



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 20 de junio de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Edinson Oswaldo Delgado Rivas, con C.C. No. 1075226690, Jesús Camilo Torres Montealegre, con C.C. No. 7730841, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado ROBÓTICA MAKER: Una Estrategia Sintética de Aprendizaje desde las Ciencias de la Complejidad, presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Magister en Estudios interdisciplinarios de la Complejidad;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: EDINSON OSWALDO DELGADO RIVAS

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: JESÚS CAMILO TORRES MONTEALEGRE

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ROBÓTICA MAKER: UNA ESTRATEGIA SINTÉTICA DE APRENDIZAJE DESDE LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
DELGADO RIVAS	EDINSON OSWALDO
TORRES MONTEALEGRE	JESÚS CAMILO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MONTEALEGRE CÁRDENAS	MAURO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MONTEALEGRE CÁRDENAS	MAURO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: MAGISTER EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD

FACULTAD: FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA O POSGRADO: MAESTRIA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 190

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general X Grabados ___ Láminas ___
Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o
Cuadros ___

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: ADOBE ACROBAT READER

MATERIAL ANEXO:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): **MERITORIA**

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Robótica Educativa	Educational Robotics	6. Estrategia Sintética	Synthetic Strategy
2. Pedagogía Emergente	Emerging Pedagogy	7. Paradigma del Caos	Chaos Paradigm
3. Interdisciplinariedad	Interdisciplinarity	8. Creatividad	Creativity
4. Enfoque STLAM	STLAM Approach	9. Sistema Dinámicos	Dynamic System
5. Complejidad	Complexity	10. Sistema Complejo	Complex System

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Esta investigación explora la viabilidad y alcances de un método sintético en el proceso enseñanza-aprendizaje, a través de una analogía neurobiológica y la indisciplina de la robótica educativa como una forma experimental para entender la realidad, integrando de forma natural y espontánea la cultura maker, el enfoque STEAM-STLAM, y otras ciencias inmersas en la sociedad emergente tales como: la filosofía, la pedagogía, la biología, la física, las matemáticas, el lenguaje, las tics y las artes, aplicándolas en el proceso de creatividad, innovación, diseño, construcción, ensamble y prueba de prototipos electrónicos y de robots.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This research explores the viability and scope of a synthetic method in the teaching-learning process, through a neurobiological analogy and the indiscipline of educational robotics as an experimental way to understand reality, naturally and spontaneously integrating the maker culture, the STEAM-STLAM approach, and other sciences immersed in the emerging society such as: philosophy, pedagogy, biology, physics, mathematics, language, tics and the arts, applying them in the process of creativity, innovation, design, construction, assembly and testing of electronic prototypes and robots.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: JASMIDT VERA CUENCA

Firma:

Nombre Jurado: GUSTAVO LONDOÑO BETANCOURT

Firma:

Vigilada mieducación

ROBÓTICA MAKER: Una Estrategia Sintética de Aprendizaje desde las Ciencias de la Complejidad

TESIS DE MAESTRIA

**E. Oswaldo Delgado Rivas
J. Camilo Torres Montealegre**

Director:

PROF. MAURO MONTEALEGRE CÁRDENAS, PH.D.

Universidad Surcolombiana
Facultad de Ciencias Exáctas y Naturales
Programa de Maestría en Estudios Interdisciplinarios y Ciencias de la
Complejidad
Neiva, Colombia
Junio 15 de 2018

ROBÓTICA MAKER: Una Estrategia Sintética de Aprendizaje desde las Ciencias de la Complejidad

TESIS DE MAESTRIA

E. Oswaldo Delgado Rivas

Código: 20162153793

J. Camilo Torres Montealegre

Código: 20162153787

Disertación presentada para optar al título de,
Magister en Estudios Interdisciplinarios y Ciencias de la Complejidad,

Director:

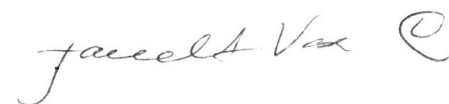
PROF. MAURO MONTEALEGRE CÁRDENAS, PH.D.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS Y CIENCIAS DE LA
COMPLEJIDAD
NEIVA, COLOMBIA
JUNIO 15 DE 2018

Nota de aceptación

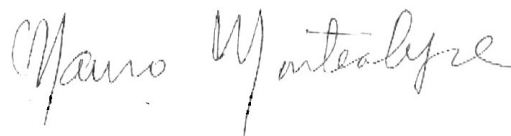
Trabajo de tesis
Aprobado
“Mención Meritoria o Laureada”



Jurado
JASMIDT VERA CUENCA



Jurado
GUSTAVO LONDOÑO BETANCOURT



Director
MAURO MONTEALEGRE CARDENAS

Neiva, Colombia, Junio 15 de 2018

Resumen

Esta investigación explora la viabilidad y alcances de un método sintético en el proceso enseñanza-aprendizaje, a través de una analogía neurobiológica y la indisciplina de la robótica educativa como una forma experimental para entender la realidad, integrando de forma natural y espontánea la cultura maker, el enfoque STEAM-STLAM, y otras ciencias inmersas en la sociedad emergente tales como: la filosofía, la pedagogía, la biología, la física, las matemáticas, el lenguaje, las tics y las artes, aplicándolas en el proceso de creatividad, innovación, diseño, construcción, ensamble y prueba de prototipos electrónicos y de robots.

Palabras Claves: Robótica Educativa, Pedagogía emergente, Interdisciplinariedad, Enfoque STLAM, Complejidad, Estrategia Sintética, Paradigma del Caos, Creatividad, Sistema Dinámico, Sistema Complejo.

Abstract

This research explores the viability and scope of a synthetic method in the teaching-learning process, through a neurobiological analogy and the indiscipline of educational robotics as an experimental way to understand reality, naturally and spontaneously integrating the maker culture, the STEAM-STLAM approach, and other sciences immersed in the emerging society such as: philosophy, pedagogy, biology, physics, mathematics, language, arts and the arts, applying them in the process of creativity, innovation, design, construction, assembly and testing of electronic prototypes and robots.

Keywords: Educational Robotics, Emerging Pedagogy, Interdisciplinarity, STLAM Approach, Complexity, Synthetic Strategy, Chaos Paradigm, Creativity, Dynamic System, Complex System.

AGRADECIMIENTOS

E. OSWALDO DELGADO RIVAS

*Quiero agradecer a Dios, por su amor inagotable, quién ilumina mi vida incluso cuando me parece todo perdido, por rodearme de personas maravillosas y excepcionales como mi esposa **Leidy Johanna Novoa García**, por su incondicional amor y apoyo, al brindarme una voz de aliento en todo momento, a mi mami **Amanda Rivas** y mi papi **Arcenio Delgado** por enseñarme el valor de las cosas, el respeto y la inspiración cuando era niño, a mi hermana **Angie Magdiel Delgado Rivas** por su amor y comprensión, a mi tío **Mario Delgado** y a todos mis familiares que creyeron en la consolidación de este gran sueño.*

*Por otra parte, agradezco a todos mis profesores, por haberme brindado sus conocimientos y haberme preparado con herramientas adecuadas para realizar esta investigación, especialmente al doctor **Mauro Montealegre Cárdenas**, a la profesora **Jasmith Vera Cuenca** y al profesor **Gustavo Londoño Betancourt** por sus ideas y críticas constructivas durante el proceso de formación. Asimismo, al profesor **Carlos Eduardo Maldonado** y **Nelson Obregón**, por su motivación y sus pertinentes recomendaciones.*

*En esta misma dirección, agradezco a las directivas del **Colegio Anglocanadiense de Neiva**, a **Marta Sterling**, a **Rafael González**, **Gloria González** y a todos aquellos, que de una u otra forma siempre me apoyaron, me ayudaron, se preocuparon y nunca dejaron de creer en mí, infinitas gracias.*

A Matia.

AGRADECIMIENTOS

JESÚS CAMILO TORRES MONTEALEGRE

A Dios.

Por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Alba María.

Por su apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Jaime.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi Esposa

Por su apoyo constante, por su compromiso con nuestro hogar, por su talante y sobre todo por su amor incondicional.

A mis amados hijos Julián y Mario.

*Por ser la fuente de mi inspiración y motivación diaria. **A mis familiares.***

A mis hermanos María y Jaime por su amor incondicional y apoyo implícito

¡Gracias a ustedes!

A mis amigos.

Por su colaboración, por su aporte académico, a Édinson Delgado por su entrega absoluta a esta investigación.

A Julian y Mario.

Índice general

1. Planteamiento del Problema de Investigación	15
2. Antecedentes y Justificación	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Justificación	22
3. Marco Teórico	29
3.1. Las Ciencias de la Complejidad	29
3.1.1. Propiedad de Emergencia en los Sistemas Complejos	30
3.1.2. Algunas disciplinas, objetivos, y posibles metodologías de investigación que sustentan la ciencia de los sistemas complejos	31
3.1.3. La Indisciplinabilidad de las Ciencias la Complejidad	32
3.1.4. Algunos Pensadores Interdisciplinarios	33
3.1.5. Modelo Educativo: Un Sistema Complejo Multifactorial.	38
3.1.6. Divergencia entre el Método Analítico y el Método Sintético	40
3.2. Paradigmas Educativos	41
3.2.1. Paradigma Conductual	41
3.2.2. Paradigma Contextual	42
3.2.3. Paradigma Cognitivo	42
3.2.4. Paradigma Humanista	43
3.2.5. Paradigma Constructivista	44
3.2.6. El Paradigma de la Complejidad en la Educación	45
3.2.7. Paradigma del Caos	50
3.3. Analogía Neuropedagógica mediante un Enfoque Mesoscópico	51
3.3.1. Los Descubrimientos de las Neurociencias	51

3.3.2. Plasticidad Neuronal y Cognición	53
3.3.3. Elementos básicos de una red neuronal	55
3.3.4. Procesos de aprendizaje	63
3.3.5. Paradigmas de aprendizaje	64
3.3.6. Optimización de los Ambientes de Aprendizaje mediante la Potencialización de Inteligencias Múltiples	66
3.3.7. Las Emociones en el proceso de Aprendizaje	68
3.4. Enfoques Pedagógicos Emergentes	71
3.4.1. Definición de Pedagogía Emergente	71
3.4.2. Movimiento Maker: la unión entre DIY, DIWO y DIT	71
3.4.3. El enfoque CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad	72
3.4.4. STEAM: una Convergencia entre la Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas	73
3.4.5. Beneficios de la Metodología STEAM	75
3.4.6. Aprendizaje por Competencias	76
3.4.7. Educación Basada en Proyectos (ABP)	77
3.4.8. Creatividad y pensamiento creativo	78
3.4.9. El proceso creativo	79
3.4.10. Diferencias entre el pensamiento Lateral y el pensamiento Vertical	83
3.5. Elementos Básicos de la Robótica	86
3.5.1. Tipos de robots	87
3.5.2. Elementos básicos de la Robótica Móvil	89
3.5.3. Sistemas Dinámicos en la Robotica	96
3.5.4. Modelo cinemático de localización y configuración de robots RMR	96
3.5.5. Dinámica de robots RMR	97
3.5.6. Sistemas Dinámicos en la Robótica	98
4. Objetivos de la Investigación	101
4.1. Objetivo General	101
4.2. Objetivos específicos	101
5. Metodología	103
5.1. Implementación de Proyectos de Robótica Educativa en un currículo No Lineal	103
5.1.1. Aprendizaje de la Robótica y con la Robótica	107

5.2. Descripción de la Estrategia pedagógica	107
5.2.1. Algunos recursos para implementar y adaptar cualquier proyecto de Robótica	110
5.2.2. Metodología de implementación en el aula	111
5.3. Metodología de la investigación	112
5.3.1. La población caso 1: Colegio público	112
5.3.2. La población caso 2: Colegio Anglocanadiense de Neiva	114
5.3.3. La Muestra	115
5.3.4. Los Instrumentos	115
5.3.5. Aplicación de un Sistema Experto de Minería de Datos WEKA (WAIKATO ENVIRONMENT FOR KNOWLEDGE ANALYSIS) y el Método de Árboles de Decisión para la Validación de la Estrategia Sintética de aprendizaje RobMaker.	116
6. Analisis y Discusión de Resultados	119
6.1. Fase de Diagnóstico	119
6.1.1. Resultados de la Encuesta sobre el gusto por las asignaturas	119
6.1.2. Resultados del test de Inteligencias Múltiples	121
6.1.3. Resultados del test de Temperamentos	122
6.1.4. Resultados del test de Dominancia Cerebral	123
6.1.5. Resultados del Examen Diagnóstico	124
6.2. Análisis del Modelo Curricular: Estudio de caso Grado Séptimo	125
6.2.1. Enfoque STLAM	125
6.2.2. Análisis Sintético de la red curricular del grado Séptimo	126
6.2.3. Caso 1: Colegio del sector Público	126
6.2.4. Caso 2: Colegio del sector Privado	126
6.3. Fase de Aplicación de la Estrategia Sintética de Aprendizaje	127
6.4. Fase de Validación	128
6.4.1. Resultados del examen interdisciplinar	128
6.4.2. Resultados de la Encuesta de percepción de aprendizaje aplicada a los estudiantes	130
6.5. Otros resultados de la investigación generados a través del Sistema Experto de Minería de Datos WEKA	134

6.5.1. Resultados Finales de la investigación (Grupo 1, 2 y 3 - 95 estudiantes) usando el Método de Árbol de Decisión con los algoritmos de Clasificación J48, RandomTree y RepTree	134
6.5.2. Impacto académico, derivado del desarrollo de esta tesis	136
7. Conclusiones	139
8. Anexos	161
8.1. Proyectos de Electrónica y Robótica	161
8.1.1. Robots de Cartón	161
8.1.2. Spider Robot: El Cazador de Insectos	162
8.1.3. El Robotónico	162
8.1.4. Seguidor de Línea	162

Índice de figuras

3.1. Feedback de la sesión 3.1	41
3.2. Feedback de la sesión 3.2	51
3.3. Red Neuronal Biológica.	54
3.4. Modelo no lineal de una neurona.	59
3.5. Red Multicapa feedforward completamente conectada.	61
3.6. Actividad interna de la neurona k	64
3.7. Diagrama de bloques del aprendizaje supervisado	64
3.8. Diagrama de bloques del aprendizaje no supervisado	65
3.9. Feedback: Pedagogías Emergentes	77
3.10. Espiral del pensamiento creativo (Resnick, 2007)	78
3.11. Coordenadas de localización de un robot móvil	96
5.1. Aprendizaje con Robótica	107
5.2. Ruta metodológica	115
6.1. Grupo 1 / Encuesta sobre el gusto por las asignaturas	119
6.2. Grupo 2 / Encuesta sobre el gusto por las asignaturas	120
6.3. Grupo 3 / Encuesta sobre el gusto por las asignaturas	121
6.4. Grupo 1 / Resultado del Test sobre las Inteligencias Múltiples.	121
6.5. Grupo 2 / Resultado del Test sobre las Inteligencias Múltiples.	122
6.6. Grupo 3 / Resultado del test de Inteligencias múltiples.	122
6.7. Grupo 1 / Resultado del test de temperamentos	122
6.8. Grupo 2 / Resultado del test de temperamentos	123
6.9. Grupo 3 / Resultado del test de temperamentos	123
6.10. Grupo 1 / Resultadosobre el test de dominancia cerebral	123
6.11. Grupo 2 / Resultado del test de dominancia cerebral	124

6.12. Grupo 3 / Resultado del test de dominancia cerebral	124
6.13. Grupo 1 / Resultado del examen diagnóstico	124
6.14. Grupo 2 / Resultado del examen diagnóstico	124
6.15. Grupo 3 / Resultado del examen diagnóstico	125
6.16. Sltam _{RobMaker}	125
6.17. Currículo lineal en el sector público	126
6.18. Currículo no lineal en el sector privado	126
6.19. Currículo lineal en la perspectiva de la didáctica del profesor sector privado	127
6.20. Proyecto: El Robotónico	127
6.21. Proyecto: El Spider Robot (cazador de insectos)	128
6.22. Proyecto: Robot Velocista Seguidor de Línea Negra	128
6.23. Proyecto: Robot Velocista Seguidor de Línea Negra	128
6.24. Grupo 1 / Resultado del examen Interdisciplinar con el enfoque STLAM	129
6.25. Grupo 2 / Resultado del examen Interdisciplinar con el enfoque STLAM	129
6.26. Grupo 3 / Resultado del examen Interdisciplinar con el enfoque STLAM	129
6.27. Grupo 1 / Resultado de la pregunta 1	130
6.28. Grupo 2 / Resultado de la pregunta 1	130
6.29. Grupo 1 / Resultado de la pregunta 2	131
6.30. Grupo 2 / Resultado de la pregunta 2	131
6.31. Grupo 1 / Resultado de la pregunta 3	132
6.32. Grupo 2 / Resultado de la pregunta 3	132
6.33. Grupo 1 / Resultado de la pregunta 4	132
6.34. Grupo 2 / Resultado de la pregunta 4	133
6.35. Grupo 1 / Resultado de la pregunta 5	133
6.36. Grupo 2 / Resultado de la pregunta 5	133
6.37. Árbol de decisión que determina que aplicar la estrategia sintética de aprendizaje y estimular la interacción del hemisferio izquierdo obtienen desempeños superiores en la prueba interdisciplinar con enfoque STLAM. Algoritmo J48. Confiabilidad: 85 %, error: 15 %.	135
6.38. Árbol de decisión que determina que al aplicar la estrategia sintética de aprendizaje apropiadamente se obtienen desempeños altos en la prueba interdisciplinar con enfoque STLAM. Algoritmo J48. Confiabilidad: 78.9474 %, error: 21.0526 v.	135
6.39. Publicación La Nación; 14 de octubre de 2017	136
6.40. Logo: Grupo de Robótica del Canadiense de Neiva	137

6.41. Poster. El papel de la Interdisciplinariedad de la robótica en la matemática	
aplicada, 2017	137

Introducción

Esta investigación explora la viabilidad y alcances de un método sintético en el proceso enseñanza-aprendizaje, a través de una analogía neurobiológica y la indisciplina de la robótica educativa como una forma experimental para entender la realidad, integrando de forma natural y espontánea la cultura maker, el enfoque STEAM, y otras ciencias inmersas en la sociedad emergente tales como: la filosofía, la pedagogía, la biología, la física, las matemáticas, el lenguaje, las tics y las artes, aplicándolas en el proceso de creatividad, innovación, diseño, construcción, ensamble y prueba de prototipos electrónicos y de robots.

En el primer capítulo se presenta una visión sistémica del problema de investigación, argumentando la pertinencia del mismo.

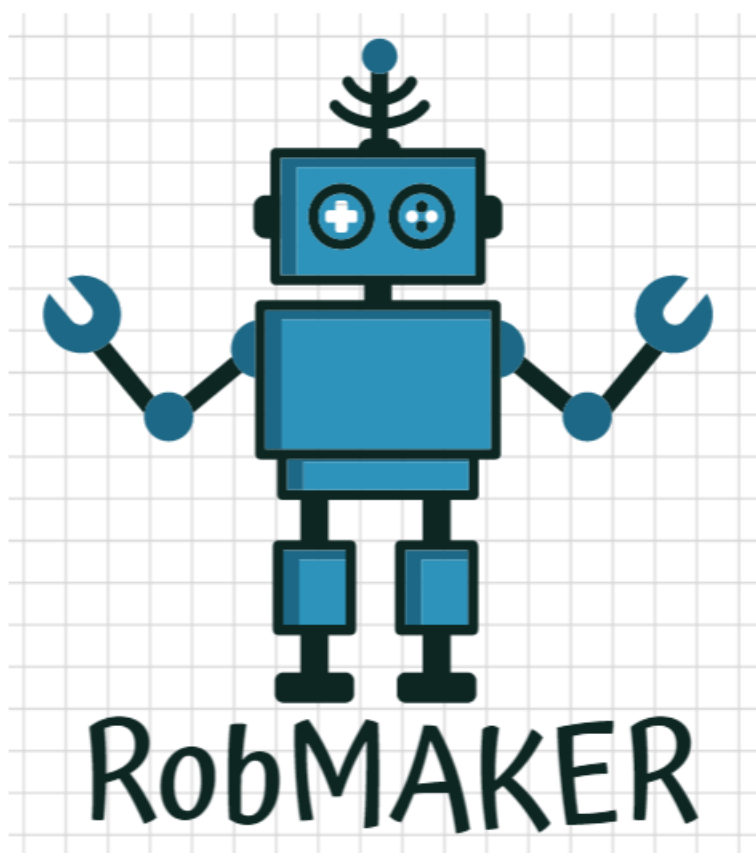
En el segundo capítulo se presenta un estado del arte desde las ciencias de la complejidad, enfoques pedagógicos emergentes, optimización de ambientes de aprendizajes a través de la neurociencias, la interdisciplinariedad de la robótica móvil educativa, algunos elementos básicos de la programación en la robótica, algunos tópicos de sistemas dinámicos aplicados en la robótica, la educación en China, Singapur, Finlandia y las principales inversiones en temas de ciencia, tecnología y robótica por parte del gobierno departamental.

En el tercer capítulo se plantearán los principales objetivos de esta investigación.

El cuarto capítulo presenta la parte experimental de la investigación el cual propone y describe una estrategia no lineal de aprendizaje en el grado séptimo a través de la robótica educativa, donde se describen los recursos para implementar en cada uno de los proyectos mediante un itinerario y una metodología adaptable a los currículos de cualquier institu-

ción educativa.

Finalmente, en el quinto capítulo se presentan los principales resultados de esta investigación analizando con un sistema experto dos casos particulares, que corresponden, a la evolución y adaptación de la propuesta. El primer caso se analizará un grupo de estudiantes en un colegio del sector público, y el segundo caso corresponderá a un grupo de estudiantes de un colegio del sector privado.



Planteamiento del Problema de Investigación

Visión Sistémica del Problema de Investigación

Un factor fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es que existen razones cognitivas que conforman nuestra identidad, se tienen destrezas en una disciplina porque la memoria mediante los sentidos y las emociones han logrado vincular y relacionar grandes cantidades de información relativa a un área específica. Como quiera que sea, esa información permite reconocer rápidamente las características de una situación e indica, a menudo, inconscientemente qué hacer, y cuando hacerlo.

Con ello, en realidad, se puede concebir, que el aprendizaje no es lineal, variable y único en cada persona, adaptativo según el tiempo-espacio debido a la evolución del sistema dinámico que éste genera, en el que pequeños cambios de las condiciones que intervienen, conducen a grandes desviaciones en los resultados. Precisando mejor, una pequeña observación o sugerencia a un estudiante, puede producir cambios en su interpretación sobre alguna situación en particular.

Entre tanto, si se realizan cambios en algunos componentes, como el contexto y las estrategias de aprendizaje en la enseñanza se condicionarían de manera sustancial los aprendizajes logrados. En este sentido, la comunicación juega un papel trascendental en este sistema, de hecho, algunos autores definen el lenguaje como un sistema complejo, no lineal, caótico, sensible a las condiciones iniciales, abierto, dinámico y de carácter fractal *Juan D. [77], J Godino, 2013*.



*Juan D.
Godino*

No obstante, la dificultad estriba, el hecho en nuestra forma de percibir. ¿Qué hace que no veamos las interdependencias del proceso de enseñanza-aprendizaje y qué le proporciona su integridad?, G. Batenson afirma que saber algo sobre una cosa, no es la cosa, sin duda alguna cuando definimos algo separandolo de otra, ponemos límites a nuestra capacidad de reconocer las interrelaciones y su dinámica, esencialmente, cada observador ve al objeto de estudio desde su propia perspectiva, razón por la cual, ponernos de acuerdo a la hora de describir algún fenómeno en particular, no resulta una tarea fácil [21]. G. Batenson, 1991], [115]. G. Lagos Garay, 2004] .

En esta dirección, un problema es complejo cuando el dominio que se tiene sobre el estado del arte en el conocimiento resulta insuficiente para resolverlo, y las herramientas, enfoques, técnicas, heurísticas y aproximaciones tradicionales resultan insuficientes para comprender y resolver el problema [137]. Maldonado, 2017]. Dentro de este contexto, el problema de investigación se presenta mediante el siguiente interrogante: ¿cómo elaborar una estrategia sintética de aprendizaje a través de la robótica educativa que permita reorganizar, integrar y adaptar el proceso de enseñanza en el grado séptimo?. En esta dirección, la complejidad estructural de los nuevos cambios y retos tecnológicos en las instituciones educativas de comienzos del siglo XXI, hace que la implementación de la robótica en el aula, se convierta en una prioridad durante el desarrollo de nuevas estrategias de aprendizaje, o, el mejoramiento de las existentes.

Por otra parte, esta investigación pertenece a la línea de investigación en sociocomplejidad, como una aplicación de los sistemas complejos adaptativos (SAC) a la educación. Asimismo, el sistema complejo a tratar es el proceso enseñanza-aprendizaje en el grado séptimo, considerando cada uno de los programas curriculares de las asignaturas, los estudiantes, los profesores, las estrategias didácticas, los recursos y las competencias como los agentes del sistema, entre tanto, el proceso de intercambio de información es considerado como la dinámica del sistema, y el ambiente de aprendizaje como el entorno.

Antecedentes y Justificación

2.1. Antecedentes

Pensar en incorporar saberes relacionados con el diseño, programación y puesta en marcha de prototipos de robots en etapas escolares de secundaria permite la expansión intelectual de los estudiantes y el desarrollo de sus capacidades cognoscitivas, permitiendo integrar habilidades del siglo XXI en la solución de problemas con cierto grado de complejidad implicando la interacción de habilidades matemáticas, de lenguaje, competencias ciudadanas, entre otras.

Según el estudio realizado por Ms. Ing. Jairo E. Márquez D., y Esp. Ing. Javier H. Ruiz F. de la Universidad de Cundinamarca, [\[132\] Márquez, Ruiz; 2014](#), “La enseñanza que deja la robótica en un entorno pedagógico debidamente planificado y controlado, permite que su incursión en etapas académicas como la secundaria hasta llegar a la universidad, sean un hecho. Por lo que cabe agregar, que el proceso de enseñanza aprendizaje en esta área, motiva y potencia la creatividad del estudiante, conectándolo directamente con la ciencia, la tecnología e ingeniería, donde la física, las matemáticas y la programación, son las bases que se fundamentan y consolidan a medida que el curso avanza”.

En este sentido, la robótica se ha convertido desde los años 70 en sinónimo de desarrollo tecnológico que lleva al progreso y a lograr avances en todos los campos del saber, por esta razón es importante lograr una correcta apropiación de este saber desde tempranas edades en pro de lograr los más altos estándares de calidad educativa y los más altos niveles de competitividad y productividad, la idea es despertar el interés en los estudiantes por la investigación, la ingeniería, la medicina, las ciencias tecnológicas, entre otras.

No obstante, desde la década del 70 se ha venido trabajando con la robótica con fines pedagógicos, y un ejemplo es el sistema de control automatizado para un laboratorio de psicología continuando con los robots LEGO desarrollados para trabajar con estudiantes y permitiendo que esta empresa creciera en gran manera.

En palabras del profesor Gabriel Ocaña Rebollo [168, Ocaña; 2012], “La construcción de robots resulta muy motivadora para los estudiantes de secundaria y es una manera atractiva e innovadora de aprender poniendo en práctica todos los conocimientos teóricos de Ciencias y Tecnología”.

Por otra parte, una de las experiencias educativas en robótica la tiene la institución educativa Turaniana de Roquetas de Mar (Almería) en España son pioneros en Andalucía, ya que se ha convertido en una referencia para diversos Institutos de educación secundaria, entre tanto, el trabajo realizado en este centro educativo dispuso a docentes a la elaboración de currículos desde cero, es decir, a elaborar materiales didácticos y todo lo relacionado con la enseñanza de esta temática. Los materiales se basaron en los robots LEGO Mindstorms NXT y en el software LEGO NXT-G, [159, Moreno, I.; Muñoz, L; 2012].

En países como Japón, Estados Unidos, Corea, y Finlandia, la robótica educativa se ha ido implementando en las aulas como una asignatura de gran importancia en pro de formar ciudadanos competentes. Por ejemplo, en países como España, en algunos colegios (no sólo universidades o centros superiores) se utiliza para que los estudiantes desarrollen distintas competencias y conocimientos a partir de la creación, el ensamblaje y la puesta en funcionamiento de robots. Al igual que estos países, encontramos en el Salvador ejemplos de enseñanza de la robótica, como el presentado por el viceministerio de ciencia y tecnología que puso a disposición de docentes de ese país un manual de robótica para que fuera trabajado por estos con sus estudiantes en clase. Este manual se sitúa dentro de la ejecución del Proyecto de Robótica Educativa El Salvador, con el objetivo de brindar al docente de educación básica algunas herramientas esenciales y necesarias para la incorporación de la ciencia y la tecnología (por medio de la Robótica) en los métodos de enseñanza. Es un elemento dentro de un conjunto de recursos que el viceministerio de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación pone al alcance del docente para capacitarse en el tema de la robótica educativa. [195, Serrano; 2013].

