelos (cuarta columna de la Tabla 6.24). Dichos modelos serían los que mejor clasifican de forma correcta los casos para la categoría ≥ 4 de la variable a predecir, no del % total, ya que el objetivo del presente trabajo de investigación es la predicción de la *mejora en el rendimiento académico* de los alumnos. Incluso, estos cuatro modelos presentan mejor % de clasificación para la categoría ≥ 4 que los cinco expuestos previamente.

Dos de estos cuatro modelos clasificaron correctamente el 100% de la categoría ≥ 4 de la variable a predecir, los otros dos modelos un 95.8% (el siguiente modelo disminuía el acierto a 79.2%). Para tener una referencia adecuada se menciona la posición que ocupa cada modelo dentro de la Tabla 6.24.

Para esta sección, presentamos en primer lugar el duodécimo árbol de la Tabla 6.24. Este modelo del Gráfico 6.35 presenta el máximo acierto (100%) tanto en la tabla de clasificación para la categoría ≥ 4 como la siguiente ramificación de nodos: nodo 0 - nodo 1 - nodo 4 - nodo 8 ofrece la probabilidad más alta (100%) de que los alumnos mejoren el *rendimiento académico*.

De esta manera, la variable principal predictora es *utilizar fases/etapas* definidas ($p = .018; x^2 = 5.611; df = 1$) en el nodo 1 con 62.1% de mejora, adicional si la *mayoría de las veces o siempre* (nodo 4) como finalidad de uso de la evaluación *regula la enseñanza* ($p = .002; x^2 = 11.241; df = 1$), es decir, reajustando lo que hace como docente según los resultados que van consiguiendo los alumnos (75.0% de mejora) y como tipo de evaluación realiza heteroevaluación ($p = .044; x^2 = 4.055; df = 1$) se predice un 100% de mejora en el *rendimiento académico* (nodo 8).

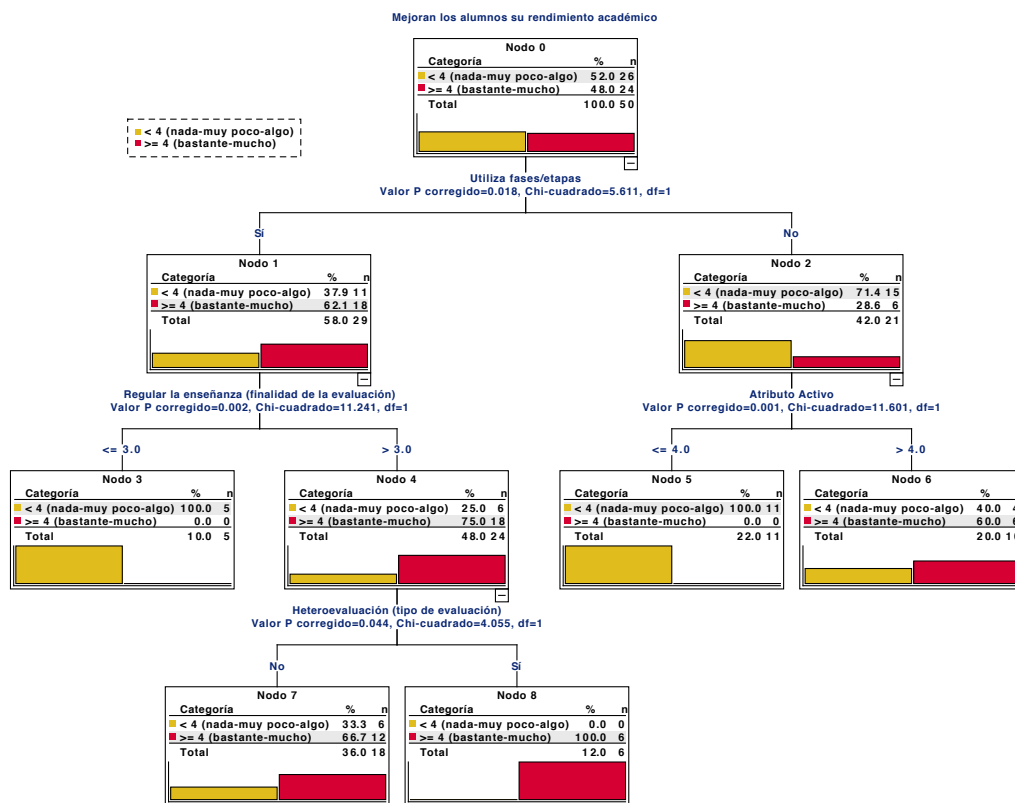


Gráfico 6.35: Duodécimo árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

En segundo lugar mostramos el noveno árbol de la Tabla 6.24. Este árbol resultante (Gráfico 6.36), igual que el anterior, presenta el máximo acierto (100%) en la tabla de clasificación para la categoría ≥ 4 . Sin embargo, la probabilidad de que los alumnos mejoren el *rendimiento académico* baja a 90.0% con esta secuencia de nodos: nodo 0 - nodo 2 - nodo 6. En este modelo el mejor predictor es el *atributo manipulativo* ($p = 0.006$; $x^2 = 8.820$; $df = 1$). Así, los docentes que *siempre* (>4) usan dicho atributo en sus clases de RE (nodo 2) consiguen una mejora de 85.7% y si además, como instrumento de evaluación aplican *matrices de valoración o rúbricas* ($p = 0.032$; $x^2 = 4.576$; $df = 1$) la mejora aumenta hasta un 90.0% (nodo 6).

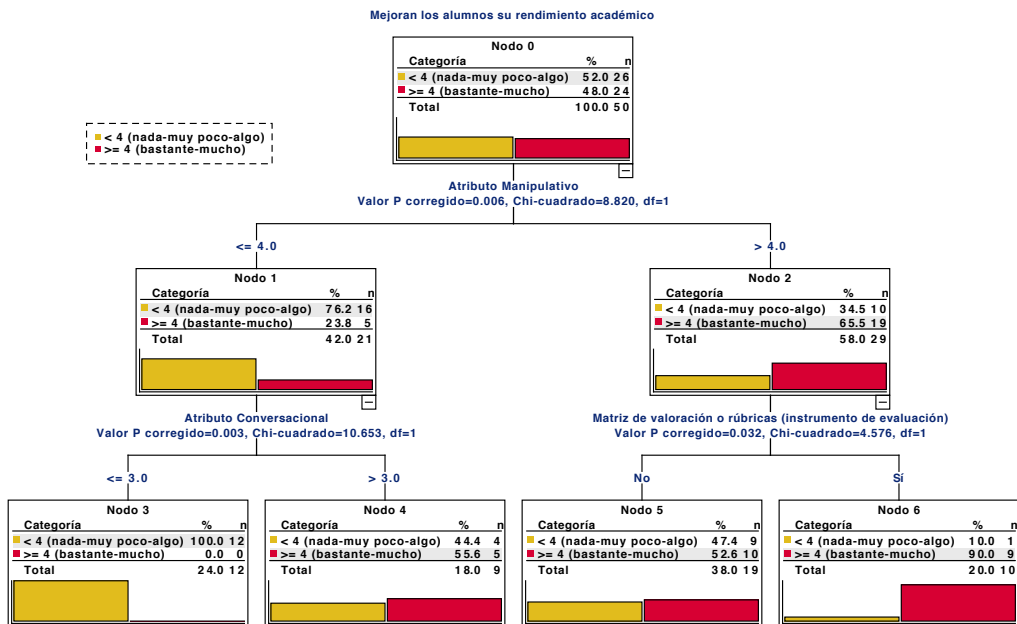


Gráfico 6.36: Noveno árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

En tercer lugar se expone el séptimo árbol de la Tabla 6.24, en cuya tabla de clasificación para la categoría ≥ 4 indica un acierto del 95.8%. Para este modelo (Gráfico 6.37) el mejor predictor es realizar *siempre* (>4) *actividades metacognitivas* ($x^2 = 10.101$; $p = 0.004$; $df = 1$) para conseguir una mejora de 84.6% (2) en el *rendimiento académico* de los alumnos.

Otra opción de mejora (70.6 %) sería la siguiente sucesión de nodos: nodo 0 - nodo 1 - nodo 3 - nodo 6, es decir, influyen las variables: rendimiento académico - actividades metacognitivas (≤ 4) - utiliza fases/etapas - regular la enseñanza (≤ 3).

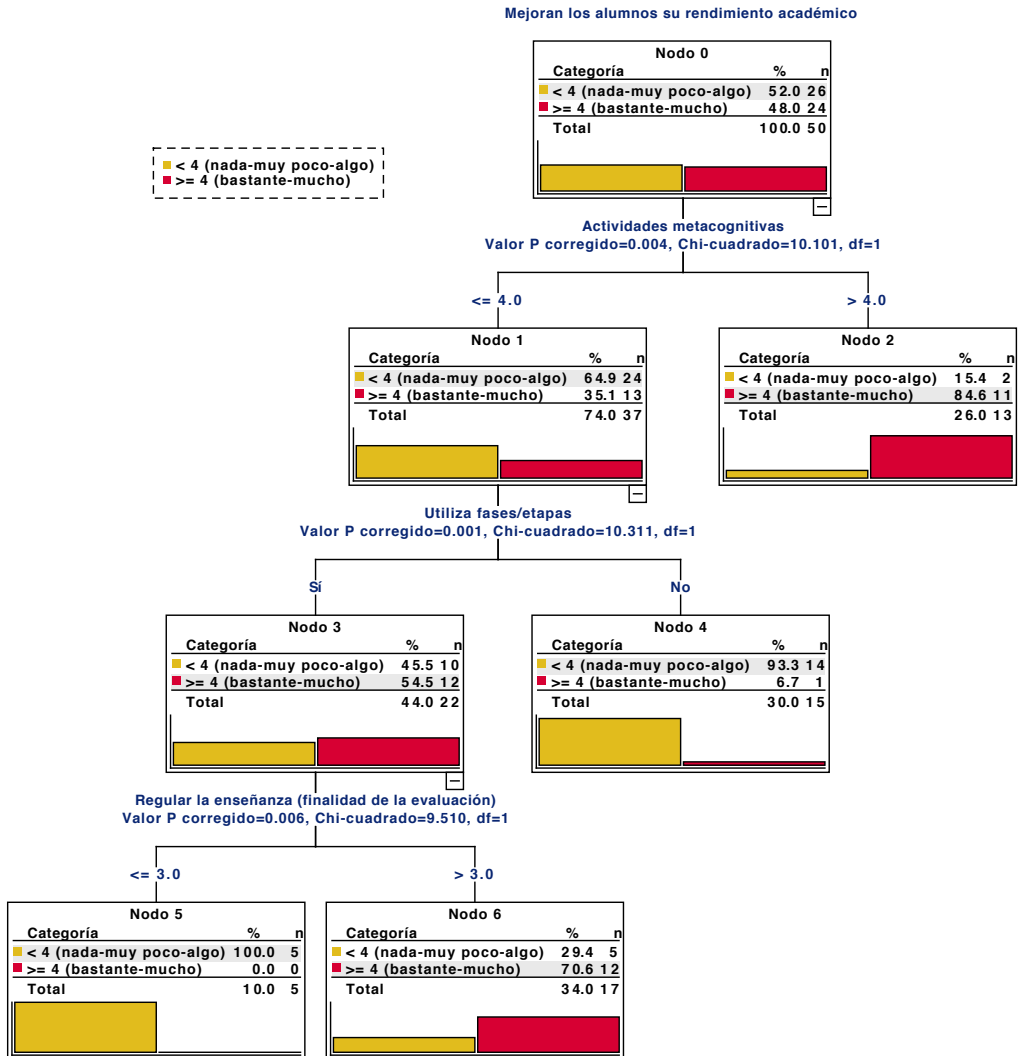


Gráfico 6.37: Séptimo árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

Finalmente, en cuarto lugar tenemos el undécimo árbol de la Tabla 6.24, que también presenta en la tabla de clasificación para la categoría ≥ 4 un acierto

del 95.8% como el anterior. La frecuencia en que el docente le propone realizar a sus alumnos *actividades expresivas simbólicas* ((representar, comunicar) sería en este árbol la principal variable predictora ($p = 0.018$; $x^2 = 7.596$; $df = 1$).

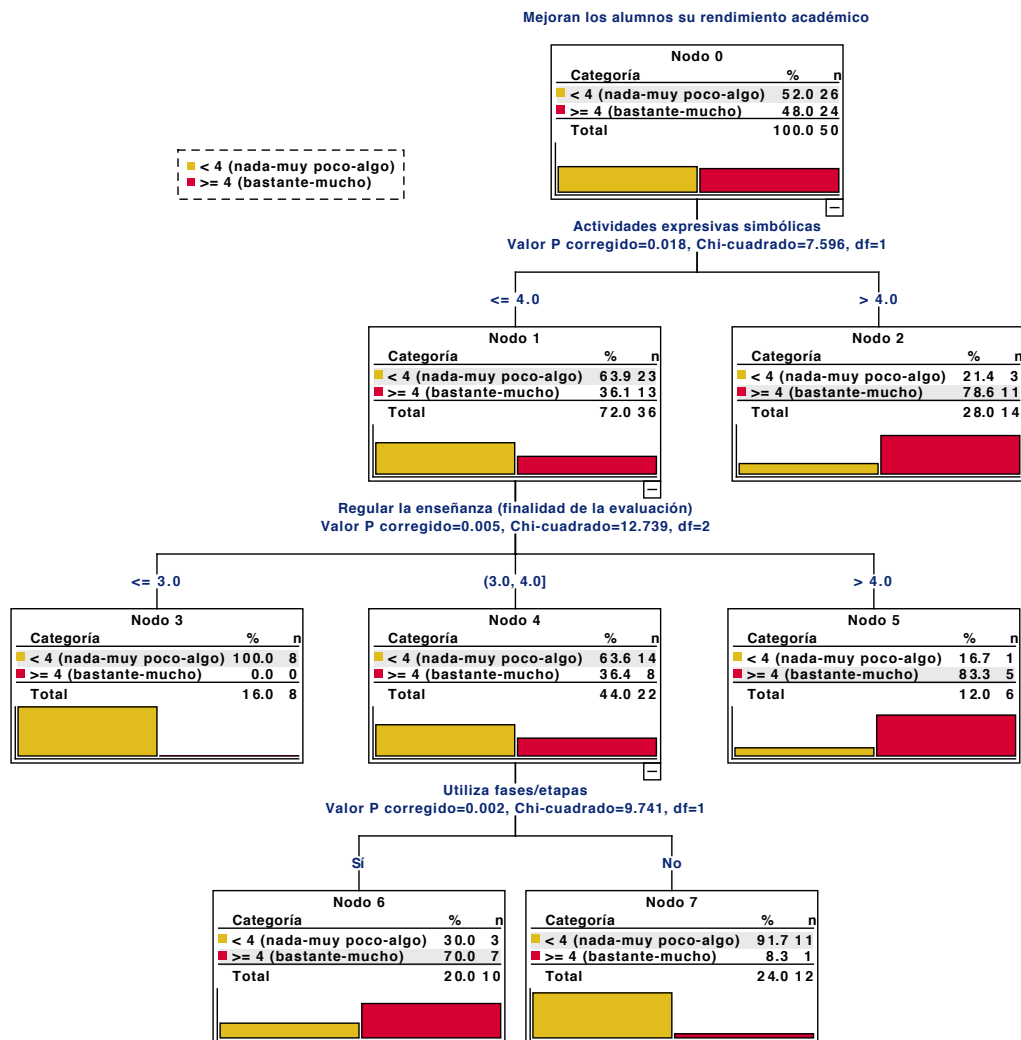


Gráfico 6.38: Onceavo árbol de segmentación para predecir la mejora del rendimiento académico de los alumnos en las actividades de RE

Se obtienen los siguientes tres grupos terminales de interés (Gráfico 6.38):

- Si el docente *siempre* le requiere realizar *actividades expresivas simbólicas* a sus alumnos, la mejora sería de 78.6% (nodo 0 - nodo 2).

- Si el docente *algunas o la mayoría de las veces* le requiere realizar *actividades expresivas simbólicas* a sus alumnos (36.1%) y *siempre* como finalidad de uso de la evaluación *regula la enseñanza*, es decir, reajustando lo que hace como docente según los resultados que van consiguiendo los alumnos, la mejora sería de 83.3% (nodo 0 - nodo 1 - nodo 5).
- Si el *algunas o la mayoría de las veces* le requiere realizar *actividades expresivas simbólicas* a sus alumnos (36.1%), *la mayoría de las veces* como finalidad de uso de la evaluación *regula la enseñanza* (36.4%) y el trabajo que realizan sus alumnos está dividido en *fases/etapas* definidas, la mejora sería de 70.0% (nodo 0 - nodo 1 - nodo 4 - nodo 6).

Hemos comprobado cómo el análisis de árboles de segmentación usando el algoritmo CHAID nos permite trabajar con todas las variables a la vez, entonces, para nuestro estudio de carácter exploratorio-descriptivo es mucho más potente que realizar análisis aislados. También nos brinda la posibilidad de verificar rápidamente qué variables están asociadas entre sí de manera estadísticamente significativa.

Además, aplicar el algoritmo CHAID a las respuestas dadas por los docentes de Iberoamérica y España en un cuestionario en línea para caracterizar los *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica (EAR)*, aporta información relevante para obtener una serie de predictores que permitan *mejorar el rendimiento académico de los alumnos* en las clases formales de RE, y además les permitiría a los gestores de proyectos, a los encargados de la formación de los docentes en esta tecnología y a los investigadores una visión más amplia para la toma de decisiones.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Este último capítulo resume cuáles fueron los principales hallazgos de la investigación de una forma sucinta y aplicada.

Se inicia con la discusión del alcance y el sentido científico de los resultados, su significación respecto al estado del arte de la *Robótica Educativa*, contrastándola con las más recientes revisiones sistemáticas realizadas. De esta manera, se dan a conocer las diferencias y similitudes entre nuestros resultados y el conocimiento existente.

En las conclusiones compartimos algunas recomendaciones teóricas y prácticas de los conocimientos adquiridos durante nuestra investigación, tanto para los instructores de RE y gestores de formación docente como para los investigadores y diseñadores de proyectos de RE.

Igualmente, se exponen las limitaciones de nuestro estudio, así como futuras líneas de investigación en RE.

Finalmente, se presentan la difusión y las publicaciones realizadas durante el período doctoral.

7.1. Discusión de Resultados

En este apartado, se interpretan los resultados de la encuesta relacionándolos con los objetivos específicos de nuestra investigación exploratoria-descriptiva, destacando su relevancia. Además, se discuten y comparan con los resultados obtenidos en otros estudios encontrados en las más recientes RSL sobre RE preuniversitaria, con los aportes teóricos relacionados con los hallazgos y con algunas reflexiones de la autora.

Es importante señalar que la discusión se realiza con las RSL, principalmente a partir del 2015, publicadas posteriormente a nuestra encuesta. La razón de esto es que las RSL siguen un protocolo riguroso de evaluación de los estudios disponibles de un particular campo para responder a preguntas de investigación definidas. Las publicaciones seleccionadas en las RSL son las de mayor calidad empírica con lo cual nuestros resultados serán comparados con estudios ejemplares.

En las 24 RSL⁸² sobre RE preuniversitaria no se indagó sobre las diferencias entre *Entornos de Aprendizaje basados en Robótica Educativa* (EAR) preuniversitaria, según el EA Escolar y Extraescolar. Las RSL estudian ambos EA a la vez. Tampoco contemplan los trabajos que provienen de Iberoamérica. Los aportes de artículos sobre RE procedentes de países iberoamericanos⁸³ se comentaron en el capítulo 4. Para España encontramos un documento generado por INTEF (2018) sobre la situación de la robótica aunque incluye además datos de programación y de pensamiento computacional, muy relacionados con la RE. Por lo tanto, no se pueden comparar los resultados ni para la submuestra por EA ni para la región de Iberoamérica. No obstante, de algunas variables se expondrán los datos más destacados.

Por consiguiente los seis primeros objetivos específicos de nuestro estudio (Apartado 5.2.2.) son respondidos mediante la discusión de los resultados de cada una de las dimensiones exploradas en la encuesta en relación a las RSL sobre RE preuniversitaria.

⁸² Tablero visual con la cronología de las 24 RSL sobre RE preuniversitaria analizadas en esta tesis doctoral <https://es.padlet.com/kpitti01/tesisRE01>

⁸³ Tablero visual con los estudios de esta región encontrados en las bases de datos Scopus, WOS, ERIC e IEEE Xplore <https://es.padlet.com/kpitti01/tesisRE02>

7.1.1. Sobre el Perfil de los Instructores de RE

Recordemos que la muestra total del estudio fueron 127 instructores de RE distribuidos, según el EA: 60 del EA Escolar y 67 del EA Extraescolar; según la procedencia: 76 de Iberoamérica y 51 de España.

Lo ideal en el estudio sería haber contado con una muestra equilibrada de mujeres y hombres. La realidad de nuestros datos es que faltan aproximadamente un 16% más de instructoras de RE para llegar al 50%. Con frecuencia se visualizan campañas para fomentar la inserción de las mujeres en las profesiones STEM. Una de las estrategias utilizadas es hacer visibles a las mujeres en profesiones STEM y sus contribuciones. ¿Cuánto le influiría a una niña o adolescente que las actividades de RE se las enseñe una mujer? Considero que cuanto más instructoras de RE puedan ser modelos a seguir (Hernández Ruiz y Solano, 2019), más podremos escuchar la frase “Quiero ser como ella”.

Según los resultados obtenidos, la RE puede ser enseñada por instructores de diferentes áreas del conocimiento, aunque la mayoría de los encuestados pertenecen al área de la *Ingeniería*.

Otra variable importante para un uso eficaz de la robótica en el aula es la *formación en RE* (Benitti, 2012). Por un lado, en el análisis cualitativo de nuestro estudio, la *formación continua* fue mencionada como una desventaja tecnológica y cognitiva, y como una sugerencia para nuevos instructores de RE. En cuanto al análisis cuantitativo, para un 67.0% de los instructores de RE encuestados en 2013 su principal fuente de conocimientos es la experiencia, el autoaprendizaje y el intercambio con colegas. Este dato para el EA Escolar de España fue de un 50.0%. Según indica INTEF (2018) la inmensa mayoría de los docentes españoles encuestados por ellos en 2018 se ha formado por su cuenta en temas de robótica, programación y pensamiento computacional. Esto sugiere que aún es necesario realizar más programas de formación sobre estos temas.

Esto no puede parecer sorprendente, dado que la política inicial de muchos gobiernos es primero dotar a los centros con la tecnología y después realizar la formación del profesorado (Sancho Gil, 2006). Posiblemente, el hecho que la RE se inició con docentes que la incluyeron en actividades extraescolares por iniciativa propia guarde relación con ese elevado porcentaje de autoformación.

A nivel internacional, las últimas RSL revelan que todavía, siete (7) años después de nuestra encuesta por Internet, se necesita mejorar la formación docente en RE (Anwar y cols., 2019; Gómez-Álvarez y cols., 2019; Karim y cols., 2015; Pachidis y cols., 2019), más si se tiene como meta integrarla exitosamente en el currículo escolar. Una nueva alternativa sobre este particular la indican Çetin y Demircan (2020) que encontraron evidencia preliminar que el uso de cursos en línea es una alternativa para mejorar la formación de los docentes en RE a gran escala.

Anwar y cols. (2019) explican que los talleres de desarrollo profesional, ya sea en forma presencial o en cursos en línea, deben enfocarse en mejorar el conocimiento y autoeficacia sobre el uso de la robótica en sus propias aulas. Además estos autores consideran que los docentes deberían estar involucrados en actividades de robótica y diseño curricular a la vez, donde puedan proporcionar retroalimentación inmediata sobre el diseño curricular y los elementos pedagógicos, ayudando así a mejorar y adaptar el currículo.

A esto nosotros proponemos añadir la conformación de una *comunidad de aprendizaje*, es decir, un espacio de reflexión colectiva construido por un grupo de docentes comprometidos con la investigación y la innovación, en el cual se discutan ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje y donde los docentes se apropian de los procesos de cambio y los transformen en prácticas concretas de intervención. Según nuestra opinión, esta es una manera de desarrollo profesional docente que permitiría verificar la apropiación de los conocimientos adquiridos y dar seguimiento a la implementación en el aula, evidentemente después de recibir la formación en RE.

Consideramos que para un docente durante su formación inicial es igual de importante que reciba nociones básicas de pensamiento computacional y de robótica.

Una reflexión importante la realizan Pedersen y cols. (2019) al examinar los 12 estudios de su RSL que fueron efectuados a nivel preuniversitario. Estos autores encontraron que muy pocos de estos estudios se llevaron a cabo en el contexto de enseñanzas regulares o fueron realizados por o en combinación con el docente regular. Esto para ellos plantea un problema grave, ya que no se puede esperar que los resultados se mantengan, cuando la tarea de enseñar después reside en docentes que pueden no estar tan bien versados en tecnología como se espera de los investigadores.

Sobre qué conocimientos deben enseñarse a los docentes en la formación de RE, sin olvidar los resultados obtenidos en el Apartado 6.3.4, rescatamos lo mencionado por los instructores en nuestra encuesta: la *programación* sería el conocimiento más requerido, seguido de mecánica y física básica. Los instructores que emplean robots de la categoría EIM suelen mencionar más la electrónica y la electricidad como conocimientos necesarios. El EA Extraescolar valora la formación pedagógica. También se menciona en menor medida las matemáticas, la gestión de proyectos, la lógica y la psicología. Estos datos concuerdan con los principales temas donde se integra la RE según nuestra encuesta y las RSL revisadas (Apartado 7.1.3.).

7.1.2. Sobre los Recursos Tecnológicos

Para realizar cualquier actividad educativa de robótica, es necesario seleccionar la plataforma robótica (PR) apropiada (Karim y cols., 2015; Pachidis y cols., 2019; Pedersen y cols., 2019; Ribeiro y Lopes, 2020). No todos los robots pueden ser utilizados, por ejemplo, para el aprendizaje de la electrónica. Por esta razón, el segundo objetivo específico de esta tesis doctoral fue: *conocer y clasificar los recursos, hardware (PR) y software (LP), utilizados para hacer Robótica Educativa en el ámbito preuniversitario.*

Para proponer la categorización para las PR, nos basamos, como ya hemos comentado, en la multidisciplinariedad de la RE: la electrónica/electricidad, la informática y la mecánica. Las tres categorías propuestas fueron:

- *Categoría EIM* (Electrónica/Electricidad - Informática - Mecánica). El alumno pone en práctica conocimientos de estas tres áreas, aplicando la robótica de forma integral. Ejemplos: robots basados en placas Arduino o similar, robots imprimibles, fabricados con materiales reciclables, etc.
- *Categoría IM* (Informática - Mecánica). El alumno cuenta con piezas prediseñadas y de fácil conexión para construir su robot, de tal manera que no son necesarios conocimientos del área electrónica/eléctrica. Ejemplos: LEGO (Mindstorms, WeDo, Boost), Fischertechnik, mBot, VEX, entre otros.
- *Categoría I* (Informática). Son robots con una morfología predeterminada que no requiere (inicialmente) la fase de construcción, siendo su uso principal el aprendizaje del pensamiento computacional. Ejemplos: Bee-Bot, mOway, Cubetto, Ozobot, Dash & Dot, etc.

En su RSL Ribeiro y Lopes (2020) mencionan tres opciones para la fase de construcción de una PR: ensamblado (categoría **A**, son robots completamente ensamblados), para construir (categoría **B**, son los kits de ensamblaje de robots basados en ladrillos o elementos de fácil conexión similar a LEGO), para construir con requerimientos de electrónica más mecánica (categoría **B+**, robots de código abierto). Observamos que coincide con nuestra propuesta (I, IM y EIM) aunque con diferentes nombres.

Nuestra clasificación le facilita a un docente saber los conocimientos mínimos que debe aprender y enseñar para utilizar una determinada PR. Esto fue comprobado en las respuestas dadas en la dimensión cualitativa de la encuesta, donde los docentes mencionaron que para la categoría EIM son necesarios conocimientos de electricidad y electrónica, no así para las otras dos.

Realizar esta categorización permitió obtener las siguientes diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los siguientes ítems:

- *Lenguaje de Programación* ($x^2 = 47.823; p = 0.001; df = 1$) El uso del lenguaje textual predomina en los robots categorizados EIM (76.9%), mientras que el lenguaje gráfico (88.9%) se usa en su mayoría en los robots de tipo IM. Actualmente, se observa que las PR de categoría EIM disponen de más opciones de LP gráficos que en 2013 (INTEF, 2018; Pachidis y cols., 2019; Ribeiro y Lopes, 2020).
- *Edad de los alumnos* ($x^2 = 11.598; p = 0.001; df = 1$) Se observa que los robots de la categoría IM son los más utilizados para ambos rangos de edades, sobresaliendo su uso en edades de 5 a 12 años (94.7%). En cambio los EIM se están empleando casi exclusivamente en edades de 13 a 17 años (93.5%). Hay que señalar que únicamente consideramos las categorías EIM e IM para estos análisis, debido a que en la encuesta solamente dos (2) instructores informaron que utilizaban robots de la categoría I. Hoy en día esta categoría cuenta con un mayor número de robots y más docentes que la utilizan (Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Lathifah y cols., 2019; Umam y cols., 2019).

Existe una realidad, como bien señala (Acuña, 2006), respecto que el hacer actividades de RE conlleva un consumo de recursos para la creación de los robots físicos. Muchas veces no es posible armar y desarmar cada vez que se concluye una sesión de trabajo. Esto hace que se requiera una inversión

económica considerable para la adquisición de PR, lo que se menciona en algunas RSL como una desventaja de la RE (Gómez-Álvarez y cols., 2019).

Si las investigaciones sobre RE se limitan a presentar los beneficios de su implementación (Gómez-Álvarez y cols., 2019; Pachidis y cols., 2019) pero no brindan los motivos de la selección de la PR (Ioannou y Makridou, 2018; Mubin y cols., 2013), en cuanto a su relación con los objetivos de aprendizaje, la gestión del tiempo de armado/desarmado, la rotación de los recursos entre aulas o diferentes docentes, las dificultades encontradas (material de aprendizaje limitado, pérdida de piezas, construir no es demasiado fácil, etc.), la visión es incompleta.

En la RSL que realizaron Pachidis y cols. (2019) podemos encontrar las desventajas de algunas PR. También en los aportes dados por los instructores de RE en la VI dimensión de nuestra encuesta (alto costo, falta de material e información). Más aún, cuando el objetivo actual de la RE es integrarla en el currículo escolar, cada uno de los factores a considerar debería analizarse con evidencias científicas.

Por lo tanto, la selección adecuada de los recursos para hacer RE amerita una atención especial. Algunas investigaciones y RSL que profundizan en este aspecto son Karim y cols. (2015), Pachidis y cols. (2019), Giang y cols. (2019), Pedersen y cols. (2019), Umam y cols. (2019) y Ribeiro y Lopes (2020). En el Apartado 1.4.3. mencionamos algunos otros criterios encontrados en la literatura sobre este tema.

Por el momento, tanto en nuestra encuesta del 2013 (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde, 2014) como en varias RSL encontramos que las PR que más se han estudiado y utilizado son los robots LEGO, que corresponden a la categoría IM (Benitti, 2012; Bezerra y cols., 2018; Gómez-Álvarez y cols., 2019; Karim y cols., 2015; Nurbekova y cols., 2018; Pachidis y cols., 2019; Zhong y Xia, 2020). Dicha PR permite una fácil implementación del paradigma “percibir - planificar - actuar” y brinda además la facilidad de construir estructuras mecánicas (Ribeiro y Lopes, 2020).

A medida que surgieron recursos de código abierto, en parte por las placas microcontroladoras listas para usar, como Arduino o Raspberry Pi, y las impresoras 3D, las PR son más asequibles. Se crean nuevas PR con diferentes características y opciones, como apreciamos en los Apartados 1.4.2 y 1.4.3, tanto a nivel comercial como por iniciativas de investigadores y docentes (Pachidis y

cols., 2019). Por lo tanto, ahora ya es posible utilizar robots más del tipo caja blanca, es decir, robots de la categoría EIM.

Por ello, en la RSL de Bezerra y cols. (2018), además de la PR de LEGO, fue notable la presencia de la robótica libre que se refiere a materiales que no forman parte de ningún kit (categoría EIM). Igualmente, en el informe presentado por INTEF (2018) al consultar sobre las placas y robots más habituales en España, aparecen Arduino (en nuestra encuesta del 2013 la placa Arduino destacó dentro de la categoría EIM con un 45.2%) y LEGO (Wedo y Mindstorms) casi con igual número de docentes utilizándolos.

La rápida evolución, la cantidad, la variedad de capacidades (con diferentes costos) de las PR educativas disponibles comercialmente se aprecia en las Figuras 1.7 y 1.8. No obstante, Umam y cols. (2019) mencionan que la disponibilidad para adquirir PR en algunos países es limitada pues no se comercializan. En el análisis cualitativo de nuestra encuesta fue un aspecto compartido por varios instructores de RE como una desventaja tecnológica. Esto también puede afectar a las investigaciones que se pueden realizar.

Sobre este particular, la RSL de Pedersen y cols. (2019) trataba sobre conocer el efecto de la RE según las PR disponibles comercialmente. Estos autores seleccionaron 29 PR para la revisión y analizaron un total de 17 artículos. Sin embargo, el limitado número de estudios resultó insuficiente para comparar el efecto de diferentes PR y el efecto de la RE en general. Además, solo dos (2) estudios tuvieron como objetivo comparar la RE con otra tecnología.

En relación al lenguaje de programación (LP), que es la otra pieza fundamental para hacer RE (Apartado 1.3.1.2), en nuestra encuesta un 78.0% de los instructores usa un LP de una interfaz tipo gráfica (87.0% para el EA Escolar de España). Ribeiro y Lopes (2020) señalan que las empresas están produciendo sus plataformas robóticas adoptando, como un estándar de facto, el lenguaje gráfico Scratch basado en bloques. Esta es una tendencia que se mantiene y lo podemos comprobar en el informe realizado por INTEF (2018) donde el 86% de los encuestados españoles manifestó utilizar Scratch. Además, indican que los dos LP más utilizados son lenguajes visuales basados en bloques (Scratch y MIT App Inventor).

En la RSL efectuada por Pedersen y cols. (2019) un estudio descubrió que los alumnos que se iniciaron en la programación y la RE usando la PR Thymio a través de un LP gráfico, lograron calificaciones más altas que aquellos que

trabajaron con un LP textual. Sin embargo, los alumnos que trabajaron con un LP gráfico primero y luego cambiaron a un LP textual obtuvieron una calificación muy cercana al grupo de LP gráfico solamente.

Gracias al auge del *pensamiento computacional* (PC) se están realizando investigaciones que permiten estudiar cómo programar robots puede desarrollar estas habilidades. Esto se debe, en gran parte, al aumento de robots de la categoría I (Informática), lo cual se aprecia en la Figura 1.8. Además, como se señaló en la introducción, los resultados de las RSL indican que la RE puede fomentar las habilidades del PC, aunque en algunos estudios no fue posible comprobarlo (Gaudiello y Zibetti, 2013; Ioannou y Makridou, 2018; Major y cols., 2011; Massaty y cols., 2020; Umam y cols., 2019).

Otra variable indagada fue la procedencia del material de apoyo que utilizó el instructor para planificar/impartir las clases de RE. El 72.4% de los instructores se basa en Internet y el 68.5% elabora su propio material. En opinión de Pachidis y cols. (2019) es necesario desarrollar materiales de aprendizaje bien definidos, transferibles entre regiones para apoyar un aprendizaje eficaz. Por eso consideramos que es muy recomendable que la PR y el LP seleccionado dispongan de contenido educativo adaptado al EA Escolar, de preferencia gratuito y disponible en Internet.

7.1.3. Sobre las Características Generales del EA

Los robots educativos se utilizan tanto dentro como fuera del EA Escolar. Procedemos a analizar el contexto donde se desarrollan las actividades de RE a nivel preuniversitario.

En cuanto a las principales asignaturas o temas donde se integra la RE, tanto en nuestra encuesta como en las RSL desde el 2012 (Benitti, 2012; Bezerra y cols., 2018; Gaudiello y Zibetti, 2013; Gómez-Álvarez y cols., 2019; Nurbekova y cols., 2018), indican que corresponden a las áreas *STEM*. Dentro de estas áreas se destaca la tecnología (PR y LP). En cuanto a la asignatura de informática, inicialmente los estudios se enfocaban en la enseñanza de la programación, pero más recientemente se aplica la robótica para la enseñanza de las habilidades del pensamiento computacional (Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Ioannou y Makridou, 2018; Souza y cols., 2018; Umam y cols., 2019).

Para Gaudiello y Zibetti (2013) el predominio de estudios cuyo objetivo se limita al aprendizaje de conceptos tecnológicos probablemente esté motivado

por el hecho de que era necesaria una fase de alfabetización y estandarización para que los profesores y estudiantes puedan dominar esta tecnología robótica y utilizarla como una herramienta educativa. Sin embargo, siete años han pasado desde este plantamiento y se mantienen las áreas STEM como principales temas que se enseñan en RE (sobresaliendo la tecnología y la ingeniería). La razón de esta situación puede ser consecuencia del aumento de nuevas PR y LP que mantienen a la comunidad educativa aún en constante proceso de alfabetización tecnológica para comprender su uso didáctico.

En relación a las competiciones de robótica, los resultados de nuestra encuesta reflejan que es una actividad muy popular, ya que un 45.2% participa en alguna competición a nivel local o internacional. Esto coincide con las RSL de Souza y cols. (2018) y Ribeiro y Lopes (2020). Además, estos autores analizan las competiciones por separado de otras actividades de RE debido a sus peculiares características y a las habilidades que le son requeridas a los estudiantes.

Acerca de la *edad de los alumnos*, los resultados de nuestra encuesta en 2013 indicaron que la RE se promueve principalmente entre las edades de 13 a 17 años (68.5%). Esto coincide con Gómez-Álvarez y cols. (2019). Este valor aumentó para el EA Escolar de España a un 87.0%. Sin embargo, según apreciamos en el informe del 2018⁸⁴ dicha cifra bajó a un 70.1% (ESO, Bachillerato y FP), primaria aumentó a un 21.5% y aparece educación infantil con un 5.6% (INTEF, 2018).

Al respecto, las últimas RSL sobre RE también muestran un mayor número de estudios para los niveles educativos de educación infantil y primaria (Çetin y Demircan, 2020; Ferrada y cols., 2020; Gómez-Álvarez y cols., 2019; Souza y cols., 2018; Zhong y Xia, 2020). Por lo tanto, la RE se promueve actualmente en todos los niveles preuniversitarios, y consideramos que se acrecentó en edades tempranas debido al incremento de PR para dicha población (Figura 1.8), especialmente de la categoría I (Informática).

Además, Pedersen y cols. (2019) recomiendan que los futuros estudios deben indicar tanto el nivel educativo como la edad de los participantes, ya que la clasificación de los primeros puede variar de un país a otro.

Con respecto al *número promedio de alumnos en clase* y al *ratio alumnos/recursos para hacer robótica* no se encontraron en las RSL datos para compararlos con

⁸⁴ Porcentajes estimados por la autora en base a la Figura 5: ¿En qué nivel educativo impartes clase?

los resultados de nuestra encuesta, donde las diferencias entre EA Escolar y EA Extraescolar son estadísticamente significativas (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez, 2013).

Normalmente, las RSL presentan la cantidad total de participantes en una intervención. Como consecuencia de unir ambos EA, en el análisis de datos de las RSL sobre RE, y de no presentar este tipo de variables en los estudios, es recomendable ser muy cautelosos con los resultados obtenidos. Por ejemplo: imaginar los aprendizajes que pueden lograr los alumnos en una actividad extraescolar donde asistieron 12 participantes y contaban con un robot por cada dos (2) alumnos versus un aula formal con 35 estudiantes y un robot por cada 5 alumnos, si se mantienen las demás variables iguales. Por supuesto que puede dar lugar a diferentes conclusiones.

Anwar y cols. (2019) concuerdan con el planteamiento anterior dado que señalan que las prácticas de enseñanza y aprendizaje en entornos formales e informales difieren. De esta manera proponen considerar estas diferencias al estudiar cómo la RE afecta las habilidades académicas, motivacionales y sociales de los estudiantes. Esta tesis doctoral lo pone de manifiesto.

Es así como indagar en nuestro estudio sobre los diferentes EA (Escolar y Extraescolar) nos permitió verificar la presencia de los *diez atributos* propuestos por el Dr. David Jonassen (Apartado 4.3.), quien junto a otros colegas, plantean que dichos atributos (activo, manipulativo, constructivo, colaborativo, intencional, complejo, conversacional, contextualizado, reflexivo y tecnológico), deben estar presentes en las actividades basadas en tecnología para que el aprendizaje significativo pueda ocurrir (Jonassen, 2009; Jonassen y cols., 2012; Jonassen y Strobel, 2006). Nuestro estudio descubrió las *grandes similitudes entre las medias por EA y por procedencia* con relación a cada uno de estos atributos. Estos resultados tan parecidos, con medias aritméticas bastante altas, en diferentes submuestras del estudio demuestran unas características del EAR muy favorables para propiciar *aprendizajes significativos* según los planteamientos de estos autores. La discusión de esta variable con relación a las RSL sobre RE será tratada más adelante en el Apartado 7.1.7 sobre rendimiento académico.

7.1.4. Sobre las Actividades de Aprendizaje

De las variables de esta dimensión no todas aparecen en las RSL sobre RE. Este es el caso del *tipo de aprendizaje* donde nuestra encuesta señala que el más promovido en las actividades de RE son los aprendizajes procedimentales (93.0%).

En cuanto al nivel de autonomía dado al alumno el más utilizado fue el *semiestructurado*, tanto en la fase de construcción como en la fase de programación, para la muestra total y por EA. En tanto, los instructores españoles en ambos EA establecen principalmente un nivel de autonomía *no estructurado*. Sobre este particular, solamente encontramos que Çetin y Demircan (2020) observan, a partir de un estudio que los niños del grupo no estructurado participaban más en interacciones colaborativas que los niños del grupo estructurado.

Sobre las *técnicas de enseñanza* propuestas en nuestra encuesta, el *aprendizaje por descubrimiento* y el *aprendizaje basado en proyectos* (Benitti, 2012; Lathifah y cols., 2019; Nurbekova y cols., 2018) ocupan por empate el primer lugar con un 89.4%. Para Gómez-Álvarez y cols. (2019) las tres metodologías más enunciadas en los artículos de su RSL fueron: aprendizaje basado en juegos, aprendizaje basado en problemas (AbP), y el enfoque constructivista.

Dentro de las seis técnicas de enseñanza sugeridas en nuestra encuesta no se encontraba el aprendizaje basado en juegos (gamificación) y en cuanto al enfoque constructivista lo consideramos como una teoría de aprendizaje no como técnica (Apartado 3.1.1.1.), lo mismo que señalan Lathifah y cols. (2019). De hecho, estos mismos investigadores encontraron una gran variedad de estrategias de enseñanza utilizadas y consideran que se debe a que algunos autores manejan diferentes términos para referirse a la misma técnica (Gómez-Álvarez y cols., 2019). Así mismo, observamos confusión entre los términos “teoría educativa” y “técnica de enseñanza” (Bezerra y cols., 2018; Souza y cols., 2018).

Es por ello que, Nurbekova y cols. (2018) identificaron tantos métodos efectivos de enseñanza de robótica en su RSL: cooperativo/colaborativo, trabajo en equipo, AbPry, enfoque constructor, aprendizaje basado en juegos (gamificación), liderazgo, aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas y/o resolución de problemas, aprendizaje práctico, aprendizaje por

diseño, autoaprendizaje mediante una investigación continua o proceso de investigación, y aprendizaje creativo.

En cambio, para Bezerra y cols. (2018) el método tradicional (en la que el profesor es el que tiene todo el conocimiento) fue utilizado por un 60% de los artículos analizados, mientras que el AbPry por solamente un 3% y en un 18% no lograron identificar el método de enseñanza empleado. Esto es algo que también expresa Souza y cols. (2018), señalando que los estudios existentes se centran en criterios específicos y comúnmente ignoran la metodología de enseñanza aplicada durante las actividades, lo que puede interferir en el análisis global. Gaudiello y Zibetti (2013) plantean que el paso de un enfoque instruccional clásico al más moderno del construccionismo (Apartado 3.1.1.3.) puede tardar algún tiempo en ingresar en el ambiente escolar.

Con una media superior a 4.5 (escala Likert de 1 a 5) calificaron los instructores encuestados las cuatro actitudes indagadas: hacia las actividades de RE (alumnos e instructores), hacia el error y hacia la ciencia y la tecnología. Ahora bien el 82.3% de los instructores de RE estuvo *totalmente de acuerdo* que le resultaba *motivador* enseñar con este recurso tecnológico basado en la robótica. Sin embargo, Lathifah y cols. (2019) en su RSL de 28 publicaciones sobre RE en educación primaria descubrieron que, en relación con la aceptación de robótica, los docentes tienen diversas actitudes, y las hay positivas y negativas. Manifiestan que los docentes sienten que pueden aplicar el aprendizaje basado en la robótica si ya tienen un conocimiento básico sobre robots, es decir, necesitan cursos de formación.

La última variable de esta dimensión fue para el EA Escolar solamente e indagó sobre si los instructores de RE encuestados realizaban conjuntamente con otros docentes actividades interdisciplinarias. Para Sancho Gil (2006) la interdisciplinariedad pedagógica intenta luchar contra la compartimentación de las asignaturas y la especialización creciente de los conocimientos, subrayando su interdependencia. Aunque la robótica al ser multidisciplinar permite llevar a cabo actividades STEM, nuestra encuesta indicó que muy pocos docentes utilizan este potencial de la RE señalado en la literatura (5.7% siempre y 15.1% la mayoría de las veces) para realizar actividades interdisciplinarias.

Además, existe una literatura muy escasa en las RSL que informan de actividades interdisciplinarias. Por ejemplo, Souza y cols. (2018) identificaron, entre los 36 artículos evaluados, que LEGO Robotics se utilizó en 8 estudios

para enseñar contenidos interdisciplinarios. En definitiva, la puesta en práctica de actividades interdisciplinarias de RE continúa siendo ocasional.

Por su vínculo con el rendimiento académico las siguientes variables serán analizadas en dicho Apartado 7.1.7. Estas son: las actividades de aprendizaje requeridas a los alumnos, la actitud hacia el error, establecer etapas y asignar roles.