De otro lado, en México el director de robótica educativa Sergio Tejeda Navarrete explicó, “En un aula se le asignan a los estudiantes las herramientas tecnológicas y se aplican nuestras metodologías de robótica y a partir de ello se desarrollan prototipos de robots”, él ha estado muy interesado en trabajar la robótica tal como lo hacen en Corea, por esta razón con sus estudiantes desarrollan prototipos de robots que puedan ser útiles a la sociedad.

Asimismo, en la gran mayoría de los Colegios de la República Argentina se está impulsando la **Robot-liga**, para niños mayores de 11 años. Con esta se busca fomentar el interés por la ciencia, la tecnología y la experimentación, generando conciencia en los jóvenes con respecto al impacto de las nuevas tecnologías en todas las áreas de nuestra vida. En la parte industrial, se está trabajando en el desarrollo de tarjetas integradas con micro controladores para la construcción de robots de diversos tipos. Tal es el caso de la placa DuinoBot, que cuenta con comunicación USB 2.0 y es totalmente compatible con el entorno de programación Arduino.

La robótica educativa en Chile ha tenido grandes saltos en los últimos años. Los talleres de Robótica Edustorm (Tormenta Educativa) tienen una programación anual desde el mes de abril hasta el mes de diciembre. Ahí los estudiantes aprenden los conceptos básicos de la robótica, así como la construcción y programación, utilizando kits educativos: Lego NXT y RCX, Ollo, Parallax, Energías Renovables, Pitágoras y Lego trónica, y esto les permite llevar a la práctica los conceptos teóricos aprendidos en la rama de Educación Tecnológica. Organizan torneos de robótica que ayudan a acercar más a los jóvenes a este campo, en un ambiente creativo que propone prototipos de tecnología combinando material reciclado con circuitos básicos de electrónica. Por otro lado, Chile está haciendo un esfuerzo por incorporar la automatización en su industria. Aunque son conscientes de que no puede competir con grandes potencias mundiales en tecnología, están apostándole a crear una oferta sólida, basada en soluciones robotizadas para un nicho en el mercado.

En Colombia se han realizado trabajos de integración de la robótica pero en su gran mayoría son colegios de carácter privado, un ejemplo de ello es el Gimnasio Campestre San Rafael de la ciudad de Bogotá, este colegio fue el escenario del First LEGO League Colombia 2017, donde 42 equipos se reunieron para compartir sus experiencias en torno al manejo y cuidado del agua.

En términos generales se ha venido trabajando en los colegios del sector privado con la implementación de la robótica como una estrategia de mejoramiento de las capacidades científicas, de diseño, modelación, programación, solución de problemas y trabajo en equipo en pro de potenciar los estudiantes, en los colegios públicos los trabajos han sido más “tímidos remitiéndose en algunos casos a trabajos con LEGOS, pero estos se basan en la construcción del andamiaje y no a la programación de estos.

Robótica Educativa en Colombia y el Huila

En el departamento del Huila se han realizado trabajos significativos en cuanto al desarrollo de tecnologías, software, robótica, y tecnologías de la comunicación, sin embargo aún falta mayor formación a docentes, interés por parte de los entes gubernamentales encargados de apoyar este tipo de iniciativas curriculares.

Un ejemplo lo encontramos en la Institución Educativa Gabriel García Márquez de Neiva, puesto que en el año 2017 se llevó a cabo el segundo encuentro de Tecnología y Robótica, considerado como una fiesta de la innovación [53]. [Diario del Huila, Redacción; 2012](#). Al evento participaron los colegios Ceinar, Atanasio Girardot, Enrique Olaya Herrera, IPC Andrés Rosa, Oliverio Lara Borrero, Gabriel García Márquez y Anglocanaense, y las Universidades Surcolombiana y Antonio Nariño, donde se socializaron prototipos educativos de vehículos, atracciones mecánicas, robots, entre otros, impulsados con energía eléctrica, eólica y paneles solares, permitiendo conocer los procesos tecnológicos que se desarrollan en cada institución bajo la supervisión de docentes especializados.

En este sentido, el primer encuentro de tecnología y robótica tuvo lugar en la IE Enrique Olaya Herrera el año anterior, y surgió como una iniciativa del Programa Colegios de Calidad que se empezó a ejecutar en el año 2012 llegando a beneficiar a cuatro instituciones con la adecuación, dotación y puesta en funcionamiento de laboratorios de ciencias, tecnología, multimedia, redes y telecomunicaciones, gracias a una significativa inversión en alianza del sector cooperativo y la administración municipal.

Un ejemplo más de los trabajos de robótica lo encontramos en Garzón Huila; en este municipio encontramos a Santiago, estudiante del colegio nacional Simón Bolívar de Garzón, Huila, y uno de los más de 20.000 niños de ese departamento que se han beneficiado de la iniciativa Huila construyendo mundo!, un proyecto de carácter pedagógico,

basado en procesos tecnológicos y que ayuda a los chicos a solucionar una de las mayores dudas de las generaciones modernas: ¿qué estudiar y a qué dedicarse en el futuro?

La iniciativa se basa en apoyar a los jóvenes de los grados 9 a 11 para que puedan identificar sus vocaciones vitales y descubrir el sentido de su talento, basados en procesos de apropiación tecnológica, en el uso intensivo y acompañado de programas educativos, juegos y conectividad, con los cuales los jóvenes investigan, junto con los docentes entrenados por el proyecto, su relación con su entorno familiar y social, desde donde logran visualizar sus talentos y oportunidades. Luego de esto, el sistema genera comunidades de práctica, dependiendo de los hallazgos de los diferentes procesos pedagógicos en los que los jóvenes ejercitan sus vocaciones vitales, ciencias, ingenierías, industria creativa, liderazgo social y comunicación social, además de artes, son algunas de las comunidades que han desarrollado en los 50 colegios adscritos, impactando además a 1.500 docentes, 300 directivos y miles de padres de familia que se vinculan en el desarrollo vocacional de los menores.

En la gobernación del señor Carlos Julio González Villa, como parte de una inversión para ofrecer capacitación y formación en contenidos digitales, en convenio con la alcaldía de Pitalito, inició un curso de robótica en el que intervienen estudiantes de establecimientos educativos del Valle de Laboyos, este ciclo de talleres se adelantó en contra jornada escolar en las instalaciones del Punto Vive Lab, ubicadas frente al Hospital.

Allí, sin ningún costo, asistieron estudiantes entre los 9 y 12 años de edad, de las instituciones educativas Colegio Nacional, Montessori, Normal Superior, Liceo Sur Andino y de La Presentación, en este sentido, la directora de Tic de la Gobernación del Huila, ingeniera Yaneth Meneses, informó que de esta manera el Gobierno Seccional avanza en el cumplimiento de las metas del Plan de Desarrollo “El Camino es la Educación”, para cerrar las brechas en el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, especialmente de la población vulnerable.

Por otro lado los trabajos realizados en la anterior administración municipal de Neiva, se lanzó un programa de robótica de la tecno-academia, el director de robótica de la Nasa, Mark Joseph León, fue el encargado de hacer el lanzamiento oficial del programa de robótica de la Tecno academia en la ciudad Neiva, con el que estudiantes de la media

básica podrán acceder a una formación especializada en este tipo de tecnología. El evento que contó con la participación de la secretaria de Educación de la época, Diana Yolima Vargas Suaza, quien se mostró entusiasmada con la implementación de este programa, que se consolidó como uno de los más importantes para el Municipio ya que mediante este se capacitaron 50 jóvenes de las instituciones educativas oficiales de la ciudad en lo que tiene que ver con el desarrollo e implementación de robots. Particularmente, la funcionaria encargada del proyecto explicó que el objetivo principal fue preparar a través del Sena a los estudiantes vinculados con la tecnología, para que participen inicialmente en el torneo nacional de robótica y puedan obtener los cupos para asistir al concurso mundial de robótica que realiza en los Estados Unidos la multinacional Vex Robotics.

Por su parte, la secretaria de educación, [47] Diario del Huila, Redacción; 2014] Yolima Vargas expresó “que este evento es una oportunidad excelente para los jóvenes, porque van a recibir una formación excepcional en las áreas de ciencia y tecnología que va a tener como resultado una nueva generación de estudiantes preparados para enfrentarse al mundo y desempeñarse en certámenes de alto impacto a nivel internacional, por lo que la Administración Municipal a través de la Secretaría de Educación, apoyó incondicionalmente esta iniciativa”.

2.2. Justificación

De acuerdo con el informe de la OCDE “La educación en Colombia”(2016), a pesar de transformar significativamente su sistema de educación durante las últimas dos décadas, enfrenta dos desafíos críticos: altos niveles de desigualdad desde los primeros años de educación y un bajo nivel de calidad y pertinencia en el sistema educativo.

Sin embargo, es paradójico ilustrar que a mayor nivel educativo alcanzado, la tasa de desempleo abierto aumenta, entre tanto, el “desempleo ilustrado refleja el desajuste estructural en la relación dinámica educación-empleo, no obstante, la tasa de desempleo en Colombia en Marzo del presente año (2018) fue de 9,4 %; de acuerdo con las estadísticas de Cepal, en 2018 quienes solo alcanzaron hasta básica primaria registran una tasa de desempleo de 5,2 %; con básica secundaria es de 9,3 %; con media completa de 10,6 %; y el porcentaje con nivel superior o universitaria es de 11,8 %. [49] Ballesteros, Andrea; 2018]

Por otra parte, diferentes encuestas, tanto nacionales como extranjeras, evidencian que cerca del 50 % de los empresarios, tiene dificultades para ocupar sus vacantes debido a la existencia de brechas de capital humano, en cualquier caso, es importante atender al hecho de que el 79 % de los niños (ocho de cada diez) de 12 años (posiblemente de grados séptimos) tendrán en 20 años actividades laborales que hoy no existen, (Alberto Rodríguez, director regional del Banco Mundial de Bolivia, Chile, Ecuador, Perú y Venezuela.2017). Esto implica de entrada que solo 21 % trabajará en uno de los trabajos que hoy conocemos. Entre tanto, podemos ver con esto una vez más una de las transformaciones que tendrá el trabajo en el futuro.

En esta dirección, la Universidad de Oxford, por ejemplo, estima que 47 % de los empleos que hoy conocemos ya están en riesgo de desaparecer, y los que permanezcan suelen oscilar entre momentos que requieren, desde ya, una revolución laboral, en la que, camioneros, mecánicos de auto, carpinteros, soldadores, maquinistas y empleados de contabilidad disminuyeron en la última década, puesto que “las tareas no rutinarias están desplazando a los empleos tradicionales que no verán las generaciones nacientes”.

Por ejemplo: es posible explorar como robots patrulleros en China o máquinas reemplazan al carcelero y detectan intentos suicidas de los presos, reduciendo el riesgo para una persona, dicho de otra manera, los empleos del futuro aún son impensables, lo que supone un reto para la educación, pues un joven que se inscriba a estudiar ingeniería, “la mitad de lo que aprenda en su primer año será obsoleto al final del tercer año de su carrera”, (Rodríguez, 2017).

En este sentido debe repensarse y quizá reorientarse el currículo en las instituciones educativas de tal manera que las ciencias del saber se presenten de manera más atractiva, experimental y con mayor sentido donde se responda la necesidad real de esos aprendizajes volcándonos a una enseñanza de temas contextualizados y no imaginarios o de tiempos arcaicos, sin desconocer la gran importancia para el desarrollo de una sociedad.

Entre tanto, el problema es que los jóvenes de hoy evolucionan a un ritmo muy acelerado y los medios tecnológicos se convierten en una parte imprescindible de su cuerpo, es decir, la tecnología hoy no se debe prohibir, sino ver la utilidad para la vida, por ejemplo un Gamer en otrora era visto como un flojo desocupado pero hoy en día y en un futuro muy próximo será un trabajador altamente competente y tal vez con mejores ingresos económicos que cualquier ingeniero en la actualidad.

Del mismo modo, en otra época los famosos Hacker eran tratados como viles y despreciables ladrones, sin embargo, una de las carreras que tienen proyección a futuro se llama ingeniería de seguridad informática, la cual se encuentra estrechamente ligada con los hackers, dado que toda la información se almacena en bases de datos, se crean software para almacenamiento de información, en fin un sinnúmero de utilidades que hacen de la informática una ciencia casi indispensable.

Precisando mejor, los programas universitarios de nuestro país deben apuntar a una reinención como por ejemplo: la medicina, que debido a los avances se ha hecho indispensable la integración de la nanotecnología para hacer de esta una ciencia más completa, permitiendo dar solución a problemas de salud y enfermedades que se presenta a diario o la gran preocupación que existe por encontrar curas a enfermedades como el cáncer o mejor aún suplir las necesidades de órganos que pueden construirse de manera artificial y pueden dar mejor calidad de vida a las personas, porque para nadie es un secreto que los órganos que necesitan las personas de manera urgente no se encuentran a la vuelta de la esquina.

En rigor, la tecnología cubre un conjunto de nociones, técnicas conocimientos que se aplican de manera secuencial, lógica, ordenada para posibilitar una serie de herramientas, artefactos, instrumentos, objetos que le permiten a los seres humanos modificar a su conveniencia materiales del entorno que le permiten una mejor calidad de vida, a partir de diversas situaciones que se han presentado a lo largo del tiempo por los docentes de matemáticas y otras áreas afines en cada uno de los grados de educación los estudiantes deben construir el sentido de las diversas operaciones, algoritmos, situaciones problema y otros aspectos que se concatenan con el proceso de aprendizaje en cada ser, de tal manera que consideren la ciencias del saber y todo lo que encierra el conocimiento como una herramienta que permita encontrar solución a diferentes situaciones que requieran de su ayuda para dar solución a problemáticas presentadas.

Hoy en día con todos los avances tecnológicos y herramientas a nuestra disposición para acceder al conocimiento parece que menos se aprende, lo anterior se verifica cuando se explica o presenta una temática y el estudiante no la aprehende, es decir, no le ve la importancia o relevancia que tiene realmente y se olvida fácilmente, entonces allí aparece el primer cuestionamiento hecho anteriormente sobre ¿qué es lo que debemos estudiar?

[191] Santos, D; 2015], que es lo que realmente necesita y requiere el estudiante, se menciona este aspecto porque parece que para el desarrollo de las temáticas en las diferentes áreas del saber implica una labor trascendental en docentes de primaria y secundaria para encausar de manera positiva a los jóvenes, vemos por ejemplo que existen carreras futuristas muy ligadas a la robótica, pero que por sí sola no sirve de nada si no existen personas capaces de investigar y desarrollar conocimiento para hacer de este mundo un mejor “mundo”. En este sentido se presentan un grupo de carreras del futuro para que tengamos una visión más clara de las exigencias futuras.

1. **Desorganizador Corporativo:** Muchas grandes empresas se están viendo superadas por pequeñas start-ups llenas de ideas frescas y sin estructuras jerárquicas, lo cual les permite adaptarse al cambio rápidamente. Para superar este obstáculo cada vez más frecuente podría surgir la figura del Desorganizador Corporativo, es decir, un experto en implantar un ¿caos organizado? en grandes corporaciones para favorecer la cultura start-up dentro de las mismas.
2. **Químico de los Alimentos:** Un químico de alimentos es un profesional encargado de desarrollar y mejorar el sabor y la textura de la comida. Esta profesión podría sufrir un boom inesperado gracias a las nuevas impresoras 3D y la posibilidad de imprimir comida, por lo que habrá que estar muy atento a los avances en este campo.
3. **Especulador de Monedas Virtuales:** Determinadas monedas virtuales están ganando credibilidad entre aquellos que desconfían de las monedas fiduciarias a raíz de las numerosas crisis económicas. Esto está creando una gran oportunidad para nuevas inversiones. Un ejemplo de estas monedas virtuales es bitcoin.
4. **Ingeniero de Migración Animal:** La evolución del ser humano tiene como contrapartida en numerosas ocasiones la destrucción de hábitats naturales. Trasladar a los animales de esos hábitats a nuevos espacios puede salvarlos; éste es el trabajo de un Ingeniero de Migración Animal. Es decir, averiguar qué especies migrar, a dónde y efectuar una ¿migración asistida?, esfuerzo que requiere un estudio más profundo que el que hizo Noé con su Arca.
5. **Terapeuta de Desintoxicación Tecnológica:** Las tecnologías son adictivas. Cuando salimos a tomar algo con amigos, muchos de ellos permanecen enganchados a sus móviles en un mundo virtual. Desgraciadamente, esta tendencia solo va a ir

en aumento debido a la evolución tecnológica. Esto podría dar lugar, en casos extremos, a un Terapeuta de Desintoxicación Tecnológica. Es decir, un especialista en desligar a personas adictas a las tecnologías de sus dispositivos tecnológicos de manera controlada.

6. **Experto en Hackschooling:** Esta figura es un educador que estimula a sus estudiantes a explorar y experimentar las posibilidades que ofrece el mundo y las tecnologías, en lugar de seguir los caminos tradicionales en la educación. Hoy en día, existen ya algunas iniciativas que van por este camino pero, previsiblemente, en el futuro existirán muchas más que requerirán este tipo de profesional, ya que, como venimos comentado durante todo este artículo, la incertidumbre en cuanto al futuro va en aumento y una educación tradicional no satisface las exigencias de la sociedad del futuro.
7. **Consejero de Productividad:** Con la cantidad de herramientas y nuevas tecnologías de las que disponemos y el énfasis en mejorar los resultados y la productividad, los ejecutivos y las empresas probablemente necesitarán consejeros de productividad. Su función principal será la gestión del tiempo y la monitorización de la productividad de los distintos procesos que se llevan a cabo, además de analizar nuevas apps o herramientas que pueden incrementar la productividad.
8. **Consejero de Privacidad:** Una de los retos de Internet y el mundo global en el que vivimos es la privacidad del usuario. Este tema está siendo noticia últimamente debido a la presunta monitorización de las comunicaciones virtuales por parte del Gobierno de los Estados Unidos y a los esfuerzos de Google por proteger la privacidad de sus usuarios. Sin embargo, en el futuro puede que sean necesarios este tipo de profesionales para descubrir y proteger las vulnerabilidades que un individuo pueda sufrir en la red.
9. **Médico de Fetos:** La medicina fetal es un campo en fase inicial que está experimentando muchos avances en Estados Unidos. Según Lori Howeel, director ejecutivo del Hospital de Niños de Philadelphia, ¿Estamos tratando de curar la enfermedad antes de que nazca el bebé, antes de que los daños al feto sean irreversibles?. Previsiblemente, éste será uno de los grandes avances en la medicina, por lo que los Médicos especializados en Fetos serán una de las profesiones del futuro.
10. **Curador Personal de Contenidos:** La cantidad de contenido en la red es infinito y aumenta día a día. ¿Cómo elegir en lo que centrarnos si apenas tenemos tiempo

para navegar por la red? Un curador personal de contenidos se presenta como un asistente personal que recomienda determinadas apps, hardware, software e información según los intereses y preferencias del cliente. Nuestra previsión es que éstos no tardarán mucho en aparecer en el mercado laboral.

Parte I

Las Ciencias de la Complejidad

3.1. Las Ciencias de la Complejidad

Una de las primeras preguntas que se hace imperativa cuando emprendemos el estudio de la Complejidad es, ¿qué es complejidad?. Como podemos ver, esta es una pregunta difícil de responder con precisión, sin embargo, al realizar una sistemática revisión bibliográfica podemos entenderla como la forma de pensar en sistemas vivos, en términos medioambientales, ecológicos, evolutivos, en términos de catástrofe (cambios súbitos, imprevistos o irreversibles) y en tiempos discretos. Por lo cual, no es una disciplina, no es una pregunta, no se trata de encontrar el valor de una determinada variable. Por contraste, las ciencias de la complejidad son ciencia, sin embargo, no a la manera de la ciencia clásica [128, Maldonado, 2016].

En esta dirección, las ciencias de la complejidad son ciencia:

- En el sentido del rigor: rigor conceptual, metodológico, matemático, computacional, y sintáctico.
- En el sentido griego de la episteme, es un término que desborda (o abarca) a la ciencia y a la filosofía (como serían conocidas posteriormente) y que, por tanto, no se reduce ni a la ciencia ni a la filosofía.
- Es ciencia de frontera, fundada en problemas de frontera. Así, que no se trata de una ciencia disciplinar, definida en el espíritu medieval, es decir: por género próxi-

mo y diferencia específica (se es abogado porque no es matemático). [128, pág 43, Maldonado, 2016]

3.1.1. Propiedad de Emergencia en los Sistemas Complejos

Definición 3.1. Un sistema complejo es un conjunto de estructuras y procesos que interactúan entre sí, teniendo en cuenta algunas propiedades de emergencia. [93 Holland, J.; 1998]

Los sistemas complejos tienen un comportamiento emergente

Una idea clave para interpretar las propiedades de los sistemas complejos es la noción de “comportamiento emergente”; [102, Lukas, K; 2010] el término “emergente”, hace referencia a propiedades del sistema que no pueden ser fácilmente comprendidas desde los agentes individuales [120, Johnson, S; 2013]. No obstante, son resultados colectivos de todo el sistema, y deben ser entendidos a nivel de global más que a nivel individual [136, Morowitz, H; 2002].

Ejemplo: Facebook es más, que la unión de todas las cuentas de facebook

Un tipo de comportamiento emergente es el procesamiento de información; esto es, el sistema como un todo, recibe información de su propio entorno y sobre su propio estado también, esto es, puedo ver los estados de mis amigos de facebook, y puedo en cuestión de segundos actualizar mi estado también, es decir, usa la información para tomar decisiones como un todo y así decidir sobre qué acciones tomar. En este sentido, los componentes no reciben la información ni toman las decisiones en modo individual. Esta clase de procesamiento de información sólo puede ser llevado a cabo a nivel del sistema como un todo [83, Gregersen, N; 2006]. Por consiguiente debe ser posible adoptar que los sistemas complejos tales como colonias de hormigas, el sistema inmune, y demás [86, Haken, H; 2006], son capaces de percibir y usar la información colectivamente para el buen estado del sistema completo.

Entre tanto, podemos afirmar que otra propiedad común en los sistemas complejos está en los componentes del sistema que interactúan en formas no lineales [17, Aziz, A; 2009]. Es decir, significa que los agentes interactúan en un modo en que no pueden asumir todas sus actividades individuales y las acciones que su interacción produce, en relación

a las acciones propias de todo el sistema, esto es, el todo es mayor a la suma de las partes [95]. Holland, J; 2004]. Así pues, un sistema no lineal es un sistema que aprende y gana información. Es decir, los sistemas complejos tienen dinámicas complejas.

Ejemplo: Niveles de organización en el sistema educativo

Los mejores ejemplos se pueden ilustrar en dominios tan diversos como el sistema educativo, precisando mejor, la dinámica de cada nivel es independiente (grado escolar) sin embargo, como sistema es dependiente (un grado superior depende de sus grados inferiores) [16]. Aziz, Alaqui; 2006]. Es decir, en el sistema existen subsistemas semindependientes determinados por la relación de coherencia (secuencia de un currículo no lineal), por lo cual, la vulnerabilidad a perturbaciones del entorno (cambios súbitos en ambientes de aprendizaje), produce rupturas internas que desorganiza el sistema [43]. Darley, V; 1994], no obstante, el sistema de compensación reorganiza las relaciones de tal manera que genera una nueva estructura (adaptación de un plan curricular), capaz de absorber la perturbación que antes lo desestabilizó, dicho de otra manera, la evolución de un sistema complejo no es uniforme, esta se da por reorganizaciones, es decir, los sistemas complejos aprenden a través de la experiencia, evolucionan en el tiempo y se adaptan a su entorno cambiante [125]. Maldonado, C.; 2014], además, las modificaciones de la totalidad, modifican las partes.

3.1.2. Algunas disciplinas, objetivos, y posibles metodologías de investigación que sustentan la ciencia de los sistemas complejos

Algunas disciplinas independientes de investigación que convergen en las ciencias de la complejidad

La puerta de entrada a las disciplinas centrales, los objetivos y las metodologías de investigación que sustentan la ciencia de los sistemas complejos, es “Dinámicas”, que es el estudio de las estructuras en constante cambio en el comportamiento de los sistemas. Otra disciplina central es la “Información”, que estudia las representaciones, los símbolos y la comunicación [114]. Langton, C.; 2009]. Por otra parte, la disciplina del “Cómputo”, nos provee de entendimiento sobre cómo los sistemas procesan información y actúan sobre los resultados, y finalmente, necesitan conocer algo sobre “Evolución”, [106]. Kaufman, K.; 1993], que incluye el estudio de cómo los sistemas se adaptan a entornos que cambian con el tiempo [173]. prigogine, I.; 1996].

Algunos objetivos y metodologías de las ciencias de la complejidad

La ciencia de la complejidad tiene, al menos dos objetivos distintos; o tal vez debería aclarar que los diferentes investigadores tienen diferentes objetivos [151, Mitchell, M; 2016]. Un objetivo mayor es el desarrollo de herramientas matemáticas y de cómputo que conlleven a un conocimiento interdisciplinario. Por ejemplo, al estudiar el comportamiento de las colonias de hormigas [63, Forbes, N.; 2004] como una instancia de procesamiento de información, podemos preguntar qué tan similar o distinto es ese procesamiento de la información respecto al que se lleva a cabo en una ciudad [182, Reynoso, C; 2010]; o, hasta que punto, el flujo de información en la red del cerebro [88, Haykin, S.; 2006], es similar al de una red económica.

Esta clase de perspectivas interdisciplinarias son, a la fecha, el mayor éxito de la ciencia de los sistemas complejos [112, Kuhn, T.; 1995]. Sin embargo, algunos investigadores de sistemas complejos tienen un objetivo aun más ambicioso: el desarrollo de una Teoría General de la Complejidad [151, Mitchell, M.; 2016] [152, Mitchell, M.; 2003], una que reúna las disciplinas previamente dispares que componen la investigación de los sistemas complejos [174, Prigogine, I.; 1994].



3.1.3. La Indisciplinabilidad de las Ciencias la Complejidad

Carlos Maldonado
Ph.D. en filosofía por
la KULeuven (Bélgica).
Visiting Scholar USCO,
2016

En la serie de conferencias realizadas en la Primera Semana de las Ciencias de la Complejidad (2015) en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la ciudad universitaria UNAM, el doctor Carlos Maldonado manifiesta la gran dificultad de la educación en nuestros días, ya que la inmensa mayoría de los estudiantes son formados disciplinadamente. Actualmente el seudoproblema radica en que el profesional docente de las universidades, los colegios y las instituciones educativas, piensan en términos disciplinares, interdisciplinares, transdisciplinares, y multidisciplinarios, es decir, nos conduce a indisciplinar el conocimiento y la sociedad [128, Maldonado, C.; 2016] [121, Maldonado, C.; 2016], a pensar a través de lógicas no clásicas [137, Maldonado, C.; 2017] y no reflexionar disciplinadamente [121, Maldonado, 2016].

3.1.4. Algunos Pensadores Interdisciplinarios

Aunque pensamos que los robots y los androides son inventos del siglo XX, hay evidencias de máquinas de la antigüedad [155] Montealegre, M.; 2002], en efecto, los antiguos construyeron puertas automáticas, docificadores de bebidas, e incluso los mismos principios que hacen funcionar los motores de nuestros días.



Hefesto, dios griego de los herreros

Hefesto

Según los relatos del poeta antiguo Homero en la antigua Grecia, [45] Derek Smith; 2010] se narra de Hefesto el dios Griego de los metalurjos, de los herreros, fabricantes, seguramente el primer ingeniero de la tierra; los textos antiguos narran que Hefesto, vivía en las altas montañas de Grecia, y allí tenía su forja donde fundía metal y construía armas, armaduras y piezas de metal, para los propios dioses, se afirma que construía números ingenios mecánicos, pero curiosamente Homero narra que Hefesto construyó “robots”, los describe con tres patas, podía moverse y actuar independientemente, como si fuesen bestias vivientes, verdaderos androides antiguos.