7.1.5. Sobre la Evaluación

La quinta dimensión de la encuesta trató sobre la *evaluación* y fue aplicada solamente al EA Escolar. No obstante, a los instructores del EA Extraescolar se les solicitó en la parte cualitativa indicar si realizaban algún tipo de seguimiento o evaluación de los aprendizajes de los alumnos. Del total de 34 aportes, ocho (8) mencionaron que no evalúan. Otros lo hacen mediante: la presentación final que realizan a los padres, el número de errores por proyecto, cambios de actitudes, retroalimentación inmediata, listas de cotejo, participación en concursos o ferias de ciencia y la observación de los trabajos realizados.

Con respecto al EA Extraescolar, muchas RSL de RE indican que la mayoría de los experimentos estudiados no se integraron con los contenidos curriculares trabajados en el aula, es decir, ocurren después de la escuela (Benitti, 2012; Ferrada y cols., 2020; Mubin y cols., 2013; Pedersen y cols., 2019; Souza y cols., 2018). Esta es una debilidad a nivel de investigación porque las RSL no suelen presentar sus resultados distinguiendo entre EA escolares y extraescolares. Esto afecta en temas como la *evaluación* donde se requiere mayores detalles para su exitosa integración en el EA Escolar.

Además, esta es la dimensión con menos datos disponibles en las RSL analizadas. Tampoco la palabra *evaluación* fue mencionada en VI dimensión “detalles de la propia práctica educativa” de nuestra encuesta y de carácter voluntario. Da la impresión que no es relevante, cuando es todo lo contrario, como se demuestra en el Apartado 3.3 de la presente tesis.

Desde el punto de vista de Sancho Gil (2006), al utilizar la tecnología para favorecer la construcción del conocimiento es necesario fomentar fórmulas que permitan reconceptualizar la evaluación educativa. Y es que la *evaluación* es la tarea más compleja y decisiva que realizan los docentes. Sin duda, la elección de un método de evaluación depende del nivel y objetivos de la formación en robótica (Nurbekova y cols., 2018). Sin embargo, en la literatura científica y

en las RSL sobre RE no se dan detalles de dicha elección y no se diferencia entre finalidad, instrumento o tipo de evaluación (Ioannou y Makridou, 2018; Nurbekova y cols., 2018). En los libros sobre RE (Allen y cols., 2008; Dupont y cols., 2010; Gura, 2011) es donde se encuentra más información y ejemplos de cómo evaluar los aprendizajes en una clase formal.

Los resultados obtenidos en nuestra encuesta se resumen así:

- En cuanto al *tipo de evaluación*: según su propósito la más utilizada fue la *evaluación formativa* y según el sujeto evaluador fue la *autoevaluación*.
- Los principales *instrumentos de evaluación* empleados por la muestra total y según la procedencia son bastante tradicionales: *ejercicios prácticos* y *exposición o disertación*.
- Tanto la muestra total como por procedencia, los resultados indican que *la finalidad de la evaluación* en sus actividades de RE es *regular el aprendizaje de los alumnos*, es decir, para reajustar lo que hacen como docentes según los resultados que van consiguiendo los alumnos.
- Sobre si los docentes encuestados perciben que sus alumnos *mejoran sus aprendizajes* con las actividades basadas en RE, todos los docentes contestaron favorablemente (*media=4.30* y *DE=0.647*) (de un máximo de 5), y para el EA de España la media era de 4.22. El dato más cercano para comparar lo encontramos en el informe presentado por INTEF (2018) donde a la pregunta *¿cómo valoras los resultados de aprendizaje de tus estudiantes en relación a la programación, la robótica o el pensamiento computacional?* La nota media dada por los docentes españoles fue 7.34 (de un máximo de 10).
- En relación a la valoración de la *mejora en las calificaciones académicas* de los alumnos al realizar actividades de RE, se obtuvo una (*media=3.44* y *DE=0.733*) de la muestra total de docentes (de un máximo de 5).
- La puntuación que los docentes encuestados le dan a *la robótica como herramienta para utilizar en su asignatura* registra una (*media=9.14* y *DE=0.992*) y un 48.0% le da la puntuación máxima de 10.

Cabe considerar, por otra parte que otros instrumentos de evaluación como: el portafolio (22.0%), registro anecdótico (22.0%), listas de cotejo o control (24.0%) y matriz de valoración o rúbrica (34.0%) son poco utilizados por los docentes que participaron en nuestra encuesta, al igual que en las RSL (Zhong y

Xia, 2020). Habría que verificar si el escaso repertorio de tipos de instrumentos es debido a la falta de formación para su elaboración y posibilidades de uso.

Sobre este particular, Lin y Liu (2012) examinaron el efecto de usar un *diario de diseño* en el aprendizaje de la robótica y en la resolución de problemas de los estudiantes. El estudio encontró que escribir el *diario de diseño* como estrategia reflexiva fue beneficioso para los estudiantes que les encanta resolver problemas en un EAR y que el conocimiento de los estudiantes sobre robótica mejoró aunque, con respecto al grupo de control no existieron diferencias significativas. También, los alumnos que llevaban un *diario de diseño* terminaron la meta del proyecto a un ritmo más rápido que los que no llevaban un diario. Este estudio fue encontrado en la RSL de Pedersen y cols. (2019).

Al no poder comparar la mayoría de estos hallazgos con RSL en RE, será en la discusión sobre rendimiento académico donde ampliaremos más en cuanto a la importancia de otras variables de esta dimensión.

7.1.6. Sobre Detalles de la Propia Práctica Educativa

Los aportes realizados por los instructores de RE en esta dimensión de carácter voluntario han sido incorporados, en su mayoría, en la discusión de cada dimensión correspondiente.

A modo de comentario, Nurbekova y cols. (2018) en su RSL indican que cuando comenzaron a buscar métodos eficaces para enseñar robótica, mediante el concepto *metodología de la enseñanza de la robótica*, un análisis primario de las publicaciones mostraron que este concepto no se había estudiado en detalle. Estos autores concluyeron que, en general, la enseñanza de la robótica parte del dominio de la materia y de la plataforma elegida para desarrollar los robots.

Por ello, cabe resaltar una de las sugerencias brindadas a los nuevos instructores de RE: *la importancia de la planificación*. De nada sirve recibir las mejores capacitaciones, leer las más recientes investigaciones o libros, sino se dedica el tiempo suficiente a planificar todo el proceso de enseñanza-aprendizaje que requiere un EAR.

A continuación, brindamos pistas sobre cómo diseñar un EAR para que los estudiantes mejoren su rendimiento académico.

7.1.7. Sobre el Rendimiento Académico

En esta sección se examinan los planteamientos relacionados con el siguiente objetivo específico de nuestra tesis: identificar las variables predictoras que influyen de manera significativa sobre el *rendimiento académico* de los alumnos que realizan actividades de robótica en un EA escolar preuniversitario.

Recordamos que para dar respuesta a este objetivo se utilizó el algoritmo CHAID, o detección automática de interacciones mediante Chi-cuadrado. CHAID pertenece a las técnicas de minería de datos de tipo supervisada ya que requiere de una variable a predecir que para nuestro estudio es: la *mejora en el rendimiento académico de los alumnos*.

En total se obtuvieron 19 árboles de segmentación jerárquica a partir del algoritmo CHAID (tabla 6.24) que muestran los mejores predictores para la *mejora del rendimiento académico de los alumnos* al realizar actividades de RE. A continuación procedemos a realizar la discusión de las variables predictoras con respecto a las RSL sobre RE.

En primer lugar, hay que resaltar que no fue posible relacionar las siguientes variables predictoras a las RSL sobre RE:

- Dimensión: *Características Generales del EA*
 - Ratio alumnos/recursos para hacer robótica.
- Dimensión: *Actividades de Aprendizaje*
 - Actitud favorable hacia el error deja de tener una connotación negativa.
- Dimensión: *Evaluación*
 - Tipos de evaluación (coevaluación, sumativa y heteroevaluación).
 - Instrumentos de evaluación (pruebas escritas, portafolio, matrices de valoración o rúbricas).
 - Finalidad de la evaluación (regular el aprendizaje de los alumnos, calificar y regular la enseñanza).

Evidentemente, el hecho que las RSL sobre RE no mencionen estas variables, no significa que todos los estudios no las consideren, sino que falta sistematizar las publicaciones en RE para incluir las descripciones detalladas de todas las

variables involucradas en el proceso enseñanza-aprendizaje, que no son pocas. Por eso, muchos autores de RSL concluyen que no hay suficiente evidencia empírica para probar que la RE es una solución educativa efectiva.

En segundo lugar presentamos los ocho *atributos de un EAR* que, a partir del algoritmo CHAID, están entre los principales predictores para *mejorar el rendimiento académico de los alumnos*:

- *Tecnológico*. Al utilizar la robótica como herramienta de aprendizaje se les da a los alumnos la oportunidad de construir su propio conocimiento. Sobre este particular, todas las RSL consideran que la robótica tiene dicho potencial. En los resultados de nuestra encuesta este atributo fue el que obtuvo la mayor media (4.54).
- *Contextualizado*. Este atributo es resaltado en varias RSL. En la RSL que realizaron Zhong y Xia (2020) sobre el uso de la RE en la educación matemática señalan que *la conexión entre las matemáticas y la vida real* es una implicación pedagógica de la robótica: aprender a través de actividades de robótica significa la transición de las matemáticas de un ejercicio en papel a la experiencia del mundo real. En nuestros resultados la media de este atributo (3.98) fue una de las tres más bajas. Esto nos indica que no es sencillo para algunos docentes proponer actividades vinculadas al mundo real o tal vez se limiten a realizar actividades prediseñadas que no están contextualizadas a la vida diaria de sus alumnos.
- *Reflexivo*. Este fue el último atributo con media superior a 4 (4.04) en los resultados de nuestra encuesta. Tampoco es un término muy utilizado en los estudios ni en las RSL sobre RE. Como ejemplo presentamos: la experiencia con robots puede ayudar a los estudiantes a transitar desde la perfección abstracta de las matemáticas a la realidad práctica de la experiencia cotidiana (Zhong y Xia, 2020).
- *Manipulativo*. Este es un atributo muy relacionado con las actividades prácticas y está muy presente en las RSL. Por ejemplo: los niños participan en la exploración, la inspección y la *manipulación* de elementos del “mundo electrónico”, que existen en su entorno cotidiano (Çetin y Demircan, 2020). En nuestra encuesta obtuvo el tercer lugar con una media de 4.37.
- *Constructivo*. La media de este atributo fue de 4.26. Se encuentra fácilmente en los estudios y podemos asumir su presencia en las RSL

(Bezerra y cols., 2018; Ioannou y Makridou, 2018; Souza y cols., 2018) que hacen mención de hallazgos donde se utilizó el constructivismo o construccionismo como la base teórica para diseñar las actividades de RE (Apartados 3.1.1.1. y 3.1.1.3.). A modo de ilustración: todos los alumnos deben tener la oportunidad de practicar repetidamente con el apoyo del sistema robótico. Esto es muy útil para construir el propio conocimiento matemático (Zhong y Xia, 2020).

- *Intencional*. En los resultados de nuestra encuesta obtuvo una media de 4.12. Consideramos que está presente en los estudios analizados por las RSL por la rigurosidad con que se realiza dicha selección: cada uno de los estudios presenta el objetivo a alcanzar con la intervención. Algunos estudios de la RSL hecha por Anwar y cols. (2019) argumentaron que la robótica ayuda a los educadores a diseñar actividades y unidades de aprendizaje social y culturalmente relevantes, que pueden mejorar la creatividad y la motivación de los estudiantes.
- *Complejo*. Fue el atributo con la puntuación más baja en nuestra encuesta (media = 3.45) y no se encuentra dicho término en la literatura sobre RE. Posiblemente a los docentes les cueste diseñar actividades donde los alumnos participan en la solución de problemas poco estructurados.
- *Activo*. Este es el último atributo que según el algoritmo CHAID puede mejorar el rendimiento académico de los alumnos. En nuestra encuesta obtuvo la segunda media más alta (4.42). Como muestra tenemos: los niños pueden convertirse en diseñadores y desarrolladores de tecnología, en lugar de permanecer simplemente como usuarios pasivos (Çetin y Demircan, 2020) y proporcionar tareas en forma de proyectos crea un entorno de actividades de aprendizaje activo para encontrar soluciones y puede integrarse con otros campos (Lathifah y cols., 2019).

Los dos atributos que no aparecen como variables predictoras fueron: colaborativo (media = 4.37) y conversacional (media = 3.82). Sin embargo, si son mencionados en las RSL. Para ilustrarlo: las características de la robótica, fuera de la pantalla, creaban un entorno en el que los niños podían trabajar en colaboración y se colocaban en situaciones en las que tenían que compartir sus materiales (Çetin y Demircan, 2020) y la existencia de una buena comunicación en los grupos tendrá un impacto en los altos resultados del aprendizaje (Lathifah y cols., 2019).

En tercer lugar analizamos las variables predictoras de la dimensión *actividades de aprendizaje*. En relación con los tipos de actividades que con más frecuencia se les requiere a los alumnos, varias RSL nos brindan detalles que coinciden con nuestros hallazgos. Por ejemplo:

- Las *actividades expresivas prácticas* obtuvieron el primer lugar en los resultados de nuestra encuesta con un media = 4.37 y aparece como la segunda variable predictora más importante según el algoritmo CHAID. Siendo casi un requisito hacer este tipo de actividades al hacer RE, señalamos algunas RSL donde se ejemplifica. Un estudio analizado por Çetin y Demircan (2020) señala: la RE, a través de *actividades prácticas*, puede ser una oportunidad para brindar experiencias a los niños sobre la lógica de este tipo de dispositivos electrónicos, a los que se enfrentan en su vida diaria.
- Para las *actividades críticas/argumentativas* (media = 3.81) como ejemplo tenemos: los robots educativos pueden ayudar a los estudiantes a adquirir experiencias que facilitarán una comprensión profunda y abstracta necesaria para construir conocimiento y mejorar el pensamiento crítico (Anwar y cols., 2019).
- Las *actividades creativas* (media = 4.31) se suelen encontrar usualmente en la literatura sobre RE. En la RSL realizada por Anwar y cols. (2019) a 147 estudios, ubicaron 53 que abordaron la creatividad y la motivación de los estudiantes. En general, dichas investigaciones indicaron que la incorporación de la creatividad en las primeras etapas de la educación informática y de las STEM funcionó como un catalizador. Este catalizador se movió en dos direcciones simultáneamente, ya que disminuyó la curva de aprendizaje y aumentó el interés entre los novatos. Sin embargo, a pesar de los beneficios de incorporar la creatividad en la educación STEM temprana, no se han obtenido los mismos resultados positivos en los niveles más avanzados. Esto da lugar al argumento de que, si bien es útil para los principiantes, los beneficios de la creatividad disminuyen a medida que los estudiantes avanzan en la educación STEM.
- Las *actividades metacognitivas* (media = 3.73 fue la penúltima entre todas) son las menos mencionadas en los estudios de RE. No obstante, en la RSL hecha por (Zhong y Xia, 2020) se sugiere que los niños que participan en la programación de un robot para que se mueva tienen la oportunidad de explorar conceptos espaciales, resolución de problemas, medición, geometría y participar en procesos metacognitivos.

- Las *actividades expresivas simbólicas* (media = 3.94) donde el estudiante tenga que comunicar o hacer representaciones de lo aprendido aparece en el siguiente aporte: el aprendizaje de las matemáticas con robots ayuda a los estudiantes a visualizar aplicaciones desafiantes del mundo real y apoya múltiples representaciones de un problema (Zhong y Xia, 2020).
- Las *actividades de resolución de problemas* son mencionadas por casi todas las RSL (Çetin y Demircan, 2020; Massaty y cols., 2020; Zhong y Xia, 2020). En nuestra encuesta obtuvo el tercer lugar con una media = 4.20.
- Las *actividades analíticas*, aunque obtuvieron una media = 4.06 en nuestra encuesta, dicho término es poco mencionado en los estudios de RE. En los estudios de la RSL realizada por (Ioannou y Makridou, 2018) se animó a los estudiantes a interactuar activamente con las plataformas robóticas físicas o virtuales y jugar, diseñar y analizar, para construir sus propios entendimientos.

En la RSL hecha por Pedersen y cols. (2019) ubicamos un estudio realizado en España con estudiantes de secundaria donde concluyeron que un enfoque contextualizado/creativo, así como un aprendizaje basado en problemas (AbP) y en proyectos (AbPry), es más eficaz que un enfoque más tradicional y estricto (Valls, Albó-Canals, y Canaleta, 2018) al obtener mejores resultados en las áreas de competencia (comunicación, colaboración y construcción de comunidad, creación de contexto, creatividad y comportamiento) y conocimiento de plataformas tecnológicas. Se puede apreciar como la utilización de varias variables predictoras obtenidas con el algoritmo CHAID produce una mejora en los resultados de los alumnos en las actividades de RE que emplear un enfoque tradicional de enseñanza.

En cuarto lugar a nivel pedagógico dos variables de esta dimensión aparecen también como predictoras para la mejora del rendimiento académico de los alumnos según el algoritmo CHAID: *establecer etapas y asignar roles*. Se confirma lo presentado en Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez Conde (2014); Pittí, Curto, Moreno, Rodríguez Conde, y Rodríguez-Aragón (2014), que estas dos acciones pedagógicas favorecen la mejora en las notas académicas en un EAR.

Los resultados de nuestra encuesta indicaron que un 64.6% de los instructores de RE utiliza fases o etapas en sus clases y que un 54.0% asigna roles a sus alumnos, de ellos un 95.1% los rota.

El estudio de Taylor y Baek (2019), ubicado en la RSL realizada por Pedersen y cols. (2019), señala que la asignación de roles fijos o rotativos produce resultados más efectivos que un enfoque sin roles, favoreciendo un poco a los roles fijos. Según este estudio, asignar roles aumenta el beneficio de los estudiantes en la calificación del rendimiento en robótica, en las habilidades del pensamiento computacional y en la motivación para aprender programación de computadoras. La asignación de roles ofrece a los alumnos orientación sobre el uso de diferentes perspectivas para analizar los retos del proyecto de robótica desde diferentes ángulos. Es proporcionar a los estudiantes un andamiaje importante y un apoyo para su aprendizaje en grupos colaborativos. Lo que ratifica esta variable predictora en la *mejora del rendimiento académico de los alumnos* a partir del algoritmo CHAID.

Sobre la formulación de etapas/fases, y en base a nuestra propia experiencia como instructora de equipos de competición robótica, argumentamos que cuando son claras y comprensibles para los alumnos aportan transparencia al proceso en el que se les involucra y les aportan dirección en su autonomía personal y de equipo en el aprendizaje. Así, establecer etapas permite hacer visibles determinadas características sistemáticas del trabajo en grupo y a la vez es un medio para informar a los alumnos de cómo es posible realizar el proceso de trabajo (Chambers, Carbonaro, Rex, y Grove, 2007). De esta forma, a partir del análisis CHAID verificamos científicamente que el esfuerzo por definir y explicarle a los alumnos las etapas del proyecto o de la actividad de RE (método científico, proceso de ingeniería, etc.) repercute en la mejora del rendimiento académico de los alumnos.

De la misma manera, el análisis CHAID indica que se necesita promover un *cambio de actitud hacia el error* para que al dejar de tener una connotación negativa, este se convierta en un elemento que motive a los alumnos a seguir probando y aprendiendo (*mejora en su rendimiento académico*). Sin embargo, esta es otra variable predictora no analizada en las investigaciones sobre RE.

En relación a las variables predictoras de la dimensión *evaluación*, no ha sido posible encontrar su vinculación con el rendimiento académico en las RSL analizadas.

A nivel preuniversitario, la información brindada por las RSL se enfocan brevemente en decir el tipo de instrumento con que se evalúa la investigación. Si el estudio mide el rendimiento académico de los alumnos, entonces sabemos que tipo de instrumento se utilizó. Por ejemplo, la RSL desarrollada por Pedersen

y cols. (2019) indica que las pruebas de rendimiento han sido una forma popular de medir el resultado del aprendizaje. Estas a menudo han involucrado cuestionarios, pruebas de opción múltiple y tareas de programación que giran en torno a la resolución de un problema específico o una serie de problemas.

Además, Ioannou y Makridou (2018) informan que las propiedades psicométricas de los instrumentos de evaluación utilizados en las publicaciones de su RSL no fueron reportados y, por lo tanto, no hay evidencia de validez de los datos producidos.

Por otra parte, Karim y cols. (2015) concluyen que es necesaria una estandarización de la evaluación. Proponen la fusión de los análisis estadísticos, la encuesta (cuantitativo) y la entrevista (cualitativo), como método para cuantificar el aprendizaje basado en robots. Desde mi punto de vista, también las investigaciones deben incluir instrumentos de evaluación que sean más cercanos al aula de clases, a la realidad del docente.

La mejor evidencia científica sobre este tema lo presenta Athanasiou y cols. (2018). Estos autores tras realizar a 12 estudios, 8 observacionales y 4 cuasiexperimentales, un metaanálisis encontraron que, aunque los resultados sugieren que es probable que las intervenciones robóticas mejoren el rendimiento académico (pequeños efectos positivos), las diferencias entre los estudios producen una gran heterogeneidad que compromete la validez de los resultados. Eso se puede explicar por la alta diversidad de características de los estudios y la naturaleza diversa de los estudios, tanto en términos de diseño como de métodos empleados. La revisión de los estudios indica una gran diferencia entre los estudios en cuanto a la duración de la intervención, el tipo de robótica utilizada, el grado de edad aplicado, etc.

A su vez, los resultados del análisis de subgrupos mostraron que las intervenciones a largo plazo tienen un mayor impacto y presentan mejores resultados, con el mayor impacto en el grupo de intervenciones de 1 a 6 meses. Sin embargo, las intervenciones no deben hacerse a muy largo plazo, por lo que en el grupo de 6 meses o más, el tamaño del efecto disminuye. Esto se puede explicar porque los resultados académicos a menudo son más difíciles de cambiar de inmediato y, dado que los estudios de esta revisión midieron las calificaciones, es posible que se necesiten períodos más largos para ver cambios en las calificaciones. Por otro lado, los estudiantes en las intervenciones a largo plazo pueden perder su interés.

Otro punto a considerar es que los estudios cuasiexperimentales, como se esperaba, produjeron un impacto mayor que los estudios observacionales. El análisis de subgrupos para el grado de los estudiantes dio un impacto mayor en el grupo de estudiantes de escuela primaria. Los otros grupos también tienen efectos positivos que indican que las intervenciones robóticas afectan al rendimiento académico en todos los grados (K-12).

Basado en los hallazgos de esta tesis doctoral, se identificaron 19 árboles de decisión con sus variables predictoras que tiene el potencial de producir efectos positivos en el rendimiento académico de los alumnos en actividades de robótica, así como ayudar a los educadores en el aula en el diseño intencionado de un EAR con estrategias con base científica.

Tanto el marco teórico, las RSL sobre RE, y el análisis CHAID revelan que la robótica por sí sola no mejora el aprendizaje ni el rendimiento académico. Más bien enfatizan que es muy importante tener en cuenta que como enseñanza y aprendizaje son procesos (o situaciones) unívocamente unidos, ya que cualquier factor o elemento que interviene en el proceso de enseñanza se comporta como elemento o factor de importancia, o incluso muchas veces como condicionante o determinante, de los resultados del proceso de aprendizaje. En pocas palabras, *el docente, las actividades propuestas, el contexto del aprendizaje y sobre todo el proceso de evaluación desempeñan un papel integral en el éxito de introducción de la robótica en la educación.*

7.2. Conclusiones

La siguiente serie de conclusiones que efectuamos concierne a la utilización práctica de los resultados obtenidos en nuestro estudio.

En la sección precedente hemos discutido la caracterización de la RE preuniversitaria por medio de las *dimensiones de la encuesta* realizada y las variables predictoras obtenidas a partir del algoritmo CHAID para mejorar el *rendimiento académico* de los alumnos al realizar actividades de robótica.

Los datos que encontramos acerca de la RE evidencia que la misma surge como respuesta a una demanda de la Sociedad del Conocimiento en mejorar la calidad educativa mediante la integración, a nivel curricular principalmente, de la robótica ya que se considera:

- Capaz de promover aprendizajes necesarios y hasta prioritarios para las generaciones actuales (Pensamiento Computacional, STEM, STEAM y alfabetización digital).
- Con el potencial para desarrollar las habilidades requeridas en el siglo XXI en los alumnos y hasta en los docentes.
- Ideal para trabajar de manera interdisciplinar entre varios docentes.
- Pertinente a la realidad laboral y a la demanda de profesionales (Industria 4.0, Inteligencia Artificial, etc.).

Sin embargo, a propósito de la RE, vemos cuán poca es su integración al currículum actualmente. Todavía la mayoría de los estudios son del EA Extraescolar, que tiene características diferentes al EA Escolar. Cabe indicar, por tanto, que las investigaciones buscan esos factores a considerar para la integración eficaz de la RE como herramienta de aprendizaje. Las mejoras continuarán, sin duda, pero serán solo progresivas debido a la rápida evolución de esta tecnología y el lapso de tiempo que demora estudiarla.

Todas las RSL apuntan a que existen variables aún sin analizar a profundidad en las investigaciones científicas sobre RE. Por supuesto, indagar los beneficios que ofrece una tecnología al proceso de enseñanza-aprendizaje engloba el diseño, la realización y la evaluación de manera sistemática, planificada y estructurada de actividades de aprendizaje.

De esta manera, la mayoría de los docentes al no tener una hoja de ruta probada sobre la cual implementar la robótica en sus actividades, han optado por aprender por sí mismos con los medios disponibles. Algunos han modificado su práctica educativa y otros simplemente adaptan la robótica a su estilo tradicional de enseñanza.

A fin de contribuir en la mejora de los retos detectados, proponemos que los instructores y los gestores de formación docente consideren las siguientes recomendaciones:

7.2.1. Recomendaciones para Instructores de RE y Gestores de Formación Docente

- *Formación continua y pertinente.* Tanto para mejorar la competencia tecnológica en RE como la competencia didáctica para diseñar un EAR que logre aprendizajes significativos en los alumnos, lo recomendable, como hemos indicado anteriormente, sería formar parte de alguna comunidad de aprendizaje de docentes involucrados en RE.
- *Dedicar tiempo suficiente a la planificación de las actividades de aprendizaje,* en especial, los detalles de la evaluación (finalidad, tipo e instrumento) que empleará para comprobar el aprendizaje de los alumnos.
- *Probar los resultados de investigaciones en RE.* De nuestro estudio, recomendamos verificar los 19 modelos de árboles de decisión para introducir en su planificación didáctica algunas variables predictoras de la mejora en el rendimiento académico de los estudiantes. Entre ellas, destacan los instrumentos de evaluación, establecer etapas y asignar roles.
- *Ampliar el concepto de evaluación,* al entenderla también como la posibilidad de informar y monitorizar los progresos de los alumnos. Además, hay que involucrar al alumno en la propia regulación de sus aprendizajes y en su propia autoevaluación. A su vez, hay que aumentar el repertorio de instrumentos de evaluación atendiendo las operaciones intelectuales que se solicitan al alumno.
- *Apoyo técnico en el aula.* Este apoyo técnico puede venir de los padres, estudiantes de más edad, estudiantes universitarios o profesionales. El docente sigue siendo el motor y la persona de apoyo técnico debe estar allí solamente para ayudar con los problemas de PR y LP, liberando tiempo al docente para que pueda hacer preguntas por los grupos. Según

Rogers y Portsmore (2004) , cuando esta relación de apoyo funciona es impresionante lo que los estudiantes pueden aprender.

7.2.2. Recomendaciones para Investigadores y para Diseñadores de Proyectos de RE

Diseñar e implementar un estudio sobre una experiencia de RE o un proyecto de integración de la robótica no es tarea fácil. A continuación presentamos algunas recomendaciones surgidas a raíz de la elaboración de esta tesis doctoral.

- Realizar estudios de intervención más rigurosos para explorar a fondo la integración de la RE en el currículo escolar, principalmente, *en la metodología de evaluación*, mediante estudios mixtos (cuantitativos-cualitativos) para fortalecer la comprensión de los resultados y con métodos experimentales. Será necesario utilizar otras técnicas de análisis de datos como la minería de datos (inteligencia artificial) que pongan de manifiesto nuevas interrelaciones entre los datos obtenidos.
- *Utilizar la información de otras investigaciones relevantes en RE* como punto de partida para nuevas propuestas.
- *Equipos de investigación multidisciplinares*. La integración de la robótica en la educación requiere que se desarrollen cada vez más los equipos multidisciplinares de investigación (pedagogos, psicólogos, informáticos, ingenieros, estadistas, entre otros) destinados a llevar a cabo estudios que puedan abarcar a los diferentes actores y variables (estudiantes, docentes, padres, PR, LP, características del EAR, evaluación, etc.) presentes en un EAR para comprender mejor los beneficios de la utilización de robots en la educación. El estudio aislado de una de las variables del EAR resulta insuficiente para una completa comprensión del hecho educativo. Cada vez es más frecuente poder conformar equipos de investigadores de diferentes países y participar por fondos que permitan ampliar las fronteras geográficas de intervención.
- *Incrementar la difusión en inglés y en revistas especializadas de los proyectos de RE en Iberoamérica*. Esta es una barrera que va desde disponer del acceso a bibliografía de calidad hasta poseer los recursos financieros para su publicación. La dificultad estriba en que ni las experiencias ni las propuestas pueden trasladarse de un centro a otro sin grave riesgo de fracaso. Mientras se reconceptualizan los modelos teóricos y afinan las estrategias de evaluación, parecería conveniente preguntarse por las

tareas más urgentes que se han de realizar, a fin de afianzar la fase de implementación de la RE en el aula.

- *La formación del profesorado y el seguimiento a largo plazo.* La clave para la introducción curricular de la RE es contar con docentes adecuadamente formados, tanto sobre el uso de la PR y el LP como sobre la integración pedagógica con métodos, prácticas e instrumentos de evaluación para la enseñanza con dicha tecnología. No es recomendable que sea el equipo de investigación quien realice el rol del docente en la intervención porque al concluirlo no habrá quien le de continuidad. Posteriormente, brindarles a los docentes el acompañamiento necesario en el aula hasta que cuente con su propio mapa de ruta (EAR) que le genere la confianza para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos. La implementación de comunidades de aprendizaje de docentes de RE puede ofrecer el seguimiento a largo plazo que permita consolidar el proyecto de integración curricular de la robótica.
- *Establecer comunidades de aprendizaje y eventos en Iberoamérica como la «Semana Europea de la Robótica»* para difundir experiencias e impulsar el desarrollo de la RE.

7.3. Limitaciones

Con respecto a las limitaciones reconocemos las siguientes en la realización de nuestro estudio:

- *El tamaño de la muestra.* Aunque el tamaño de nuestra muestra nos permitió identificar relaciones significativas dentro del conjunto de datos, no es posible realizar generalizaciones, especialmente, en los subgrupos por EA (escolar y extraescolar) y por procedencia (Iberoamérica y España).
- *Falta de publicaciones con rigurosa evidencia empírica sobre RE preuniversitaria de los EA a estudiar,* más de Iberoamérica que de España, lo que conlleva a que tampoco aparezcan en las revisiones sistemáticas de la literatura realizadas por otros autores (Ferrada y cols., 2020). Además, podemos haber descuidado ciertos trabajos, como informes de fundaciones o instituciones educativas, que no estaban disponibles de manera fácil y amplia. No obstante, intentamos incluir publicaciones de instituciones reconocidas como la Fundación Omar Dengo de Costa Rica en nuestro estudio.

Consideramos que a pesar de las limitaciones encontradas en la presente tesis doctoral, nuestra investigación ha logrado aumentar el conocimiento científico sobre la RE. Igualmente, sabemos que la continuidad de este proceso está garantizada al reconocer, que la respuesta a un problema siempre genera nuevas interrogantes o como suele decir el Doctor Joaquín García Carrasco (Profesor durante mis estudios en la Universidad de Salamanca) «¿y si no fuera toda la verdad?».

7.4. Futuras líneas de investigación

Este trabajo de investigación constituye un estímulo para la realización de nuevos estudios relacionados, que surgen a partir de la literatura consultada sobre RE preuniversitaria, de la discusión de los resultados obtenidos en nuestra encuesta y de las conclusiones. A continuación presentamos seis planteamientos, todos ellos destinados al EAR Escolar y su introducción al currículo:

- Se ha podido comprobar en este estudio, cómo la evaluación de los aprendizajes al realizar actividades de RE preuniversitaria requiere una mirada más profunda a lo que ocurre durante la construcción y programación de robots educativos (no únicamente una prueba antes y después). En este aspecto, se considera de interés el estudio del proceso de evaluación completo: su finalidad, el tipo y los instrumentos de evaluación adecuados a cada uno de los diferentes niveles educativos.
- En lo que respecta a los conocimientos y apoyos que requiere un docente para utilizar la robótica como herramienta de aprendizaje, se hace necesario indagar más sobre el desarrollo estandarizado y probado de planes de estudios que vinculen fuertemente las actividades de RE con el currículo tradicional, y de programas relacionados con la formación docente que, además de involucrar los aspectos tecnológicos (PR y LP), aporten una metodología integral para su enseñanza.
- Dada la complejidad y dinamismo inherentes a la robótica, parece que se hace necesario el desarrollo de estudios, más que transversales, longitudinales, que permitan una comprensión más completa, basada en evidencia empírica, de las posibilidades de la RE en el EA Escolar a largo plazo. Además, investigar a los participantes de comunidades de aprendizaje de RE a lo largo de los años sería de gran valor para determinar las prácticas que hacen que su integración en el aula sea eficaz. Dicha investigación también sería útil para conocer cómo formar profesionales que estén adecuadamente preparados para obtener los máximos beneficios de la robótica educativa.
- Fue evidente que la adquisición de recursos para hacer robótica puede suponer una inversión económica considerable para su integración en el currículo escolar. Esto nos lleva a sugerir realizar más estudios sobre los

nuevos recursos disponibles para hacer RE como lo son: las PR de código abierto y las plataformas virtuales/simuladores de robótica. Sobre este último recurso, hay que investigar especialmente las posibilidades para desarrollar habilidades de pensamiento computacional. También sobre este punto, además de estudiar el robot tangible o la plataforma virtual, se debe prestar atención a la documentación (libros, guías, tutoriales virtuales, entre otros), tanto para el docente como para el estudiante, que acompaña dicho recurso.

- En la literatura científica se enfatiza en la naturaleza multidisciplinar de la robótica para mejorar la educación STEM. En este sentido hace falta desarrollar más estudios donde equipos de docentes apliquen la robótica para realizar actividades STEM interdisciplinarias en colaboración. Por lo tanto, el trabajo futuro debería proporcionar más evidencia empírica sobre el potencial de esta característica inherente a la robótica en la educación STEM y en otras asignaturas.
- Finalmente, el entorno dinámico del aula de robótica conlleva continuar investigando cómo diseñar entornos de aprendizaje basados en robótica (EAR) que permitan mejorar el rendimiento académico de los alumnos, basados en los resultados de nuestro estudio obtenidos a partir del algoritmo CHAID. Comparar el impacto de diferentes diseños de EAR para determinar su contribución al aprendizaje, a la colaboración, a la motivación, etc. utilizando las variables predictoras descubiertas en esta tesis doctoral y a su vez identificando otras que influyan en el éxito o fracaso de la integración de la robótica en el aula escolar. Para ello, el trabajar con los docentes como co-investigadores lo consideramos muy recomendable. Los educadores y los estudiantes necesitan investigaciones relevantes sobre la orquestación del aula, hacia pautas prácticas para una integración exitosa de la robótica.

7.5. Difusión y publicaciones durante el período doctoral

ID Orcid: [0000-0001-9202-033X](https://orcid.org/0000-0001-9202-033X)

ID Scopus: [56014056500](https://scopus.com/authid/detail.url?authorID=56014056500)

Researchgate: [Kathia Pittí Patiño](https://www.researchgate.net/profile/Kathia-Pitti-Patiño)

En el proceso de realización de esta tesis doctoral y desde distintas oportunidades se ha contribuido con la creciente comunidad de *Robótica Educativa* mediante publicaciones a nivel parcial de esta investigación, con la difusión de las experiencias de RE desarrolladas en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas para el Medio Rural (CITA), en Peñaranda de Bracamonte (Salamanca, España) y con aportaciones al proyecto de innovación educativa a través de la RE desarrollado en Panamá.

Igualmente, desde mi nuevo rol profesional continuo los avances de esta área de investigación así como su divulgación ahora desde Panamá⁸⁵.

Las publicaciones realizadas hasta la fecha han tenido la consideración de la comunidad investigadora de RE al ser citadas en distintos trabajos internacionales⁸⁶. A continuación, compartimos los aportes realizados:

Talleres de difusión

- Taller (videoconferencia desde Panamá): *Diseño de Entornos de Aprendizaje Robóticos (EAR)*, en el Congreso de Robótica Educativa celebrado en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas (Salamanca, España) el 18 de enero de 2014.
- Instructora del taller: *RoboTIC: explora y expande tu catálogo de habilidades «knowmad»*, en el Congreso E-DUCA “Aprendizajes invisibles” celebrado en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas (Salamanca, España) del 02 al 04 de julio de 2012.

⁸⁵ Sitio web del RoboTIC Virtual Fest realizado el 3 de octubre de 2020 <https://robotica.senacyt.gob.pa/> y participación en la videoconferencia “Aprendizaje del Pensamiento Computacional y la Robótica desde edades tempranas” el 7 de noviembre de 2020 (a partir de 2:53:40) <https://www.youtube.com/watch?v=CTmhRuHRHh8>

⁸⁶ Datos obtenidos al 31 de diciembre de 2020 en Google Scholar

Artículos en revistas

- D'Alfonso, D., Warren, N., González, E., Rodríguez, A., Pittí, K., De León, N. (2021). Prácticas docentes de aula en la enseñanza del pensamiento computacional en escuelas medias oficiales y particulares de la región metropolitana de la Ciudad de Panamá. *Acción Y Reflexión Educativa*, (46), 207-230. Recuperado a partir de https://revistas.up.ac.pa/index.php/accion_reflexion_educativa/article/view/1968
- Blanco, F.J., Curto, B., Moreno, V., Pittí, K. y Rodríguez-Aragón, J. (2015). Improving Robotics Teaching in the Computer Engineering Degree through the Action-Research Approach. *International Journal of Engineering Education (IJEE) Special Issue on Innovative Teaching Methods in Engineering*, 31(3), 798-804.
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., Rodríguez Conde, M. J., y Rodríguez-Aragón, J. F. (2014). Using robotics as a learning tool in Latin America and Spain. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 9(4), 144-150. <https://doi.org/10.1109/RITA.2014.2363009> Citaciones: 9
- Pittí Patiño, K., Curto Diego, B., Moreno Rodilla, V. y Rodríguez Conde, Ma. José. (2014). Uso de la Robótica como herramienta de aprendizaje en Iberoamérica y España. *VAEP-RITA*. 2(1), 41-48. Descargado de <http://rita.det.uvigo.es/VAEP-RITA/201403/uploads/VAEP-RITA.2014.V2.N1.A8.pdf> Citaciones: 10
- Pittí Patiño, K., Curto Diego, B. y Moreno Rodilla, V. (2012). E-infocenter, Una herramienta visual para la gestión de proyectos en robótica educativa usando tecnologías web. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 13(2), 137-155. Descargado de <https://revistas.usal.es/index.php/eks/article/view/9019/9263>
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí Patiño, K. y Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 13(2), 74-90. Descargado de <https://revistas.usal.es/index.php/eks/article/view/9000/9245> Citaciones: 71
- Pittí Patiño, K., Curto Diego, B. y Moreno Rodilla, V. (2010). Experiencias constructoras con robótica educativa en el Centro Internacional de

Tecnologías Avanzadas. En De Pablos Pons, J. (Coord.) Buenas prácticas de enseñanza con TIC [monográfico en línea]. *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*.11(1), 310-329. Descargado de <https://revistas.usal.es/index.php/eks/article/view/6294/0> Citaciones: 38

Comunicaciones en Congresos

- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., Rodríguez, Ma. J. 2013. Resources and features of robotics learning environments (RLEs) in Spain and Latin America. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM'13)*, Francisco José García-Peñalvo (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 315-322. <http://doi.acm.org/10.1145/2536536.2536584> Citaciones: 16
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., Blanco, F. J. 2013. A new approach to robotics teaching at computer science engineering degree based on action-research. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM'13)*, Francisco José García-Peñalvo (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 309-314. <http://doi.acm.org/10.1145/2536536.2536583> Citaciones: 3
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., y Ontiyuelo, R. (2012). CITA: Promoting Technological Talent through Robotics. En D. Obdržálek (Ed.), *3rd. International Conference on Robotics in Education*. Descargado de <http://www.ksi.mff.cuni.cz/rie2012/proceedings/2012RiE-15.pdf> Citaciones: 5
- Pittí, K., Curto, B., García Carrasco, J., Moreno, V., y Ontiyuelo, R. (2011). Use of an Infocenter to Improve the Management and Understanding of Project-Based Learning Robotics. En R. Stelzer y K. Jafarmadar (Eds.), *Proceedings of 2nd International Conference on Robotics in Education* (p. 15-20). Viena: INNOC - Austrian Society for Innovative Computer Sciences. Citaciones: 1
- Pittí, K. (2011). La robótica educativa como un entorno tecnológico que promueve el aprendizaje colaborativo. En A. Hernández y S. Olmos (Eds.), *Metodologías de Aprendizaje Colaborativo a través de las tecnologías* (p. 185-194). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca. Citaciones: 8

- Pittí, K., Curto, B., García, J., Moreno, V. (2010). NXT Workshops: Constructionist Learning Experiences in Rural Areas. *Teaching Robotics, Teaching with Robotics, In Workshop Proceedings of SIMPAR 2010*, Darmstadt (Germany) November 15, pp. 504-513. Descargado de <http://www.terecop.eu/SIMPAR2010/TR-TWR-2010/14-TeachingRobotics.pdf>
Citaciones: 6
- Miranda, N., y otros (2012). Robótica Educativa como medio de enseñanza-aprendizaje a nivel de premedia: su aporte desde la Universidad. VIII Congreso Internacional de Educación Superior “Universidad 2012”, 13-17 de febrero, La Habana, Cuba. Descargado de <https://n9.cl/posterre>
- Moreno, I., Muñoz, L., Pittí, K., Quintero, J. y Serracín, J. (2011). Robótica Educativa como herramienta de enseñanza-aprendizaje en colegios secundarios. En CISTI'2011, la 6ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 15-18 de junio, Chaves Portugal. Póster: <https://n9.cl/cerz>

Participación en Proyectos de Innovación Educativa

- Proyecto “Desarrollo de escenarios que faciliten y motiven el aprendizaje de las ciencias y las tecnologías, poniendo al alcance de estudiantes y profesores de colegio, la Robótica Educativa”(2009-2011, APR-I-P09), financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República de Panamá.

Participación como Co-editora en monográfico

- Co-editora del monográfico Vol. 13 (2) 2012 de la *Revista Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información* de la Universidad de Salamanca dedicado a la *Robótica Educativa*. <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/121798/Editorial.pdf>

Como toda tecnología, la robótica seguirá evolucionando y será a través de la investigación constante y de calidad que podemos contribuir a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje donde se utilice.

REFERENCIAS

- Acuña, A. (2004). *Robótica y aprendizaje por diseño*. [En línea]. Fundación Omar Dengo. Descargado de <http://www.educoas.org/portal/bdigital/lae-ducacion/139/pdfs/139pdf7.pdf>
- Acuña, A. (2006). *Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades en diseño para niños, niñas y jóvenes en América Latina*. [En línea]. Fundación Omar Dengo. Descargado de <http://bit.ly/3oi5xBd>
- Acuña, A. (2012). Diseño y administración de Proyectos de Robótica Educativa: lecciones aprendidas. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(3), 6-27. Descargado de <http://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/121822>
- Acuña, A., Castro, M., y Matarrita Obando, D. (2011). *Desarrollo de capacidades para el diseño e implementación de proyectos de robótica educativa en América Latina y el Caribe*. [En línea]. Fundación Omar Dengo - FRIDA. Descargado de <http://bit.ly/2Ntaomg>
- Alimisis, D. (Ed.). (2009). *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*. Atenas: ASPETE. Descargado de http://dide.ilei.sch.gr/keplinet/education/docs/book_TeacherEducationOnRobotics-ASPETE.pdf
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71. Descargado de <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119/85>
- Alimisis, D., Moro, M., Arlegui, J., Pina, A., Frangou, S., y Papanikolaou, K. (2007). Robotics & constructivism in education: The TERECOP project. En *EuroLogo* (p. 19-24).
- Allen, L., Bringas, E., Beder, C., Tibensky, A., y Wardell, J. (2008). *The Young Inventors Project: with LEGO Mindstorms NXT*. New York: Vision Education & Media.
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., y Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering*

- Education Research (J-PEER)*, 9(2), 2.
- Arís, N., y Orcos, L. (2019). Educational robotics in the stage of secondary education: Empirical study on motivation and stem skills. *Education Sciences*, 9(2), 73.
- Arlegui, J., y Pina, A. (2010). Enseñanza-aprendizaje constructivista a través de la Robótica Educativa. En *II Congreso Internacional de Didáctiques*.
- Arlegui, J., y Pina, A. (2016). *Didáctica de la Robótica Educativa. Un enfoque constructivista*. Madrid: Dextra Editorial.
- Arlegui, J., Pina, A., y Moro, M. (2013). A PBL approach using virtual and real robots (with BYOBand LEGO NXT) to teaching learning key competences and standard curricula in Primary level. En F. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings of the first international conference on technological ecosystem for enhancing multiculturalism* (p. 323-328). New York, NY, USA: ACM. doi: 10.1145/2536536.2536585
- Arnal, J., Del Rincón, D., y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Labor.
- Athanasiou, L., Mikropoulos, T. A., y Mavridis, D. (2018). Robotics interventions for improving educational outcomes-a meta-analysis. En (pp. 91–102). Springer.
- Azinian, H. (2009). *Las tecnologías de la información y la comunicación en las prácticas pedagógicas: manual para organizar proyectos*. Buenos Aires: Novedades Educativas.
- Badilla, E., y Chacón, A. (2004). Construcciónismo: objetos para pensar, entidades públicas y micromundos. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 4(1).
- Balcells Camps, I. (2012). *La Robótica aplicada a la materia de Tecnología de la E.S.O. como medio para desarrollar la Creatividad [Trabajo fin de Máster]*. España: Universidad Internacional de La Rioja. Descargado de <http://reunir.unir.net/handle/123456789/693>
- Barak, M., y Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289-307. doi: 10.1007/s10798-007-9043-3
- Baran, B., y Kiliç, E. (2015). Applying the chaid algorithm to analyze how achievement is influenced by university students' demographics, study habits, and technology. *Educational Technology & Society*, 18(2), 323–355.
- Barker, B., y Ansoorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229-243.
- Barker, B., Nugent, G., Grandgenett, N., y Adamchuk, V. (2012). *Robots in K-12 Education: a New Technology for Learning*. Hershey PA: IGI Global.
- Barr, D., Harrison, J., y Conery, L. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Barranco, A. (2012). La robótica educativa, un nuevo reto para la educación panameña. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 9-17. Descargado de <http://hdl.handle.net/10366/121800>
- Barrón Ruiz, A. (1991). *Aprendizaje por Descubrimiento: Análisis crítico y reconstrucción teórica*. Salamanca: Ed. Universidad de Salamanca y Amarú.