Muchas de las referencias históricas, hablan de guerreros humanoides de gran tamaño, (Richard Windley, Constructor de Maquetas antiguas). Por ejemplo el robot androide Dalox que fue diseñado para el rey de Creta, la leyenda dice que Zeus (la deidad griega y padre de los dioses), regaló el robot al rey de Creta, una isla cercana a la costa de Grecia, este guerrero de metal defendía a la isla de los enemigos, se decía que Dalox se movía, considerándose como, un regalo para defender el lugar. Este robot recorría la isla tres veces al día, y arrojaba grandes rocas a los invasores, ¿fue el primer robot guerrero del mundo?, tenía aspecto de robot, sin embargo llevaba una persona dentro [185] Roland, S; 2004]. Aunque los antiguos no tenían la tecnología para construir replicas de humanos habrían dado un gran paso, se esforzaban por crear máquinas que actuaran como seres humanos, entendieron que con la tecnología adecuada, algún día se podrían construir robots humanos.

Así, se hace claro que gran número de culturas antiguas hacen referencia de máquinas automatizadas [187] Romero, C.; 2012], conocían las palancas, las poleas y los principios básicos de la mecánica, razón por la cual, evidentemente los antiguos entendían el concepto de robótica, y ponían en práctica sus teorías.

Leonardo da Vinci

Considerado el paradigma del homo universalis, el sabio renacentista versado en todos los ámbitos del conocimiento humano, Leonardo da Vinci (1452-1519) incursionó en campos tan variados como la aerodinámica, la hidráulica, la anatomía, la botánica, la pintura, la escultura y la arquitectura, entre otros [186, Romanelli, A; 2018]. Sus investigaciones científicas fueron, en gran medida, olvidadas y minusvaloradas por sus contemporáneos; su producción pictórica, en cambio, fue de inmediato reconocida como la de un maestro capaz de materializar el ideal de belleza en obras de turbadora sugestión y delicada poesía.



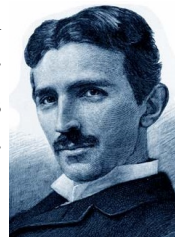
Leonardo Da Vinci

Leonardo era un genio en su tiempo, inventó las máquinas más asombrosas imaginadas por el hombre, donde muchos de sus conceptos cambiaron el mundo. El museo Leonardo en Vinci, contiene maquetas de los inventos más importantes y fantásticos que el mundo halla visto, grúas de contrapeso, el prototipo de helicóptero de Leonardo, el primero en la historia, extraños diseños de futuristas máquinas voladoras, y grandes tanques con defensas y poderosos cañones cuatrocientos años antes de ser utilizados en los campos de batalla, no obstante, el museo además, tiene los manuscritos originales de los diseños del puño y letra de Leonardo, ésta colección es conocida con el nombre del **Códex Atlánticus** (así llamado por su gran tamaño), en sus páginas incluye trabajos sobre pintura, arquitectura, mecánica, anatomía, geografía, botánica, hidráulica y aerodinámica, fundiendo arte y ciencia en una cosmología individual que da, además, una vía de salida para un debate estético que se encontraba anclado en un más bien estéril neoplatonismo, asimismo, hay bosquejos y grabados de los cientos de invenciones, se ha encontrado en estos el diseño de un androide totalmente automático, con aspecto de caballero, el cual fue diseñado con avanzados conocimientos de biomecánica, ciencia que estudia los movimientos del cuerpo humano y los aplica en el diseño de máquinas, este robot fue diseñado para simular el movimiento del cuerpo humano, estudiando meticulosamente los músculos, tendones, y ligamentos: [186, Romanelli, A; 2018] Leonardo veía el cuerpo humano como una máquina perfecta y maravillosa, en el pecho habían engranajes movidos por cuerdas, cuando los engranajes giraban las cuerdas se tensaban o relajaban.

El 2 de mayo de 1519 murió en Cloux; [186, Romanelli, A; 2018] su testamento legaba a Melzi todos sus libros, manuscritos y dibujos, que el discípulo se encargó de retornar a Italia.

Nikola Tesla

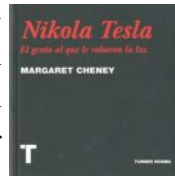
(Smiljan, actual Croacia, 1856 - Nueva York, 1943) Físico estadounidense de origen serbio. Estudió en las universidades de Graz (Austria) y Praga. Después de haber trabajado en varias industrias eléctricas en París y en Budapest, se trasladó a Estados Unidos (1884), donde trabajó a las órdenes de Thomas A. Edison, entonces partidario de la corriente eléctrica continua.



Las incesantes disputas con Edison forzaron su abandono de la compañía y su asociación con George Westinghouse, quien compró las patentes de su motor y de un transformador que facilitaba la distribución de este tipo de corriente hacia los usuarios finales. [37. Cheney, M; 2010] Ambos ganaron la batalla de la distribución de la energía, pues el transporte de corriente alterna es más barato y sencillo que el de continua. En 1893 su sistema fue adoptado por la central hidroeléctrica situada en las cataratas del Niágara.

Nikola Tesla

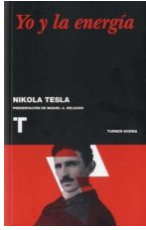
Poco después, Tesla fundó en Nueva York un laboratorio de investigaciones electrotécnicas, donde descubrió el principio del campo magnético rotatorio y los sistemas polifásicos de corriente alterna. Creó el primer motor eléctrico de inducción de corriente alterna y otros muchos ingenios eléctricos como el llamado montaje Tesla, un transformador de radiofrecuencia en el que primario y secundario están sintonizados, de utilidad a la hora de preseleccionar la entrada de un receptor radioeléctrico. Predijo la posibilidad de realizar comunicaciones inalámbricas con antelación a los estudios llevados a cabo por Marconi, y en su honor se denomina tesla a la unidad de medida de la intensidad del flujo magnético en el sistema internacional.



Sus invenciones y patentes se sucedieron con cierta rapidez. En 1887, y como consecuencia del descubrimiento llevado a cabo por John Hopkinson en 1880, según el cual tres corrientes alternas y desfasadas entre sí pueden ser trasladadas de manera más sencilla que una corriente alterna normal, Tesla inventó el motor de inducción de corriente trifásica.

Nikola Tesla: El Genio al que le robaron la luz

En ese motor las tres fases actúan sobre el inducido de forma que se logra que éste gire al generarse un campo magnético rotatorio. No obstante, el rotor se movía con un cierto retraso respecto a la frecuencia de la corriente. Basándose en este invento, el sueco Ernst Danielson creó en 1902 el motor sincrónico, en el que sustituyó el material del in-



Nikola Tesla: Yo y la Energía

ducido, que no era magnético, por un imán permanente o electroimán, lo que le permitió conseguir un motor que rotaba con un número de revoluciones por minuto igual a las de la frecuencia de la corriente.

En 1891 Tesla inventó la bobina que lleva su nombre [52. Cheney, M; 2010], que consiste en un transformador que consta de un núcleo de aire y con espirales primaria y secundaria en resonancia paralela. Con esta bobina fue capaz de crear un campo de alta tensión y alta frecuencia. Dos años después descubrió el fenómeno de carácter ondulatorio denominado “luz de Tesla.”^{en} las corrientes alternas de alta tensión y alta frecuencia; mediante el estudio de estas corrientes, observó que las lámparas de incandescencia de un único polo emiten luz cuando se las aproxima a un conductor por el que pasa corriente eléctrica, y que los tubos de vidrio vacíos brillan aunque carezcan de electrodo si se les conecta por uno de sus extremos y se aproxima el otro a un conductor por el que fluye corriente de alta frecuencia. También se percató de que el cuerpo humano es capaz de conducir estas corrientes de alta frecuencia sin experimentar daño alguno.

Tesla vivió una carrera obsesionado por sus inventos y por crear la Torre de Wardenclyffe [37. Cheney, M; 2010][52. Cheney, M; 2010]. Sin embargo, a los 86 años fue encontrado muerto en una pieza de un hotel en Nueva York.

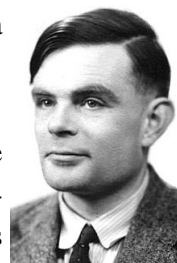
Alan Turing

(Alan Mathison Turing; Londres, 1912 - Wilmslow, Reino Unido, 1954) Matemático británico. Pasó sus primeros trece años en la India, donde su padre trabajaba en la Administración colonial. De regreso al Reino Unido, estudió en el King’s College y, tras su graduación, se trasladó a la Universidad estadounidense de Princeton, donde trabajó con el lógico Alonzo Church.

En 1937 publicó un célebre artículo en el que definió una máquina calculadora de capacidad infinita (máquina de Turing) que operaba basándose en una serie de instrucciones lógicas, sentando así las bases del concepto moderno de algoritmo [117. Leavit, D; 2007]. Turing describió en términos matemáticos precisos cómo un sistema automático con reglas extremadamente simples podía efectuar toda clase de operaciones matemáticas expresadas en un lenguaje formal determinado. La máquina de Turing era tanto un

ejemplo de su teoría de computación como una prueba de que un cierto tipo de máquina computadora podía ser construida.

La Segunda Guerra Mundial ofreció un insospechado marco de aplicación práctica de sus teorías, al surgir la necesidad de descifrar los mensajes codificados que la Marina alemana empleaba para enviar instrucciones a los submarinos que hostigaban los convoyes de ayuda material enviados desde Estados Unidos; Turing, al mando de una división de la Inteligencia británica, diseñó tanto los procesos como las máquinas que, capaces de efectuar cálculos combinatorios mucho más rápidamente que cualquier ser humano, fueron decisivos en la ruptura final del código.



Alan Turing

Alan Turing definió además un método teórico para decidir si una máquina era capaz de pensar como un hombre (test de Turing) y realizó contribuciones a otras ramas de la matemática aplicada, como la aplicación de métodos analíticos y mecánicos al problema biológico de la morfogénesis. En el ámbito personal, su condición de homosexual fue motivo constante de fuertes presiones sociales y familiares, hasta el punto de especularse si su muerte por intoxicación fue accidental o se debió a un intento de suicidio.

Vida y obra de Elon Musk

Es la historia del hombre más innovador del momento. Fundador de Tesla Motors, Solar City y SpaceX, ingeniero, inventor y empresario Sudafricano, nació el 28 de junio de 1971 en Pretoria, Sudafrica.



Elon Musk

Hijo de Errol Musk, ingeniero sudafricano y de Maye Musk, nutricionista y modelo canadiense. Su hermana Tosca Musk, es fundadora de Musk Entertainment y productora cinematográfica; su hermano, Kimbal, es director ejecutivo de la empresa de publicidad OneRiot.

A los 10 años tuvo su primer ordenador, un Commodore VIC-20 que aprendió a programar. Vendió su primer programa, un juego del espacio llamado Blaster cuando tenía 12 años [206, Vance, A; 2016]. En torno a los 15 años leía a Nietzsche y Schopenhauer. Tras divorciarse, su madre, que había nacido en Canadá, de padres estadounidenses, regresó con Elon a su país natal en junio de 1989.

En 1992, gracias a una beca, pudo estudiar Administración de Empresas y Física en la Universidad de Pensilvania. Recibió su título del Wharton School y permaneció un año más en la universidad para completar su segundo título en física. Tras obtener sus licenciaturas decidió dedicarse a Internet, las energías renovables y la conquista del espacio.

En 1995, fundó Zip2, junto con su hermano Kimbal Musk y su amigo Greg Curry. Se dedicaban al desarrollo, alojamiento y mantenimiento de sitios web. La empresa fue vendida a Compaq Computer en 1999 por 300 millones de dólares.

Reconocido internacionalmente por ser el cofundador de las empresas PayPal, Tesla Motors, SpaceX, Hyperloop, OpenAI o SolarCity entre otras. Director general de SpaceX y de Tesla Motors, presidente de SolarCity y copresidente de OpenAI, sostiene que pretende cambiar el mundo tratando de paralizar el proceso de calentamiento global mediante el abandono de los combustibles fósiles por energías renovables, y reducir el riesgo de una posible extinción de la raza humana mediante la evolución hacia una “civilización multiplanetaria”, creando una colonia humana permanente en Marte de alrededor de un millón de personas.

En 2007, la revista INC le nombró Emprendedor del Año. En 2013, la revista Time le incluyó entre las 100 personas más influyentes del mundo y en diciembre de 2016, fue nombrado como la 21 persona más poderosa del mundo por la revista Forbes. En 2017 su fortuna fue estimada en casi 14 mil millones de dólares estadounidenses.

Tuvo cinco hijos (gemelos y trillizos) con su primera esposa, la autora canadiense Justine Wilson, a la que conoció cuando ambos estudiaban en la Universidad de Queen. Se casaron en el año 2000 y se separaron en el año 2008. Anunció el fin de la relación con su segunda esposa, la actriz británica Talulah Riley en enero de 2012. En abril de 2017, hizo su primera aparición pública con su pareja, la actriz Amber Heard durante su estancia en Australia.

3.1.5. Modelo Educativo: Un Sistema Complejo Multifactorial.

En primer lugar, decimos que cualquier modelo educativo a nivel mundial [179] Ratto, C. Perez; M. ; 2010], es un Sistema Complejo Multifactorial, porque en esencia son

un conjunto de factores o elementos interrelacionados entre sí [7] Alfaro, R; 2010], que actúan sinérgicamente [21] Batenson, G; 1991] con un objetivo determinado.

Luego entonces, desde la definición misma debemos interpretar la complejidad que ello representa: muchas variables, donde algunas, jamás podremos controlar [69] Fromm, J.; 2004] ya que se refieren a factores externos al propio sistema.

Un segundo razonamiento surge de comprender que otros factores son tan dinámicos, que no son estables a lo largo del proceso de construcción y desempeño del molde de que se trate [174] Progovine, I; 1994].

La tercera idea planteada permite seguir la imposibilidad de imaginar un molde estable por más de veinte años de vigencia, tan solo por considerar el impacto de las nuevas tecnologías [180] Ray, T.; 1994] en la práctica cotidiana.

La cuarta disyuntiva es hacia dónde debe moverse un modelo, o si estratégicamente es más rentable imaginar un modelo dinámico en vez de uno estático [153] Miñana, B.; 1996]. A esta consideración podemos sumarle la evolución geo-demográfica de los pueblos, que en la búsqueda de nuevos horizontes de sustentabilidad y rentabilidad económicas, promueven una educación ubicua [181] Resnick. M.; 2007].

La quinta idea gira entorno a aquellos cambios de orden social (megatendencias sociales) que se generan de forma dinámica en el diario acontecer de la vida humana. Tal es el efecto en la mente del individuo, que surgen nuevas enfermedades, síndromes (dada su complejidad) y tendencias que asombran a los científicos, como son: El Síndrome del hombre informático del Siglo XXI [29] Bilton, N.; 2011]; la incubación de un nuevo Moldeo Mercadotecnia Global; las redes neuronales a nivel mundial, la nano-tecnología o la medicina asistida por computadora [2] damatzky, A.; 2005] [3] Adamatzky, A.; 2009].

Por otra parte, partiendo de la definición presentada al inicio del tema, podemos establecer que son tres los grupos de factores que forman la estructura medular de todo modelo educativo [133] Martinez, M.; 2012] [134] Martinez, M.; 2017]:

- Factores Globales
- Factores Aspiracionales

- Factores Internos

En este sentido, la estructura es el resultado del equilibrio que guardan las fuerzas participantes, dadas reglas no escritas, incluso incomprensibles, dada la naturaleza de los ingredientes en juego. De ello subrayamos que cada factor; cada relación directa o indirecta; cada forma de coexistir de los elementos involucrados, ejercerá o mostrará efectos inesperados, no previstos o no visualizados.

3.1.6. Divergencia entre el Método Analítico y el Método Sintético

Para lograr entender la información, los organismos, los fenómenos físicos y químicos o las interacciones entre las sociedades, es posible utilizar dos métodos distintos: el método analítico y el sintético.

El método analítico es un método que implica análisis que proviene del griego **analytikós**, y significa descomposición. Así, el método analítico requiere de la separación de un todo en las partes o elementos que lo constituyen. Desde esta perspectiva, se dice que para poder comprender algo, es necesario desmenuzar correctamente cada uno de sus componentes, ya que es la manera de conocer la naturaleza del fenómeno u objeto que se estudia, y a partir de esto hacer analogías, comprender su comportamiento y establecer algunas teorías.

De igual manera, analizar significa desintegrar un todo en sus partes para estudiar de forma profunda cada uno de sus elementos, las relaciones entre estos, y las relaciones que cada componente tiene con el todo que se está estudiando, en efecto, el análisis va de lo concreto a lo abstracto, ya que se parte del todo que es un concreto real, y se pasa a las partes, que son la parte abstracta.

No obstante, el método sintético implica la síntesis, que proviene de la palabra griega *synthesis*, que significa reunión de diversos elementos para lograr formar un todo. Asimismo, la síntesis es un procedimiento mental en el que se tiene como meta la comprensión total de aquello de lo que ya se conocen sus partes y particularidades. Por tanto, la síntesis va de lo abstracto a lo concreto, ya que pasa de los elementos (abstractos) al todo concreto y real [126, Maldonado, C.; 2015].



Figura 3.1: Feedback de la sesión 3.1

3.2. Paradigmas Educativos

El concepto paradigma procede del griego paradigma, que significa “ejemplo”, o “modelo”. En principio, se aplicaba a la gramática y a la retórica. A partir del año 1960, comenzó a utilizarse para definir un modelo o patrón en cualquier disciplina científica o contexto epistemológico. El filósofo y científico estadounidense Thomas Kuhn fue el encargado de actualizar el término y darle el significado contemporáneo, al adaptarlo para referirse al conjunto de prácticas que definen una disciplina científica durante un período específico de tiempo, [12, T. Kuhn, 1995].

De esta forma, un paradigma científico establece aquello que se debe observar; el tipo de interrogantes que hay que formular para hallar las respuestas en relación al objetivo; cómo deben estructurarse dicho interrogantes; y cómo deben interpretarse los resultados de la investigación científica .

3.2.1. Paradigma Conductual

Surge a principios del siglo XX, su metáfora básica es la máquina, es decir, tanto al estudiante como al profesor se les considera máquinas. Las circunstancias son siempre medibles, observables y cuantificables, apuestan por una concepción mecanicista de la realidad. El estudiante es un receptor de conceptos y contenidos, cuya única pretensión es aprender lo que se enseña. Inclusive, la evaluación es considerada como un proceso sumativo de valoración y se centra en el producto final que debe ser medible y cuantificable. Por otra parte, la experiencia en el aula se reduce a una suma de objetos, conductas, actividades centradas sobre todo en los contenidos que se aprenderán. Asimismo, el currículo es cerrado y obligado para todos, la disciplina se convierte en un requisito importante en el aula y cuando esta falta en casos especiales y difíciles se recomienda recurrir a técnicas de castigo. Además, el estudiante es considerado un objeto que debe reproducir el conocimiento de manera exacta a lo que se enseña.

Autores destacados: Burrhus.F.Skinner, Ivan Petrovich Pavlov, John B. Watson, Vladimir M. Bekhterev, Edwin Guthrie, Clark L Hull, Edward C. Tolman y Edward Thorndike.

3.2.2. Paradigma Contextual

Este paradigma se describe a partir de los estudios etnográficos, las demandas del entorno y las respuestas de los actores y su adaptación. Facilita y apoya la asimilación y conceptualización de los estímulos ambientales, como el profesor, los padres, la escuela, la comunidad, se convierten en hechos mediadores de la cultura contextualizada. Por su parte, el currículo es flexible, contextual y abierto, el enfoque del profesor es técnico-crítico es decir, gestor de procesos de interacción en el aula, crea expectativas y genera un clima de confianza. No obstante, el modelo de enseñanza está centrado en la vida y el contexto socio-cultural y natural, con el fin de favorecer el aprendizaje significativo a partir de la experiencia. Por su parte, el proceso de enseñanza-aprendizaje no es solo situacional, sino además personal y psico-social.

Autores destacados: L. S. Vigotsky, J. Bruner, M. Cole, Scribner, Lev Semionovich, Reuven Feuerstein., R. Glasser, Brown, Roggoft y J Wertvh entre otros.

3.2.3. Paradigma Cognitivo

Por otra parte este paradigma surge a raíz de producirse una crisis del paradigma conductual en el aula. Las teorías como la del aprendizaje significativo, por descubrimiento, el constructivismo son algunas de las que han aportado a enriquecer este paradigma. En esta dirección, la metáfora básica es el organismo entendido como totalidad, es la que la mente dirige la persona y no los estímulos externos. En efecto, el estudiante es considerado un sujeto de la educación ya que posee un potencial de aprendizaje que puede desarrollar por medio de la interacción profesor-estudiante. Asimismo, el profesor es una persona crítica-reflexiva, el análisis de los pensamientos del profesor es una manera de reflexión-acción-reflexión. Por otro lado, el currículo es definido como abierto y flexible, se aplican redes, esquemas, mapas mentales, la evaluación es orientada a valorar los procesos y productos, es permanente, formativa y crítica. Con respecto a la creatividad, el pensamiento crítico y reflexivo son temas constantes en este paradigma.

Autores destacados: John Dewey, Jean Piaget, Jeroneme B. Bruner, Gagné y posteriormente, David P. Ausubel, Novak, Luria, Gardner, Glaser, Reuven Feuerstein, Bloom, Cols.

3.2.4. Paradigma Humanista

Este paradigma explica y comprende al estudiante en sus procesos integrales, en su contexto interpersonal y social. Sus postulados fundamentales son los siguientes:

- El ser humano es una totalidad que excede a la suma de sus partes.
- El hombre tiende en forma natural hacia su autorrealización.
- El hombre es un ser en contexto humano.
- El hombre es consciente de sí mismo y de su existencia.
- El hombre tiene facultades para decidir.
- El hombre es intencional.

La enseñanza humanista se enfoca en ayudar al estudiante a ser el mismo sin ser como los demás y la autorrealización, enfatiza el desarrollo de una conciencia ética, altruista y

social [14], Maturana, R.; 2010].

Las metas y objetivos de la educación son:

- Ayudar a desarrollar la individualidad de las personas.
- Apoyar a los alumnos a que se reconozcan como seres humanos únicos.
- Asistir a los estudiantes a desarrollar sus potencialidades.
- Promover el desarrollo del conocimiento personal de los alumnos

El estudiante es un ente único, personas totales, no obstante, el profesor tiene una relación de respeto con sus estudiantes, es un facilitador y presta atención a las necesidades y potencialidades individuales de sus estudiantes, fomenta el autoaprendizaje y la creatividad, está abierto ante nuevas formas de enseñanza u opciones educativas, el espíritu cooperativo de sus alumnos, es auténtico y genuino, comprende a sus estudiantes poniéndose en el lugar de ellos, adopta una actitud sensible a sus percepciones, sentimientos y debe rechazar las posturas autoritarias y egocéntricas. Por su parte, el aprendizaje es significativo vivencial, los programas son más flexibles y proporcionan mayor apertura a los estudiantes. Se da importancia a las conductas creativas de los estudiantes generando autonomía, oportunidad a la cooperación y a la autreflexión.

Por otra parte, la evaluación promueve la auto evaluación pues es el estudiante mismo quien sabe la realidad de su progreso, esfuerzo, dedicación y aprendizaje. Entre tanto, las claves de este paradigma son el aprendizaje de lo social y emocional no sólo intelectual.

Autores destacados: A. Maslow (padre del movimiento), G. Allport, G. Moustakas, G. Murphy, Montessori y C. Rogers.

3.2.5. Paradigma Constructivista

Este paradigma percibe la enseñanza como una actividad crítica y al docente como un profesional autónomo que investiga reflexionando sobre su práctica, si hay algo que difiera este modelo con anteriores es la forma en la que se percibe al error como un indicador y analizador de los procesos intelectuales. Para el constructivismo aprender es arriesgarse

a errar (ir de un lado a otro), así pues, muchos de los errores cometidos en situaciones didácticas deben considerarse como momentos creativos.

Por otra parte, para el constructivismo la enseñanza no es una simple transmisión de conocimientos, es en cambio la organización de métodos de apoyo que permitan a los estudiantes construir su propio saber. Entre tanto, no aprendemos sólo registrando en nuestro cerebro, aprendemos construyendo nuestra propia estructura cognitiva.

Autores destacados: Jean Piaget, L. S. Vygotsky, David P. Ausubel, Bruner, Decroly, Montessori, Dewey, Ferriere, Celestin Freinet, Luria, Leontiev, Federico Frobel, Ovidio Decroly, Edwar Claparede y las Hermanas Agazzi.

3.2.6. El Paradigma de la Complejidad en la Educación

La nueva educación podría concebirse desde una visión más integradora, lo que requiere una nueva visión epistemológica-ontológica, y que más allá de la fragmentación del conocimiento, los contenidos y del mundo, se inserte en la sociedad y la naturaleza, fomentando una formación con sentido de identidad y pertenencia desde lo local a lo global con miras a la comprensión y la convivencia con los demás y el entorno con responsabilidad social atendiendo las diferencias y la interculturalidad, entre otros valores orientados hacia un proceso emancipador, entendiendo éste último no desde una aproximación tendenciosa o de filiación política sino como la capacidad para plantearse reflexiones con capacidad crítica y autocrítica [91, Herran, A.; 1998] [160, Morín, E; 2012] .

De este modo, la racionalidad contemporánea opera de manera cada vez más manifiesta, tanto en las elaboraciones teóricas como en los restantes niveles, el principio de la complejidad creciente, según el cual los entes, procesos y estados de cosas de que consta el mundo implican eventualidades múltiples, irreductibles entre sí, es decir, se componen de capas de complejidad [161, Morín, E.; 2000].

Atendiendo a ésta necesidad crítica, fundamentalmente humana, uno de los problemas que ha traído el modelo moderno de legitimación de la ciencia ha sido el establecimiento de una posición de confrontación entre las ciencias naturales y exactas, y las ciencias sociales e inexactas; fue el positivismo, en tanto que representante epistemológico o fi-

losófico de la ciencia , o más bien, entre lo que consideró ciencia y no ciencia; categorización que se fortaleció durante la mitad del siglo XX y cuya confrontación permitió el establecimiento de dos culturas en constante debate: la científica y la humanista.

La necesidad del pensamiento complejo, [161] Morín, E.; 2000] aparece ante las carencias e insuficiencias del pensamiento simplificante el paradigma racionalista y positivista de la modernidad, que produjo un saber parcelario e inconexo, ciertos criterios de validez del conocimiento, un énfasis en las certezas, la apariencia de orden, estabilidad y progreso.

No obstante, surge la transdisciplinariedad con la perspectiva de integración del conocimiento, planteando problemas y conjunción de saberes en tanto que, ha emergido como una apuesta filosófica del conocimiento al servicio de lo humano sin dejar de lado su lugar en la cultura [123] Maldonado, C.; 2009].

Sumado a lo anterior, es justo mencionar que los cambios generados a raíz del desarrollo tecnológico y científico en el siglo XX, así como los avances de las ciencias han estimulado el abordaje de nuevos problemas, que incluyen dilemas y conflictos encajan dentro de los aspectos morales [30] Bisquerra, R.; 2003].

Esta reforma sólo es posible a partir de los principios de funcionamiento de la complejidad aplicado al campo transdisciplinar de los saberes académicos y no académicos. De allí que Morin [161] Morín, E.; 2000] se ha referido a la necesidad de una perspectiva hologramática, recursiva, dialógica, en la que los procesos auto-organizativos emergen, eso sí, no sin antes rescatar la capacidad de asombro para desarrollar un modo complejo de pensar ante la búsqueda del misterio inagotable del conocimiento ya extraviado por la filosofía en la aventura abierta hacia el descubrimiento de nosotros mismos, nuestros límites y posibilidades.

Así pues, el pensamiento complejo parte de una posición epistemológica religadora de la relación sujeto-objeto como elemento esencial de la construcción de la realidad por el sujeto que se construye por la relación con el contexto; como resultado de la fractura del paradigma empirista, se está presentando la convergencia interdisciplinaria desde la cual se está abriendo un espacio hacia una perspectiva completamente diferente: la de las ciencias de la complejidad (Guidano, 1991; Mahoney, 1991) por un lado, y la biología del conocimiento [139] Maturana y Varela.; 2003] por el otro.

Según [110, Keeney, B.; 1987] la epistemología sale del campo de la Filosofía y entra en el campo de la Biología a través de la obra de los biólogos experimentales contemporáneos Mc.Culloch, Lettvin, Maturana, Varela y von Foerster. Fue Mc.Culloch quien le dio el título genérico de “epistemología experimental”, y [115, Batenson, G.; 1979] quien propone considerarla como una rama de la ciencia combinada con una rama de la filosofía. Como ciencia, la epistemología es el estudio de cómo los organismos particulares o agregados de organismos conocen, piensan y deciden. Como filosofía, la epistemología es el estudio de los límites necesarios y otras características de los procesos del conocer, pensar y decidir”. La epistemología, desde este punto de vista, se centra en como conocen los que conocen: las propiedades del observador, en lugar de, qué es lo que se conoce: las propiedades del objeto de conocimiento.