- Barrón Ruiz, A. (1993). Aprendizaje por descubrimiento: principios y aplicaciones inadecuadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 3-11.
- Barroso, J., y Cabero, J. (2010). *La investigación educativa en TIC. Visiones prácticas*. Upper Saddle River, NJ: Madrid: Síntesis.
- Basel, V. (2012). Proyecto ICARO Robótica pedagógica con software y hardware libre. En 9° *Jornadas Argentinas de Software Libre* (p. 139-152). Descargado de http://41jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/13_JSL_2012.pdf
- Basel, V. (2020). Hardware libre en el aula: Una experiencia de capacitación en el uso de recursos educativos abiertos en escuelas técnicas en tucumán, argentina. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 11(20), 202–2011.
- Basoeki, F., Libera, F., Menegatti, E., y Moro, M. (2013). Robots in education: new trends and challenges from the Japanese market. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 51-62.
- Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988. doi: 10.1016/j.compedu.2011.10.006
- Berlanga, V., Rubio Hurtado, M. J., y VilàBaños, R. (2013). Cómo aplicar árboles de decisión en spss. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2013, vol. 6, num. 1, p. 65-79.
- Bers, M. U. (2010). El programa de robótica TangibleK. Pensamiento computacional aplicado para niños pequeños. *Investigación y Práctica de la Niñez Temprana*, 12(2). Descargado de <https://ecrp.illinois.edu/v12n2/bers-sp.html>
- Bezerra, J. E., Queiroz, P. G. G., y de Lima, R. W. (2018). A study of the publications of educational robotics: A systematic review of literature. *IEEE Latin America Transactions*, 16(4), 1193–1199. doi: 10.1109/TLA.2018.8362156
- Bisquerra, R. (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Bordas, M. I., y Cabrera, F. (2001). Estrategias de evaluación de los aprendizajes centrados en el proceso. *Revista española de pedagogía*, 218, 25-48.
- 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. Descargado de <http://hdl.handle.net/10366/121799>
- Bruce, B. C., y Levin, J. A. (1997). Educational technology: Media for inquiry, communication, construction and expression. *Journal of Educational Computing Research*, 17(1), 79-102.
- Bruce, B. C., y Levin, J. A. (2003). Technology as Media: A Learner Centered Perspective. En Y. Zhao (Ed.), *What should teachers know about technology? perspectives and practices* (p. 45-51). USA: Information Age Publishing.
- Caballero-González, Y., Muñoz, L., y Muñoz-Repiso, A. G. (2019, Oct). Pilot experience: Play and program with bee-bot to foster computational thinking learning in young children. En *2019 7th international engineering, sciences and technology conference (iestec)* (p. 601-606). doi: 10.1109/ IESTEC46403.2019.00113
- Caballero González, Y. A., y Valcárcel Muñoz-Repiso, A. G. (2020). Fortaleciendo el pensamiento computacional y habilidades sociales

- mediante actividades de aprendizaje con robótica educativa en niveles escolares iniciales. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(58), 117–142.
- Cabero, J., Llorente, M. C., y Salinas, J. (2008). El método de proyectos de trabajo. En J. Cabero y P. Román (Eds.), *E-actividades, un referente básico para la formación en Internet* (p. 35-50). Sevilla: Editorial MAD, S. L.
- Carbonaro, M., Rex, M., y Chambers, J. (2004). Using LEGO Robotics in a Project-Based Learning Environment. *The Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 6(1). Descargado de <http://imej.wfu.edu/articles/2004/1/02/index.asp>
- Caro, D. C., Solorzano, G. P., Avellaneda, M. F., y Bustos, T. P. (2006). Didactic material development for robotics in non-formal technology education. En *2006 IEEE 3rd Latin American Robotics Symposium* (pp. 180–186). doi: 10.1109/LARS.2006.334314
- Casanova, M. A. (1999). *Manual de evaluación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Castillo Arredondo, S. (Ed.). (2002). *Compromisos de la evaluación educativa*. Madrid: Prentice Hall.
- Castro, M. D., y Acuña, A. L. (2012). *Propuesta Comunitaria con Robótica Educativa: valoración y resultados de aprendizaje* (Vol. 13) (n.º 2). Descargado de <http://hdl.handle.net/10366/121804>
- Cea, M. (2004). *Métodos de encuesta: teoría y práctica, errores y mejora*. Madrid: Síntesis.
- Cejka, E., Rogers, C., y Portsmore, M. (2006). Kindergarten robotics: Using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711-722.
- Çetin, M., y Demircan, H. Ö. (2020). Empowering technology and engineering for stem education through programming robots: a systematic literature review. *Early Child Development and Care*, 190(9), 1323–1335.
- Chambers, J. M., Carbonaro, M., Rex, M., y Grove, S. (2007). Scaffolding knowledge construction through robotic technology: A middle school case study. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, 6, 55–70.
- Chronaki, A., y Alimisi, R. (2010). Engaging young children to "control" technology: emotion, negotiation, agency. En E. Menegatti (Ed.), *Simpar workshops* (pp. 624–638). Descargado de <http://www.terecop.eu/SIMPAR2010/TR-TWR-2010/27-TeachingRobotics.pdf>
- Cohen, L., y Manion, L. (1990). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Coll, C., Pozo, J., Sarabia, B., y Valls, E. (1992). *Los contenidos en la Reforma : enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- Comité Español de Automática. (2011). *El libro blanco de la robótica en España: Investigación, tecnologías y formación*. CEA - GTRob.
- Couper, M. P. (2000). Web surveys: A review of issues and approaches. *The Public Opinion Quarterly*, 64(4), 464-494.
- Cristóforis, P. D., Pedre, S., Nitsche, M., Fischer, T., Pessacq, F., y Pietro, C. D. (2013). A Behavior-Based Approach for Educational Robotics Activities. *Education, IEEE Transactions on*, 56(1), 61-66. doi: 10.1109/TE.2012.2220359
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Fluir: una psicología de la felicidad*. Barcelona: Kairós.

- CSTA & ISTE. (2011). *Computational Thinking Leadership Toolkit [Pensamiento Computacional, caja de herramientas]*. Traducido al español por EDUTEKA. Descargado de <http://www.eduteka.org/PensamientoComputacional1.php>
- Curto, B., y Pittí, K. (Eds.). (2012). Robótica educativa [Monográfico en línea]. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(1), 1-172. Descargado de http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/issue/view/617
- David, A., Hanesian, H., y Novak, J. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- De Aruani, M. B. (2006). *Evaluación de los aprendizajes: manual para docentes*. Buenos Aires: Novedades Educativas.
- Declaración de Budapest*. (1999). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico [En línea]. Descargado de <https://bit.ly/3pdfDQ1>
- Dede, C. (Ed.). (2000). *Aprendiendo con tecnología*. Buenos Aires: Paidós.
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. *21st century skills: Rethinking how students learn*, 51-76.
- De Miguel Díaz, M. (Ed.). (2006). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias : orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Demo, G. B., Moro, M., Pina, A., y Arlegui, J. (2012). In and out of the School Activities Implementing IBSE and Constructionist Learning Methodologies by Means of Robotics. En B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, y V. Adamchuk (Eds.), *Robots in K-12 Education: a New Technology for Learning* (p. 66-92). Hershey PA: IGI Global. doi: 10.4018/978-1-4666-0182-6.ch004
- Dufoyer, J. P. (1991). *Informática, Educación y Psicología del Niño*. Barcelona: Herder.
- Dupont, Y., Sauvé, É., y Touchette, P. (2010). *La Robotique pédagogique en classe*. Québec: Éditions Didac-tic.
- Eguchi, A. (2012). Educational Robotics Theories and Practice: Tips for how to do it Right. En B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, y V. Adamchuk (Eds.), *Robots in K-12 Education: a New Technology for Learning* (p. 1-30). Hershey PA: IGI Global. doi: 10.4018/978-1-4666-0182-6.ch001
- Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699.
- Escobar, M. (1998). Las aplicaciones del análisis de segmentación: El procedimiento chaid. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*(1), 13-49.
- Estalella, A., y Ardévol, E. (2011). e-research: desafíos y oportunidades para las ciencias sociales. *Convergencia*, 18(55), 87-111.
- European Commission, High Level Group on Science Education. (2007). *Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Descargado de http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

- Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, F. J., Díaz-Levicoy, D., y Silva-Díaz, F. (2020). La robótica desde las áreas stem en educación primaria: una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, 18.
- García Carrasco, J. (2009a). Educación, cerebro y emoción. *Aula*, 15(91-115).
- García Carrasco, J. (2009b). Las formas de alfabetización cultural en la sociedad de la información. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 10(1), 49-75. Descargado de http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_10_01/n10_01_garcia_carrasco.pdf
- García Carrasco, J. (2011, 24 de Agosto). Plasticidad y resiliencia humana [archivo de video]. Descargado de http://youtu.be/Pgo_Pwx2gEU
- García-Valcárcel, A. (2003). *Tecnología educativa. Implicaciones educativas del desarrollo tecnológico*. Madrid: La Muralla.
- Gardner, H. (2003). *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (2005). *Las cinco mentes del futuro*. Barcelona: Paidós.
- Gaudiello, I., y Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle: état des lieux et perspectives. *Psychologie Française*, 58(1), 17-40. doi: 10.1016/j.psfr.2012.09.006
- Giang, C., Piatti, A., y Mondada, F. (2019). Heuristics for the development and evaluation of educational robotics systems. *IEEE Transactions on Education*, 62(4), 278-287. doi: 10.1109/TE.2019.2912351
- Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P., y Vilches, A. (Eds.). (2005). Santiago de Chile: OREALC/UNESCO. Descargado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001390/139003s.pdf>
- Goh, H., y Aris, B. (2007). Using robotics in education: lessons learned and learning experiences. *1st International Malaysian Educational Technology Convention*, 1156-1163. Descargado de <https://bit.ly/2NtaV7K>
- Gómez-Álvarez, M. C., Palacio, L. G., Manrique-Losada, B., Villada, B., y Arbeláez, S. (2019). Experiencias exitosas de enseñanza de programación y robótica en educación básica y media. En *2019 14th iberian conference on information systems and technologies (cisti)* (pp. 1-6). doi: 10.23919/CISTI.2019.8760991
- González España, J. J., Jiménez Builes, J. A., y Ramírez Patiño, J. F. (2010). Nuevos modelos de aprendizaje y desarrollo de la creatividad usando agentes robóticos. *Dyna*, 77(162), 205-212.
- González Soto, A. P. (1990). Bases de las estrategias metódicas. En A. Medina y M. L. Sevillano (Eds.), *Didáctica- Adaptación. El currículo: fundamentación, diseño, desarrollo y evaluación* (p. 679-706). Madrid: UNED.
- Griffiths, D., y Blat, J. (2005). éTui: Robots basados en la conducta como andamiaje para la reflexión infantil. En J. Siraj-Blatchford (Ed.), *Nuevas tecnologías para la educación infantil y primaria* (p. 52-71). Madrid: Morata.
- Gura, M. (2011). *Getting Started with LEGO Robotics. A Guide for K-12 Educators*. United States of America: ISTE.
- Gura, M., y King, K. (Eds.). (2007). *Classroom robotics: Case stories of 21st century instruction for millennial students*. Charlotte, NC: Information Age Publishing, Inc.
- Guzdial, M. (2000). Soporte tecnológico para el aprendizaje basado en proyectos. En C. Dede (Ed.), *Aprendiendo con tecnología* (p. 79-107). Buenos

- Aires: Paidós.
- Hamner, E., Lauwers, T., Bernstein, D., Nourbakhsh, I., y DiSalvo, C. (2008). Robot Diaries: Broadening Participation in the Computer Science Pipeline through Social Technical Exploration. En *AAAI Spring Symposium: Using AI to Motivate Greater Participation in Computer Science* (p. 38-43).
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw Hill.
- Hernández Ruiz, I., y Solano, F. P. (2019). La experiencia de las mujeres docentes en la robótica educativa en el marco de un proyecto de extensión universitaria. En J. V. Chaves, M. L. Fernández, H. V. García, M. M. Hernández, y A. G. Hernández (Eds.), *I seminario internacional de la red de mujeres investigadoras* (1.ª ed., pp. 31-38). Heredia, Costa Rica: Centro de Información Documental, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional.
- Hong, N. W. W., Chew, E., y Sze-Meng, J. W. (2016). The review of educational robotics research and the need for real-world interaction analysis. En *2016 14th international conference on control, automation, robotics and vision (icarcv)* (pp. 1-6). doi: 10.1109/ICARCV.2016.7838707
- Horner, S. B., Fireman, G. D., y Wang, E. W. (2010). The relation of student behavior, peer status, race, and gender to decisions about school discipline using chaid decision trees and regression modeling. *Journal of School Psychology, 48*(2), 135-161. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002244050900079X> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2009.12.001>
- Ilieva, V. (2010). ROBOTICS in the Primary School – how to do it? En *Workshop proceedings of simpar 2010* (p. 596-605). Darmstadt, Alemania: 2010.
- Instituto de Tecnologías Educativas. (2010). *Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del nuevo milenio en los países de la OCDE*. OCDE. Descargado de http://recursostic.educacion.es/blogs/europa/media/blogs/europa/informes/Habilidades_y_competencias_siglo21_OCDE.pdf
- INTEF. (2018). *Programación, robótica y Pensamiento Computacional en el aula. Situación en España, enero 2018*. [En línea]. Descargado de <http://code.intef.es/wp-content/uploads/2017/09/Pensamiento-Computacional-Fase-1-Informe-sobre-la-situaci%3b3n-en-Espa%3b1a.pdf>
- Ioannou, A., y Makridou, E. (2018). Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work. *Education and Information Technologies, 23*(6), 2531-2544. Descargado de <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z> doi: 10.1007/s10639-018-9729-z
- Jenkins, T. (2002). On the difficulty of learning to program. *3rd Annual Conference of the LTSN Centre for Information and Computer Sciences, 4*, 53-58.
- Jimenez Jojoa, E. M., Bravo, E. C., y Bacca Cortes, E. B. (2010, Feb). Tool for experimenting with concepts of mobile robotics as applied to children's education. *IEEE Transactions on Education, 53*(1), 88-95. doi: 10.1109/TE.2009.2024689
- Johnson, J. (2003). Children, robotics, and education. *Artificial Life and Robotics, 7*(1-2), 16-21. doi: 10.1007/BF02480880

- Jonassen, D. (2009). Externally modeling mental models. En *Learning and Instructional Technologies for the 21st Century* (p. 1-26). Springer US.
- Jonassen, D., Howland, J., y Marra, R. (2012). *Meaningful learning with technology*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Jonassen, D., y Reeves, T. (1996). Learning with technology: Using computers as cognitive tools. En D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 693–719). New York: Macmillan.
- Jonassen, D., y Strobel, J. (2006). Modeling for Meaningful Learning. En *Engaged learning with emerging technologies* (p. 1-27). Springer Netherlands.
- Jung, S. E., y Won, E.-S. (2018). Systematic review of research trends in robotics education for young children. *Sustainability*, 10(4), 905.
- Karim, M. E., Lemaignan, S., y Mondada, F. (2015). A review: Can robots reshape K-12 STEM education? En *2015 IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)* (pp. 1–8).
- Kass, G. V. (1980). An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 29(2), 119–127.
- Kynigos, C. (2008). Black-and-white-box perspectives to distributed control and constructionism in learning with robotics. En E. Menegatti (Ed.), *SIMPAR workshops* (p. 1-9). Descargado de <http://www.terecop.eu/downloads/simpar2008/kynigos.pdf>
- Lathifah, A., Budiyo, C. W., y Yuana, R. A. (2019). The contribution of robotics education in primary schools: Teaching and learning. *AIP Conference Proceedings*, 2194(1), 020053. Descargado de <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5139785> doi: 10.1063/1.5139785
- LEGO® Education. (2012). *A System for Learning [En línea]*. Descargado de <https://bit.ly/2sEJIBf>
- Libow Martinez, S., y Stager, G. (2013). *Invent To Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press.
- Lin, C. H., y Liu, E. Z. F. (2012). The effect of reflective strategies on students' problem solving in robotics learning. En *2012 IEEE Fourth International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning* (pp. 254–257). doi: 10.1109/DIGITEL.2012.67
- Lindh, J., y Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems? *Computers & Education*, 49(4), 1097-1111. doi: 10.1016/j.compedu.2005.12.008
- López Pastor, V. M. (Ed.). (2009). *Evaluación formativa y compartida en Educación Superior : propuestas, técnicas, instrumentos y experiencias*. Madrid: Narcea.
- Madgison, J. (1989). *Spss/pc+ chaid*.
- Major, L., Kyriacou, T., y Brereton, O. P. (2011). Systematic literature review: Teaching novices programming using robots. En *15th annual conference on evaluation & assessment in software engineering (ease 2011)* (pp. 21–30). doi: 10.1049/ic.2011.0003
- Marqués Graells, P. (2011, 7 de Agosto). Los medios didácticos [En línea]. Descargado de <http://peremarques.pangea.org/medios2.htm>
- Martín-García, A. V., Hernández Serrano, M., y Sánchez Gómez, M. (2014). Fases y clasificación de adoptantes de blended learning en contextos

- universitarios. aplicación del análisis chaid. *Revista Española de Pedagogía*, 72(259).
- Massaty, M. H., Budiyo, C. W., y Tamrin, A. (2020). Revisiting the roles of educational robotics in improving learners' computational thinking skills and their positive behaviour. En (Vol. 1511, p. 012088). IOP Publishing.
- Mataric, M. J. (2007). *The Robotics Primer*. Cambridge: The MIT Press.
- Metiri Group & NCREL. (2003). *EnGauge 21st century skills: Literacy in the digital age*. NCREL. Descargado de <https://bit.ly/3o1P8vs>
- Miglino, O., Lund, H. H., y Cardaci, M. (1999). Robotics as an educational tool. *Journal of Interactive Learning Research*, 10(1), 25-47.
- Miller, D., Nourbakhsh, I., y Siegwart, R. (2008). Robots for Education. En B. Siciliano y O. Khatib (Eds.), *Springer handbook of robotics* (p. 1283-1301). New York: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-3-540-30301-5_56
- Mitchell, R., Warwick, K., Browne, W., Gasson, M., y Wyatt, J. (2010). Engaging Robots: Innovative Outreach for Attracting Cybernetics Students. *Education, IEEE Transactions on*, 53(1), 105-113. doi: 10.1109/TE.2009.2024932
- Mitnik, R., Nussbaum, M., y Soto, A. (2008). An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots*, 25(4), 367-382. doi: 10.1007/s10514-008-9101-z
- Monsalves González, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32(90), 81-117. Descargado de <http://www.redalyc.org/pdf/659/65920055004.pdf>
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí, K., y Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 74-90. Descargado de <http://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/121803>
- Morin, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., y Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1(209-0015), 13.
- Murphy, R. (2000). *Introduction to AI Robotics*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Navarrete, P., Nettle, C. J., Oliva, C., y Solis, M. A. (2016, Oct). Fostering science and technology interest in Chilean children with educational robot kits. En *2016 xiii latin american robotics symposium and iv brazilian robotics symposium (lars/sbr)* (p. 121-126). doi: 10.1109/LARS-SBR.2016.27
- Nourbakhsh, I., Hamner, E., Lauwers, T., Bernstein, D., y Disalvo, C. (2006). A roadmap for technology literacy and a vehicle for getting there: Educational robotics and the TeRK project. En *The 15th IEEE International Symposium Robot and Human Interactive Communication* (p. 391-397).
- Nurbekova, Z. K., Mukhamediyeva, K. M., Davletova, A. H., y Kasymova, A. H. (2018). Methodological system of educational robotics training: Systematic literature review. *Revista Espacios*, 39(15), 28.
- Olaya, P. C., Mosquera, J. C., y Artamónova, I. (2009). Modelos de predicción del rendimiento académico en matemáticas i en la universidad tecnológica de pereira. *Scientia et Technica*, 15(43), 258-263.

- Orlando, S., Gaudioso, E., y Paz, F. D. L. (2020). Supporting teachers to monitor student's learning progress in an educational environment with robotics activities. *IEEE Access*, 8, 48620–48631. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2978979
- Ortiz, J., Bustos, R., y Ríos, A. (2011). System of Indicators and Methodology of Evaluation for the Robotics in Classroom. En R. Stelzer y K. Jafarmadar (Eds.), *Proceedings of 2nd International Conference on Robotics in Education* (p. 63-70). Viena: INNOC – Austrian Society for Innovative Computer Sciences.
- O'Shea, T., y Self, J. (1985). *Enseñanza y aprendizaje con ordenadores. Inteligencia artificial en educación*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Owens, G., Granader, Y., Humphrey, A., y Baron-Cohen, S. (2008). LEGO® therapy and the social use of language programme: an evaluation of two social skills interventions for children with high functioning autism and Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(10), 1944-1957. doi: 10.1007/s10803-008-0590-6
- Pachidis, T., Vrochidou, E., Papadopoulou, C., Kaburlasos, V., Kostova, S., Bonković, M., y Papić, V. (2019). Integrating robotics in education and vice versa; shifting from blackboard to keyboard. *International Journal of Mechanics and Control*, 20(1), 53–69.
- Papert, S. (1981). *Desafío a la mente. Computadoras y educación*. Buenos Aires: Ediciones Galápagos.
- Papert, S. (1995). *La máquina de los niños. Replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Barcelona: Paidós.
- Papert, S. (1999a). *Eight Big Ideas Behind the Constructionist Learning Lab [En línea]*. Descargado de <http://stager.org/articles/8bigideas.pdf>
- Papert, S. (1999b).
En *Logo philosophy and implementation* (p. IV-XVI). LCSI [Traducido al español por EDUTEKA]. Descargado de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/Profesor2>
- Partnership for 21st Century Skills. (2006). *A state leader's action guide to 21st century skills: A new vision for education*. P21. Descargado de <https://bit.ly/2LUGqY9>
- Pastor Mendoza, J., y Revenga De Toro, P. A. (2010). "Semana de la Robótica de la UAH" como herramienta de motivación. En *Actas del IX congreso TAEE (Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica)*. Madrid.
- Pea, R. D., y Kurland, D. M. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming. *New ideas in psychology*, 2(2), 137-168.
- Pedersen, B. K. M. K., Larsen, J. C., y Nielsen, J. (2019). The effect of commercially available educational robotics: a systematic review. En (pp. 14–27). Springer.
- Petre, M., y Price, B. (2004). Using robotics to motivate 'back door' learning. *Education and Information Technologies*, 9(2), 147-158. doi: 10.1023/B:EAIT.0000027927.78380.60
- Piedrahita Plata, F. (2009, 28 de Febrero). El porqué de las TIC en educación [En línea]. EDUTEKA. Descargado de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/PorQueTIC>
- Pina, A., y Rubio, G. (2017). Using educational robotics with primary level students (6-12 years old) in different scholar scenarios: Learned lessons. En (pp. 196–208).