Una nueva representación de la realidad y formas o modelos de aproximación permitiría visualizar algunos ejemplos del proceso de complejización que se viene dando en la educación de la sociedad globalizada:

- **La Sinéctica:** Diseñada por Gordon en 1961 [103, Joyce, B.; 2000] orientada al desarrollo de innovaciones y al aprendizaje por analogías y metáforas, con el propósito de resolver problemas y desarrollar productos de manera creativa, desde una perspectiva lúdica. Viene del griego synekticus que significa “avanzando juntos para reunir cosas diversas en una sola dirección”. Se apoya en pensamientos disociados que permiten convertir lo extraño en familiar desde la conciencia del comportamiento, del pensamiento irracional y lo emocional.

En los estudios sobre creatividad, nos encontramos con aproximaciones de confluencia que invitan a ver la creatividad inserta en el sistema, con una mayor influencia sociocultural, ambiental o ecológica [21, Batenson, G.; 1991]. Autores como Gruber, (1974); Simonton (1981); P. González (1981); Gardner (1973); Amabile (1983); R. Sternberg (1977); M. Csikszentmihalyi (1988) nos muestran que la creatividad va dejando de ser una capacidad personal para convertirse en un bien social, en una riqueza colectiva, que genera alternativas en la solución de problemas y conflictos, y en mejorar la calidad de vida [48, Diaz, E.; 2006].

- **La Cibernética:** “Cibernética”, del griego *kybernetikée* es un término que significa el arte de gobernar, utilizado por primera vez en 1834 por André-Marie Ampère. En sentido amplio “la Cibernética pertenece a la ciencia de la pauta y la organización”(Keeney, 1987). La cibernética estimula la acción reflexiva de introducirse en la observación del observador. El objeto de estudio pasa a constituirse en el observador observando su propia observación; La cibernética de segundo orden abre un espacio para la reflexión sobre el propio comportamiento y entra directamente en el territorio de la responsabilidad y la ética. Dado que se fundamenta en la premisa de que no somos descubridores de un mundo exterior a nosotros, sino inventores o constructores de la propia realidad, todos y cada uno de nosotros somos fundamentalmente responsables de nuestras propias invenciones [19 Banzhaf, W.; 2000].

Al explicar el fenómeno del conocer, Maturana parte de la experiencia del observar y se pregunta por el origen de las capacidades del observador aceptando la pregunta: cómo se explican mis habilidades o capacidades como observador?. En el proceso de responder a esta pregunta desarrolla lo que Maturana (1986) denomina “La ontología del observar”. En este proceso muestra que el explicar científico no hace referencia a una realidad independiente del observador y que no se requiere el supuesto de una tal realidad postulando que la noción de realidad es una proposición explicativa. Así dice: “Todo lo dicho es dicho por un observador a otro observador que puede ser él o ella misma”. En su propuesta de suspender la convicción respecto a la objetividad de nuestras percepciones [138 Maturana, H.; 1986] “... invitando a poner la objetividad entre paréntesis en el proceso de explicar”.

- **La Pedagogía Transpersonal y Valórica:** Es otro ejemplo orientado a la trascendencia y la autorrealización, a comprender la complejidad humana y propender a la búsqueda de la libertad, la honestidad, la tolerancia, la solidaridad, la responsabilidad, la autorrealización, la autotrascendencia y otras actitudes del desarrollo humano. Es una pedagogía que: “entiende el desarrollo humano, como un proceso de construcción permanente del ser y del deber ser, dentro de un proceso dialéctico que logre comprender lo humano en toda su integralidad: desde lo instintivo y visceral hasta lo lógico-cognitivo, mediado todo este proceso por la creatividad, que también es un valor. Lo anterior para que exista un equilibrio armónico entre el sustrato biológico y psíquico del ser con la experiencia cultural y social”. [100 Jiménez, C.; 2006].

- **El Proyecto de Conversación Educativa:** Al respecto Gutiérrez (2002) dice que la educación es conversación educativa y ésta es concebida como un organismo vivo en el que circulan ideas que a su vez tienen su hábitat, su vida, sus costumbres y su organización. En el caso de las personas que se interrelacionan en el sistema, esas ideas constituyen sus respectivos campos culturales, desde los cuales hablan y actúan. La vida de un sistema se muestra en dos ejes irreversibles: el que va de la Función a la Transformación y el que va del Contexto a la Teleología. Decir esos dos ejes corresponde a atestiguar la vida del sistema, por ello propone: el término “campo cultural”, definiendo cultura como una red de conversaciones; la cultura cambia cuando cambian las conversaciones que la hacen y sostienen [139. Maturana y Varela.; 2000]. Así, se concibe el “campo cultural”, como el espacio de interacciones que concurren en la ontogenia de las personas que lo constituyen [85. Guitierrez, G.; 2000].
- **La Resiliencia y la Educación:** Entendida en el sentido de una nueva reflexión para generar dispositivos y estrategias en los ámbitos educativos que permitan formar docentes y desarrollar proyectos educativos orientados al manejo de conflictos y al desarrollo de personas y grupos basado en el reconocimiento de sus fortalezas para enfrentar la adversidad y reponerse a ella con éxito [89. HBP; 2012].
- **La Pedagogía de la Esperanza:** Como una respuesta a la necesidad de diálogo que exige la disyuntiva vida-muerte que produce la victimización del terrorismo. Esa espera de la muerte producto de los fundamentalismos en el marco de la globalización. “La educación del futuro debe tener entre sus fundamentos principales la permanente creación de utopías” se sabe que ésta es imposible sin una pedagogía de la esperanza que esté articulada a la racionalidad hermenéutica. Un buen uso de la racionalidad vital, no es solamente el uso de la razón cognitiva sino también el uso de razón comprensiva coimplicada con la distinción del otro en condiciones de victimación, que además utilice la racionalidad instrumental para transformar las condiciones de muerte [14. Ávila, F.; 2008].

La propuesta educativa de Morín en el marco de la Complejidad implica una enseñanza comprensiva de un conocimiento multidimensional, que contempla un aprendizaje orientado al abordaje de problemas, promotor de la integración de saberes y la interculturalidad, alejado de verdades absolutas en el reconocimiento de la incertidumbre

el error, la ilusión, la comprensión de realidad desde la diversidad, el reconocimiento de la ecología de la mente, el cosmos y el conocimiento que lo contiene, un nuevo ethos de comunicación humana, en fin, el método como actividad de forma de pensar compleja que se prolonga en forma de actuar compleja [161] Morín, E.; 2000].

Teniendo en cuenta que la posmodernidad hasta ahora comienza a tener de una manera muy incipiente una formación transdisciplinar superficialmente descriptiva, [91] Herran, A.; 1998] quien sugiere los siguientes pasos en lo que considera como el Proceso hacia la Complejidad [163] Nicolis, G. Progogine, I; 2010]:

- **La reflexión:** sobre los fenómenos circundantes, sean personales, sociales, culturales o ambientales.
- **La indagación:** entendida como meditación, interiorización o conocimiento sobre uno mismo, en relación con los fenómenos mencionados, orientando la actitud a la construcción del futuro.
- **La humildad:** entendida como el reconocimiento de las propias limitaciones. Esto es evitar la presunción sobre el propio conocimiento reconociendo la propia ignorancia como hecho predominante. Y si se admite, aunque sea solo parcialmente, sólo quedaría la apertura como consecuencia natural.

3.2.7. Paradigma del Caos

Otra interesante experiencia que parte de la afirmación de que hemos arribado al fin de las certidumbres como señaló [173] Prigogine, I.; 1996] refiriéndose a los descubrimientos de la física cuántica. La “pedagogía del caos” se plantea como un sistema educativo abierto, que se establece a partir de entornos físicos múltiples, coherentes, pero interconectados dando forma a una sintaxis visual que motive a los miembros de la comunidad universitaria, a la discusión pluridisciplinar sobre temas concretos [84] Gribbin, J.; 2006] [198] Stewar, I.; 1999].

Al respecto el profesor Díaz afirma una emergencia hacia una nueva educación que se basada en el hipertexto o en las múltiples entradas y salidas del conocimiento: en otras épocas se sostenía que la pedagogía debía conducir a la perfección del ser humano. En plena época tecnológica y digital, esos valores evidentemente están siendo descartados. Hoy el ideal del “hombre ilustrado” le está dejando su lugar al ideal de la capacidad de

aprender. Antes el conocimiento se acumulaba, ahora se descarta [54]. Díaz, F.; 2005].

Mejor dicho, se aprenden cosas que en poco tiempo dejan de tener vigencia. Por ejemplo, los programas de computación que envejecen tan pronto como se los comienzan a manejar con cierta soltura, se trata entonces, de estar abiertos a nuevas capacidades e informaciones, más que a la adquisición definitiva de los conocimientos. (Díaz, 2006). “Si aprendemos a desordenar [77]. Godino, J.; 2003], podremos adentrarnos en las complejidades que son el panorama del presente y del futuro. Podremos comprender las herramientas que nos construyen las ciencias del caos, las complejidades y la sinérgica y así el desorden no nos tomará por sorpresa ni podrá descomponernos. Si nos decidimos a desordenar podremos pisar sobre los mundos móviles que serán cada vez más el pan de cada día. Pero sobre todo, si aprendemos a desordenar aprendemos a configurar , a ver de otras maneras, y mucho más de lo que hay; a construir mundos posibles; y esto tendrá un efecto poderoso sobre nuestra cultura, sobre nuestro ser latinoamericano; pues como ya sabemos, el desarrollo no se basa más sobre las materias primas ni sobre la producción ni sobre los obreros de overol. La producción se desmaterializa, se tecnologiza, se profesionaliza y la riqueza actual de la humanidad ahora es el conocimiento y la diversidad [189]. Rubio, J.; 2006].

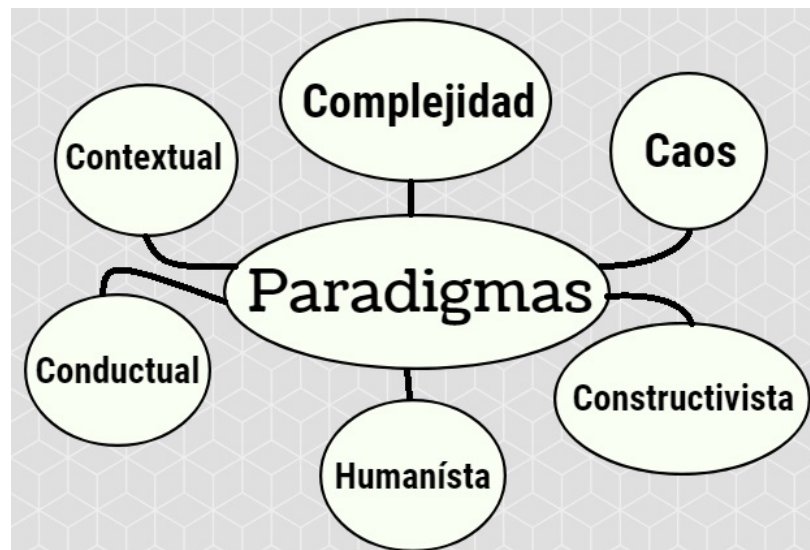


Figura 3.2: Feedback de la sesión 3.2

Parte II

Procesos de Aprendizaje: De las Neurociencias a los Enfoques Pedagógicos Emergentes

3.3. Analogía Neuropedagógica mediante un Enfoque Mesoscópico

Dos tipos de dispositivos se sabe que pueden soportar funciones tales como la percepción, la memoria, el lenguaje y la solución de problemas. Uno de ellos es la computadora digital moderna, programada para producir “inteligencia artificial”(AI) [11 Abbass, H.; 2005], y el otro es el cerebro humano, que produce la variedad natural.

3.3.1. Los Descubrimientos de las Neurociencias

Los avances de las neurociencias tienen implicaciones en el trabajo educativo porque el cerebro actúa como un todo complejo, es decir como un sistema: los conocimientos, las actitudes y las emociones están interrelacionados y forman parte de un todo inseparable; por otro lado, si bien la carga genética determina en gran medida las potencialidades de cada ser humano, éstas se desarrollan en mayor o menor medida, e incluso pueden atrofiarse, dependiendo del medio: a mayor interacción, mediación y estimulación, mayor desarrollo cerebral, y con esto mayor capacidad intelectual, afectiva, social y motriz [94 Holy, K.; 1997].

Estas ideas imponen un cambio en el trabajo del educador: en lugar de concentrarnos en que los estudiantes adquieran conocimientos debemos fijarnos en su desempeño global: sentimiento, pensamiento y acción. Hoy más que nunca las personas deben recibir una educación que considere la complejidad de lo que son y de su aprendizaje; esto implica diseñar procesos educativos en los que se busque integrar el mundo actual al aprendizaje escolar mediante la inclusión de conocimientos pero también de habilidades de pensamiento, destrezas, actitudes, valores, tradiciones, costumbres y nuevas formas de relación que respondan a necesidades reales [60 Fernandes, A.; 2016].

En este sentido, la Neuropedagogía es una ciencia naciente que tiene por objeto de estudio el cerebro humano que debe ser entendido como un órgano social capaz de ser mo-

dificado por los procesos de enseñanza y aprendizaje especialmente lúdicos y no simplemente como un computador. Así pues, la Neuropedagogía es una disciplina tanto biológica como social, es decir, no puede haber mente sin cerebro, ni cerebro sin contexto social y cultural.

Definición 3.2. En síntesis el cerebro humano es un procesador de significados atravesados por una gran cascada de moléculas de la emoción que afectan nuestra mente y nuestra corporalidad. De esta forma su actividad principal es hacer automodificaciones y auto-organizaciones permanentemente (autopoiesis) [101 Jimenez, C.; 2018] [140 Maturana, H. Varela, F.; 2004] .

Es así como la Neurociencia tiene como objeto descifrar el lenguaje del cerebro y la Neuropedagogía comunicarlo. Por otra parte, la utilización, en la actualidad, de equipos como la tomografía axial computarizada, la resonancia magnética nuclear y funcional, la tomografía de emisión de positrones suponen una gran revolución científica para todos aquellos conocimientos relacionados con los procesos cerebrales y los procesos cognitivos, ya que durante varios siglos aquello que ha sido observado indirectamente o teóricamente podrá ser objeto de estudio directo. De esta forma muchos conceptos psicológicos y pedagógicos tradicionales han quedado desplazados con el florecimiento de la Neuropedagogía.

Por otra parte, en física y química, la escala mesoscópica se refiere a la escala de longitud en la que se puede discutir razonablemente las propiedades de un material o fenómeno, sin tener que discutir el comportamiento de los átomos individuales. Etimológicamente del griego μέσος (en el medio, mitad) y del griego σκοπτεω (investigar, observar), es aquella que se encuentra entre la escala macroscópica, del mundo que nos rodea y la escala atómica. Por ejemplo, la física mesoscópica trata de los problemas físicos que ocurren al miniaturizar objetos macroscópicos [145 Mello, P.; 2004].

Asimismo, el prefijo meso proviene del vocablo griego mesos, que significa medio. La escala mesoscópica se encuentra entre la escala macroscópica del mundo en que vivimos, y la escala microscópica en la que cada átomo se considera por separado resuelto. Con fines técnicos, la escala mesoscópica es el tamaño en la que las fluctuaciones esperadas de las propiedades promediadas debido al movimiento y el comportamiento de las partículas individuales se pueden reducir por debajo de cierto umbral conveniente (a menudo un pequeño porcentaje), y debe estar rigurosamente establecido dentro del contexto

de cualquier problema en particular.

Definición 3.3. Un enfoque mesoscópico es un conjunto de estrategias pedagógicas que que usa una escala mesoscópica, es decir, es un enfoque pedagógico que se inspira en un espacio microscópico y lo aplica en un espacio real, dando solución a un problema complejo [145] Mello, P.; 2004].

3.3.2. Plasticidad Neuronal y Cognición

La plasticidad cerebral se refiere a la capacidad del sistema nervioso para transformar su estructura y funcionamiento a lo largo de su vida, como reacción a la diversidad del entorno; cambios como: la modificación de estructuras moleculares, cambios en la expresión genética y comportamiento. En este sentido, la neuroplasticidad permite a las neuronas regenerarse tanto anatómica como funcionalmente y formar nuevas conexiones sinápticas.

Definición 3.4. Hay diferentes tipos de sinapsis, excitatorias o inhibitorias, éstas, son propiedades diferentes que determinan cómo una célula influye sobre la otra. Además, hay diferentes tipos de la arquitectura neuronal que hace la conectividad dispersa o densa, aleatoria o altamente estructurada, donde, el sistema puede incluir diferentes tipos de células con diferentes tipos de conexiones sinápticas [156] Montealegre, M. Jasmidt, C. Montealegre, E.; 2017].

Entre tanto, la plasticidad neuronal representa la facultad del cerebro para recuperarse y reestructurarse. Se puede ver (3.3) una representación artística de cómo podría desarrollarse una red neuronal tras someterse de forma continuada a la estimulación cognitiva adecuada [39] CogniFit, 2017].

Cuando está ocupado en un nuevo aprendizaje o en una nueva experiencia, el cerebro establece una serie de conexiones neuronales. Estas vías o circuitos neuronales son contruidos como rutas para la intercomunicación de las neuronas [19] Banzhaf, W.; 1995].

Las neuronas se comunican entre sí mediante conexiones llamadas sinapsis y estas vías de comunicación se pueden regenerar durante toda la vida. Cada vez que se adquieren nuevos conocimientos (a través de la práctica repetida), la comunicación o la transmisión sináptica entre las neuronas implicadas se ve reforzada. Una mejor comunicación entre

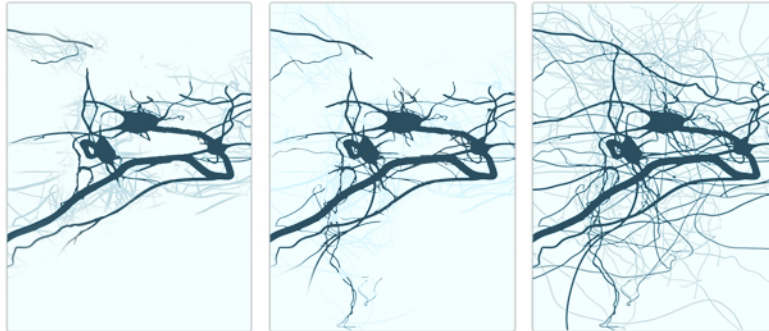


Figura 3.3: Red Neuronal Biológica.

las neuronas significa que las señales eléctricas viajan de manera más eficiente a lo largo del nuevo camino.

Por ejemplo, cuando se intenta reconocer un nuevo pájaro, se realizan nuevas conexiones entre algunas neuronas. Así, las neuronas de la corteza visual determinan su color, las de la corteza auditiva atienden a su canto y, otras, al nombre del pájaro. Para conocer el pájaro y sus atributos, el color, la canción y el nombre son repetidamente evocados.

Es decir, que el circuito neural en cada nuevo intento mejora la eficiencia de la transmisión sináptica y la comunicación entre las neuronas correspondientes es mejorada, haciendo la cognición cada vez más y más rápida.

3.3.3. Elementos básicos de una red neuronal

Trabajar con redes neuronales artificiales, comúnmente llamadas (redes neuronales), ha sido motivado desde el principio por la forma diferente de actuación del cerebro frente al computador digital tradicional. A principios del siglo XX, el trabajo del científico Ramón y Cajal supuso un gran avance para entender el comportamiento del cerebro introduciendo las neuronas como constituyentes estructurales del mismo [162, Benvenuto, F.; 2010]. Aunque normalmente las neuronas son cinco o seis órdenes de magnitud más lentas que las puertas lógicas de silicio, el cerebro compensa esta relativa lenta velocidad de operación de una neurona, teniendo un gran número de ellas con masivas interconexiones entre las mismas; a estas interconexiones se les llama sinapsis. Así, se estima que existen unos 10 billones de neuronas en el cerebro humano estableciendo unas 60 trillones de

sinapsis o conexiones entre ellas [203, UPM ; 2017] [36, Changeux, J. Connes A.; 1993].

El cerebro es un sistema de procesamiento de información altamente complejo [57, Emmeche, C; 1998], no lineal y paralelo . Éste posee la capacidad de organizar neuronas así como de realizar ciertas operaciones, tales como reconocimiento espacial y temporal de patrones, memoria o visión, que las computadoras digitales no son capaces de llevar a cabo con precisión [78, Goodwin, B; 1999]. Para conseguir esta eficiencia, el cerebro basa su trabajo en las sinapsis, que son las unidades estructurales y funcionales que median las interacciones entre neuronas. La clase más común de sinapsis es una sinapsis química, la cual opera como sigue. Un proceso presináptico libera una sustancia transmisora que se difunde a través de la unión sináptica y luego actúa en un proceso postsináptico [36, Changeux, J. Connes A.; 1993].

En las tradicionales descripciones de organización neuronal, se asume que una sinapsis es una conexión simple que puede causar excitación o inhibición, pero no ambas cosas, en la neurona receptora. El desarrollo neuronal va íntimamente unido a una característica del cerebro que es la plasticidad, la cual permite el desarrollo del sistema nervioso para adaptarse a su entorno. En un cerebro adulto, la plasticidad puede ser expresada mediante dos mecanismos: la creación de nuevas conexiones sinápticas entre neuronas y la modificación de sinapsis ya existentes. Así, la plasticidad parece ser esencial para el funcionamiento de neuronas como unidades de procesamiento de información en el cerebro humano, constituyendo con sus conexiones las redes neuronales. Podemos, así pues, establecer la siguiente definición de red neuronal [36, Changeux, J. Connes A.; 1993].

Definición 3.5. Una red neuronal es un procesador distribuido, con elevada capacidad de cálculo en paralelo y con una tendencia natural a almacenar conocimiento experimental y hacerlo disponible para su uso. Se asemeja al cerebro en dos cosas:

- *El conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso de aprendizaje.*
- *La fuerza de la conexión entre neuronas se mide con los pesos sinápticos, que son usados para almacenar el conocimiento. [92, Holland, J.; 1992]*

El procedimiento usado para realizar el proceso de aprendizaje se llama algoritmo de aprendizaje y la función que tiene es la de modificar los pesos sinápticos de la red de acuerdo a llegar a alcanzar un objetivo de diseño deseado. El poder de cálculo de las redes neuronales se debe, primero, a su estructura distribuida paralela con gran número de

neuronas y, segundo, a su habilidad para aprender y luego generalizar; la generalización se refiere a que la red neuronal produce salidas razonables para entradas no sometidas al entrenamiento (fase de aprendizaje) [104 Kaneko, K.; 2012].

Esas dos capacidades de procesamiento de información le hace posible a las redes neuronales resolver complejos problemas que son frecuentemente inabordables. En la práctica, sin embargo, las redes neuronales no proporcionan la solución trabajando por sí mismas, sino que el problema complejo se descompone en tareas más simples y estas redes son asignadas a subconjuntos de las tareas.

El uso de redes neuronales ofrece las siguientes propiedades y capacidades:

- **No linealidad.** Una neurona es, básicamente, un dispositivo no lineal, por lo que una red neuronal, constituida por una interconexión de neuronas, es también no lineal. La no linealidad es una propiedad muy importante, sobre todo si el mecanismo físico responsable de la generación de una señal (la señal de voz, por ejemplo) es inherentemente no lineal [22 Bard, E. Terman, D. ; 2012].
- **Mapeado entrada-salida.** Un popular paradigma de aprendizaje llamado aprendizaje supervisado conlleva la modificación de los pesos sinápticos de una red neuronal aplicando un paquete de datos conocido como muestras de entrenamiento. Cada ejemplo consiste en una única señal de entrada y la correspondiente respuesta deseada. Se modifican los pesos de la red neuronal para conseguir minimizar la diferencia entre la respuesta deseada y la real de la red (la obtenida a partir de la señal de entrada tras pasar por la red neuronal). El entrenamiento de la red es repetido con tantos ejemplos como sean necesarios para que ésta alcance un estado estable en el que los pesos sinápticos no se vean modificados seriamente. De este modo, la red aprende de los ejemplos construyendo un mapeo entrada-salida para el problema en cuestión [22 Bard, E. Terman, D. ; 2012].
- **Adaptabilidad.** Las redes neuronales tienen una capacidad intrínseca para adaptar sus pesos sinápticos a cambios en el entorno. En particular, una red neuronal entrenada para operar en un entorno específico puede ser entrenada de nuevo para conseguir que existan menos cambios en las condiciones de operación. Sin embargo, esta adaptabilidad no siempre conduce a una mayor robustez [22 Bard, E. Terman, D. ; 2012].

- **Respuesta indicativa.** En el contexto de patrones de clasificación, una red neuronal puede ser diseñada para proporcionar información, no sólo sobre qué particular patrón seleccionar, sino también sobre la seguridad en la decisión tomada. Esta información puede ser usada más tarde para rechazar patrones antiguos [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012].

- **Información contextual.** El conocimiento está representado por la estructura y estado de activación de una red neuronal. Cada neurona en la red está potencialmente afectada por la actividad global de todas las demás neuronas de la red. En consecuencia, la información contextual es tratada con naturalidad por una red neuronal [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012].

- **Tolerancia a fallos.** Una red neuronal, implementada físicamente es tolerante a fallos en el sentido de que, a pesar de que algunas de sus neuronas o interconexiones estén dañadas, el rendimiento total no se ve seriamente afectado [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012].

- **Implementabilidad como VLSI.** La naturaleza masivamente paralela de una red neuronal la hace potencialmente rápida para el cálculo de ciertas tareas. Este hecho hace que una red neuronal sea ideal para ser implementada usando tecnología VLSI (very large scale integrated), fundamentalmente como una herramienta para aplicaciones en tiempo real tales como reconocimiento de patrones, procesamiento de señal o control [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012].

- **Uniformidad en el análisis y en el diseño.** Esta uniformidad se manifiesta en el uso de la misma notación en todos los ámbitos que impliquen el uso de redes neuronales, lo cual se manifiesta en la compartición de teorías y algoritmos de aprendizaje y en la posibilidad de crear redes modulares a partir de la integración de diversos módulos [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012].

- **Analogía neurobiológica.** El diseño de una red neuronal es motivado por analogía con el cerebro humano. De este modo, los neurobiólogos ven a las redes neuronales como herramientas para la interpretación de fenómenos neurobiológicos [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012].

Modelos de una neurona

Definición 3.6. Una neurona es una unidad de procesamiento de información fundamental para la operación de una red neuronal. [35] Cessac, B. ; 1995] [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012]

En la figura (3.4) los nodos fuente en la capa de entrada de la red suministran los elementos del patrón de activación (vector de entrada), lo que constituye el conjunto de señales de entrada aplicadas a las neuronas (nodos de computación) en la segunda capa (es decir, la primera capa oculta). Las salidas de la segunda capa son usadas como entradas de la tercera, y así para el resto de la red hasta llegar a la capa de salida. Generalmente, por tanto, las neuronas de cada capa de la red tienen como entradas las salidas de la capa anterior. El conjunto de señales de salida de las neuronas de salida (capa final) de la red constituye la respuesta global de la red a las señales suministradas a la capa de entrada. Entre tanto, podemos identificar tres elementos básicos en el modelo de una neurona:

- Un conjunto de conexiones sinápticas, cada una de ellas caracterizado por un peso. Estrictamente, una señal x_p , en la entrada de la sinapsis j conectada a la neurona k , es multiplicada por el peso sináptico w_{kj} . Es importante hacer notar la manera en que los subíndices de w_{kj} están escritos. El primer subíndice hace referencia a la neurona en cuestión y el segundo se refiere a la entrada a la sinapsis. El peso w_{kj} es positivo si la sinapsis asociada es excitatoria, y negativo si es inhibitora [99, Izhikevich, E.; 1995] .

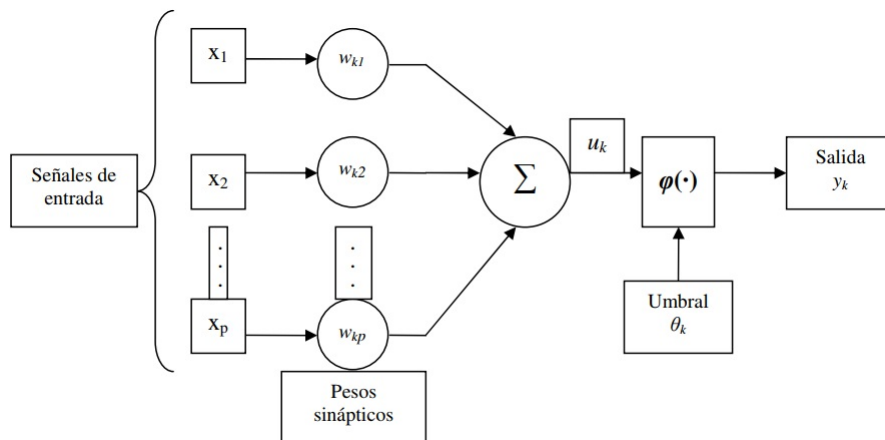


Figura 3.4: Modelo no lineal de una neurona.

- Un sumador para sumar las señales de entrada, pesadas por las respectivas sinapsis de la neurona; las operaciones descritas aquí constituyen un combinador lineal.
- Una función de activación para limitar la amplitud de la salida de la neurona.

En términos matemáticos, podemos describir una neurona k escribiendo el siguiente par de ecuaciones [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012]:

$$u_k = \sum_{j=1}^p w_{kj} x_j \quad (3.1)$$

y

$$Y_k = \varphi(u_k - \theta_k) \quad (3.2)$$

donde x_1, x_2, \dots, x_p son las señales de entrada; $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kp}$ son los pesos sinápticos de la neurona k ; u_k es la salida del combinador lineal; θ_k es el umbral (o threshold); $\varphi(\cdot)$ es la función de activación; e y_k es la señal de salida de la neurona.

Tipos de funciones de activación neuronal

La función de activación, denotada por $\varphi(\cdot)$, define la salida de una neurona en términos de nivel de actividad a su entrada. Podemos identificar tres tipos básicos de funciones de activación [22] Bard, E. Terman, D. ; 2012]:

- **Función threshold.** Para esta función tenemos, usando la salida de la neurona k como función threshold, la siguiente expresión:

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{si } v_k \geq 0 \\ 0 & \text{si } v_k \leq 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

donde v_k es el nivel de actividad interno de la neurona k , definido por:

$$v_k = \sum w_{kj} x_j - \theta_k \quad (3.4)$$

- **Función lineal a trozos.** Se define con la expresión siguiente:

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{si } v \geq \frac{1}{2} \\ v & \text{si } -\frac{1}{2} < v < \frac{1}{2} \\ 0 & \text{si } v_k \leq -\frac{1}{2} \end{cases} \quad (3.5)$$

Este tipo de función de activación puede ser visto como una aproximación a un amplificador no lineal. Veamos dos tipos especiales de función lineal a trozos:

- Un combinador lineal que surge en la zona lineal de operación es mantenido sin entrar en saturación.
 - La función lineal a trozos se reduce a una función threshold si el factor de amplificación de la región lineal es muy grande.
- **Función sigmoide.** Es la función de activación más usada en la construcción de redes neuronales artificiales. Se define como una función estrictamente creciente que presenta propiedades asintóticas y de suavidad. Un ejemplo de sigmoide es la función logística, determinada por la siguiente expresión:

$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)} \quad (3.6)$$

donde a es el parámetro de pendiente de la función sigmoide. Variando el parámetro a , obtenemos funciones sigmoides de diferentes pendientes. En el límite, cuando el parámetro de pendiente es infinito, la función sigmoide se convierte en una threshold. Mientras que una función threshold vale 0 ó 1, la sigmoide tiene un rango continuo de valores entre 0 y 1. Además, la sigmoide es una función diferenciable, mientras que la threshold no lo es [22]. Bard, E. Terman, D. ; 2012].

La Red Multicapa

En esta investigación usaremos la metáfora de red multicapa caracterizada por la presencia de una o más capas ocultas, cuyos nodos de computación se llaman neuronas ocultas. La función de las neuronas ocultas es intervenir entre la entrada externa y la salida de la red. Añadiendo una o más capas ocultas, la red es capaz de extraer estadísticas de orden más alto, lo que es realmente útil cuando el tamaño de la capa de entrada (número de nodos que posee) es grande. [11]. Kosmatoupoulos, E.; 1995]

Los nodos fuente en la capa de entrada de la red suministran los elementos del patrón de activación (vector de entrada), lo que constituye el conjunto de señales de entrada aplicadas a las neuronas (nodos de computación) en la segunda capa (es decir, la primera capa oculta). Las salidas de la segunda capa son usadas como entradas de la tercera, y así para

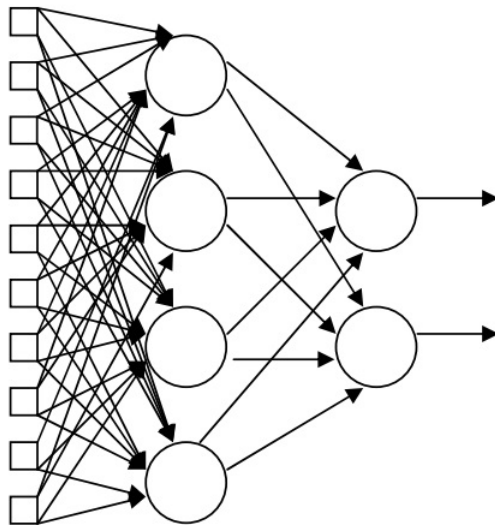


Figura 3.5: Red Multicapa feedforward completamente conectada.

el resto de la red hasta llegar a la capa de salida. Generalmente, por tanto, las neuronas de cada capa de la red tienen como entradas las salidas de la capa anterior. El conjunto de señales de salida de las neuronas de salida (capa final) de la red constituye la respuesta global de la red a las señales suministradas a la capa de entrada [22, Bard, E. Terman, D. ; 2012].

Por último, podemos decir que la red mostrada en la figura (3.5) es una red completamente conectada en el sentido de que cada nodo de cada capa está conectado con todos los nodos de la capa adyacente. Sin embargo, si algunas de las sinapsis se pierden, decimos que la red está parcialmente conectada.

Representación del conocimiento

Lo primero que vamos a hacer en este apartado es definir lo que es el conocimiento. Podemos realizar la siguiente definición genérica:

Definición 3.7. El conocimiento se refiere a la información almacenada o modelos usados por una persona o máquina para interpretar, predecir y responder adecuadamente al mundo exterior. [36, Changeux, J. Connes A.; 1993]

Las principales características de la representación del conocimiento son qué infor-

mación está explícita y cómo la información es codificada físicamente para su posterior uso. En el mundo de las máquinas inteligentes, se puede decir que una buena solución depende de una buena representación del conocimiento. Así es con las redes neuronales, que representan una clase especial de máquinas inteligentes. Sin embargo, generalmente, las posibles formas de representación desde las entradas hasta los parámetros de red internos son muy diversas, lo que tiende a provocar el desarrollo de una solución satisfactoria por medio de un diseño real de una red neuronal [36]. Changeux, J. Connes A.; 1993].

Una tarea principal para una red neuronal es aprender un modelo del entorno que la rodea y mantenerlo suficientemente consistente para así alcanzar los objetivos específicos de la aplicación de interés. El conocimiento del mundo consta de dos clases de información:

- información a priori. La introducimos cuando usamos una determinada arquitectura de red neuronal para una aplicación concreta.
- Observaciones (medidas). Estas observaciones, inherentemente ruidosas, nos proporcionan los ejemplos necesarios para realizar el entrenamiento de la red neuronal.

Cada ejemplo consta de un par entrada-salida: una señal de entrada y la correspondiente respuesta deseada para la red neuronal. Así, un conjunto de ejemplos representa el conocimiento acerca del entorno de interés. Consideremos, por ejemplo, el problema del reconocimiento de dígitos escritos a mano, en el que la entrada consiste en una imagen de píxeles blancos y negros; en cada imagen se representa uno de los diez dígitos posibles. Es decir, en este caso, la entrada es la imagen y la salida es la identidad del dígito. Dado dicho paquete de ejemplos, el diseño de una red neuronal puede proceder como sigue [22]. Bard, E. Terman, D. ; 2012]:

- Primero, se selecciona una arquitectura apropiada para la red neuronal, con una capa de entrada consistente en un número de nodos fuente igual que el número de píxeles de una imagen de entrada y una salida de diez neuronas (una por dígito). Posteriormente se entrena la red con un conjunto de ejemplos por medio de un algoritmo apropiado. Esta fase es la fase de aprendizaje [11]. Kosmatopoulos, E.; 1995].
- Segundo, para comprobar si el entrenamiento de la red ha sido bueno, se introduce datos que no estaban en el paquete de datos de la fase de entrenamiento. Aquí se

presenta una imagen a la red, la cual, por comparación con imágenes introducidas en el entrenamiento, ha de saber de qué dígito se trata. Esta fase se denomina fase de generalización. En una red neuronal, que posea una arquitectura específica, la representación del conocimiento del entorno circundante queda definida por los valores que toman los parámetros libres de la misma, es decir, por los pesos sinápticos y por los umbrales [22, Bard, E. Terman, D. ; 2012] [111, Kosmatopoulos, E.; 1995].

3.3.4. Procesos de aprendizaje

Entre las muchas interesantes propiedades de una red neuronal, quizás la principal sea la habilidad de la red para aprender de su entorno, y mejorar su rendimiento a través del aprendizaje. Una red neuronal aprende de su entorno a través de un proceso iterativo de ajustes aplicados a sus pesos sinápticos y umbrales. Idealmente, la red se hace más capaz de conocer su entorno después de cada iteración del proceso de aprendizaje [35, Cessac, B. ; 1995] .

No obstante, el aprendizaje es un proceso por el que los parámetros libres de una red neuronal son adaptados mediante un proceso continuo de estimulación llevado a cabo por el entorno en que se encuentra la red. El tipo de aprendizaje se determina por la manera en la que estos parámetros se ajustan [99, Izhikevich, E.; 1995] [111, Kosmatopoulos, E.; 1995].

Esta definición del proceso de aprendizaje implica la siguiente secuencia de eventos:

- La red neuronal es estimulada por un entorno.
- La red neuronal lleva a cabo cambios como respuesta a esta estimulación.
- La red neuronal responde de una nueva forma al entorno debido a los cambios ocurridos en su estructura interna [99, Izhikevich, E.; 1995] .

Fijándonos en la (3.6), podemos ver que v_k , conocido como actividad interna de la neurona, depende de la señal de entrada x_j a través del peso sináptico w_{kj} . El valor de este peso sináptico variará con el tiempo de la siguiente forma:

$$w_{kj}(n + 1) = w_{kj}(n) + \Delta w_{kj}(n) \quad (3.7)$$

Se llama algoritmo de aprendizaje a un conjunto de reglas bien definidas para la solución de un problema de aprendizaje. Como uno podría esperar, no hay sólo un único algoritmo de aprendizaje para el diseño de redes neuronales, sino que tenemos un paquete de herramientas representado por una variedad de algoritmos de aprendizaje, cada uno de los cuales proporciona sus propias ventajas. Básicamente, estos algoritmos de aprendizaje se diferencian en la forma en la que el ajuste de Δw_{kj} al peso sináptico w_{kj} es formulado. Otro factor a ser considerado es la manera en la que una red neuronal se relaciona con su entorno.

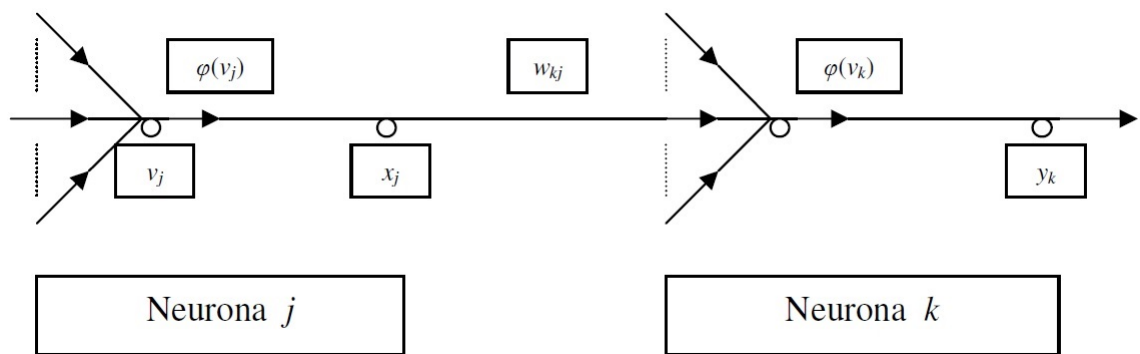


Figura 3.6: Actividad interna de la neurona *k*

3.3.5. Paradigmas de aprendizaje

Aprendizaje supervisado

Un ingrediente esencial en el aprendizaje activo o supervisado es la disponibilidad de un maestro externo, como se puede ver en el diagrama (ver [3.7](#)) .

Conceptualmente, podemos pensar que el maestro, como conocedor del entorno que es, está representado por un conjunto de ejemplos entrada-salida. Sin embargo, el entorno es desconocido para la red neuronal de interés. Supongamos ahora que tanto el maestro como la red neuronal son sometidos a un vector de entrenamiento sacado del entorno. El maestro es capaz de proporcionar a la red neuronal la respuesta deseada (o respuesta objetivo) para ese vector de entrenamiento. Además, la respuesta deseada representa la acción óptima a ser realizada por la red neuronal. Los parámetros de la red son ajustados bajo la influencia combinada del vector de entrenamiento y la señal de error; la señal de error se define como la diferencia entre la respuesta actual de la red y la respuesta desea-

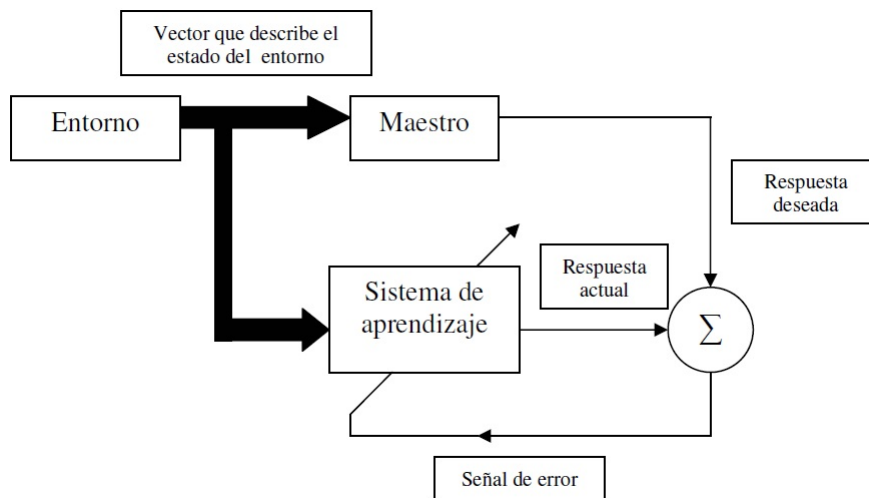


Figura 3.7: Diagrama de bloques del aprendizaje supervisado

da. Este ajuste es llevado a cabo paso a paso iterativamente con el objetivo de hacer que la red neuronal, eventualmente, emule al maestro; se supone que la emulación es óptima en algún sentido estadístico. En otras palabras, el conocimiento del entorno por parte del maestro es transferido a la red neuronal en la mayor medida posible. Cuando se alcanza esta condición, podemos prescindir del maestro y dejar a la red neuronal tratar con el entorno por sí misma [22]. Bard, E. Terman, D. ; 2012].

La forma de aprendizaje supervisado que acabamos de describir es, en realidad, el aprendizaje por corrección de error. Se trata de un sistema realimentado de bucle cerrado en el que el entorno desconocido no se encuentra en el bucle. Como medida de actuación para este sistema, podemos pensar en términos de error cuadrático medio (es decir, el valor esperado de la suma de los errores cuadráticos) definido como una función de los parámetros libres del sistema [11]. Kosmatopoulos, E.; 1995].

Aprendizaje no supervisado

En el aprendizaje no supervisado o auto-organizado no hay maestro externo para supervisar el proceso de aprendizaje, como podemos ver en la figura (ver 3.8), en la que se representa el diagrama de bloques del aprendizaje no supervisado. En otras palabras, no

hay ejemplos específicos de la función que ha de ser aprendida por la red. En su lugar, tenemos una medida independiente de la tarea de la calidad de representación que la red requiere aprender, y los parámetros libres de la red se optimizan respecto a esa medida. Una vez que la red se ha sintonizado a las regularidades estadísticas de los datos de entrada, se desarrolla la habilidad para formar representaciones internas de características codificadas de la entrada y, por tanto, crear nuevas clases automáticamente.

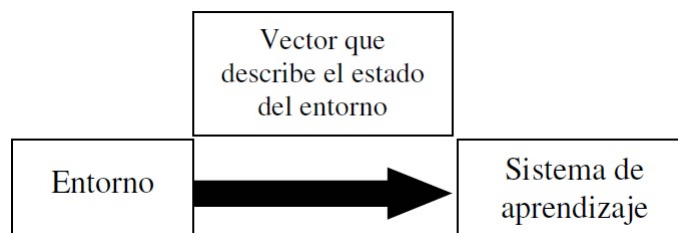


Figura 3.8: Diagrama de bloques del aprendizaje no supervisado

Para llevar a cabo el aprendizaje supervisado, podemos usar una regla de aprendizaje competitivo. Por ejemplo, podemos usar una red neuronal que conste de dos capas denominadas capa de entrada y capa competitiva. La capa de entrada recibe los datos disponibles. La capa competitiva consta de neuronas que compiten entre sí para tener la oportunidad de responder a características contenidas en los datos de entrada. En su forma más simple, la red opera de acuerdo a una estrategia de 'el vencedor lo consigue todo'. En esta estrategia, la neurona con la entrada más grande gana la competición y se activa; el resto de neuronas se desactivan [111, Kosmatopoulos, E.; 1995] [22, Bard, E. Terman, D. ; 2012].

3.3.6. Optimización de los Ambientes de Aprendizaje mediante la Potenciación de Inteligencias Múltiples

La Teoría de las Inteligencias Múltiples, es un modelo propuesto por Howard Gardner, psicólogo e investigador centrado en el campo de la educación, por su parte, propone que la inteligencia no debe ser vista como algo unitario que agrupa diferentes capacidades específicas con distinto nivel de generalidad, sino como un conjunto de inteligencias múltiples, distintas y semi-independientes. Gardner [71, Gardner, H.; 1994], define la inteligencia como: un potencial biopsicológico para procesar información que se puede activar en un marco cultural para resolver problemas o crear productos que tienen valor

para una o más culturas. Es decir, existen diferentes maneras en que las personas aprenden, representan, procesan la información y comprenden el mundo que los rodea. Dichas tendencias globales del individuo al momento de aprender no son algo fijo e inmutable, sino que están en continua evolución [36. Changeux, J. Connes A.; 1993][172. Peralta, V.; 2010].

Entre tanto, Gardner, [71. Gardner, H.; 1994] , propone una mirada pluralista de la mente, al reconocer muchas facetas diferentes de la cognición y así reconoce que las personas tienen diversas fortalezas cognitivas y estilos de aprendizaje contrastantes. Desde esta perspectiva, la inteligencia no es algo innato y fijo que domina todas las destrezas y habilidades de resolución de problemas que posee el ser humano, por el contrario está localizada en diferentes **áreas del cerebro**, interconectadas entre sí y que pueden también trabajar en forma individual, teniendo la propiedad de desarrollarse ampliamente si encuentran un ambiente que ofrezca las condiciones necesarias para ello [73. Gardner, H.; 1994].

Asimismo, asegura que existen ocho inteligencias:

1. **La inteligencia lingüística-verbal:** es la capacidad de emplear de manera eficaz las palabras, manipulando la estructura o sintaxis del lenguaje, la fonética, la semántica, y sus dimensiones prácticas. Está presente en las personas a quienes les encanta redactar historias, leer, jugar con rimas, trabalenguas y en los que aprenden con facilidad otros idiomas [72. Gardner, H.; 1994].
2. **La inteligencia física-kinestésica:** es la habilidad para usar el cuerpo para expresar ideas y sentimientos, y sus particularidades de coordinación, equilibrio, destreza, fuerza, flexibilidad y velocidad, así como propioceptivas y táctiles. Se la aprecia en las personas que se destacan en actividades deportivas, danza, expresión corporal y/o en trabajos de construcciones utilizando diversos materiales concretos. También en aquellos que son hábiles en la ejecución de instrumentos [72. Gardner, H.; 1994].
3. **La inteligencia lógica-matemática:** es la capacidad de manejar números, relaciones y patrones lógicos de manera eficaz, así como otras funciones y abstracciones de este tipo. Quienes la han desarrollado analizan con facilidad planteamientos y problemas. Se acercan a los cálculos numéricos, estadísticas y presupuestos con entusiasmo [72. Gardner, H.; 1994].

4. **La inteligencia espacial:** es la habilidad de apreciar con certeza la imagen visual y espacial, de representar gráficamente las ideas, y de sensibilizar el color, la línea, la forma, la figura, el espacio y sus interrelaciones. Está en las personas que estudian mejor con gráficos, esquemas, cuadros. Les gusta hacer mapas conceptuales y mentales. Entienden muy bien planos y croquis, tienen excelente sentido de orientación [72] Gardner, H.; 1994].
5. **La inteligencia musical:** es la capacidad de percibir, distinguir, transformar y expresar el ritmo, timbre y tono de los sonidos musicales. Las personas que la evidencian se sienten atraídas por los sonidos de la naturaleza y por todo tipo de melodías. Disfrutan siguiendo el compás con el pie, golpeando o sacudiendo algún objeto rítmicamente [72] Gardner, H.; 1994].
6. **La inteligencia interpersonal:** es la posibilidad de distinguir y percibir los estados emocionales y signos interpersonales de los demás, y responder de manera efectiva a dichas acciones de forma práctica. La tienen las personas que disfrutan trabajando en grupo, que son convincentes en sus negociaciones con pares y mayores, que entienden al compañero [72] Gardner, H.; 1994].
7. **La inteligencia intrapersonal:** es la habilidad de la autoinspección, y de actuar consecuentemente sobre la base de este conocimiento, de tener una autoimagen acertada, y capacidad de autodisciplina, comprensión y amor propio. La evidencian las personas que son reflexivas, de razonamiento acertado y suelen ser consejeras de sus pares [72] Gardner, H.; 1994].
8. **La inteligencia naturalista:** es la capacidad de distinguir, clasificar y utilizar elementos del medio ambiente, objetos, animales o plantas. Tanto del ambiente urbano como suburbano o rural. Incluye las habilidades de observación, experimentación, reflexión y cuestionamiento de nuestro entorno. Se da en las personas que aman a los animales, las plantas; que reconocen y les gusta investigar características del mundo natural y del hecho por el hombre [72] Gardner, H.; 1994].

Lo sustantivo de esta teoría consiste en reconocer la existencia de ocho inteligencias diferentes e independientes, que pueden interactuar y potenciarse recíprocamente. Al definir la inteligencia como una capacidad, Gardner [71] Gardner, H.; 1994], la convierte en una destreza que se puede desarrollar, asimismo, no niega el componente genético, ya

que todos nacen con unas potencialidades marcadas por la genética, pero esas potencialidades se van a desarrollar de una manera o de otra dependiendo del medio ambiente, nuestras experiencias, la educación recibida, los valores, entre otros, [67, Freire, P.; 1994] [68, Freire, P.; 1994].

3.3.7. Las Emociones en el proceso de Aprendizaje

Las emociones juegan un papel muy importante en el comportamiento e influyen en los procesos de memorización [58, Erk, S.; 2003] tan importante en la consolidación del proceso de enseñanza-aprendizaje [38, Churches, A; 2007]. En este sentido, las emociones son fenómenos psicológicos complejos [28, Bertelle, C.; 2012] que desencadenan procesos fisiológicos (cambios en el ritmo cardíaco, sudoración de la piel, etc.), conductuales y cognitivos [64, Fóres, M.; 2012].

Por otra parte, las emociones surgen como reacciones a estímulos externos e internos (recuerdos y estados de ánimo conscientes) [80, Goleman, D.; 2003] , donde estructuras cerebrales (hipocampo y la amígdala) [163, Nicolis, G. Progogine, I.; 1997] son imprescindibles en el aprendizaje [30, Bisquerra, R.; 2003] y la memoria, permitiendo a través de la experiencia y la cultura de las personas obtener una conducta adaptativa a las interacciones con el entorno [?, Maslow, A.; 2005] [176, Prusinkiewicz, P; 1992] .

En este sentido, las emociones están presentes en todas las acciones de nuestras vidas tal como lo señala Maturana [142, Maturana, H.; 1990] quien plantea que

“Todas las acciones humanas se fundan en lo emocional, independientemente del espacio operacional en que surjan, y no hay ninguna acción humana sin una emoción que la establezca como tal y la torne posible como acto”.

Por otra parte, los cuatro temperamentos del ser humano son: Sanguineo, Colérico, Melancólico y Flemático [40, Conrado Hock; 2012]

1. **Temperamento Sanguíneo:** Los sanguineos son gente vivaz, alegre, de esos que les encanta ser los reyes de la fiesta, tienen un sistema nervioso rápido que se caracteriza por la alta sensibilidad, y suelen ser personas muy extrovertidas, a este tipo

de personas les encanta la gente y no les gusta la soledad, su forma de ser los hace aparentar una mayor seguridad de la que en realidad tienen, y suelen tomar decisiones basadas en los sentimientos más que en la reflexión. Algunos defectos de los sanguíneos, es que suelen ser gente indisciplinada y tienen la voluntad débil, lo cual puede ocasionar que sean vistos como gente de poca confianza, por ejemplo, en un empleo o a la hora de desempeñarse en la escuela, además, son muy desorganizados y siempre suelen estar en movimiento, nunca voltean hacia atrás y raras veces miran hacia adelante (ellos buscan vivir el momento) [40]. Conrado Hock; 2012]

Temperamento Colérico: La persona de temperamento colérico tiene un sistema nervioso rápido y desequilibrado. Es rápido, y muy activo en sus decisiones. Este tipo de gente se caracteriza por ser muy independiente. Es extrovertido aunque no tanto como las personas con temperamento sanguíneo. El colérico se siente a gusto con las actividades, de hecho siempre tiene que tener la mente ocupada y estar haciendo algo, adopta posiciones definidas frente a las cuestiones, y se le puede ver organizando marchas contra la injusticia social. no le disgustan las adversidades, por el contrario, tienden a alentarlos, es determinado y no se rinde ante cualquier obstáculo, él sigue adelante, demuestra poco aprecio por la música y el arte, y prefiere los valores utilitarios y productivos de la vida, toda profesión que requiera liderazgo, motivación y productividad son ideales para él, también tiene sus debilidades. El colérico puede ser profundamente hostil, su explosividad puede ser muy peligrosa, también suelen ser más insensibles ante los problemas de los demás, no le gustan las lágrimas, es cruel, cortante y sarcástico [40]. Conrado Hock; 2012]

Temperamento Melancólico: El melancólico tiene un sistema nervioso débil y una muy alta sensibilidad, es muy sensible emocionalmente y es introvertido (aunque puede comportarse de manera extrovertida), se dice que es el temperamento más rico de todos, y generalmente suele tener un nivel de inteligencia más alto que los demás temperamentos, nadie más disfruta del arte que el melancólico y además es muy perfeccionista. El melancólico es analítico, puede adquirir toda una variedad de talentos, es muy fiel y por lo tanto muy buen amigo, pero no consigue amigos con facilidad, más bien espera que vengán a él, es muy crítico, autodisciplinado, y le gusta entregarse al sacrificio personal. Toda vocación que requiera talento y creatividad es apto para el melancólico, como filosofía, la ciencia, la música, el arte, etc? Las debilidades del melancólico es que suele ser muy

depresivo, suele ser más pesimista que la persona promedio, y es raro que una persona melancólica inicie un nuevo proyecto por sí mismo, es egocéntrico, tiende a compararse con los demás, tiende a ser rencoroso, tiene cambios de ánimo más marcados, en algún momento puede sentirse casi como un sanguíneo, y en otro momento puede sentirse en una depresión total, también suele ser rígido e intransigente. Así como la mayoría de los genios y de los artistas suelen ser melancólicos, también pueden convertirse en seres peligrosos (en caso de que no logren educar sus impulsos) además de que las personas que constituyen este temperamento tienen una expectativa de vida menor que los demás [40]. Conrado Hock; 2012]

Temperamento Flemático: El flemático tiene un sistema nervioso lento y equilibrado, es tranquilo, nunca pierde la compostura y nunca se enfada; por lo cual suele ser el temperamento más agradable de todos, suele ser una persona muy apática, sin muchas dotes de liderazgo (aunque eso no significa que no lo pueda ser). El flemático evita comprometerse lo más posible, parece no alterarse nunca, y bajo su personalidad, suele experimentar más emociones que las que demuestra a los demás, no le faltan amigos porque le gustan las personas, tienen un sentido del humor natural y posee una capacidad especial para descubrir el lado humorístico de los demás, es de buen corazón y compasivo, aunque rara vez demuestra sus sentimientos, procura no involucrarse mucho con las actividades de los demás, pero cuando lo hace, lo puede llegar a hacer con un grado alto de eficacia.