- Pittí, K., Curto, B., García Carrasco, J., y Moreno, V. (2010). NXTWorkshops: Constructionist Learning Experiences in Rural Areas. En *Teaching robotics, teaching with robotics, workshop proceedings of simpar* (p. 504-513).
- Pittí, K., Curto, B., García Carrasco, J., Moreno, V., y Ontiyuelo, R. (2011). Use of an Infocenter to Improve the Management and Understanding of Project-Based Learning Robotics. En R. Stelzer y K. Jafarmadar (Eds.), *Proceedings of 2nd International Conference on Robotics in Education* (p. 15-20). Viena: INNOC – Austrian Society for Innovative Computer Sciences.
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., y Ontiyuelo, R. (2012). CITA: Promoting Technological Talent through Robotics. En D. Obdržálek (Ed.), *3rd. International Conference on Robotics in Education*. Descargado de <https://bit.ly/2KlK9Xc>
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., y Rodríguez, M. J. (2013). Resources and features of robotics learning environments (rles) in Spain and Latin America. En *Proceedings of the first international conference on technological ecosystem for enhancing multiculturalism* (pp. 315–322). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. Descargado de <https://doi.org/10.1145/2536536.2536584> doi: 10.1145/2536536.2536584
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., y Rodríguez Conde, M. J. (2014). Uso de la Robótica como herramienta de aprendizaje en Iberoamérica y España. *IEEE ES*, 2(1), 41–48.
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., Rodríguez Conde, M. J., y Rodríguez-Aragón, J. F. (2014). Using robotics as a learning tool in Latin America and Spain. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 9(4), 144–150.
- Plaza, P. (2019). *Laboratorio dual de robótica educativa*. Tesis Doctoral no publicada, UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España).
- Polino, C. (Ed.). (2011). *Los estudiantes y la ciencia : encuesta a jóvenes iberoamericanos*. Buenos Aires: OEI para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Descargado de <https://bit.ly/3ofTTXr>
- Railsback, J. (2002). *Project-Based Instruction: Creating Excitement for Learning [Aprendizaje por Proyectos]*. Northwest Regional Educational Lab [Traducido parcialmente al español por EDUTEKA]. Descargado de <http://www.eduteka.org/AprendizajePorProyectos.php>
- Ramaswami, M., y Bhaskaran, R. (2010). A chaid based performance prediction model in educational data mining. *IJCSI International Journal of Computer Science*, 7(1), 10–18.
- Reigeluth, C. (2000).
En *Diseño de la instrucción: teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción* (p. 15-40). Madrid: Santillana.
- Resnick, M. (1993). Behavior Construction Kits. *Communications of the ACM*, 36(7), 64-71.
- Resnick, M. (2002). Rethinking Learning in the Digital Age. En G. Kirkman (Ed.), *The Global Information Technology Report: Readiness for the Networked World* (p. 32-37). Oxford University Press. Descargado de <http://llk.media.mit.edu/papers/mres-wef.pdf>
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R., y Silverman, B. (1996). Programmable Bricks: Toys to think with. *IBM Systems Journal*, 35(3-4), 443-452.

- Resnick, M., y Silverman, B. (2005). Some reflections on designing construction kits for kids. En *Proceedings of the 2005 conference on interaction design and children* (p. 117-122). New York, NY, USA: ACM. doi: 10.1145/1109540.1109556
- Ribeiro, A. F. (2009). New ways to learn science with enjoyment: robotics as a challenge.
- Ribeiro, A. F., y Lopes, G. (2020). Learning robotics: a review. *Current Robotics Reports*, 1(1), 1–11. Descargado de <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00002-9> doi: 10.1007/s43154-020-00002-9
- Ricca, A., y Dearmas, R. (s.f.). *Butiá: Robótica educativa en Uruguay*. En línea. Descargado de <http://www.natalnet.br/wre2013/121545.pdf>
- Rodríguez Rebollo, A. (2005). Robótica educativa en Primaria. *Idea La Mancha: Revista de Educación de Castilla-La Mancha*, 1(1), 138-141. Descargado de <http://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/92808/00620073000018.pdf?sequence=1>
- Rogers, C., y Portsmore, M. (2004). Bringing Engineering to Elementary School. *STEM Education*, 5(3 y 4), 17-28.
- Rotherham, A. J., y Willingham, D. (2009). 21st century. *Educational Leadership*, 67(1), 16-21.
- Ruiz del Solar, J. (2010). Robotics-Centered Outreach Activities: An Integrated Approach. *Education, IEEE Transactions on*, 53(1), 38-45. doi: 10.1109/TE.2009.2022946
- Ruiz del Solar, J., y Aviles, R. (2004). Robotics Courses for Children As a Motivation Tool: The Chilean Experience. *IEEE Trans. on Educ.*, 47(4), 474-480. doi: 10.1109/TE.2004.825063
- Ruiz-Velasco, E. (2007). *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Buenos Aires: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Ruiz-Velasco, E. (2012). *Cibertrónica: Aprendiendo con tecnologías de la inteligencia en la web semántica*. Madrid: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., y Pezalla-Granlund, M. (2008). New pathways into robotics: Strategies for broadening participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59-69.
- Salamon, A., Kupersmith, S., y Houston, D. (2008). Inspiring Future Young Engineers Through Robotics Outreach [En línea]. Descargado de http://files.kipr.org/gcer/2008/proceedings/Inspiring_Young_Engineers.pdf
- Salomon, G., Perkins, D., y Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20(3), 2-9.
- Sancho Gil, J. M. (Ed.). (2006). *Tecnologías para transformar la educación*. Madrid: Akal.
- Santin, D. (2006). La medición de la eficiencia de las escuelas: una revisión crítica. *Hacienda Pública Española*, 177(2), 57–82.
- Souza, I. M. L., Andrade, W. L., Sampaio, L. M. R., y Araujo, A. L. S. O. (2018). A systematic review on the use of lego®robotics in education. En *2018 ieee frontiers in education conference (fie)* (pp. 1–9). doi: 10.1109/FIE.2018.8658751
- Stager, G. (2003). The case for computing [En pro de los computadores]. En S. Armstrong (Ed.), *Snapshots! Educational Insights from the*

- Thornburg Center (p. 107-125). Lake Barrington, IL: Thornburg Center for Professional Development. [Traducido al español por EDUTEKA]. Descargado de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/ProComputadores>
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373–394. doi: 10.1002/tea.20238
- Takacs, A., Eigner, G., Kovács, L., Rudas, I. J., y Haidegger, T. (2016). Teacher's kit: Development, usability, and communities of modular robotic kits for classroom education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 30–39.
- Taylor, K., y Baek, Y. (2019). Grouping matters in computational robotic activities. *Computers in Human Behavior*, 93, 99–105. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074756321830596X> doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.010>
- Tejera, G., Aguirre, A., Andrade, F., Gindel, P., Margni, S., y Visca, J. (2011). Butiá: Plataforma robótica genérica para la enseñanza de la informática. En *Congreso Argentino de Sistemas Embebidos* (p. 111-114). Descargado de http://www.sase.com.ar/2011/files/2011/02/case2011_submission_26.pdf
- Titone, R. (1976). *Metodología didáctica*. Madrid: Rialp.
- Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P.-W., Chen, I., Yeo, S. H., y cols. (2016). A review on the use of robots in education and young children.
- Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P.-W., Chen, I.-M., y Yeo, S. H. (2016). A review on the use of robots in education and young children. *Journal of Educational Technology Society*, 19(2), 148–163. Descargado de <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.148>
- TRTWR. (2012). *3rd International Workshop "Teaching Robotics, Teaching with Robotics"*. [En línea]. Descargado de <http://www.terecop.eu/TRTWR2012.htm>
- Umam, M. U. K., Budiayanto, C., y Rahmawati, A. (2019). Literature review of robotics learning devices to facilitate the development of computational thinking in early childhood. En (Vol. 2194, p. 020133). AIP Publishing LLC.
- Universidad de la Frontera. (2003). *Informe: Ejemplos de metodologías para la enseñanza de las Ciencias*. [En línea]. Descargado de <http://bit.ly/2LXFL8m>
- Valls, A., Albó-Canals, J., y Canaleta, X. (2018). Creativity and contextualization activities in educational robotics to improve engineering and computational thinking. En W. Lopuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, y D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in education* (pp. 100–112). Cham: Springer International Publishing.
- Vázquez Alonso, Á., y Manassero Mas, M. A. (2009). La Relevancia de la Educación Científica: Actitudes y Valores de los Estudiantes Relacionados con la Ciencia y la Tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 33–48.
- Vázquez Cano, E. (2012). Simulación robótica con herramientas 2.0 para el desarrollo de competencias básicas en ESO. Un estudio de casos. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 48-73. Descargado de <http://hdl.handle.net/10366/121802>

- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wing, J. (2010, 17 de Noviembre). Computational Thinking: What and Why? [En línea]. Descargado de <http://www.cs.cmu.edu/%7ECompThink/papers/TheLinkWing.pdf>
- Xia, L., y Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in k-12. *Computers & Education*, 127, 267-282.
- Yadav, A., Hong, H., y Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *TechTrends*, 60(6), 565-568.
- Yanco, H. A., Kim, H. J., Martin, F. G., y Silka, L. (2007). Artbotics: Combining art and robotics to broaden participation in computing. En *AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration* (p. 192-197).
- Zabala, A. (Ed.). (2003). *Cómo trabajar los contenidos procedimentales en el aula*. Barcelona: Graó.
- Zapata-Ros, M., y Pérez-Paredes, P. (2018). *El pensamiento computacional, análisis de una competencia clave*. Scotts Valley, CA: Createspace Independent Publishing Platform.
- Zhong, B., y Xia, L. (2020). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79-101. Descargado de <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y> doi: 10.1007/s10763-018-09939-y

**ANEXO A: TORNEOS DE RE
PREUNIVERSITARIA A NIVEL LOCAL,
NACIONAL E INTERNACIONAL
(IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA)**

Torneos de RE Preuniversitaria a nivel Local y Nacional (Iberoamérica y España)

País	Año de inicio	Torneo Local o Nacional de Robótica Educativa Preuniversitaria
Argentina	2000	Olimpiada Argentina de Robótica (Roboliga) http://www.robotliga.edu.ar
	2012	Liga Nacional de Robótica (LNR) https://bit.ly/3iDM5xm
	2015	Encuentro Provincial de Robótica https://bit.ly/2XO215F (Salta) https://bit.ly/3p7Fy0F (Ayacucho)
	2018	4ta Olimpiada Argentina de Tecnología (OATec) - Tema: Robótica http://www.oatec.org.ar/oatec2018/
	2018	Primer campeonato de Robótica organizado por el Centro Tecnológico de Robótica de la UCCuyo https://bit.ly/2XK50Mt
	2018	1º Encuentro Zonal de Robótica Educativa https://bit.ly/2TGG6Or (Tartagal) https://bit.ly/2NT600k (Guachipas)
Bolivia	2013	Liga Boliviana de Robótica® https://www.facebook.com/ligaroboticabolivia/
	2014	Olimpiada Boliviana de Robótica (OBR) https://www.facebook.com/OlimpiadaBolivianaRobotica/
Brasil	2007	Olimpiada Brasileira de Robótica http://www.obr.org.br/
	2009	Torneio Juvenil de Robótica http://www.torneiojrobotica.org
	2010	Desafío de Energía Solar - Robô de Sucata Eletrônica https://bit.ly/2KDAwKh
Chile	2003	Competencia Robótica UTFSM - Categoría Junior http://www.competenciarebotica.cl/
	2011	Interescolar de Robótica Educativa (IRE) https://bit.ly/3sRjp4h
	2014	Encuentro Regional de Robótica Educativa de Calle Larga http://www.roboticacallelarga.cl/
	2011-15	Concurso de Robótica UDP http://robotica.udp.cl/
	2017	Liga de Robótica http://torneorobotica.cl
Colombia	2014	RUNIBOT http://www.academiarunibot.com/
	2017	Concurso de Robótica 'INGenio' https://youtu.be/BQ4mYyEihMk
Costa Rica	2011	Campeonato Intercolegial de Robótica http://campeonatointercolegialderobotica2011.blogspot.com.es
Ecuador	2015	Concurso intercolegial de Robótica - Wimken https://bit.ly/3c1Lep7
Guatemala	2015	Balam Robot Competition https://bit.ly/363sHoN
	2018	Primer Encuentro Nacional de Robótica (Proyecto Balam) http://brc.galileo.edu/

continúa...

País	Año de inicio	Torneo Local o Nacional de Robótica Educativa Preuniversitaria
España	2001	Robolid http://robolid.es/
	2002	Robolot http://www.robolot.org
	2004	RoboCampeones http://robocampeones.org/
	2009	Desafío Robot (Valencia) https://bit.ly/2jbg2qj
	2009	Malakabot http://www.malakabot.com
	2013	TuBot https://bit.ly/2EZjcEU
	2018	`Desafío Las Rozas` Torneo Municipal de Robótica Educativa https://n9.cl/br9K
	2018	Campeonato Escolar de Robótica Educativa STEAM Challenge http://steam.bot/challenge/
	2018	Competición de Robótica: Botschallenges (Guadalajara) https://bit.ly/2I2QKoM
México	2006	RobotiX FAIRE https://www.robotixfaire.com/ https://bit.ly/2F7WgZf
	2010	BajaBot http://www.bajabot.com/
	2011	Encuentro Estatal de Prototipos de Robótica y Desarrollo Tecnológico (Michoacán) https://icti.mx/robotica/
	2017	Olimpiada Mexicana de Tecnología https://olimpiadamextec.com.mx/
	2017	Robofest México https://www.robofestmexico.org/
	2018	1er Concurso de robótica infantil "Héroes de Robótica" https://bit.ly/2F0Rg7x
Panamá	2011	Competencia Intercolegial de Robots http://www.clubderobotica.utp.ac.pa/actividades.html
	2014-16	Robotics Race Track https://bit.ly/3o9usGU
	2015	ROBOTSIS https://bit.ly/2HxjbyF
	2017	Robocracks - Competencia Regional de Robótica de Bocas del Toro https://bit.ly/2O908Mw
Paraguay	2015	PYBOT - Torneo Nacional de Robótica Educativa https://www.facebook.com/TorneoPYBOT/
Perú	2011	Olimpiada de Robótica para Escolares (ORE) http://ucsp.edu.pe/ore/
	2014	Concurso de RE "Construyendo Modelos Robóticos con XO y WeDo" https://bit.ly/2TIH0tQ
Uruguay	2004	Sumo.uy http://sumo.uy
	2014	Olimpiadas de Robótica, Programación y Videojuegos de Plan Ceibal https://bit.ly/2TIJGro
	2018	Batalla Robótica https://bit.ly/2TBbq1T
Venezuela	2008-13	Concurso InterEscolar de Robótica Educativa (IERE) de la UCAB https://bit.ly/2Cmp3ar

Torneos de RE Preuniversitaria a nivel Internacional

Eventos Internacionales de Robótica Educativa Preuniversitaria

FIRST Robótica (For Inspiration and Recognition of Science and Technology)
<https://bit.ly/2oa0ejm>

Es una organización sin ánimo de lucro establecida por Dean Kamen en 1989, cuyo objetivo es estimular a los jóvenes para que se involucren más en la ciencia y en la tecnología. Las cuatro competencias que realizan son:

1. **League Junior FIRST LEGO (Jr. FLL)** es un desafío nuevo cada año para participantes entre 6 y 9 años. Tiene 2 partes: construir una maqueta con piezas de LEGO de forma original y creativa que haga referencia a la solución del problema planteado y preparar un póster ilustrativo que muestre todo lo que han aprendido. *Países:* España, México, Chile, Costa Rica, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay.
2. **FIRST LEGO League (FLL)** Para edades entre 10-16 años, cada edición aborda un tema diferente. El desafío tiene 3 partes: realizar un póster que muestre la integración de los Valores FLL; diseñar, construir y programar un robot para resolver las misiones en la mesa de competición en 2'30"; identificar un problema real relacionado con la temática del desafío y proponer una solución innovadora. *Países:* Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, Honduras, Paraguay, España, Uruguay, México y Perú.
3. **FIRST Tech Challenge (Reto tecnológico, FTC)** es una competición de robótica de nivel medio, lanzada en el 2005, con la intención de ser una competición más accesible y viable para las escuelas. Los robots que se construyen tienen un tamaño aproximado de un tercio del tamaño que se plantea en la FRC y pretende servir de puente entre la competición FLL y la FRC. *Países:* Brasil, Chile, España y México.
4. **FIRST Robotics (Competición de Robótica, FRC)** Inició en 1992. Cada equipo recibe un kit para construir su robot, pero pueden gastar hasta 3.500 dólares adicionales para construir su robot. El reto cambia cada año. Los detalles se dan a conocer a principios de enero y los equipos tienen seis semanas para cumplir su tarea. *Países:* México y España

RoboCupJunior (RCJ) <https://junior.robocup.org/>

Desde 1998 se realiza para jóvenes desde los 14 hasta los 19 años en tres modalidades: OnStage, rescate y fútbol. Son los mismos retos cada año.

Países: Argentina, Brasil, Chile, España, México, Panamá y República Dominicana.

Olympiad (WRO) <https://bit.ly/2HAtiCD>

Se realiza desde el 2004 y consiste en tres desafíos: regular (construir robots diseñados para resolver un reto planteado sobre un tablero. Los retos están inspirados en el país que acoge la final internacional de cada World Robot año), fútbol y reto libre.

Países: Brasil, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua, España, México, Puerto Rico, Panamá y Perú.

VEX Robotics Competition (VRC) <https://www.vexrobotics.com/competition>

A partir de 2007 se organiza este torneo para acercarse de manera lúdica y divertida a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Es un nuevo reto cada año para alumnos de secundaria (12 a 18 años) y universidad (18 a 23 años). Se juega un primer período donde se compete con un robot programado, seguido de 1'45" donde el robot es radio-controlado.

Países: Colombia, Chile, Brasil, España, Paraguay, México, Panamá y Puerto Rico.

continúa...

Eventos Internacionales de Robótica Educativa Preuniversitaria

Eurobot Junior <http://www.eurobot.org/junior>

Surge en 2008 para edades de 8 a 18 años (escuelas primarias y secundarias, clubes de ciencia...). Los robots deben ser controlados (pero el equipo puede construir un segundo robot programado).

País: España.

Robomatrix Junior <http://robomatrix.org/>

Es un evento organizado desde el 2015 por la fundación sin ánimo de lucro Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (SOLACYT) y otras organizaciones, con el fin de apoyar a los estudiantes, profesionales y novatos que vean cómo la tecnología y la robótica les puede ayudar a generar valor a su sociedad y a mejorar la calidad de sus vidas. Competencias para primaria y secundaria.

Países: México, Ecuador, Colombia y Bolivia.

RoboRAVE

<https://www.roborageinternational.org/>

Este torneo para edades de 8 años en adelante y equipos de 2 a 4 integrantes comprende seis retos a-MAZEing Challenge, Fire Fighting Challenge, Line Following Challenge, Jousting Challenge, Robotovate Challenge y Triathlon Challenge.

Países: Argentina, Brasil, Colombia, España y México.

Torneo Mundial de Robótica Educativa (WER) World Educational Robot Contest

<http://www.werage.org/>

Es un concurso internacional de robots para edades de 4 a 18 años. Los retos, metas y dinámicas del torneo WER impulsan el desarrollo de conocimientos y destrezas en torno al diseño, construcción y programación de robots. Estos retos competitivos deben asumirse en grupos de 2-3 participantes.

Países: México (2015) y Panamá (2018).

Campeonato de Robótica "TecnIKIDS" / Robotics Science Competition

<http://bit.ly/3sTmx4e>

TecnIKIDS y SmartCubo, con el respaldo de la Asociación Americana de Robótica y Tecnología, realizan anualmente sus campeonatos. El evento se divide en diferentes categorías para crear un ambiente justo y acorde a las capacidades de cada estudiante, como: primaria menor, primaria mayor y diversificado, entre otras.

Países: México, Costa Rica, El Salvador, Honduras y Guatemala.

Adicionalmente, existen otros torneos específicos de estas regiones:

- *La Copa Turing.* Su objetivo principal es impulsar el estudio de carreras IT entre los estudiantes, acercándolos a la programación y la robótica. AT robots es un juego donde los participantes pondrán a prueba su inteligencia por medio de la generación de uno o varios robots virtuales programados que compiten unos contra otros, obteniendo el triunfo el que

cuenta con la mejor estrategia. El robot se programa con lenguaje Java y se trabaja con un programa llamado Robocode, que es un software libre que se baja de internet, y se instala de modo local en la computadora de cada participante. La actividad se realiza desde 2008 y desde 2014 se cambió el lenguaje Assembler por Java. Las categorías son Mini Copa Turing (de 10 a 15 años) y Copa Turing (de 16 a 19 años). Sitio web <http://www.copaturing.org.ar/>

- *Competencia Virtual de Robótica.* Una competencia virtual consiste en teleoperar⁸⁷ un robot (en estos casos LEGO Mindstorms NXT) ubicado en una sede desde otro ordenador localizado en cualquier otro país y conectado vía Internet. Esta actividad permite mostrar a los participantes distintas posibilidades tecnológicas como: la videoconferencia para ver el escenario y conversar, el acceso remoto por Internet a un ordenador ubicado en otra región y la comunicación bluetooth para manejar el robot. En 2014 tuvo como sede Costa Rica y fue “El Juego Verde”⁸⁸ cuyo reto consistió en cuatro misiones para buscar la solución de problemas ambientales. Los países que han participado en este tipo de iniciativas son: Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica, España, México, Panamá, República Dominicana y Venezuela.

⁸⁷ El Profesor Eduardo Ventura de Rep. Dominicana ha sido uno de los principales promotores de estas actividades internacionales, en este enlace explica en qué consiste teleoperar un robot: <http://redrobotica.org/profiles/blogs/explicacion-tele-operar-un>

⁸⁸ <http://redrobotica.org/page/competencia-virtual-2014>

ANEXO B: CARTA DE SOLICITUD Y GUÍA INFORMÁTICA DE LA ENCUESTA



Salamanca, miércoles, 5 de diciembre de 2012.

Estimado(a) Profesor(a):

Me dirijo a usted para solicitarle su colaboración en la validación de contenido del instrumento de recopilación de datos, destinado a los instructores/docentes que hayan realizado experiencias educativas de robótica en Iberoamérica y España. Le agradezco de antemano el tiempo que pueda dedicarle, pues sus aportaciones como experto me serán de mucha ayuda.

Este cuestionario online (por la situación geográfica de la muestra) forma parte de la tesis doctoral titulada “**Caracterización de Entornos de Aprendizaje basados en Robótica en el Ámbito Preuniversitario de Iberoamérica y España**” que estoy realizando desde el Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca.

El cuestionario online está diseñado para recabar la percepción de los instructores/docentes de España e Iberoamérica sobre aspectos relacionados con su experiencia en la enseñanza-aprendizaje de la “Robótica Educativa” en etapas preuniversitarias, tanto en entornos escolares como extraescolares (para cada entorno se incluyen una categoría específica de competiciones con robots). En consecuencia, se han confeccionado cuatro modelos de cuestionarios en línea para estudiar las características de cada entorno, estos son:

- Análisis de la Robótica Educativa en Entornos **Escolares** Preuniversitarios en Iberoamérica y España.
- Análisis de la Robótica Educativa en Entornos **Escolares** Preuniversitarios en Iberoamérica y España (**finalidad competición**).
- Análisis de la Robótica Educativa en Entornos **Extraescolares** Preuniversitarios en Iberoamérica y España.
- Análisis de la Robótica Educativa en Entornos **Extraescolares** Preuniversitarios en Iberoamérica y España (**finalidad competición**).