Por otra parte, Los flemáticos pueden ser buenos ingenieros, matemáticos, docentes, dibujantes. Le atraen los cargos en la administración pública, en funciones de gobierno y otros semejantes. Las debilidades del flemático es que suele ser lento y ocioso, le falta empuje y ambición, suele escudarse del dolor, y también puede ser sensible, aunque no tanto como el melancólico, puede ser muy ávaro en el dinero, es muy terco, pero suele pasar su terquedad más desapercibida que otros temperamentos, y también suele ser indeciso y temeroso. [40]. Conrado Hock; 2012]

3.4. Enfoques Pedagógicos Emergentes

3.4.1. Definición de Pedagogía Emergente

Las pedagogías emergentes [5]. Adell, J.; 2012] son el conjunto de enfoques e ideas pedagógicas, todavía no bien sistematizadas, que surgen alrededor del uso de las TIC

en educación y que intentan aprovechar todo su potencial comunicativo [24] Bedau, M.; 2008], informacional, colaborativo, interactivo, creativo e innovador en el marco de una nueva cultura del aprendizaje [193] Segura, 2012].

3.4.2. **Movimiento Maker: la unión entre DIY, DIWO y DIT**

El inicio del concepto Do it yourself (DIY) está basado en la filosofía de co-construir, es decir, colaborar con otros individuos para llegar a un fin. En base a esta filosofía surgen los movimientos Do it with other (DIWO) o Do it together (DIT). Siendo estos parte del conjunto de ideologías que configuran el germen del movimiento maker. Enmarcamos este movimiento como un grupo de personas, las cuáles según [62] Flemming, L.; 2015] poseen las siguientes características:

- Interés por hacer cosas por sí mismo (Do-It-Yourself DIY), así como en colaboración con otras personas (Do-It-With-Others, DIWO)
- Capacidad de uso de herramientas digitales de sobremesa desarrollar productos y desarrollar prototipos.
- Cultura de compartir los diseños en la red y colaborar en comunidades online, para que cualquiera pueda acceder a la información y crear los productos utilizando los manuales correspondientes.
- Uso de archivos estándar de diseño que permitan a cualquiera mandar los diseños a servicios de fabricación para producirlos en cualquier cantidad [62] Flemming, L.; 2015].

Para definir al movimiento maker recogemos una serie de acciones recopiladas por [62] Hatch, M.; 2014] en su Maker manifiesto, las cuáles son: hacer, crear, dar, aprender, compartir, llenar la caja de herramientas, jugar, cambiar, participar y apoyar. Estas premisas se traducen según [62] Flemming, L.; 2015] en la tercera revolución industrial, la cual es una industrialización a pequeña escala de los individuos, cuya filosofía se estructura en la versatilidad del diseño, la capacidad de aprender y compartir y el establecimiento de metas comunes.

En base a ello, Dougherty [56] Dougherty, Dale, M.; 2016] señala que esta corriente nace del interés de cambiar haciendo. Por ello, vehicula la filosofía Maker dentro de la educación mediante el aprendizaje informal, manteniendo sus valores y promulgando sus

principios filosóficos: diseña, crea, aprende, comparte, mejora [62]. Fleming, L.; 2015].

En esta dirección El movimiento maker representa un cambio de valor de la competición a la colaboración, de lo propietario a lo abierto, del poder institucional al empoderamiento individual, de la apatía a la acción [56]. Dougherty, Dale, M.; 2016].

Por otra parte, esta desestructuración de los medios de creación da lugar a teorías emergentes sobre los gérmenes de movimientos sociales disruptivos, en este caso próximos a la cultura denominada popularmente como *freak*, en la cual nos encontramos con un evento que podría considerarse nexo o punto de encuentro de generación de experiencias vinculadas con el aprendizaje expandido, en el que la cultura alternativa, aprendizaje con videojuegos [62]. Fleming, L.; 2015], aprendizaje socioemocional y trialógico [170]. Paavola, S.; 2005], la implicación de las inteligencias múltiples [72]. Gardner, H.; 1994], DIYers, juegos de rol y altas dosis de expresión mediática, y cooperación constructiva, generan el prisma, desde una óptica compleja [193]. Segura, J.; 2012].

3.4.3. El enfoque CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad

CTS es un enfoque pedagógico que usa el contexto social para aprender conceptos científicos, y así optimizar el aprendizaje en el aula, integrando la ciencia, la tecnología y la sociedad. Por otra parte, este enfoque en particular, se evidencia mediante la práctica de la robótica educativa, dado que, genera un ambiente híbrido de aprendizaje [?, Manrubia, S, C.; 2004]. Es decir, que forma una convergencia de aprendizajes ideales dentro del aula, que evolucionan en el tiempo mediante iteraciones con dominio discreto, construyendo la posibilidad de lo continuo en el proceso enseñanza-aprendizaje, puesto que, puede verse como la expansión y continuidad espacio-temporal del pensamiento crítico en el ambiente de aprendizaje [178]. Quintero, C.; 2010].

3.4.4. STEAM: una Convergencia entre la Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas

Alrededor del año 2009 surgió en Estados Unidos un nuevo concepto de la educación, cuyo objetivo era que ésta se orientara al campo científico-tecnológico. De esta manera surgió la educación STEM, que representa el acrónimo en inglés para referirse a los nombres de cuatro materias o disciplinas académicas que son: Science, Technology, En-

gineering y Mathematics que en nuestro contexto corresponden a: Ciencias Naturales (o simplemente ciencias), Tecnología, Ingeniería y Matemáticas que en español podría traducirse como CTIM, o bien como un dato curioso MINT por sus siglas en alemán para Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft y Technik [82]. Gomez, M.; 2016].



Es preciso mencionar que este acrónimo ya había comenzado a utilizarse a finales de los años 90 por la Fundación Nacional para la Ciencia de Estados Unidos, o NSF por sus siglas en inglés para National Science Foundation. Si bien es cierto que ya se referían a este grupo de palabras como STEM, su esencia no tenía alguna implicación interdisciplinaria o conexiones entre los campos ya que simplemente se limitaba a agrupar estos campos del conocimiento (la ciencia o la tecnología o la ingeniería o las matemáticas) [25]. Benavides, M.; 2014] [190]. Sander, M.; 2012].

John G. Wells
Associate Professor of Technology Education
Virginia Tech Blacksburg, VA, US

De acuerdo a los investigadores Mark Sanders y John Wells, la educación integral de STEM se refiere a los enfoques de aprendizaje basados en el diseño tecnológico y de ingeniería que intencionalmente integran los conceptos y prácticas de la educación de ciencia y matemáticas con los de la educación de tecnología e ingeniería. La educación integral de STEM se puede mejorar a través de una mayor integración con otras materias escolares tales como las artes del lenguaje, estudios sociales, arte, etc [190]. Sander, M.; 2012]



En 2011 el organismo estadounidense NSF (Fundación Nacional para la Ciencia) así como el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (USNRC por sus siglas en inglés para United States National Research Council) determinaron a estas disciplinas como fundamentales para las sociedades tecnológicamente avanzadas.

Mark E. Sanders
Professor Emeritus, Integrative STEM Education
Technology Ed

¿Por qué la educación STEM?

Los proyectos educativos e iniciativas englobadas bajo dicha denominación buscan que se aprovechen los puntos en común que hay entre estas cuatro materias para así llegar a desarrollar un enfoque interdisciplinario del proceso de enseñanza y aprendizaje por medio de la incorporación de casos y situaciones de la vida diaria, permitiendo utilizar todas las herramientas tecnológicas necesarias. A continuación se mencionarán las principales características del modelo STEM, así como algunos de los retos que plantea su implementación en el sistema educativo [190]. Sander, M.; 2012].

Virginia Tech Blacksburg, VA, US

Las cuatro disciplinas que integra STEM se consideran vitales para tener una economía próspera y una sociedad segura y saludable. En el mundo real, la ciencia se apoya en la tecnología, las matemáticas y la ingeniería, y a su vez la ingeniería depende de los descubrimientos de la ciencia, la aplicación de las matemáticas y el uso de herramientas tecnológicas.

No obstante, se necesita de mayor investigación para entender por qué este tipo de iniciativas se han convertido en parte de los objetivos fundamentales de la educación ya que no sólo de países como Estados Unidos, Reino Unido o Finlandia lo han implementado [18. Ball, P.; 1999] , sino también del conjunto de la Unión Europea y por recomendaciones de diversos organismos internacionales. Incluso compañías líderes en diversos sectores, pero en general muy vinculadas al ámbito tecnológico, han unido esfuerzos con las administraciones públicas para desarrollar programas o iniciativas de fomento de las vocaciones tecnológicas entre los jóvenes [6. Adell, J.; 2008] .

STEAM: la evolución hacia lo artístico

Si bien la educación STEM fue formulada para propiciar el desarrollo económico a través de los avances tecnológicos valiéndose de la generación de recurso humano especializado, algunos autores consideraron necesario incluir una más: las artes. En opinión de David Sousa, y Thomas Pilecki “las destrezas que las artes desarrollan influyen en la creatividad, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la comunicación, la autonomía (self-direction), la iniciativa y la colaboración”.

Como una respuesta a la inquietud de incluir destrezas artísticas, Georgette Yakman acuñó el término STEAM por sus siglas en inglés para Science, Technology, Engineering, Arts and Math (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), de esta manera los nuevos modelos educativos de investigación tendrían que incluir las artes en línea con las disciplinas científicas [13. Artmann S., M.; 2006] .

El hecho de que se incluyeran las artes en el ámbito STEAM permitió que un nuevo modelo de aprendizaje pudiera surgir, dando paso a que las personas adquieran capacidades para resolver una serie de problemas distintos y puedan tener apoyo de otras áreas por medio de la interdisciplinariedad. Esta metodología de aprendizaje creativo y su unión

con ciencia, tecnología e innovación es la que ha llevado a la aparición de un nuevo movimiento llamado maker. [135] Moroni, A.; 2017]

3.4.5. Beneficios de la Metodología STEAM

La educación actual está cambiando a pasos agigantados [190] Sander, M.; 2012]. Las nuevas tecnologías, la robótica, la impresión 3D están cada vez más presentes en las aulas y con su irrupción cambian, inevitablemente, las formas de enseñanza [127] Maldonado, C.; 2016] , “al menos en aquellas escuelas donde se apuesta por una educación innovadora”; algunos de los beneficios de este tipo de metodología son:

- Fomentan el espíritu innovador en el aula, así como la curiosidad por seguir aprendiendo en los alumnos. De esta manera, la motivación siempre está presente. Son los propios alumnos los que marcan su ritmo y dirigen su aprendizaje, supervisado, de alguna manera, por el profesor o tutor [190] Sander, M.; 2012].
- Búsqueda de soluciones a problemas: a través del punto antes mencionado, pero también mediante el debate con el resto de alumnos. En este sentido, los alumnos también adquieren las herramientas necesarias para tener un espíritu crítico, en el que todas las opiniones tienen cabida, siempre desde el respeto [190] Sander, M.; 2012] [128] Maldonado, C.; 2016] .

3.4.6. Aprendizaje por Competencias

Las instituciones educativas tienen como reto lograr que los estudiantes sean capaces de trasladar los aprendizajes adquiridos a situaciones nuevas, complejas e imprevisibles [200] Tobón, S.; 2004]. Paralelamente, el desarrollo de la psicología del desarrollo, la psicología cognitiva y las neurociencias contribuyeron a relacionar la noción de competencias con las capacidades de los individuos, vinculando lo que sabe y puede hacer una persona con la motivación para hacerlo [8] Goleman, D.; 2012].

Durante la década de los noventa los países y las instituciones internacionales y nacionales fueron definiendo algunos conceptos básicos acerca de las competencias en la educación, independientemente del ámbito laboral. En 2001 la UNESCO estableció la necesidad de que los gobiernos se comprometieran a diseñar sus planes y programas educativos por competencias, sobre la base de cuatro pilares básicos: aprender a conocer,

aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser. Esto implica integrar los niveles de conocimiento conceptual, procedimental y actitudinal, o dicho de otra manera, los conocimientos, habilidades, destrezas, valores y actitudes, pero además la capacidad de poder pensar, de poder resolver problemas, adaptarse al mundo moderno y desarrollar todas aquellas habilidades de pensamiento superior que antes no se tomaban mucho en cuenta [204, UNESCO.; 2001].

Cada uno de estos paradigmas presentan diferentes posturas que tratan de explicar aspectos como la concepción de la educación, los objetivos de la enseñanza, la organización curricular, la relación entre profesores y estudiantes, etc. Es así como, desde una perspectiva general, contribuyen al conocimiento y proporcionan fundamentos explicativos desde diferentes enfoques. Se puede considerar con toda seguridad que no existe un paradigma que contenga todo el conocimiento acumulado para explicar el proceso del aprendizaje. Con ello es posible entender que en la realidad se puede actuar aplicando conceptos de uno y de otro paradigma [213, Wagensberg, J.; 2003]; dependiendo de las situaciones y los propósitos perseguidos.

Hoy en día contamos con muchas reflexiones de educadores y expertos en educación que tienen la finalidad de analizar los principales problemas que adolece nuestro sistema educativo e implementar nuevas técnicas de enseñanza-aprendizaje [205, Vaira, M.; 2012], nuevos modelos organizativos, estructuras e ideas, tendentes a conseguir un cambios de paradigmas y una nueva educación [210, Vigotsky, L.; 1978].

3.4.7. Educación Basada en Proyectos (ABP)

La curiosidad es un tópico recurrente en las teorías sobre la educación. Rousseau [188, Rousseau, J.; 1976] dedicó gran parte de su obra a polemizar sobre lo conveniente e inconveniente de estimular la curiosidad del niño y de los jóvenes. Si leen y estudian “se inflama y aguza la imaginación”.

En primera instancia, la acción y la indagación y luego los libros, porque estos devienen de la necesidad de buscar respuestas a los misterios que suscita lo indagado. Primero la exploración del entorno, el juego, la interacción con otros niños y con adultos, la experiencia con el arte, la música y la danza, escuchar historias, antes que las cartillas para aprender a leer y escribir, insinuará María Montessori [157, Montessori, E.; 1984, 1986].

Los grandes pensadores sobre la educación coinciden en este punto: la complejidad del mundo es lo que mueve a niños y jóvenes a conjeturar a la vez que actúan.



Figura 3.9: Feddback: Pedagogias Emergentes

No obstante, el riesgo es que la escuela neutralice esta fuerza natural. Una manera de evitarlo es asumiendo la educación escolarizada a partir de centros de interés [165]. Not, L.; 1992] o de proyectos . Montessori lo justifica al explicar el desarrollo del embrión espiritual, esto es, la etapa exploratoria del niño.

También John Dewey hacia la primera década del siglo XX llamaba la atención en Estados Unidos sobre la disposición de los seres humanos para plantearse preguntas sobre las experiencias y lo observado en los entornos sociales [46]. Dewey, J.; 2006].

Así, la influencia del mundo externo, y lo que llamara Vigotsky zona de desarrollo próximo [211]. Vigotsky; 1987], tiene un peso definitivo en el desarrollo del pensamiento. Es un compromiso de la escuela ayudar a liberar aquellas capacidades aprendidas y darles el empuje a través de proyectos o de centros de interés; de este modo, los proyectos o los centros de interés neutralizan la potencial artificialidad en que regularmente cae la

escuela. Se trata de la educación activa [208, Vázquez, M.; 2007], que posteriormente se asociará con las corrientes de la escuela nueva [59, Fagundez, L.; 2010].

3.4.8. Creatividad y pensamiento creativo

En su libro Manual de métodos creativos, el autor alemán Joachim Sikora refiere que en un simposio sobre creatividad los científicos allí presentes asociaron a ese término más de 400 significados diferentes [196, Sikora, J.; 2012].

La figura (3.10) es una representación del pensamiento creativo [181, Resnick, M.; 2007].

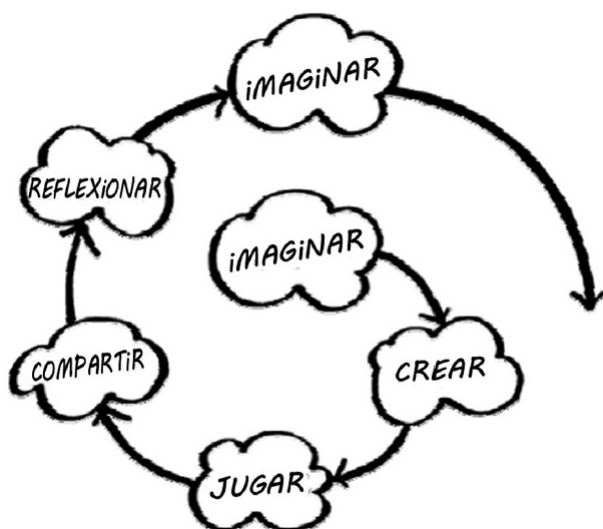


Figura 3.10: Espiral del pensamiento creativo (Resnick, 2007)

La palabra creatividad no aparece en el Diccionario de la Real Academia sino hasta las más recientes ediciones. Anteriormente a los creativos se les llamaba genios, talentosos, ingeniosos, sabios, inventores, y se les consideraba hombres inspirados por los dioses.

En este sentido, creatividad es sinónimo de originalidad, novedad, transformación tecnológica y social, asociaciones ingeniosas y curiosas, aventura, sentido del progreso, éxito y prestigio, nuevos caminos para llegar a un fin, alternativas, solución de problemas, fantasía, descubrimiento, entre tanto, creatividad se puede asumir como la capacidad de

producir cosas nuevas y valiosas [183, Rodriguez, M.; 1999].

No obstante, el tema del valor es aún más evasivo y subjetivo que el de la novedad. ¿Quién es el juez de lo valioso?. Como quiera que sea, en términos generales podemos distinguir tres grados o niveles para valorar el producto:

- El producto es valioso para el círculo afectivo del sujeto creador.
- Es valioso para su medio social.
- Es valioso para la humanidad.

Sin duda alguna, resultan así tres niveles de creación, que podríamos llamar:

1. El nivel elemental o de interés personal y familiar.
2. El nivel medio o de resonancia laboral y profesional.
3. El nivel superior o de la creación trascendente y universal.

En cualquier caso, es importante atender al hecho que toda persona normal puede aspirar a aportar contribuciones muy estimables en los niveles 1 y 2, y probablemente la mayoría, con un entrenamiento serio en creatividad, logren llegar a la zona 3. Para finalizar, podemos mencionar algunos términos afines a creatividad: genio, ingenio, talento, intuición, invención, inventor, innovación y fantasía. Como quiera que se le llame, la creatividad es el motor del desarrollo personal y ha sido la base de todo progreso y de toda cultura.

Naturalmente, la resolución de problemas constituye un área fundamental en la utilización del pensamiento creativo. Precisando mejor, si los procedimientos estándar no ofrecen una solución, hay que usar el pensamiento creativo. Sin embargo, aunque el procedimiento tradicional pueda brindar esa solución, siempre tiene sentido aplicar el pensamiento creativo con el propósito de encontrar otra mejor [50, Rodriguez, M.; 1999].

3.4.9. El proceso creativo

En el proceso creativo podemos distinguir seis etapas [50, Rodriguez, M.; 1999][51, Rodriguez, M.; 1999]:

Etapa 1: Cuestionamiento

Todo empieza por el interés profundo en un tema dado, es decir, es un encuentro a fondo con equis realidad permitiendo al sujeto descubrir un problema o un aspecto que despierta su curiosidad, precisando mejor, se crea una especie de compromiso entre el individuo y el tema.

En cualquier caso, es importante atender al hecho de que, se abre un periodo de perplejidad, de dudas, de cierta ansiedad, pero también de expectativa y de deseo de aventura [70. Gagné, R.; 1998] [50. Rodríguez, M.; 1999].

Etapa 2: Acopio de datos

Con su inquietud en la mente y en los propósitos, el individuo se lanza al campo de los hechos para procurarse toda la información pertinente, es decir, es la hora de las observaciones sistemáticas, de las entrevistas, de las lecturas, de los viajes al lugar de los hechos y del examen de las tecnologías [51. Rodríguez, M.; 1999].

Etapa 3: Incubación

Las dos primeras etapas pueden compararse al hecho de sembrar, la tercer etapa es como el inicio de la germinación, que se efectúa bajo la tierra. Es comparable también a los nueve meses de embarazo, meses de intensísima actividad productiva, pero tan oculta que en un momento que abra que **dar a luz**, así, la incubación es concentración, es meditación, es conciencia vigilante, es asimilación intensa; es paradoja de encierro en sí mismo, y al mismo tiempo, de diálogo con el cosmos; de ubicación en mundos imaginarios, pero con puentes firmes en el cosmos real; de aparente calma estéril, pero de intensa actividad productiva.

Por otra parte, la incubación también es soledad; pero no una soledad cualquiera, sino la soledad de un corredor olímpico que ha dejado muy atrás al grupo de competidores [50. Rodríguez, M.; 1999].

Etapa 4: Iluminación

En esta etapa, de pronto, e inesperadamente, se le ocurre algo a la persona. Ve analogías que durante años no había percibido; llega a la intuición de una posibilidad o de una solución como se llega a la salida de un túnel largo y estrecho; concibe una hipótesis; ata cabos que andaban muy sueltos [50, Rodríguez, M.; 1999].

Etapa 5: Elaboración

Es la verificación de la hipótesis, o la realización de la obra, según los casos. Aquí entramos al dominio de la lógica, de la técnica, de la organización, y de la disciplina. Aquí es cuando cobran relieve los detalles, la labor de pulido, la habilidad en el uso de los materiales y en el campo de las personas, en efecto, a diferencia de las dos anteriores, esta etapa se desenvuelve en un diálogo abierto y cercano con la realidad del medio [50, Rodríguez, M.; 1999] [183, Rodríguez, M.; 1999].

Etapa 6: Comunicación

Esta etapa, podríamos llamarla también publicación, al menos en muchos de los casos. Natural y espontáneamente el niño desea que sus familiares observen sus progresos; que se los reconozcan y que los aplaudan. El creador también busca trascender a través de la aceptación por parte de su pequeño mundo, o del gran mundo que es el género humano y la historia, de ahí que la comunicación, que se completa con la retroalimentación [23, Rodríguez, M.; 1999].

En todo caso, la creatividad no puede desentenderse de una cierta habilidad para vender ideas, servicios y productos; para hacerlos aceptar y estimar. Aún más, algunos descubrimientos piden a gritos la aplicación y la difusión [51, Rodríguez, M.; 1999].

La duración de estas seis etapas puede variar muchísimo de un individuo a otro, y de un grupo a otro, y de una creación a otra. Además, es común que se alternen, no una sino muchas veces, periodos de intenso trabajo con periodos de relajación. Existe suma flexibilidad, suma subjetividad y suma libertad porque para el creador no hay ley de tiempo: él mismo se crea su tiempo [51, Rodríguez, M.; 1999].

Características Cognoscitivas de la creatividad

Desde la mirada cognoscitiva el proceso de creatividad se caracteriza por:

- **Fineza de percepción.** El sujeto es buen observador y sabe captar al mismo tiempo los detalles y las situaciones globales. La percepción provee la materia para el trabajo del pensamiento.
- **Capacidad intuitiva.** La intuición es una especie de percepción completa, íntima e instantánea de realidades complejas.
- **Imaginación.** Elabora y remodela los materiales que ingresaron a la psique a través de la percepción sensorial, pero no se trata de que la imaginación que vuela loca sino de la imaginación que vuela y aterriza.
- **Capacidad crítica.** Permite distinguir entre la información y la fuente de ésta. Es el polo opuesto del conformismo intelectual que con fuerza de un hábito inveterado tiende a averiguar cual es la autoridad social del emisor y por principio se somete a ella. Paradójicamente, esta actitud crítica casa muy bien con la receptividad de nuevas ideas y con la humildad intelectual.
- **Curiosidad intelectual.** Las personas creativas viven en constante cuestionamiento. Uno de los tantos parecidos entre el genio y el niño es que ambos tienen en alto la capacidad de asombrarse y de preguntar una y mil veces

[23] Rodriguez, M.; 1999] [51] Rodriguez, M.; 1999].

Características Afectivas de la creatividad

Desde el punto de vista afectivo [144] Melendro, M.; 2007] el proceso de creatividad se caracteriza por:

- **Soltura, libertad.** El creador de buena categoría conserva algo de niño: el sentido lúdico de la vida.
- **Pasión.** Para ser creador hay que ser capaz de entusiasmarse, comprometerse y luchar.
- **Audacia.** Es la capacidad de afrontar los riesgos.
- **Profundidad.** Es la facilidad para ir más allá de la superficie y sumirse en profundas reflexiones.

Características Volutivas de la creatividad

Desde la mirada volutiva el proceso de creatividad se caracteriza por:

- **Tenacidad.** Implica constancia, esfuerzo, disciplina, trabajo y lucha.
- **Tolerancia a la frustración.** El hombre creativo debe saber resistir la ambigüedad y la indefinición; debe saber vivir en tensión, porque el material que maneja es ambiguo, evasivo e imprevisible.
- **Capacidad de decisión.** La misma naturaleza de los problemas creativos exige saber moverse y definirse en condiciones de incertidumbre, oscuridad y riesgos [183, Rodriguez, M.; 1999].

Dinámica del proceso creativo

Una análisis factorial del pensamiento puede ser muy esclarecedor de la dinámica de la creatividad [75, Gilford, J.P.; 1971], y del porque y como de los grados de la misma en las diferentes personas. J. P. Guilford, investigador sobre el tema [74, Gilford, J.P.; 1971], destaca cuatro factores:

- **La fluidez.** Es la cantidad de ideas que una persona puede producir respecto a un tema determinado.
- **La flexibilidad.** Es la heterogeneidad de las ideas producidas; nace de la capacidad de pasar fácilmente de un categoría a otra, de abordar los problemas desde diferentes ángulos.
- La originalidad. Es la rareza relativa de las ideas producidas: de una población de cien personas sólo a dos o tres se les ocurre tal idea.
- La viabilidad. Es la capacidad de producir ideas y soluciones realizables en la práctica.

Los tres primeros factores son funciones del pensamiento divergente o lateral, distinto del pensamiento convergente, lógico o vertical [74, Gilford, J.P.; 1971].

Así pues, el pensamiento convergente es el que evoca ideas y trata de encadenarlas para llegar a un punto ya existente y definido, si bien oscuro para el sujeto. A modo de ejemplo podemos decir que el término de este pensamiento es un paquete ya prefabricado.

No obstante, el pensamiento divergente, al contrario, actúa como un explorador que va a la aventura [75] Gilford, J.P.; 1971] .

Precisando mejor, el pensamiento convergente se relaciona más con el aprendizaje escolar, tal como ha venido desarrollándose en las instituciones que manejan los currículos del sistema en cada país, y el pensamiento divergente se vincula más con la creatividad [74] Gilford, J.P.; 1971].

3.4.10. Diferencias entre el pensamiento Lateral y el pensamiento Vertical

La mayoría de los currículos de las instituciones educativas del sistema colombiano de educación son lineales porque considera el pensamiento vertical o lógico como la única forma posible de pensamiento efectivo. No obstante, se presentan algunas diferencias, entre el pensamiento vertical o lógico y el pensamiento lateral.

Según Edward De Bono [51] Rodriguez, M.; 1999] el pensamiento vertical se caracteriza por:

- Selectividad: Gobierna la corrección lógica del encadenamiento de las ideas, seleccionando un camino mediante la exclusión de otros caminos y bifurcaciones. En este pensamiento se selecciona el enfoque más prometedor para la solución de un problema.
- El pensamiento vertical se mueve sólo si hay una dirección en que moverse.
- El pensamiento vertical es analítico.
- El pensamiento vertical se basa en la secuencia de las ideas.
- En el pensamiento vertical cada paso ha de ser correcto.
- En el pensamiento vertical se usa la negación para bloquear bifurcaciones y desviaciones laterales.
- En el pensamiento vertical se excluye lo que no parece relacionado con el tema.
- En el pensamiento vertical las categorías, clasificaciones y etiquetas son fijas.
- El pensamiento vertical sigue los caminos más evidentes.

- El pensamiento vertical es un proceso finito. Es decir, se confía en llegar a una solución, ofreciendo al menos una solución mínima.