Los objetivos generales que este cuestionario aporta a la investigación son:

- Describir las prácticas educativas con robots y su incidencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje, a nivel preuniversitario en Iberoamérica y España.
- Identificar si la elección del kit de robótica/lenguaje de programación constituyen un punto clave para su integración a nivel educativo preuniversitario.
- Conocer el grado de presencia de los atributos constructivistas (constructivistas + tecnología) en los distintos entornos de aprendizaje donde se emplea la robótica educativa.

http://diarium.usal.es/kathia_pitti

kathia_pitti@usal.es



Las diferencias entre los cuestionarios son mínimas para facilitar su posterior análisis grupal. Para efectuar la validación se ha tomado como base el *cuestionario para entornos escolares* por incluir todas las preguntas a analizar.

Como es de rigor le garantizamos la confidencialidad de los datos suministrados. Sin embargo, al aceptar la colaboración como experto, suponemos que no tendrá inconveniente en que figure su nombre en la memoria de investigación, con los siguientes datos: país, centro de trabajo, breve resumen de su experiencia en la temática y/o publicaciones.

Finalmente, en el formulario de validación del cuestionario (también ha sido confeccionado en versión online) “**Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Preuniversitarios en Iberoamérica y España**” encontrará algunas preguntas cuyo propósito es recoger su experta opinión sobre el contenido del mismo.

Una vez más quiero agradecerle su colaboración. Reciba mis más cordiales saludos.

Kathia Pitti Patiño
Doctoranda
Universidad de Salamanca

http://diarium.usal.es/kathia_pitti

kathia_pitti@usal.es



ENLACES

Todos los cuestionarios están habilitados para que pueda ingresar en más de una ocasión desde un mismo ordenador, sin preguntas obligatorias para facilitar su navegación y validación. Estos requisitos cambian en la versión final.

Cualquier consulta enviar un email a kathia_pitti@usal.es

Enlace al cuestionario a validar:

[Validación: Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Escolares Preuniversitarios en Iberoamérica y España.](#)

Enlace al formulario de validación:

[Análisis de la Robótica Educativa en Entornos Escolares Preuniversitarios en Iberoamérica y España.](#)

Enlace al formulario “[Biograma de las características del experto](#)”, también puede enviar sus datos al email kathia_pitti@usal.es: nombre completo, país, cargo e institución donde labora, estudios realizados, experiencia en la temática y/o publicaciones realizadas.

http://diarium.usal.es/kathia_pitti

kathia_pitti@usal.es

GUÍA DE LA ESTRUCTURA DEL CUESTIONARIO

Para facilitarle la validación se presenta a continuación la estructura de las preguntas según las dimensiones y variables analizadas.

Las diferencias entre cuestionarios corresponden a:

- *Pregunta que varía o se incluye según el entorno escolar o extraescolar (#15 y #20).* Las preguntas #32, #33 y #34 (sobre tipos, instrumentos y finalidades de la evaluación) son incluidas o no en el entorno extraescolar mediante la siguiente pregunta dinámica: durante estas actividades extraescolares de robótica evalúa a sus alumnos (sí / no).
- *Única pregunta que se incluye si la finalidad es competición (#15.1).*

Estructura de las preguntas

[#] Número de la pregunta en el cuestionario

(*) Pregunta obligatoria (en la versión final de los cuestionarios)

Pregunta dinámica o filtro (aparece si el encuestado ha elegido una respuesta anterior concreta)

I. PERFIL DEL INSTRUCTOR

- I.1.- País [1] (*)
- I.2.- Edad [2] (*)
- I.3.- Género [3] (*)
- I.4.- Titulación académica [4] (*)
- I.5.- Área de formación [5] (*)
- I.6.- Experiencia como docente [6] (*)
- I.7.- Experiencia como instructor de robótica educativa [7] (*)
- I.8.- Nivel de conocimientos [8] (*)
 - I.8.1.- Tecnológicos
 - I.8.2.- Pedagógicos
 - I.8.3.- Tecnológicos-Pedagógicos
- I.9.- Formación en robótica educativa [9] (*)

II. RECURSOS TECNOLÓGICOS

- II.1.- Tipos de kits de robótica utilizados actualmente [10] (*)
- II.2.- Kit de robótica [11] (*)
- II.3.- Lenguaje de programación [12] (*)
- II.4.- Nivel de dificultad de uso para los alumnos [13] (*)
 - II.4.1.- Kit de robótica
 - II.4.2.- Lenguaje de programación
- II.5.- Guía didáctica [14] (*)
 - II.5.1.- Frecuencia de uso por el instructor (*)
 - II.5.2.- Otro material de apoyo (*)

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE

III.1.- Asignatura (escolar) o Institución (actividad extraescolar) [15] ()*

III.1.1. Tipo de Competición (finalidad competición) [15.1] ()*

III.2.- Edad(es) de los alumnos [16] (*)

III.3.- Número promedio de alumnos en clase [17] (*)

III.4.- Ratio alumnos/kits de robótica [18] (*)

IV. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

IV.1.- Tipo(s) de aprendizaje(s) esperado(s) [19] (*)

IV.2.- Grado de correspondencia de la robótica con: [20] (*) (solo entorno escolar)

IV.2.1- Objetivos curriculares

IV.2.2- Estrategias de enseñanza

IV.3.- Tipo de actividad con una breve descripción [21] (*)

IV.4.- Método(s) de enseñanza utilizado(s) [22] (*)

IV.5.- Etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje [23] (*)

IV.5.1.- Nombre de las etapas

IV.6.- Tipo de agrupamiento para realizar las actividades [24] (*)

IV.7.- Definición y rotación de roles [25] (*)

IV.7.1.- Rotación de los roles ()*

IV.7.2.- Nombre de los roles

IV.8.- Nivel de libertad de los alumnos al construir y/o programar el robot [26] (*)

IV.9.- Interdisciplinaridad [27] (*)

IV.10.- Actitud de los alumnos y del instructor en relación [28] (*)

IV.10.1.- Actitud hacia las actividades con robots (alumnos)

IV.10.2.- Actitud hacia el error (alumnos)

IV.10.3.- Actitud hacia la ciencia y la tecnología (alumnos)

IV.10.4.- Actitud hacia las actividades con robots (instructor)

IV.11.- Nivel de interés femenino [29] (*)

IV.12.- Procesos cognitivos según la actividad de aprendizaje [30] (*)

IV.12.1.- Frecuencia

IV.12.2.- Familiaridad

IV.12.3.- Logro

V.- ATRIBUTOS DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE [31] (*)

V.1.- Activo

V.2.- Manipulativo

V.3.- Constructivo

V.4.- Colaborativo

V.5.- Intencional

V.6.- Complejo

V.7.- Conversacional

V.8.- Contextualizado

V.9.- Reflexivo

V.10.- Tecnológico



VI.- EVALUACIÓN

VI.1.- Tipos de evaluación [32] (*)

VI.2.- Tipos de instrumentos de evaluación [33] (*)

VI.3.- Finalidades de la evaluación [34] (*)

VI.4.- Valoración del aprendizaje de los alumnos [35] (*)

VI.4.1.- Valoración de la mejora en las notas académicas (*)

VI.5.- Valoración de la robótica como herramienta educativa [36] (*)

VII.- DETALLES DE LA PROPIA PRÁCTICA EDUCATIVA

VII.1.- Ventajas y desventajas relacionadas con la robótica educativa [37-40]

VII.2.- Otros comentarios [41]

**ANEXO C: VALIDACIÓN DE LA PRIMERA
VERSIÓN DEL CUESTIONARIO - ANÁLISIS
DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN
ENTORNOS ESCOLARES
PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y
ESPAÑA**



VALIDACIÓN: ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

PRESENTACIÓN

Este cuestionario forma parte de una investigación que estamos realizando desde el Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, con la cual se persigue describir las prácticas educativas con robots y su incidencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje en etapas preuniversitarias.

Su aportación es parte fundamental de este estudio para obtener, a través de su valiosa opinión y experiencia propia, una visión objetiva, precisa y actual sobre este tema.

Como es de rigor le garantizamos un total anonimato así como la confidencialidad de los datos suministrados. En total, completarlo no le llevará más de 20 minutos.

Agradeciéndole de antemano por aceptar compartir su experiencia sobre "Robótica Educativa", que consideramos imprescindible, reciba un cordial y afectuoso saludo.

Kathia Pittí Patiño
Doctoranda

Dra. Belén Curto Diego
Directora de la Tesis

Siguiente->

10%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

uni>ersia



Con la tecnología de:
encuestafacil.com

Continuaré más tarde

INSTRUCCIONES

Como hay diferentes tipos de preguntas, por favor:

- Lea las instrucciones cuidadosamente.
- Las preguntas que son obligatorias están señaladas mediante el símbolo (*).
- Conteste con la mayor objetividad posible.
- No hay respuestas correctas ni incorrectas.

RECUERDE que dispone de la opción "Continuaré más tarde" ubicada en la parte superior derecha.

"Yo hago lo que usted no puede, y usted hace lo que yo no puedo.
JUNTOS PODEMOS HACER GRANDES COSAS".
Madre Teresa de Calcuta



De antemano: ¡MUCHAS GRACIAS POR ESTOS MINUTOS DE SU TIEMPO!

<-Anterior Siguiente->

20%

VNiVERSiDAD D SALAMANCA

Continuaré más tarde

I. PERFIL DEL INSTRUCTOR

1. País

Elija

- Elija
- Argentina
- Bolivia
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Costa Rica
- Cuba
- Ecuador
- El Salvador
- España
- Guatemala
- Honduras
- México
- Nicaragua
- Panamá
- Paraguay
- Perú
- Puerto Rico
- República Dominicana
- Uruguay
- Venezuela

2. ¿Qué edad tiene?

- Menos de 33 años De 33 a 40 años De 41 a 48 años Más de 48 años

3. Género:

- Mujer Hombre

4. Indique la titulación académica de mayor rango que posee:

- Diplomatura Postgrado Doctorado
 Licenciatura Máster Otra (Por favor especifique)

5. Indique el área de conocimiento a la que pertenece sus estudios:

- Arte, Letras y Humanidades Ciencias Ingenierías Ciencias Sociales y Jurídicas Ciencias de la Salud

6. Experiencia como docente en educación formal:

- Ninguna Menos de 5 años De 5 a 10 años De 11 a 20 años Más de 20 años

7. Tiempo de experiencia trabajando en robótica educativa:

- Menos de 1 año De 1 a 3 años De 4 a 6 años De 7 a 9 años De 10 a 12 años De 13 a 15 años Más de 15 años

8. Su nivel de conocimientos en los siguientes aspectos, lo situaría en (de 0-nada a 10-muchísimo):

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tecnológicos (kit de robótica y su lenguaje de programación)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pedagógicos (los procesos y métodos de enseñanza-aprendizaje)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnológicos-pedagógicos (cómo enseñar con robots)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Su formación en robótica educativa la ha adquirido mediante (señale todas las opciones que procedan):

- Experiencia Curso no institucional No tengo ninguna formación
 Autoaprendizaje Curso institucional y con carácter voluntario Otro (Por favor especifique)
 Intercambio con colegas Curso institucional y con carácter obligatorio

<-Anterior Siguiente->

30%



VALIDACIÓN: ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

II. RECURSOS TECNOLÓGICOS

10. ¿Cuántos TIPOS/MARCAS de kits de robótica utiliza actualmente con sus alumnos?

- 1 2 3 más de 3

MUY IMPORTANTE, en su caso, al utilizar ACTUALMENTE distintos kits de robótica educativa con sus alumnos, le solicitamos elija UNO de ellos (recomendamos aquel con el cual Usted tiene MAYOR EXPERIENCIA) para RESPONDER TODAS las preguntas restantes del cuestionario.

11. ¿Qué kit de robótica utiliza actualmente con sus alumnos?

- | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| <input type="radio"/> Placa Arduino | <input type="radio"/> Parallax | <input type="radio"/> Materiales reciclables | <input type="radio"/> Robo-Ed ES |
| <input type="radio"/> GoGo Board | <input type="radio"/> Fischertechnik | <input type="radio"/> mOway | <input type="radio"/> Picaxe |
| <input type="radio"/> Bee-Bot | <input type="radio"/> Lego Mindstorms | <input type="radio"/> Multiplo | <input type="radio"/> Placa PIC |
| <input type="radio"/> VEX | <input type="radio"/> Lego WeDo | <input type="radio"/> Ollo | <input type="radio"/> Otro robot (Por favor especifique) |

12. ¿Qué lenguaje de programación usa principalmente con este kit de robótica?

- | | | | |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Arduino | <input type="radio"/> Minibloq | <input type="radio"/> NXT-G | <input type="radio"/> Scratch |
| <input type="radio"/> MS Robotic Studio | <input type="radio"/> RoboPlus | <input type="radio"/> Physical Etoys | <input type="radio"/> WeDo |
| <input type="radio"/> LabView | <input type="radio"/> RoboPRO / LLWin | <input type="radio"/> Robolab | <input type="radio"/> No requiere |
| <input type="radio"/> BrickCC | <input type="radio"/> NXC | <input type="radio"/> RobotC / C | <input type="radio"/> Otro (Por favor especifique) |

Responda las siguientes preguntas, utilizando como criterios el kit de robótica (pregunta #11) y el lenguaje de programación (pregunta #12).

13. A su juicio, para un alumno sin experiencia previa con estos recursos, el nivel de dificultad para su uso es:

	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Kit de robótica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lenguaje de programación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. ¿Posee este kit de robótica una guía didáctica que oriente al instructor en su uso pedagógico?

- Sí No

Frecuencia de uso de esta guía para impartir su clase:

- Nunca Casi nunca En ocasiones Con frecuencia Siempre

Igualmente, podría indicarnos si utiliza alguno de estos materiales de apoyo en la enseñanza con robots (señale todas las que procedan):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Libro(s) | <input type="checkbox"/> La entidad organizadora del taller/curso |
| <input type="checkbox"/> Internet | <input type="checkbox"/> Otro (Por favor especifique) |
| <input type="checkbox"/> Elaboración propia | <input type="text"/> |

<-Anterior Siguiente->





VALIDACIÓN: ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE

15. Asignatura en la que integra la robótica:

16. Edad(es) de los alumnos que participan en esta clase escolar o actividad extraescolar (señale todas las edades que correspondan):

5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

17. Aproximadamente, número promedio de alumnos por clase o actividad:

Entre 1 y 12 Entre 13 y 18 Entre 19 y 24 Entre 25 y 30 Más de 31

18. El número promedio de alumnos que utilizan un mismo kit de robótica durante la clase es:

Dos (2) Tres (3) Cuatro (4) Más de 4

<-Anterior | Siguiente->

50%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

uni>ersia



Con la tecnología de:
encuestafacil.com

25. Asigna roles a los alumnos:

Sí No

Rota estos roles durante las actividades o clases:

Sí No

Por favor, indique los roles que suele asignar (según sea el tamaño del grupo):

1. <input style="width: 100%;" type="text"/> 2. <input style="width: 100%;" type="text"/> 3. <input style="width: 100%;" type="text"/> 4. <input style="width: 100%;" type="text"/>	5. <input style="width: 100%;" type="text"/> 6. <input style="width: 100%;" type="text"/> 7. <input style="width: 100%;" type="text"/> 8. <input style="width: 100%;" type="text"/>
--	--

26. Nivel de libertad de los alumnos al diseñar, construir y/o programar el robot según los siguientes criterios:

1.- **ESTRUCTURADO** (los alumnos cuentan con una guía paso a paso de todo el proceso).

2.- **SEMIESTRUCTURADO** (los alumnos pueden realizar cambios a la guía facilitada).

3.- **NO ESTRUCTURADO** (los alumnos realizan todo el proceso sin ninguna guía).

4.- **NO PROCEDE** (fase no requerida).

	1	2	3	4
Construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27. ¿Realiza conjuntamente actividades interdisciplinares con otro(s) instructor(es) al utilizar robots en sus clases?

Nunca Casi nunca A veces Frecuentemente Siempre

28. En relación a las actividades propuestas, podría valorar las siguientes afirmaciones:

	Sí	No
Según su percepción ¿A sus alumnos les gusta realizar actividades en clase con este kit de robótica?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estas actividades permiten que: el error deje de tener una connotación negativa, para convertirse en un elemento que motiva a los alumnos a seguir probando y aprendiendo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Estas actividades con robots les fomenta una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología a sus alumnos?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Le resulta agradable como instructor organizar actividades educativas con este kit de robótica?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. En estas actividades con robots, las chicas con respecto a los chicos demuestran un interés:

Menor Igual Mayor No procede

<-Anterior Siguiente->



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA





VALIDACIÓN: ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

30. Valore los ESFUERZOS COGNITIVOS que exigen las ACTIVIDADES DIDÁCTICAS con ROBOTS (ver guía en la parte inferior) según los siguientes criterios:

- **FRECUENCIA**
- **FAMILIARIDAD:** experiencia previa que tienen la mayoría de los alumnos con respecto al proceso cognitivo exigido.
- **LOGRO:** nivel en que el proceso cognitivo ha sido alcanzado por la mayoría de alumnos al finalizar la actividad.

	FRECUENCIA		FAMILIARIDAD		LOGRO	
1. Memorísticas/Reproductivas	Elija	Elija En todas las actividades En la mayoría de las actividades En algunas actividades En ninguna (No procede)	Elija	Elija Muy bajo Bajo Aceptable Alto Muy alto No procede	Elija	Elija Muy bajo Bajo Aceptable Alto Muy alto No procede
2. Analíticas	Elija		Elija		Elija	
3. Resolución de problemas	Elija		Elija		Elija	
4. Críticas	Elija		Elija		Elija	
5. Creativas	Elija		Elija		Elija	
6. Expresivas Simbólicas	Elija		Elija		Elija	
7. Expresivas Prácticas	Elija		Elija		Elija	
8. Metacognitivas	Elija		Elija		Elija	

1. Actividades de aprendizaje MEMORÍSTICAS/REPRODUCTIVAS (Identificar – Recordar – Calcular – Aplicar fórmulas mecánicamente).
2. Actividades ANALÍTICAS (Analizar – Comparar – Relacionar – Clasificar – Abstraer).
3. Actividades de RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS (Deducir, inferir – Comprobar, experimentar – Interpretar - Planificar - Elaborar hipótesis, resolver problemas, tomar decisiones).
4. Actividades CRÍTICAS (Conectar – Evaluar – Argumentar, debatir).
5. Actividades CREATIVAS (Conceptualizar [hacer esquemas, mapas cognitivos...] - Sintetizar, elaborar - Extrapolar, predecir - Imaginar, crear).
6. Actividades EXPRESIVAS SIMBÓLICAS (Representar [textual, gráfico, oral...] – Comunicar - Usar lenguajes [oral, escrito, plástico...]).
7. Actividades EXPRESIVAS PRÁCTICAS (Aplicar - Usar herramientas - Manipular objetos pequeños).
8. Actividades METACOGNITIVAS (Tener conciencia de sus procesos cognitivos de aprendizaje).

<-Anterior Siguiente->



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



Con la tecnología de: encuestasfacil.com

Continuaré más tarde

V. ATRIBUTOS DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE

31. Por favor, indique la frecuencia en qué los siguientes atributos (ver su descripción en la parte inferior) están presentes o no, en este entorno de aprendizaje basado en la robótica educativa.

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Activo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Constructivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colaborativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intencional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Complejo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conversacional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contextualizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reflexivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnológico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ACTIVO: los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.

MANIPULATIVO: aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los objetos de aprendizaje.

CONSTRUCTIVO: los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.

COLABORATIVO: los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, intercambiando y exponiendo puntos de vista.

INTENCIONAL: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.

COMPLEJO: se involucra a los alumnos en la solución de problemas complejos y poco estructurados.

CONVERSACIONAL: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.

CONTEXTUALIZADO: los alumnos realizan tareas que favorecen aprendizajes muy vinculados al mundo real.

REFLEXIVO: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.

TECNOLÓGICO: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

<-Anterior Siguiente->

80%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Continuaré más tarde

VI. EVALUACIÓN

RECUERDE responder las siguientes preguntas, utilizando como criterios las respuestas anteriormente elegidas.

32. ¿Qué tipo(s) de evaluación realiza? Seleccione todas las que utilice.

- Inicial/diagnóstica Autoevaluación Heteroevaluación
 Formativa Coevaluación Otra (Por favor especifique)
 Sumativa

33. ¿Qué instrumento(s) de evaluación aplica durante el proceso de enseñanza-aprendizaje?

- Portafolio Mapas conceptuales Listas de cotejo o control
 Informes Registro anecdótico Matriz de valoración o rúbricas
 Pruebas escritas Exposición Otro (Por favor especifique)

34. Ha utilizado los resultados de la evaluación de los alumnos para las siguientes finalidades:

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Calificarlos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regular la enseñanza, es decir, para reajustar lo que hago como instructor según los resultados que van consiguiendo los alumnos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ayudar a regular el aprendizaje de los alumnos, es decir, para detectar sus dificultades y progresos y ayudarles.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35. ¿Considera que sus alumnos (en general) mejoran sus aprendizajes con las actividades que involucran este kit de robótica?

- Nada Poco Algo Bastante Mucho

En este caso ¿han mejorado también sus calificaciones académicas?

- Nada Poco Algo Bastante Mucho

36. Después de haber desarrollado estas pautas y considerando sus respuestas, ¿qué puntuación le pondría a la robótica, como herramienta para utilizar en su asignatura? Valore de 1 a 10 (1-valor más bajo a 10-valor más alto).

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Por último, en la siguiente sección encontrará preguntas diferentes a las anteriores, de carácter voluntario y cuyo valor para este tema de investigación es muy importante. Agradecemos sus comentarios.

Adelante y mucho ánimo.

<-Anterior Siguiente->

90%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

VALIDACIÓN: ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

VII. DETALLES DE LA PROPIA PRÁCTICA EDUCATIVA

Continuaré más tarde

Por favor, señale las VENTAJAS y DESVENTAJAS, tanto para el instructor como para el alumno, que ha experimentado al utilizar este robot educativo. Para facilitar sus posibles respuestas, se han dividido en estas sub-categorías: metodológicas, tecnológicas, cognitivas, sociales y otras. Sea libre de opinar en cualquiera de ellas.

37. VENTAJAS/BENEFICIOS PARA EL INSTRUCTOR:

Metodológicas:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

38. DESVENTAJAS/DESAFÍOS PARA EL INSTRUCTOR:

Metodológicas:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

39. VENTAJAS/BENEFICIOS PARA EL ALUMNO:

Metodológicas:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

40. DESVENTAJAS/DESAFÍOS PARA EL ALUMNO:

Metodológicas:

Tecnológicas:

Cognitivas:

Sociales:

Otras:

41. ¿Tiene algún otro comentario, opinión o juicio en relación con este kit de robótica educativa y su experiencia pedagógica al utilizarlo?



Si desea COMPARTIR y DIFUNDIR su experiencia en "ROBÓTICA EDUCATIVA", le invitamos a conocer más detalles en la página web que se abrirá al finalizar este cuestionario.

¡ MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO Y POR SU VALIOSA COLABORACIÓN!