Mientras que el pensamiento lateral se caracteriza por:

- Creatividad: lo esencial es la efectividad en sí de las conclusiones, sin seleccionar caminos, tratando de seguir todos los caminos y de encontrar nuevos derroteros. En este pensamiento, se buscan nuevos enfoques y se exploran las posibilidades de todos ellos.
- El pensamiento lateral se mueve para crear una dirección.
- El pensamiento lateral es provocativo.
- El pensamiento lateral puede efectuar saltos.
- En el pensamiento lateral no se rechaza ningún camino.
- En el pensamiento lateral se explora incluso lo que parece completamente ajeno al tema. Las categorías, clasificaciones y etiquetas no son fijas.
- El pensamiento lateral sigue los caminos menos evidentes.
- El pensamiento lateral es un proceso probabilístico.

Es decir, con el pensamiento lateral no se garantiza necesariamente una solución, simplemente se aumentan las probabilidades de una solución óptima mediante la reestructuración de los modelos, incrementando sólo la posibilidad de llegar a una mejor solución [50, Rodriguez, M.; 1999] [51, Rodriguez, M.; 1999].

Entre tanto, en el pensamiento vertical la información se usa con su valor intrínseco, para llegar eventualmente a una solución mediante su inclusión en modelos existentes. No obstante, en el pensamiento lateral la información se usa no como fin, sino sólo como medio para provocar una disgregación de los modelos y su subsiguiente reestructuración automática en ideas nuevas [51, Rodriguez, M.; 1999].

Parte III

Elementos Básicos de la Programación y la Robótica

3.5. Elementos Básicos de la Robótica

Una de las preguntas que se hace imprescindible en la realización de esta investigación es ¿qué es un robot?.

Definición 3.8. *Un robot es una máquina que integra componentes: mecánicos, eléctricos, electrónicos, y de comunicaciones dotado de un sistema informático para: su control en tiempo real, la percepción del entorno, y su programación.* [184 Reyes, F.; 2011] [202 Tzafestas, S.; 2014] [169 Ollero, A.; 2001]

La palabra robot aparece por primera vez en 1921 [169 Ollero, A.; 2001], en la obra teatral R. U. R. (Rosum's Universal Robots del novelista y dramaturgo checo Karel Capek para referirse a un conjunto de máquinas inventadas por un científico para realizar tareas pesadas y aburridas [12 Aekin, R.; 1998]. En checo, idioma original de la obra, el término robota significa trabajo tedioso. Pero fue el escritor Isaac Asimov quien popularizó el término e introdujo el concepto de robótica en diversos relatos de ciencia ficción de su autoría [10 Asimov, I.; 2009]. En sus obras, Asimov muestra facetas humanas de los robots y define un conjunto de leyes para que estos seres nuevos nunca se rebelen contra los humanos [11 Asimov, I.; 2009]. Luego, el cine y la televisión generaron cientos de robots de diversa índole, algunos simpáticos (como R2D2 y Cortocircuito), y otros definitivamente en contra de sus creadores (Terminator, HAL).

A partir de la creación de las primeras computadoras comenzó el verdadero desarrollo de los robots primitivos. En 1974, la empresa Cincinnati Milacron realizó el primer robot industrial, conocido como The Tomorrow Tool. A partir de ese momento, junto con la evolución de los sistemas de procesamiento, el crecimiento de la robótica ha sido exponencial. La reducción de tamaño y de costos, y el aumento de la capacidad de cálculo de los procesadores, han permitido la creación de robots cada vez más sofisticados, rápidos y autónomos [169 Ollero, A.; 2001].

En este sentido, según la Asociación Japonesa de Robótica Industrial (JIRA), los robots son dispositivos capaces de moverse de modo flexible, análogo al que poseen los

organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, lo que permite la realización de operaciones en respuesta a órdenes recibidas por humanos. Vemos que en esta definición se encuentra resaltada la capacidad de movimiento de los robots y su analogía con los seres de la naturaleza. Sin embargo, a la JIRA no le interesa la inteligencia artificial aplicada al robot, dado que su función fundamental es ser operado por un humano. Por su parte, el Instituto de Robótica de Norteamérica (RIA) define a un robot industrial como un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para desplazar materiales, componentes, herramientas o dispositivos especializados por medio de movimientos programados variables, con el fin de realizar diversas tareas [184, Reyes, F.; 2011], en este caso, el acento está puesto en la capacidad de programación del robot y, por lo tanto, en cierta independencia de funcionamiento con respecto a la operación humana.

3.5.1. Tipos de robots

De la misma manera que con las definiciones, podemos encontrar muchas clasificaciones distintas de robots. En esta investigación, al presentarlos, intentaremos acercarnos a los diversos problemas mecánicos, electrónicos y de software que encontramos en el desarrollo de un robot [65, Francis, E.; 2012] [66, Francis, E.; 2012].

Según el uso del robot

A continuación presentaremos una clasificación posible de los robots según su utilidad específica [4, Abusleme, A.; 2012].

- **Industriales:** se utilizan dentro de un proceso de trabajo industrial. Es el tipo de robot que más ha sido desarrollado en la historia [184, Reyes, F.; 2011].
- **Espaciales:** deben desenvolverse en zonas inexploradas y a larga distancia de su centro de control [184, Reyes, F.; 2011].
- **Médicos:** son utilizados como apoyo en la intervención médica sobre los humanos y como complemento para las personas con capacidades disminuidas [184, Reyes, F.; 2011].
- **Domésticos:** el sueño de todo amo o ama de casa, un robot que realice alguna o todas las tareas del hogar. Ya hay entre nosotros aspiradoras, lavarropas, heladeras,

etcétera, que modifican su comportamiento en forma autónoma según el ambiente en el que trabajan [169] Ollero, A.; 2001].

- **Sociales:** robots utilizados en ámbitos sociales (como películas, eventos y supermercados) con funciones de comunicación intensiva con los humanos. En estos casos, uno de los elementos de investigación fundamental es el aspecto estético del robot, el estudio de la interfaz con el humano para realizar una comunicación completa, con gestos, tonos, silencios, etcétera [169] Ollero, A.; 2001].
- **Agrícolas:** así como en sus comienzos la robótica tuvo amplia aplicación en la industria, en los últimos años ha comenzado a crecer en forma exponencial el uso de robots y de la inteligencia artificial en el sector agrícola-ganadero. Las cosechadoras autónomas, las sembradoras controladas por mapas satelitales, los fumigadores robotizados y otros dispositivos hicieron su aparición dentro de lo que actualmente se conoce como agricultura de precisión [184] Reyes, F.; 2011].

Según el medio en el que desarrolla la actividad

- **Acuáticos:** se caracterizan por movimientos tridimensionales en un ambiente hostil desde el punto de vista mecánico y electrónico [184] Reyes, F.; 2011].
- **Terrestres:** son los más populares y económicos. Podemos, a su vez, subclasificarlos por sistema de locomoción: fijos, ruedas, orugas, patas, arrastre, etcétera [184] Reyes, F.; 2011] [169] Ollero, A.; 2001].
- **Aéreos:** con movimientos tridimensionales, como el acuático, pero con una exigencia mucho mayor en el control en tiempo real del sistema de levitación [184] Reyes, F.; 2011] [169] Ollero, A.; 2001].
- **Híbridos:** combinación de algunos de los anteriores [169] Ollero, A.; 2001].

En esta clasificación, las características mecánicas del robot se modifican en forma sustancial entre uno u otro medio. Prácticamente, es imposible utilizar la mecánica de un robot construido en un medio para que funcione en otro, salvo en el caso de algunos híbridos [169] Ollero, A.; 2001].

Según la ubicación de la inteligencia del robot

- **Autónomos:** la inteligencia está ubicada en el mismo robot. Puede comunicarse con otros o con un sistema central, pero los aspectos esenciales de funcionamiento se resuelven en forma independiente en el propio robot [169, Ollero, A.; 2001].
- **Control automatizado (semiautónomos):** la mayor parte de la inteligencia del robot está ubicada en un sistema central. Los sensores pueden ser locales, es decir que le envían la información obtenida a ese sistema central, o globales. El sistema central les comunica a los robots las acciones que deben realizar. Un ejemplo de este modelo es la categoría Mirosot de fútbol de robots de la FIRA [169, Ollero, A.; 2001].
- **Híbridos:** son robots autónomos que, en ciertos momentos del proceso, pueden ser controlados por humanos o por un sistema central. Un ejemplo son los robots que se utilizan en misiones espaciales, que operan en forma autónoma pero que, ante un percance, pueden ser dirigidos desde nuestro planeta [169, Ollero, A.; 2001].

También podríamos clasificar a los robots por sus características estructurales, por el tipo de sensado del mundo, [169, Ollero, A.; 2001]. De todas maneras, todos los robots comparten la misma arquitectura básica, desde el más pequeño hasta Terminator. A continuación veremos la fuerte analogía que encontramos entre un robot y una computadora convencional.

3.5.2. Elementos básicos de la Robótica Móvil

La robótica móvil es un área de la robótica que se encarga del análisis, diseño construcción y control de una clase particular de sistemas mecánicos que se desplazan con ruedas, patas, o cualquier mecanismo que produzca desplazamiento lineal con respecto al centro de gravedad del robot móvil [202, Tzafestas, S.; 2014] [216, Yandún, T.; 2011] [146, Mikhail, Svinin.; 1994] [41, Cox, W; 1990].

En este sentido, se pueden clasificar de acuerdo al tipo de locomoción utilizado. En general, los tres sistemas de locomoción más conocidos son: ruedas, patas, y orugas. En esta dirección, un robot móvil con ruedas (RMR) es un vehículo capaz de moverse de manera autónoma sobre una superficie, mediante la acción de las

ruedas montadas en el robot [202, Tzafestas, S.; 2014] [184, Reyes, F.; 2011] .

Unidades de un robot

En la arquitectura de cualquier computadora [119, López, J.; 2012], podemos encontrar las siguientes unidades que la componen:

- **Unidades de procesamiento:** es el conjunto de dispositivos que se encargan de realizar la transformación de los datos de entrada para obtener los datos de salida.
- **Unidades de entrada:** son las unidades que permiten realizar el ingreso de información para su posterior procesamiento.
- **Unidades de salida:** son las unidades que se ocupan de comunicarle los resultados del procesamiento al usuario u operador.

En un robot podemos encontrar la misma arquitectura [97, Hitoshi, I.; 2008]. A las unidades de entrada de un robot las llamamos sensores, que pueden ser externos, como un sensor de tacto, o internos, como un encoder que permite determinar la distancia recorrida por una rueda . A las unidades de salida se las conoce como actuadores. Aquí podemos mencionar leds de señalización, buzzers, motores, displays, etcétera. En síntesis, el robot recibe información del ambiente mediante sus sensores, procesa la información con su unidad de procesamiento y realiza sus acciones al mover motores y encender luces y buzzers [146, Mikhail, Svinin.; 1994].

Tomemos como ejemplo a uno de los robots más conocidos: Terminator. En este caso, sus sensores son las cámaras que le permiten mirar, su sistema auditivo y los sensores de tacto que tiene su piel. No recordamos que tenga olfato o que alguna vez haya comentado lo sabroso de alguna comida.

Sus actuadores esenciales son los motores o los músculos de alambre que conforman su cuerpo, no obstante, uno de los problemas más apasionantes de la robótica es el equilibrio que es necesario obtener entre las tres unidades, para lograr que el

robot cumpla con su objetivo [146, Mikhail, Svinin.; 1994]. Por ejemplo, los sensores más sofisticados o que entregan mayor cantidad de datos, como puede ser una cámara de video, exigen de parte del procesador un mayor tiempo de trabajo para poder obtener un conjunto de información que resulte significativo. De la misma manera, el control de los actuadores sofisticados, como cierto tipo de motores, consume tiempo de procesamiento que es absolutamente necesario para que el robot opere en tiempo real [143, Medina, J.; 2009]. En síntesis, es imprescindible lograr el equilibrio entre velocidad y precisión, en especial en aquellos robots que operan en entornos muy dinámicos [147, Mikhail, Svinin.; 2001]. Es por eso que, habitualmente, se utilizan ciertos procesadores específicos para el filtrado de la información de entrada y para el control de los actuadores, y así se libera de esta tarea al procesador central y se complementa su función. [150, Mikhail, Svinin.; 2007]

Procesamiento

Cuando comenzamos a analizar lo que nos ofrece el mercado de la robótica con respecto a procesamiento, probablemente nos encontremos confundidos ante la diversidad de posibilidades. Podemos encontrar desde micros de muy bajo precio, en los que debemos construir en forma artesanal toda la electrónica que los complementa para poder procesar las entradas y salidas, hasta costosos kits que tienen absolutamente todo resuelto. Está claro que con éstos últimos podremos hacer que nuestro robot funcione en algunas horas, pero es en el primer caso donde tendremos un control absoluto y de bajo nivel de las capacidades de procesamiento de nuestro dispositivo.

De todas maneras, analizaremos en forma detallada las ventajas y las desventajas de ambas propuestas: el desarrollo con el uso de kits frente a la construcción en forma artesanal de los robots. Además, conoceremos brevemente algunos kits y micros disponibles en el mercado, y haremos una lista de los sitios web donde se puede conseguir información más detallada y completa.

Por otra parte, los kits de robótica más conocidos en el mercado son los siguientes:

Microcontroladores: El procesamiento más habitual en los robots pequeños y de bajo costo es el provisto por microcontroladores [131, Margolis, M.; 2011]. Los micros más utilizados son los de la familia PIC, de la firma Microchip. De todos los modelos que se ofrecen, el más popular para la construcción de robots es el PIC16F84. Posee una memoria de programa Flash de 1 KB con palabras de 14 bits, una memoria RAM de datos de 68 bytes y una EEPROM de 64 bytes, y 13 pines de E/S.

Sensores

Una de las características fundamentales que debe tener un robot es poseer algún mecanismo de modificación de su comportamiento según el ambiente en el que se encuentra. Para esto, tiene que contar con dispositivos que le permitan sentir el mundo que lo rodea, según la tarea que deba realizar [194, Smith, A.; 2011]. Por ejemplo, en ambientes muy dinámicos, es probable que deseemos sensores que puedan captar rápidamente la información, aunque perdamos precisión. Si esto no fuera así, la información recibida no sería útil, porque representaría un estado antiguo que, con seguridad, ha sido modificado por el alto dinamismo del ambiente. Un ejemplo de esto es el fútbol de robots.

En otros casos, necesitamos la mayor precisión posible por la operación que realizamos y para lograrlo, tendremos que utilizar sensores de mayor fiabilidad, aunque su tiempo de respuesta sea bajo. En realidad, cuando construimos un robot, siempre luchamos con esta dualidad (y, seguramente, con muchas variables más). Es por eso que la elección de los sensores que utilicemos estará determinada por la tarea que vayamos a realizar y sus requerimientos particulares [212, Warren, J.; 2011].

Los sensores pueden definirse como dispositivos que nos permiten medir alguna característica del ambiente, como la temperatura, la distancia, la posición, el sonido, la intensidad de la luz, los colores, la altitud, la velocidad, la rotación, etcétera. Lamentablemente, en la realidad no existe el sensor perfecto, y por lo tanto debemos completar y corregir la información con la utilización de algoritmos de corrección y redundancia de sensores. Otro aspecto importante para tener en cuenta es que, según el tipo de controlador que utilicemos para nuestro robot, deberemos diseñar

circuitos intermedios entre el sensor y el controlador, con el fin de convertir la señal del sensor en un valor interpretable por nuestro procesador [212, Warren, J.; 2011].

Por lo tanto, aunque podamos utilizar un mismo sensor para diferentes plataformas de controladores, con seguridad tendremos que diseñar estas interfaces en forma dedicada para cada procesador.

En este sentido, podemos dividir a los sensores en dos grandes grupos: analógicos y digitales.

Los analógicos entregan un valor (por ejemplo, una tensión) dentro de un determinado rango continuo (Figura 20). Un ejemplo de este tipo es una fotorresistencia, que mide la intensidad de la luz, y que podemos adaptar para que entregue un valor de 0 a 5 Voltios [212, Warren, J.; 2011].

Mientras que, los sensores digitales entregan una señal discreta dentro de un conjunto posible de valores, es decir, este conjunto de valores se modifica de un rango a otro por saltos discretos y no continuos.

Desde ya, a pesar de que el sensor sea analógico, finalmente, en la lectura del controlador, obtendremos un valor discreto. Es decir, se realizará una conversión analógico/digital dentro del controlador o en la interfaz que construyamos para la adaptación del sensor al controlador.

Otra clasificación posible de los sensores es internos y externos [212, Warren, J.; 2011].

Los sensores internos son aquellos que nos brindan información del propio robot, como la velocidad, la rotación, la posición, la altura, etcétera; en tanto que los externos son los que proporcionan datos del ambiente, como las distancias, la temperatura, la presión, etcétera.

Por último, también podemos dividir los sensores en pasivos y activos [212, Wa-

rrren, J.; 2011].

Los sensores activos son los que necesitan enviar una señal hacia el ambiente para luego recibir el rebote de esa señal y, de esta manera, interpretar el estado del mundo que lo rodea. Un ejemplo clásico de este tipo de sensor es el ultrasónico, que envía una señal sonora que, al rebotar con un objeto, vuelve al robot, y al calcular el tiempo de demora, puede interpretar la distancia al objeto. Desde ya que los sensores activos necesitan mucha más electrónica para su funcionamiento, pero la información que nos brindan es mucho más rica que la que nos ofrecen los sensores pasivos.

Tipos de sensores: Hacer una lista de todos los tipos de sensores existentes sería imposible. Los que nombraremos a continuación son los más utilizados en robótica de bajo costo:

- **Sensores de interrupción:** simplemente, detectan si pasa corriente o no. Se utilizan como sensores de choque o contadores de eventos (vueltas de una rueda, por ejemplo).
- **Sensores de posición:** determinan la posición del robot. Un sensor de este tipo puede ser un potenciómetro que cambia su valor por la rotación de las ruedas; u ópticos, como los que se usan en un mouse tradicional, que cuentan la cantidad de veces que recibe señal el sensor óptico de una rueda que tiene ventanitas cada determinado ángulo (podemos abrir uno para verlo, el mecanismo es sencillo).
- **Sensores de efecto hall:** estos sensores utilizan una propiedad de los imanes, que modifican su conductividad cuando encuentran un objeto metálico.
- **Sensores de luz o brillo:** detectan la cantidad de luz que reciben. Según el tipo de sensor utilizado, por este mecanismo podemos detectar diferencias entre los colores, si éstos no son brillantes.
- **Sensores infrarrojos:** envían una señal infrarroja y determinan el tiempo que tardan en volver a recibirla. Permiten detectar obstáculos (si la señal vuelve) o medir distancias si el sensor es preciso.
- **Sensores de ultrasonido:** como explicamos antes, envían una señal sonora y captan el rebote, de la misma manera en que lo hace un Sonar en el mar.

En los últimos tiempos, gracias a la posibilidad de contar con mucha capacidad de procesamiento en tamaño reducido, se ha comenzado a utilizar el vídeo como sensor de los robots.

El procesamiento de imágenes es un tema muy complejo y apasionante al mismo tiempo, y escapa a la arquitectura y los costos de fabricación de los robots que nos hemos propuesto para esta investigación, sin embargo, seguramente, en poco tiempo podremos utilizar las webcam en forma sencilla y económica para los prototipos de robots, entre tanto, el problema fundamental para resolver es que necesitamos mucho tiempo de procesamiento en algoritmos complejos para extraer información útil del entorno. [149] Mickail, S.; 2012].

Actuadores

Si el robot sólo observara el mundo sin actuar en él, sería un robot sumamente limitado. Nuestro deseo es que modifique su estado y el del ambiente según la información que obtiene en el proceso. Con este fin, disponemos de motores, músculos de alambre, lámparas, displays, buzzers, etcétera. Al conjunto de estos dispositivos se lo denomina actuadores. Los actuadores más sencillos de utilizar son las lámparas, que no ameritan demasiada descripción para su uso. Simplemente, con conectarlas a alguna salida del procesador y proveer la alimentación necesaria para su funcionamiento, podremos encenderlas y apagarlas con nuestro programa [212] Warren, J.; 2011].

Sin embargo, pondremos nuestro foco de atención en los motores, dado que definen en gran medida nuestra capacidad de desplazamiento, los grados de libertad y otros aspectos vinculados al movimiento del robot.

Por definición, el motor eléctrico es un dispositivo electromotriz, es decir, que convierte la energía eléctrica en energía motriz. Todos los motores disponen de un eje de salida para acoplar un engranaje, una rueda, una polea o cualquier mecanismo capaz de transmitir el movimiento creado por el motor. [212] Warren, J.; 2011].

3.5.3. Sistemas Dinámicos en la Robotica

En esta sección se aborda el caso bidimensional debido a que un robot móvil se mueve en un plano, así el problema se reduce en encontrar la terna (x, y, θ) asociada al sistema de referencia móvil del vehículo, donde las dos primeras componentes corresponden a la traslación y la tercera a la orientación de RMR [184, Reyes, F.; 2011].

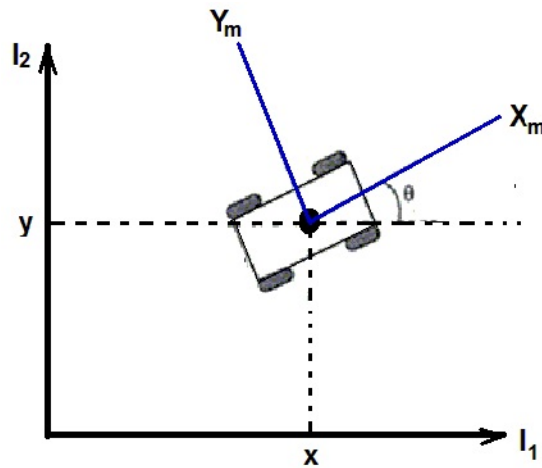


Figura 3.11: Coordenadas de localización de un robot móvil

El par (x, y) representa las coordenadas generalizadas del punto de referencia del sistema P respecto al sistema inercial, es decir, $\vec{OP} = x\vec{I}_1 + y\vec{I}_2$, mientras que θ describe la orientación del sistema (X_m, Y_m) con respecto al sistema inercial (I_1, I_2) .

3.5.4. Modelo cinemático de localización y configuración de robots RMR

El movimiento de un robot móvil puede ser descrito por el siguiente sistema de ecuaciones,

$$\begin{aligned}\dot{\xi} &= R^T(\theta)\Sigma(\beta_{co})\eta \\ \dot{\beta}_{co} &= \zeta\end{aligned}$$

donde η y ζ representan velocidades y pueden ser interpretadas como entradas de control.

Si definimos q como el vector de coordenadas de configuración dadas por $q = (\xi, \beta_{co}, \beta_{cd}, \varphi)$, entonces la evolución en el tiempo [184, Reyes, F.; 2011] de este vector puede representarse en forma compacta como:

$$\dot{q} = S(q)u$$

donde

$$S(q) = \begin{pmatrix} R^T(\theta)\Sigma\beta_{co} & 0 \\ 0 & I \\ D(\beta_{cd}\Sigma(\beta_{co}) & 0 \\ E(\beta_{co}, \beta_{cd})\Sigma\beta_{co} & 0 \end{pmatrix}; \quad y, \quad u = \begin{pmatrix} \eta \\ \zeta \end{pmatrix}$$

3.5.5. Dinámica de robots RMR

De acuerdo con la formulación de Euler-Lagrange [184, Reyes, F.; 2011], la dinámica de robots RMR, puede ser descrita por las siguientes ecuaciones de movimiento.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\xi}} \right)^T - \left(\frac{\partial K}{\partial \xi} \right)^T = R^T(\theta)J_1^T(\beta_{co}, \beta_{cd})\lambda + R^T(\theta)C_1^T(\beta_{co}, \beta_{cd})\mu \quad (3.8)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\beta}_{cd}} \right)^T - \left(\frac{\partial K}{\partial \beta_{cd}} \right)^T = C_2^T \mu + \tau_{cd}$$

(3.9)

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}} \right)^T - \left(\frac{\partial K}{\partial \varphi} \right)^T = J_2^T \lambda + \tau_{\varphi} \quad (3.10)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\beta}_{co}} \right)^T - \left(\frac{\partial K}{\partial \beta_{co}} \right)^T = \tau_{co} \quad (3.11)$$

donde K representa la energía cinética, λ y μ son multiplicadores de Lagrange asociados a las restricciones de movilidad, τ_φ representa los pares de las ruedas de tracción, τ_{cd} los pares de los actuadores de orientación de las ruedas del centro orientable desplazado, y τ_{co} los pares para la orientación de las ruedas de centro orientable [184, Reyes, F.; 2011].

3.5.6. Sistemas Dinámicos en la Robótica

Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos con ecuaciones diferenciales que describen los fenómenos físicos que se encuentran presentes en el robot. Para propósitos de análisis y diseño, en robótica se emplea como modelo dinámico una estructura matemática que incluye una ecuación diferencial de primer orden expresada de la siguiente forma [184, Reyes, F.; 2011]:

$$\dot{x} = f(x), x(0) \in \mathbb{R}^n \forall t \geq 0 \quad (3.12)$$

donde x representa la variable de estado, la cual proporciona información interna de los estados de la dinámica del sistema físico o mecánico en el caso del robot [202, Tzafestas, S.; 2014]. La variable de estado x es una función continua de tiempo $x = x(t)$ y es la solución de la ecuación diferencial, en particular $x(0) \in \mathbb{R}^n$ y se conoce con el nombre de condición inicial o estado inicial.

Puntos fijos y Puntos de equilibrio

Considérese un sistema dinámico autónomo (3.12). El vector $x^* \in \mathbb{R}^n$ es un **punto fijo** de $f(x)$ si: $f(x^*) = 0$. En este sentido, la interpretación geométrica de los puntos fijos de la función $f(x)$ son los puntos de intersección de la gráfica de $f(x)$ con la recta de x .

Un **punto de equilibrio** o estado de equilibrio del sistema dinámico es un vector constante $x_e \in \mathbb{R}^n$ del sistema (3.12) si cumple con la condición: $f(x_e) = 0, \forall t \geq 0$.

Por otra parte, el punto de equilibrio tiene propiedades particularmente importantes para el control de robots, por ejemplo el punto de equilibrio puede ser estable o inestable [202, Tzafestas, S.; 2014] [169, Ollero, A.; 2001] [184, Reyes, F.; 2011].

Estabilidad en el sentido Lyapunov

La teoría de estabilidad de Lyapunov es una herramienta indispensable para analizar la estabilidad de sistemas dinámicos descritos por ecuaciones diferenciales de la forma (3.12), la cual establece que para toda condición inicial $x(0) \in \mathbb{R}^n$ que se encuentra dentro del atractor, si el sistema tiene un estado de equilibrio asintóticamente estable, la energía acumulada del sistema dentro del dominio de atracción cae al evolucionar el tiempo, hasta alcanzar un valor mínimo en su punto de equilibrio [184, Reyes, F.; 2011].

Por otra parte, el origen es un estado de equilibrio global asintóticamente estable de (3.12), si existe una función candidata $V(x)$, tal que su derivada satisfaga,

- $\dot{V}(x) = 0, \forall t \geq 0$
- $\dot{V}(x) < 0, \forall t \geq 0, \forall x \neq 0 \in \mathbb{R}^n$

En este sentido, en el control de robots la estabilidad no es importante, no obstante, la parte clave y relevante debe ser atribuible al algoritmo de control involucrado en el punto de equilibrio del modelo dinámico, donde estabilidad asintótica global, la cual, juega un papel trascendental [184, Reyes, F.; 2011].

Objetivos de la Investigación

4.1. Objetivo General

- Proponer una estrategia que potencialice toda la capacidad de exploración y de manipulación de componentes mecánicos y electrónicos al servicio de la construcción de significados a partir de su propia experiencia educativa.

4.2. Objetivos específicos

- Establecer el modelo neuronal como analogía para realizar un diagnóstico e integrar interdisciplinariamente el plan curricular para grado séptimo.
- Diseñar una propuesta metodológica a través del uso de la cultura maker, el enfoque STLAM, las inteligencias múltiples y la robótica educativa, en procesos de aprendizaje adaptándose a los retos del siglo XXI.

5.1. Implementación de Proyectos de Robótica Educativa en un currículo No Lineal

El proceso necesario para la implementación de proyectos de robótica educativa en el aula de clase puede dividirse en cuatro etapas; el punto de partida depende del grado de concientización que tenga la institución educativa que pretende implementar estos ambientes de aprendizaje o las experiencias previas que se hayan realizado en la institución. A continuación se detalla cada una de las cuatro etapas:

1. **Etapa de integración de recursos tecnológicos basados en robótica al currículo:** En esta etapa se sitúan muchos colegios donde se emplea algún tipo de herramientas de robótica, estas no suelen aprovecharse al máximo. El principal inconveniente que se presenta al momento de involucrar la robótica en la educación es que se considera como una actividad extracurricular; los colegios crean clubes o talleres de robótica para un grupo limitado de estudiantes o intentan involucrar la robótica a través de algunos proyectos en clase de tecnología, pero sin articularla con las demás áreas del conocimiento, desaprovechando así las posibilidades integradoras y motivacionales que trae el uso de esta tecnología en el aula de clase.