<-Anterior Fin->

100%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

uni>ersia



Con la tecnología de:
anqueestafact.com

ANEXO D: FORMULARIO DE VALIDACIÓN



VNIVERSIDAD
DSALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

FORMULARIO PARA LA VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Continuaré más tarde

"ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS ESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN
IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA"

I. CARTA DE PRESENTACIÓN

*

	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Claridad de los planteamientos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adecuación a los destinatarios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Longitud del texto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad del contenido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Modificaciones que haría a la carta de presentación:

Uso del lenguaje:

Estructura:

Contenido:

Otras sugerencias:

II. INSTRUCCIONES PARA EL PROCESO DE RESPUESTA

*

	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Claridad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adecuación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cantidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Modificaciones que haría a las instrucciones (según el número de la pregunta):

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
17.
16.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
32.
33.
34.
35.
36.
37.

- 38. []
- 39. []
- 40. []
- 41. []

Otras sugerencias:

III. PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO

*

	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Orden lógico de presentación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Claridad en la redacción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adecuación a las opciones de respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cantidad de preguntas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adecuación a los destinatarios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eficacia para proporcionar los datos requeridos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Modificaciones que haría a las preguntas o preguntas que eliminaría:

- 1. []
- 2. []
- 3. []
- 4. []
- 5. []
- 6. []
- 7. []
- 8. []
- 9. []
- 10. []
- 11. []
- 12. []
- 13. []
- 14. []
- 15. []
- 16. []
- 17. []
- 16. []
- 18. []
- 19. []
- 20. []
- 21. []
- 22. []

- 23.
- 24.
- 25.
- 26.
- 27.
- 28.
- 29.
- 30.
- 31.
- 32.
- 33.
- 34.
- 35.
- 36.
- 37.
- 38.
- 39.
- 40.
- 41.

Preguntas que agregaría:

IV. VALORACIÓN GENERAL DEL CUESTIONARIO

***Validez de contenido del cuestionario**

- Excelente Buena Regular Deficiente

Percepción general sobre el cuestionario:

Observaciones y recomendaciones:

"Muchas gracias por su VALIOSO aporte a nuestra investigación"

Fin->

VNIVERSIDAD D SALAMANCA

ANEXO E: BIOGRAMA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EXPERTO



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

BIOGRAMA DEL EXPERTO/A

Continuaré más tarde

VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO: "ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS
PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA"

Nombre completo:

País:

Cargo actual y nombre de la Institución donde trabaja:

Estudios realizados:

1.
2.
3.
4.
5.

Experiencia en la temática:

Publicaciones:

"Muchas gracias por su VALIOSO aporte a nuestra investigación"

Fin->

100%

VNIVERSIDAD D SALAMANCA



Con la tecnología de:
encuestafacil.com

**ANEXO F: RESULTADOS CUALITATIVOS
DEL FORMULARIO DE VALIDACIÓN DEL
CUESTIONARIO**

Los resultados cualitativos se detallan según los cuatro (4) apartados del formulario de validación y corresponden a las respuestas de los diez (10) expertos que contestaron (tabla 5.3). Dichas respuestas se presentan en un orden aleatorio para garantizar el anonimato de los expertos. Estos resultados fueron:

Parte I. Carta de presentación

- Contenido:
 - Adecuado (Experto 5)
 - En España parece más adecuado hablar de niveles no universitarios que preuniversitarios. Además de ser el término más común, los grupos objetivo del uso de la robótica educativa no tienen por qué enfocar su formación necesariamente a la universidad (Experto 7). *Cambios: ninguno (entre los dos términos se prefiere seguir usando "preuniversitario").*
 - Correcto (Experto 9)
- Estructura:
 - Clara (Experto 5)
 - Correcta (Experto 9)
- Uso del lenguaje:
 - Completo (Experto 5)
 - Correcto (Experto 9). En todo caso y como motivación para los encuestados se puede especificar el número de encuestados, el número de países participantes, los niveles educativos en los que se está encuestando etc., en especial si estos datos son significativos (Experto 9). *Cambios: se señala el número de países en la carta de presentación, en la versión validada se indica que es para niveles preuniversitarios, mientras que el número aproximado de encuestados es un dato que solamente se incluye en la tesis y no en el instrumento de medición.*

Parte II. Instrucciones para el proceso de respuesta

- Preguntas:
 - Pregunta 2. ¿Qué edad tiene? por Edad (Experto 2). *Cambio realizado.*

- Pregunta 5. Área de conocimiento a la que pertenecen sus estudios (Experto 2). *Cambio realizado.*
 - Pregunta 20. No se entiende que quiere decir con estrategias de enseñanza (Experto 6). *Cambio: pregunta eliminada por la subjetividad de las opciones de respuesta tanto en las estrategias de enseñanza, como en los objetivos curriculares que varían de un país a otro.*
- Otras recomendaciones:
- Experto 9. Aclarar el funcionamiento de “Continuaré más tarde”; he verificado que va bien si vuelvo con el mismo enlace y desde el mismo ordenador después de haber activado esta opción; pero ¿funciona igual si quiero continuar desde otro ordenador? *Cambio: en el apartado de instrucciones se amplía la explicación sobre la opción “Continuaré más tarde” (Figura 5.3).*
 - Experto 10. No debería referirse al kit de robótica sino al recurso tecnológico usado para robótica pues la palabra kit esta estereotipada por los distribuidores de los mismos recursos. *Cambio: aceptado.*

Parte III. Preguntas del cuestionario

- Pregunta 11 y 12. Quizás abriría con más opciones las pregunta 11 y 12. Esto, porque no todos los que hacemos robótica utilizamos kit prefabricados. De la misma manera, no todos los que hacemos robótica, utilizamos los lenguajes de programación informática que nos ofrecen. Yo creo que lo interesante es que los estudiantes puedan hacer sus propios robots con materiales de reciclaje y recuperación y también, que ellos mismos puedan a partir de su lenguaje “natural” o “materno” crear sus propias instrucciones para que se puedan programar los robots (Experto 8). *Cambio: se incluye entre las opciones del recurso tecnológico usado para la robótica: diseño propio (actualmente existen: materiales reciclables y otros); se añade entre las opciones de lenguaje de programación: creado ex profeso.*
- Pregunta 14. Quizás se puede ampliar esta pregunta... hay mucho material de apoyo en la red... y por lo tanto no son “guías oficiales” (Experto 9). *Cambio: se reestructura esta variable de tres indicadores en uno solo: procedencia del material de apoyo utilizado para impartir las clases de robótica educativa.*

- Pregunta 22. No se si Metodología LEGO es una metodología formalmente reconocida como para convertirse en una de las opciones. Por otra parte no se si los encuestados van a ser capaces de discernir entre M. por descubrimiento e indagación... (Experto 7). *Cambio: se reestructuran las opciones de respuesta, eliminando el método de indagación que se subdivide en resolución de problemas y aprendizaje por descubrimiento, se mantiene la “Metodología Lego” definiéndola con mayor exactitud “Metodología Lego Education 4C”.*
- Pregunta 27. Esta pregunta me parece muy interesante, ya que utilizar robótica educativa mas allá de la tecnología es importante.... yo dejaría un hueco para explicar la forma de trabajo interdisciplinar (Experto 9). *Cambio: se incorpora una pregunta dinámica abierta para explicar la forma de trabajo interdisciplinar (si se eligen las opciones: a veces, frecuentemente o siempre).*
- Pregunta 28. Si lo que se pregunta es si se está de acuerdo con las afirmaciones, estas deberían estar redactadas como afirmaciones en lugar de mezclar preguntas y afirmaciones (Experto 7). *Cambio: se reestructuran las preguntas en afirmaciones.*

Parte IV. Valoración general del cuestionario

- Experto 1. Muy buenas y pertinentes las preguntas formuladas pero un poco largo, quizás lo hubiese presentado en dos partes dando tiempo a reflexionar sobre la primera y contestar la segunda parte con más base. Es mi opinión.
- Experto 2. Muy bueno.
- Experto 3. El cuestionario solo debe ser aplicado a profesores que tengan un conocimiento teórico-práctico amplio de la “robótica”.
- Experto 4. Muy bien, recoge amplia variedad de set educativos y de modalidades de uso. Pero lo especial, es que recoge ampliamente aspectos pedagógicos y didácticos fundamentales para el trabajo de la Robótica Educativa.
- Experto 7: Opino que el cuestionario ofrecerá una visión general de cómo ven el uso de robots en el aula los docentes y de su uso en el aula, algo desconocido y fruto en muchos casos de las iniciativas individuales de docentes que no se conforman con hacer las cosas siempre igual.

- Experto 8. Está muy bien diseñado, pero resulta un poco extenso.
- Experto 9. Cuestionario completo, con las ideas claras de lo que queréis y planteando adecuadamente las preguntas.

**ANEXO G: VERSIÓN FINAL DEL
CUESTIONARIO - ANÁLISIS DE LA
ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS
EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN
IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA**



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

PRESENTACIÓN

Este cuestionario forma parte de una investigación que estamos realizando desde el Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, con la cual se persigue describir las prácticas educativas con robots y su incidencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje en etapas preuniversitarias, incluye a 20 países Iberoamericanos y España.

Su aportación es parte fundamental de este estudio para obtener, a través de su valiosa opinión y experiencia propia, una visión objetiva, precisa y actual sobre este tema.

Como es de rigor le garantizamos un total anonimato así como la confidencialidad de los datos suministrados. En total, completarlo no le llevará más de 10 minutos.

Agradeciéndole de antemano por aceptar compartir su experiencia y conocimiento sobre "Robótica Educativa", que consideramos imprescindible, reciba un cordial y afectuoso saludo.

Kathia Pittí Patiño
Doctoranda

Dra. Belén Curto Diego
Directora de la Tesis

Siguiente->

11%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

INSTRUCCIONES

Como hay diferentes tipos de preguntas, por favor:

- Lea las instrucciones cuidadosamente.
- Las preguntas que son obligatorias están señaladas mediante el símbolo (*).
- Conteste con la mayor objetividad posible.
- No hay respuestas correctas ni incorrectas.

RECUERDE que dispone de la opción "CONTINUARÉ MÁS TARDE" ubicada en la parte superior derecha, así si deja el cuestionario a la mitad, al volver lo hará en el mismo punto en el que lo dejó, siempre que use el MISMO ordenador/computadora.

"Yo hago lo que usted no puede, y usted hace lo que yo no puedo. JUNTOS PODEMOS HACER GRANDES COSAS". Madre Teresa de Calcuta

De antemano: ¡MUCHAS GRACIAS POR ESTOS MINUTOS DE SU TIEMPO!



<-Anterior Siguiente->

22%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

I. PERFIL DEL INSTRUCTOR

*1. País:

Elija ▼

- ✓ Elija
- Argentina
- Bolivia
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Costa Rica
- Cuba
- Ecuador
- El Salvador
- España
- Guatemala
- Honduras
- México
- Nicaragua
- Panamá
- Paraguay
- Perú
- Puerto Rico
- República Dominicana
- Uruguay
- Venezuela

*2. Edad:

- Menos de 33 años De 33 a 40 años De 41 a 48 años Más de 48 años

*3. Género:

- Mujer Hombre

*4. Indique la titulación académica de mayor rango que posee:

- Diplomatura Postgrado Doctorado
 Licenciatura Máster Otra (Por favor especifique)

*5. Área de conocimiento a la que pertenece sus estudios:

- Arte, Letras y Humanidades Ciencias Ingenierías Ciencias Sociales y Jurídicas Ciencias de la Salud

*6. Tiempo de experiencia trabajando en robótica educativa:

- Menos de 1 año De 1 a 3 años De 4 a 6 años De 7 a 9 años De 10 a 12 años De 13 a 15 años Más de 15 años

*7. Su formación en robótica educativa la ha adquirido mediante (señale todas las opciones que procedan):

- Experiencia Curso no institucional Curso de modalidad virtual
 Autoaprendizaje Curso institucional y con carácter voluntario No tengo ninguna formación
 Intercambio con colegas Curso institucional y con carácter obligatorio Otra (Por favor especifique)

<-Anterior Siguiente->

33%

VNIVERSIDAD D SALAMANCA



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

II. RECURSOS TECNOLÓGICOS

*8. ¿Cuántos TIPOS/MARCAS de recursos usados para la robótica utiliza actualmente con sus alumnos?

- 1 2 3 más de 3

MUY IMPORTANTE, al utilizar ACTUALMENTE distintos tipos de recursos para hacer robótica con sus alumnos, le solicitamos elija UNO de ellos (recomendamos aquel con el cual usted tiene MAYOR EXPERIENCIA) para RESPONDER TODAS las preguntas restantes del cuestionario.

*9. ¿Qué recurso tecnológico usado para la robótica utiliza actualmente con sus alumnos?

- | | | | |
|-------------------------------------|--|----------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Arduino | <input type="radio"/> Fischertechnik | <input type="radio"/> Multiplo | <input type="radio"/> Placa PIC |
| <input type="radio"/> GoGo Board | <input type="radio"/> Lego Mindstorms | <input type="radio"/> Ollio | <input type="radio"/> Butiá |
| <input type="radio"/> Bee-Bot | <input type="radio"/> Lego WeDo | <input type="radio"/> Robo-Ed ES | <input type="radio"/> Ícaro |
| <input type="radio"/> Diseño propio | <input type="radio"/> Materiales reciclables | <input type="radio"/> Picaxe | <input type="radio"/> Otro (Por favor especifique) |
| <input type="radio"/> Parallax | <input type="radio"/> mOway | | <input type="text"/> |

*10. ¿Qué lenguaje de programación usa principalmente con este recurso para hacer robótica?

- | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Arduino (lenguaje de programación) | <input type="radio"/> RoboPlus | <input type="radio"/> Physical Etoys | <input type="radio"/> WeDo (software) |
| <input type="radio"/> Creado ex profeso | <input type="radio"/> RoboPRO / LLWin | <input type="radio"/> Robolab | <input type="radio"/> TurtleBots |
| <input type="radio"/> LabView | <input type="radio"/> NXC | <input type="radio"/> RobotC / C | <input type="radio"/> No requiere |
| <input type="radio"/> BricxCC | <input type="radio"/> NXT-G | <input type="radio"/> Scratch | <input type="radio"/> Otro (Por favor especifique) |
| <input type="radio"/> Minibloq | | | <input type="text"/> |

Responda las siguientes preguntas del cuestionario, utilizando como criterios el recurso para hacer robótica (pregunta #9) y el lenguaje de programación (pregunta #10) seleccionados anteriormente.

*11. A su juicio, para un alumno sin experiencia previa con estos recursos, el nivel de dificultad para su uso es:

	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Recurso usado para la robótica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lenguaje de programación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*12. El material de apoyo que utiliza para planificar/impartir estas clases procede de (señale todas las opciones):

- Libro(s) El fabricante del recurso
- Internet La entidad organizadora del taller/curso o competición
- Elaboración propia Otro (Por favor especifique)
-

<-Anterior Siguiente->

44%



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE

***13. Entidad que organiza la actividad extraescolar de robótica educativa:**

- | | | |
|---|---------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Asociación / Club de robótica | <input type="radio"/> Fundación / ONG | <input type="radio"/> Padres de Familia |
| <input type="radio"/> Centro escolar | <input type="radio"/> Museo | <input type="radio"/> Proyecto Personal |
| <input type="radio"/> Empresa privada | <input type="radio"/> Universidad | <input type="radio"/> Otra (Por favor especifique) |
-

***14. ¿El objetivo de esta actividad extraescolar es participar en alguna competición de robótica?**

- Sí No

***14a. Nombre de la competición de robótica:**

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="radio"/> Interescolar de robótica UCAB | <input type="radio"/> Olimpiada Mundial de Robótica WRO | <input type="radio"/> Concurso Nacional de Robótica Panamá |
| <input type="radio"/> Junior FLL (6 a 9 años) | <input type="radio"/> Robocampeones | <input type="radio"/> Sumo.uy |
| <input type="radio"/> FLL - First Lego League (10 a 16 años) | <input type="radio"/> RoboCupJunior | <input type="radio"/> Otra competición Local / Nacional (Por favor especifique) |
-

***15. Edad(es) de los alumnos que participan en esta clase escolar o actividad extraescolar (señale todas las edades que correspondan):**

- 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

***16. Aproximadamente, número promedio de alumnos por clase o actividad:**

- Entre 1 y 12 Entre 13 y 18 Entre 19 y 24 Entre 25 y 30 Más de 31

***17. El número promedio de alumnos que utilizan un mismo recurso para hacer robótica durante la clase o actividad es:**

- Dos (2) Tres (3) Cuatro (4) Más de 4

***18. Por favor, indique la frecuencia en qué los siguientes atributos (ver su descripción en la parte inferior) están presentes o no, en este entorno de aprendizaje basado en la robótica educativa.**

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Activo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Constructivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colaborativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intencional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Complejo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conversacional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contextualizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reflexivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnológico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ACTIVO: los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.

MANIPULATIVO: aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los objetos de aprendizaje.

CONSTRUCTIVO: los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.

COLABORATIVO: los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, intercambiando y exponiendo puntos de vista.

INTENCIONAL: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.

COMPLEJO: se involucra a los alumnos en la solución de problemas complejos y poco estructurados.

CONVERSACIONAL: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.

CONTEXTUALIZADO: los alumnos realizan tareas que favorecen aprendizajes muy vinculados al mundo real.

REFLEXIVO: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.

TECNOLÓGICO: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

<-Anterior Siguiente->

56%



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

IV. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

RECUERDE responder las siguientes preguntas, utilizando como criterios las respuestas anteriormente elegidas.

***19. ¿Qué aprendizaje(s) quiere favorecer al utilizar recursos para hacer robótica en sus actividades? (señale todas las opciones que correspondan):**

- Conocimientos conceptuales Procedimentales (habilidades/destrezas) Actitudinales

***20. Indique la frecuencia en qué las siguientes ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE son requeridas a sus alumnos en este entorno de aprendizaje basado en la robótica educativa.**

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Memorísticas/Reproductivas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analíticas (pensamiento analítico)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resolución de problemas (pensamiento complejo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Críticas (pensamiento críticas) y argumentativas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Creativas (pensamiento creativo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expresivas simbólicas (representar, comunicar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expresivas prácticas (aplicar, usar herramientas)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metacognitivas (tener conciencia de los propios procesos cognitivos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***21. Utiliza en sus actividades alguna de estas técnica(s) de enseñanza:**

	Sí	No	No la conozco
Exposición magistral o tradicional (conferencia)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje por diseño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje por descubrimiento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metodología LEGO Education 4C	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje basado en proyectos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendizaje basado en problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otra técnica de enseñanza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***22. El trabajo que realizan sus alumnos está dividido en fases o etapas definidas:**

- Sí No

22a. Por favor, podría mencionar las fases o etapas (según el número que emplee) que desarrollan sus alumnos con este recurso para la robótica:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

***23. Nivel de autonomía de los alumnos al diseñar, construir y/o programar el robot según la información suministrada:**

- 1.- **ESTRUCTURADO** (autonomía limitada, los alumnos cuentan con una guía paso a paso de todo el proceso).
- 2.- **SEMIESTRUCTURADO** (los alumnos pueden realizar cambios a la guía facilitada).
- 3.- **NO ESTRUCTURADO** (máxima autonomía, los alumnos realizan todo el proceso sin ninguna guía).
- 4.- **NO PROCEDE** (actividad no requerida).

	1	2	3	4
Construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***24. Asigna roles a los alumnos:**

- Sí No

*** 24a. Rota estos roles durante las actividades o clases:**

- Sí No

24b. Por favor, indique los roles que suele asignar (según sea el tamaño del grupo en sus clases):

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

***25. En relación a las actividades propuestas, podría valorar las siguientes afirmaciones:**

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
A sus alumnos les motiva realizar estas actividades de robótica educativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estas actividades permiten que: el error deje de tener una connotación negativa, para convertirse en un elemento que motiva a los alumnos a seguir probando y aprendiendo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estas actividades de robótica educativa les fomenta una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología a sus alumnos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le resulta motivador como instructor enseñar con este recurso tecnológico usado para la robótica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

67%



Continuaré más tarde

CUESTIONARIO FINALIZADO

La siguiente sección es de carácter VOLUNTARIO, son preguntas abiertas (ninguna obligatoria) sobre las ventajas y desventajas de la enseñanza con este recurso tecnológico para robótica, cuyo valor al provenir de experiencias reales es extremadamente significativo.

Cualquier aporte es bienvenido.

*26. ¿Desea seguir colaborando?

Sí No

<-Anterior Siguiente->



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



Continuaré más tarde

V. DETALLES DE LA PROPIA PRÁCTICA EDUCATIVA

27. Nos podría indicar si realiza algún tipo de seguimiento o evaluación de los aprendizajes de los alumnos durante esta actividad extraescolar (breve descripción):

28. Según su propia experiencia ¿Qué conocimientos (programación, electrónica, mecánica, etc.) necesita todo instructor de robótica educativa?

Por favor, señale las VENTAJAS y DESVENTAJAS, tanto para el instructor como para el alumno, que ha experimentado al utilizar este recurso tecnológico usado para la robótica.

Para facilitar sus posibles respuestas, se han dividido en estas sub-categorías: metodológicas (solo para el instructor), tecnológicas, cognitivas, sociales y otras.

Sea libre de opinar en cualquiera de ellas.

29. VENTAJAS/BENEFICIOS PARA EL INSTRUCTOR:

Metodológicas:	<input type="text"/>
Tecnológicas:	<input type="text"/>
Cognitivas:	<input type="text"/>
Sociales:	<input type="text"/>
Otras:	<input type="text"/>

30. DESVENTAJAS/DESAFÍOS PARA EL INSTRUCTOR:

Metodológicas:	<input type="text"/>
Tecnológicas:	<input type="text"/>
Cognitivas:	<input type="text"/>
Sociales:	<input type="text"/>
Otras:	<input type="text"/>

31. VENTAJAS/BENEFICIOS PARA EL ALUMNO:

Tecnológicas:	<input type="text"/>
Cognitivas:	<input type="text"/>
Sociales:	<input type="text"/>
Otras:	<input type="text"/>

32. DESVENTAJAS/DESAFÍOS PARA EL ALUMNO:

Tecnológicas:	<input type="text"/>
Cognitivas:	<input type="text"/>
Sociales:	<input type="text"/>
Otras:	<input type="text"/>

33. Por último, ¿Tiene alguna sugerencia o comentario que le gustaría compartir con los instructores que están considerando iniciarse en la robótica educativa?

<-Anterior Siguiente->

89%



ANÁLISIS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN ENTORNOS EXTRAESCOLARES PREUNIVERSITARIOS EN IBEROAMÉRICA Y ESPAÑA

Continuaré más tarde

¡ MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO Y POR SU VALIOSA COLABORACIÓN!



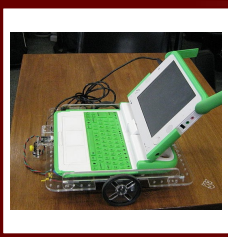
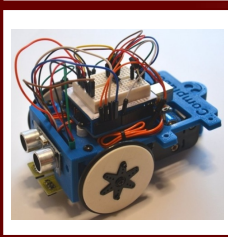
www.tarjetas.com

Si desea COMPARTIR y DIFUNDIR su experiencia en "ROBÓTICA EDUCATIVA", le invitamos a conocer más detalles en la página web que se abrirá al ENVIAR este cuestionario.

<-Anterior Enviar->

100%

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



TESIS DOCTORAL

**Caracterización de Entornos de Aprendizaje
basados en Robótica en el ámbito
preuniversitario de Iberoamérica y España**



VNiVERSiDAD D SALAMANCA