Es importante superar el paradigma que se tiene de la robótica como una actividad extracurricular y reconocer la robótica como una herramienta de aprendizaje, que permite generar interesantes ambientes interdisciplinarios

de aprendizaje donde el estudiante como actor principal de su aprendizaje, pueda crear sus propias ideas de los conceptos que están siendo impartidos, al tiempo que los relaciona con su propia realidad.

Así pues, hay que tomar conciencia de las ventajas y beneficios que se tienen cuando se hace uso de esta tecnología en el aula de clase como un componente más del proceso de aprendizaje. Se debe evaluar el plan curricular e involucrar proyectos basados en robótica en las diferentes asignaturas y fortalecer así el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante.

2. **Etapa de reestructuración en las prácticas pedagógicas:** Aplicar la robótica en el aula de clase requiere un cambio en las prácticas pedagógicas. Se debe dejar a un lado el esquema tradicional del aula de clase, donde el papel y el lápiz tienen el protagonismo principal y establecer una nueva metodología de aprendizaje que fortalezca los procesos de enseñanza-aprendizaje del estudiante a través del uso de prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos.

Este nuevo ambiente tecnológico requiere un cambio de actitud tanto del estudiante como del docente. En esta etapa, los estudiantes deben adoptar un rol más activo y ser protagonistas de su propio proceso de aprendizaje, mientras que el docente debe asumir el rol de mediador del aprendizaje, incentivando a los alumnos a la búsqueda del conocimiento. Se deben fomentar el uso de herramientas de búsqueda y participación en Internet para enriquecer la experiencia y alcanzar una visión integradora que no se limita a las actividades dentro del aula. La mediación de los docentes tiene la intención de organizar los contextos y orientar los procesos de aprendizaje que permitan una comprensión profunda de temas tratados.

Sin embargo es importante resaltar el protagonismo del estudiante, pues contrario a modelos anteriores, las experiencias propuestas no se deben agotar en la organización del docente, ese debe ser solo el elemento inicial, motivador, que despierta la curiosidad de los estudiantes, quienes actuando como grupo enriquecen la actividad.

3. **Etapa de instrumentación:** Para llevar la robótica al aula de clase es necesario disponer de diferentes herramientas de software y hardware que permitan la construcción y programación de diferentes prototipos robóticos. Hay que tener en cuenta que se debe disponer de más de una herramienta robótica para trabajar con un grupo numeroso de estudiantes.

Cuando se dispone de una sola herramienta, es muy difícil captar la atención de todos los estudiantes, que pueden estar muy motivados al iniciar la actividad, pero, al perder la oportunidad de actuar directamente, pierden interés cuando no pueden apreciar claramente las actividades realizadas por el prototipo robótico. Igual sucede cuando la participación en la actividad se ve reducida a unos pocos estudiantes.

Uno de los inconvenientes que se presenta al trabajar con herramientas de robótica es que se cree que solo deben ser manipuladas por personas que tengan experiencia y conocimientos de robótica y programación. La falta de conocimiento y experiencia en el manejo de estas herramientas robóticas por parte de los docentes puede llegar a generar en ellos temor e inseguridad al momento de usarlas frente a sus estudiantes.

Por eso, en esta etapa es importante realizar diferentes actividades con los docentes para capacitarlos en el manejo de estas herramientas para concientizarlos de sus bondades y dejar en claro que no se requiere ser experto para su manipulación. Todo esto debe darse antes de ocuparse de la adquisición de las herramientas propiamente dichas; ese es el último paso dentro de esta etapa.

4. **Etapa de definición del uso pedagógico de los recursos tecnológicos** Contar con herramientas de aprendizaje basadas en robótica no es suficiente para la generación de ambientes de aprendizaje, hay que saber también cómo aplicar estos recursos adecuadamente en el aula de clase. El uso de estas herramientas debe estar acompañado de buenas prácticas pedagógicas para que puedan contribuir en los procesos de aprendizaje y la construcción del conocimiento de los estudiantes.

Por otra parte, el diseño de actividades prácticas basadas en recursos robóticos permite definir un planteamiento pedagógico previo que guíe y regule el uso de estas herramientas. El desarrollo de estas actividades prácticas incentiva a los estudiantes a participar en la clase, generando interesantes ambientes de aprendizaje en donde pueden poner en práctica todos los temas vistos, crear sus propias ideas de los conceptos que están siendo aplicados y al mismo tiempo relacionarlos con la realidad.

Entre tanto, el uso de un prototipo robótico en el desarrollo de las actividades fomenta en los estudiantes curiosidad, interés y concentración por los temas de clase.

Muchas veces es difícil para los docentes el diseño de estas actividades prácticas. Generalmente no tienen claro cómo usar estas herramientas en las asignaturas que dictan o no tienen el conocimiento del manejo de estas herramientas robóticas; y cuando estos inconvenientes están solucionados, el tiempo que le demanda a los docentes dar este cambio suele ser otro impedimento. Por esta razón es importante que personas expertas en el tema apoyen el diseño de actividades prácticas y la definición de los recursos de aprendizaje con todas las pautas necesarias para que puedan ser fácilmente replicadas por los docentes en el aula de clase.

No obstante, esta es la última etapa en la implementación de un currículo que emplea cotidianamente la robótica educativa como una herramienta que simultáneamente es integradora, motivadora y a la vez el instrumento mismo con el cual se desarrolla la actividad en el aula, y posiblemente fuera de ella. Es decir, esta es una etapa que hasta ahora empieza a construirse impulsada por la suma de esfuerzos colectivos que diferentes instituciones empiezan a apoyar, un ejemplo de este confluir de actores se muestra en la sección siguiente.

5.1.1. Aprendizaje de la Robótica y con la Robótica

El currículo lineal de las instituciones educativas y de muchos colegios de nuestra región es una constante en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en donde la aplicación de los principios, leyes y teorías aprendidas de cada una de las disciplinas se abordan de manera sésgada de forma multidisciplinar [9. Anacona, M.; 2014] .

En este sentido, CTS [178. Quintero, C.; 2010] y STEAM [190. Sander, M.; 2012] son enfoques pedagógicos que usa el contexto social para aprender conceptos científicos, y asimismo optimizar el aprendizaje en el aula [26. Bernard, J.; 2002] , integrando la ciencia, la tecnología y la sociedad [124. Maldonado, C.; 2013]. En esta dirección, la puerta de entrada sobre la indisciplinariedad de la robótica educativa [158. Mora, I.; 2016] consiste en cierto modo, elucidarla en dos miradas: robotica en educación, y robótica para la educación .

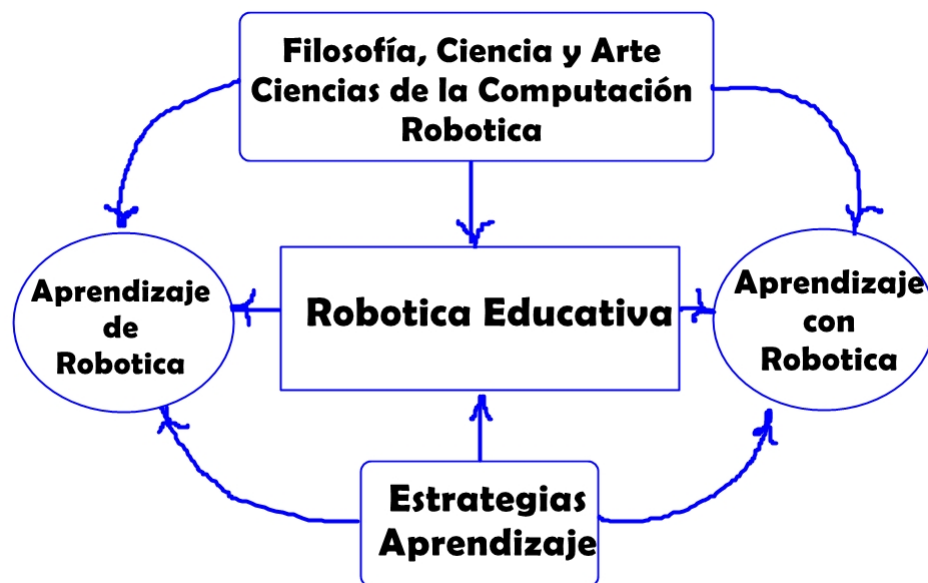


Figura 5.1: Aprendizaje con Robótica

Robótica en educación: este enfoque hace referencia al uso que se les da a los

robots para el aprendizaje de la robotica [171] Peralta, B.; 2015].

Robótica para la educación: este enfoque hace referencia al uso de la robotica en la enseñanza y aprendizaje de leyes, teorías y principios en las distintas áreas del conocimiento.

5.2. Descripción de la Estrategia pedagógica

La estrategia reúne contenidos de programación, electrónica, robótica y diseño 3D dirigidos a estudiantes de grado séptimo con edades entre los once (11) a doce (12) años, se articula en proyectos asociados a tres propósitos genéricos diferentes:

- Para entender saberes específicos de otras áreas del conocimiento.
- Para resolver problemas usando la tecnología y el pensamiento creativo.
- Para fortalecer el aprendizaje colaborativo (trabajo en equipo).

Esta propuesta esta formada por proyectos con enfoque interdisciplinar (ver tabla representativa en el Anexo) cuya modularidad ofrece experimentar aprendizajes en Ciencias (Biología, Química y Física), Lenguaje, Artes y Matemáticas fortaleciendo la creatividad, la resolución de problemas y las habilidades para el trabajo en equipo), como a trabajar de forma transdisciplinar en las distintas áreas STLAM proponiendo una nueva forma de pensar, en los estudiantes, frente a problemas y sistemas físicos del mundo real.

Además es adaptable ya que, dependiendo de la tipología de centros educativos, con un grupo de cuatro a ocho proyectos pueden llegar a cubrir todo un año académico. Entre tanto, los proyectos no son secuenciales, de modo que cada docente puede elegir aquellos proyectos que más le interesen y ajustarlos a las necesidades que tenga a lo largo del curso.

De este modo, en cada uno de los proyectos de robótica las actividades previstas no solo potencian el aprendizaje colaborativo (incluso con las familias y el resto del centro escolar) para identificar y contrastar diferentes soluciones ante un mismo problema, sino que busca promover procesos de aprendizaje caracterizados por:

- **Profundidad frente a extensión.** El aprendizaje significativo es aquel que se comprende y se integra en el conocimiento previo. Para ello, se necesita involucrar al alumno en el proceso de aprendizaje. Por este motivo, consideramos que es fundamental trabajar los contenidos relevantes y profundizar en ellos para lograr su comprensión, en lugar de trabajar muchos contenidos sin asegurarnos de que se comprendan todos.
- **Aprender haciendo.** La experimentación y aplicación práctica de los contenidos es el nivel más alto al que debemos llegar para alcanzar el aprendizaje significativo. Esta experimentación permite a los alumnos investigar y reflexionar sobre el proceso, así como monitorear y evaluar el logro de sus objetivos. Además, proponiendo situaciones cercanas a los alumnos, nos aseguramos de obtener un mayor interés por la experimentación.
- **Aprendizaje no abstracto.** Los estudiantes deben mostrar interés por el problema a resolver, de lo contrario nunca aprenderán a resolverlo. Para ello, planteamos problemas surgidos en situaciones concretas que pueden ubicar en su día a día o que al menos tienen un reflejo en alguna parte del mundo que conocen.
- **Teoría a través de la práctica.** La teoría se aprende a través de la práctica, es decir, a través de retos concretos y cercanos, y no abstractos como hemos comentado en el punto anterior. La teoría se va incluyendo en pequeñas píldoras, a medida que vayan surgiendo como necesidad para resolver el reto propuesto. Por tanto, los retos están diseñados de tal forma que respondan a toda la teoría que queramos enseñar.
- **Aprendizaje por proyectos guiados y de libre elección.** A lo largo del curso se debe enfocar un proyecto global que deben solucionar y en el cual apliquen los contenidos trabajados, fomentando el trabajo colaborativo y la asignación de roles. Así mismo, se asentarán contenidos por medio de problemas de extensión breve que pueden trabajar por parejas o grupos de tres alumnos.
- **Responsabilidad para hacer efectivo el tiempo de trabajo.** Nuestra misión es conseguir que el tiempo en el aula sea lo más efectivo posible, ya que disponemos de tiempos limitados en los que se puede dar trabajo en grupo. Se

plantea una forma de trabajar que promueve responsabilidad y autonomía por parte del alumno, en la que el alumno debe ser consciente del poco tiempo disponible y gestionar el tiempo de las actividades para poder terminar las actividades planteadas en cada jornada. Para que esto sea posible, el docente debe explicar esta forma de trabajar para concienciar a los alumnos.

- **Aprender a aprender.** Además de enseñar contenidos y competencias concretas a través de cada uno de los proyectos, se proponen estrategias de aprendizaje que ayudarán a los alumnos a enfrentarse a problemas de otros ámbitos que consideren similares o, al menos, similares en algunas partes del problema y poder emplear estrategias generales de aprendizaje para resolver cualquier problema con características parecidas o un patrón de solución similar.
- **Aprendizaje autorregulado** La evaluación busca reflexionar sobre el proceso seguido y comprobar la superación de dificultades durante el proyecto, así como la capacidad de resistencia al fracaso del alumno. Además, pretende reflexionar sobre la consecución de los objetivos y la preferencia en los roles, ayudando a los alumnos a determinar sus preferencias laborales futuras.

5.2.1. Algunos recursos para implementar y adaptar cualquier proyecto de Robótica

Conocimientos previos

Es importante que, antes de comenzar cualquiera de los proyectos de electrónica y robótica, tanto estudiantes como profesores, consulten tutoriales específicos sobre las diferentes componentes electrónicos, herramientas y programación (Arduino) con los que se trabajará en cada proyecto.

Tanto en el entorno web, <http://eodelgadorcursos.wordpress.com>, como <http://diwo.bq.com/cursos/> se pueden consultar algunos tutoriales recomendados para cada proyecto, no obstante, a la hora de analizar cada proyecto, es aconsejable tener en cuenta las siguientes orientaciones generales:

- **Programación y la Hora del Código** Un error típico es creer que la base para programar es aprender utilizando un lenguaje concreto. Más importante que el lenguaje que utilizamos para programar es asegurarse de que los

estudiantes comprendan adecuadamente los conceptos más básicos de la programación y sean capaces de aplicarlos a los problemas y retos planteados en los proyectos. Estos conceptos son algoritmos, variables, condicionales, bucles y funciones y son relativos a la lógica de programación en cualquier lenguaje, ya sea por bloques o por código. Para hacer frente a los problemas planteados, requieren un conjunto de habilidades concretas, relativas al pensamiento computacional.

- **Robótica** La programación de electrónica requiere simular el resultado y reflexionar sobre la forma más efectiva de resolver un problema o crear un invento. Además de las habilidades necesarias para programar, se deben poner en práctica habilidades que permitan pensar en los componentes electrónicos adecuados para la situación.

Los estudiantes deberán tener claro cómo interactúan los sensores y los actuadores con la placa controladora. Por ejemplo, un sensor siempre tendrá que ir junto a una instrucción de control, es decir, un condicional o un bucle. Esto se debe a que el sensor toma datos que se utilizan para hacer una instrucción concreta según el dato recogido, por lo que habrá que tener en cuenta algunos detalles de programación respecto a los componentes electrónicos.

Requisitos técnicos mínimos e instalación de entornos de programación

Para poder realizar cualquier proyecto es necesario disponer de ciertos elementos de software que nos permitan desarrollarlo en su totalidad.

Programación en Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. En este sentido, Arduino proporciona un entorno de programación sencillo y potente para programar, pero además incluye las herramientas necesarias para compilar el programa el programa ya compilado en la memoria flash del microcontrolador. Además el IDE nos

ofrece un sistema de gestión de librerías y placas muy práctico. Como IDE es un software sencillo que carece de funciones avanzadas típicas de otros IDEs, pero suficiente para programar. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/01/23/programacion-arduino-5/>

5.2.2. Metodología de implementación en el aula

Esta investigación se apoyan, por una parte, en la espiral del pensamiento creativo formulada por [181] Resnik, M; 2007] y, por la otra, en una metodología de solución de problemas usando pensamiento creativo. Entre tanto, los estudiantes trabajan por grupos de tres estudiantes, con su propio kit para la construcción de los retos electrónicos o de robots y dependiendo de la población un portátil o tablet para su programación.

Cada semana construirán y programarán un modelo diferente, con el que deberán resolver problemas, superar retos o participar en competencias [42] D. Claude, G.; 2001].

También combinarán las clases de electrónica, programación y robótica con otras sesiones específicas de Ciencias (Biología, física o química) [122] Maldonado, C.; 2001], lectura crítica, artes y matemáticas [192] S. Thrun, W.; 2005] [201] Toffoli, T; 1987] [31] Botello G., Y.; 2015].

5.3. Metodología de la investigación

Desde la experiencia vivida se articula la posibilidad de una investigación cualitativa [90] Hernández, R.; 2010], teniendo en cuenta la contingencia al conservar la toma de datos estructurados a partir de instrumentos de recolección y la relación que se posibilita a partir de la robótica educativa con habilidades de pensamiento y la creatividad emergiendo para la descripción de fenómenos que requieren ser visibilizados.

5.3.1. La población caso 1: Colegio público

- Nombre: INSTITUCIÓN EDUCATIVA ELISA BORRERO DE PASTRANA
- Estado: ANTIGUO-ACTIVO
- Tipo: INSTITUCIÓN EDUCATIVA
- Calendario: A
- Sector: OFICIAL
- Zona EE: URBANA
- Estrato: ESTRATO 2
- Jornada: MAÑANA, COMPLETA, TARDE, FIN DE SEMANA
- Género: MIXTO
- Carácter: ACADÉMICO, TÉCNICO
- Matrícula Contratada: SI
- Especialidad: clases de Especialidades Académicas y clases de Otros Estudios

Niveles, Grados:

- Secundarias con 6To Grado
- Secundarias con 7Mo Grado
- Secundarias con 8Vo Grado
- Secundarias con 9No Grado

Educación Media:

- Educación Media con 10Mo Normal

- Educación Media con 11Vo Normal

Primarias para Adultos:

- Educación Básica Primaria para Adultos con Grado 21
- Educación Básica Primaria para Adultos con Grado 22

Secundarias para Adultos:

- Educación Básica Secundaria para Adultos con Grado 23
- Educación Básica Secundaria para Adultos con Grado 24

Educación Media para Adultos:

- Educación Media para Adultos con Grado 25
- Educación Media para Adultos con Grado 26

Programas de educación para adultos:

- Colegios Cafam
- Programas para Jóvenes en Extraedad y Adultos

Modelos:

- Colegios con modelos Educativos para Niños y Jóvenes:
- Colegios de Educación Tradicional

La Ubicación Geográfica

- DIRECCIÓN: CL 5 1-48, HUILA, LA ARGENTINA.
- TELÉFONO: 8311734
- e-MAIL / CORREO ELECTRÓNICO: elisaborrero.argentina@sedhuila.gov.co

5.3.2. La población caso 2: Colegio Anglocanadiense de Neiva

La Ubicación Geográfica

El Colegio Anglocanadiense se encuentra ubicado en la calle 8 número 100-01 de la ciudad de Neiva, Huila, Colombia.

Configuración Institucional

El Colegio Anglocanadiense de Neiva, es un colegio privado campestre, con 22 años de funcionamiento, que desde sus inicios ha venido adelantando la propuesta bilingüe. Durante los últimos cinco años se ha venido consolidando como uno de los mejores colegios del sur del país posicionándose como uno de los 10 mejores colegios del país según los últimos resultado de la prueba SABER-2017B.

Es una institución que cuenta con un rector, tres coordinadores (dos académicos y uno de convivencia) y 42 docentes distribuidos en los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria y media; una jornada y organizados en cinco campos de pensamiento: CIENCIAS, MATEMÁTICAS, INGLÉS, SOCIALES Y HUMANIDADES, ARTES RECREACIÓN Y DEPORTE, MÚSICA. Asimismo cuenta con un total de 800 estudiantes.

5.3.3. La Muestra

En esta investigación se consideraron tres grupos de estudiantes entre los 11, 12 y 13 años de edad de grado séptimo:

- **Grupo 1:** 40 estudiantes de grado séptimo de la INSTITUCIÓN EDUCATIVA ELISA BORRERO DE PASTRANA del sector público donde se aplicó el proyecto RobMaker.
- **Grupo 2:** 28 estudiantes de grado séptimo del sector privado donde se aplicó el proyecto RobMaker.
- **Grupo 3:** 27 estudiantes de grado séptimo del sector privado donde **NO** se aplicó el proyecto RobMaker. (**Grupo de control**)

5.3.4. Los Instrumentos

Para validar la presente estrategia pedagógica y recoger de manera pertinente las experiencias de los estudiantes se implementaron en el grupo 1 (caso público) y 2, (caso privado), las siguientes herramientas, en tres fases:

- Fase de Diagnóstico
- Fase de Aplicación e implementación
- Fase de Evaluación y validación



Figura 5.2: Ruta metodológica

Por otra parte, en la fase de diagnóstico se aplicaron los siguientes instrumentos:

- Encuesta sobre preferencia, empatía o gusto por las asignaturas.
- Exámen Diagnóstico de pre-saberes.
- Test de Inteligencias Múltiples
- Test de Dominancia Cerebral

- Test de Temperamentos

No obstante, en la fase de aplicación, se implementará de manera directa los módulos construidos para cada uno de los proyectos.

Asimismo, en la fase de evaluación y validación se realizaron:

- Encuesta sobre la percepción del estudiante entorno al aprendizaje con robótica educativa.
- Exámen o auditoria interdisciplinar.

5.3.5. Aplicación de un Sistema Experto de Minería de Datos WEKA (WAIKATO ENVIRONMENT FOR KNOWLEDGE ANALYSIS) y el Método de Árboles de Decisión para la Validación de la Estrategia Sintética de aprendizaje RobMaker.

Para el análisis de resultados, en esta investigación el equipo de investigación utilizó un sistema experto de minería de datos y el método de Árboles de decisión para la respectiva validación de la estrategia sintética de aprendizaje a partir de los datos obtenidos en las distintas fases del proceso.

En este sentido, Weka es un software de código abierto emitido bajo la Licencia Pública General de GNU, formado por una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos. De otro lado, estos algoritmos se pueden aplicar directamente a un conjunto de datos o llamar desde su propio código Java, contiene herramientas para el procesamiento de datos, clasificación, regresión, clustering, reglas de asociación y visualización. Además, es adecuado para desarrollar y validar nuevos esquemas de aprendizaje.

Por otra parte, los árboles de decisión son un método para aproximar funciones objetivo de valor discreto convirtiéndose en uno de los algoritmos de inferencia inductiva más populares aplicado exitosamente en la toma de decisiones. [166, Obregón, N.; 2004].

No obstante, un árbol de decisión clasifica variables de entrada ordenándolas hacia abajo desde el nodo inicial o raíz hasta alguna hoja. asimismo, cada nodo en el árbol especifica una prueba de alguna etiqueta de la variable anterior, y cada rama descendiente desde éste nodo corresponde a una de las posibles etiquetas para esta variable. En este sentido, se clasifica una variable en el nodo inicial del árbol, y se generan ramas hacia abajo examinando las etiquetas específicas para la raíz, estas ramas llegan hasta nuevos nodos correspondiente a otras variables de entrada, [167, Obregón, N.; 2013].

Analisis y Discusión de Resultados

6.1. Fase de Diagnóstico

6.1.1. Resultados de la Encuesta sobre el gusto por las asignaturas

La encuesta se diseño con cinco preguntas cerradas donde los estudiantes escogían temáticas de su asignatura de preferencia en el marco de las asignaturas STLAM (Ciencias, Tecnología- Robotica, Lenguaje, Artes y Matemáticas).

De esta forma se representan e interpretan cada una de las respuestas del grupo 1 (estudiantes que corresponden al sector público donde se aplico la estrategia sintética de aprendizaje RobMaker).



Figura 6.1: Grupo 1 / Encuesta sobre el gusto por las asignaturas

En primera instancia se puede evidenciar que el 33 % de los estudiantes del grupo 1 sienten atracción por temáticas relacionadas con Tecnología y Robótica.

Por otra parte un 27 % de los estudiantes del grupo 1 prefieren Ciencias, asimismo el 27 % también siente gusto por las Artes.

Hay otros estudiantes del grupo 1 (el 10 %) que prefieren las matemáticas, mientras que, el 3 % restante les gusta Lenguaje.

En segunda instancia, se representan e interpretan cada una de las respuestas del grupo 2 (estudiantes que corresponden al sector privado donde se aplicó la estrategia sintética de aprendizaje RobMaker).



Figura 6.2: Grupo 2 / Encuesta sobre el gusto por las asignaturas

Teniendo en cuenta los resultados representados en la anterior figura se puede evidenciar que el 94 % de los estudiantes del grupo 2 sienten atracción por temáticas relacionadas con Tecnología y Robótica.

Por otra parte un 4 % de los estudiantes del grupo 2 prefieren Artes, mientras que ningún estudiante evidenció preferencia por otra asignatura del enfoque STLAM. Es importante especificar que los estudiantes de este grupo ya han recibido anteriormente temáticas relacionadas con Tecnología, Programación y Robótica.

En segunda instancia, se representan e interpretan cada una de las respuestas del grupo 2 (estudiantes que corresponden al sector privado donde se aplicó la estrategia sintética de aprendizaje RobMaker).

En tercera instancia, se representan e interpretan cada una de las respuestas del grupo 3 (estudiantes que corresponden al sector privado donde NO se aplicó la estrategia sintética de aprendizaje RobMaker).

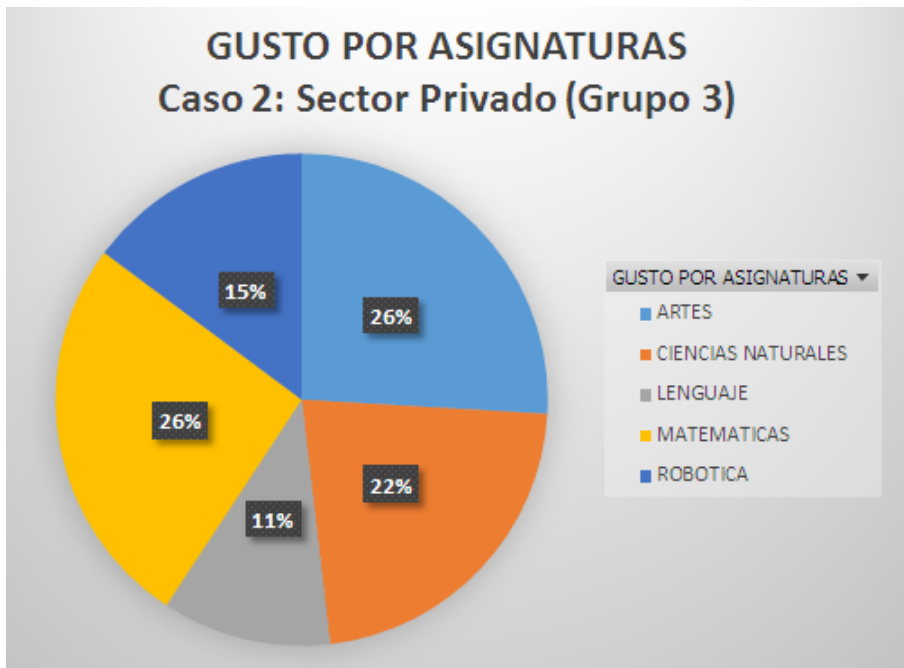


Figura 6.3: Grupo 3 / Encuesta sobre el gusto por las asignaturas

En primera instancia se puede evidenciar que el 26 % de los estudiantes del grupo 3 sienten atracción por temáticas relacionadas con Matemáticas, asimismo, el 26 % de los estudiantes sienten gusto por las Artes.

Por otra parte un 22 % de los estudiantes del grupo 3 prefieren Ciencias, no obstante, el 15 % siente gusto por temas relacionados con Tecnología y la Robótica, mientras que, el 11 % restante les gusta Lenguaje.

Entre tanto, podemos inferir que el 40 % de los estudiantes del grupo 3 les gusta la robótica y las matemáticas y un 49 % les gusta las artes y las ciencias.

6.1.2. Resultados del test de Inteligencias Múltiples

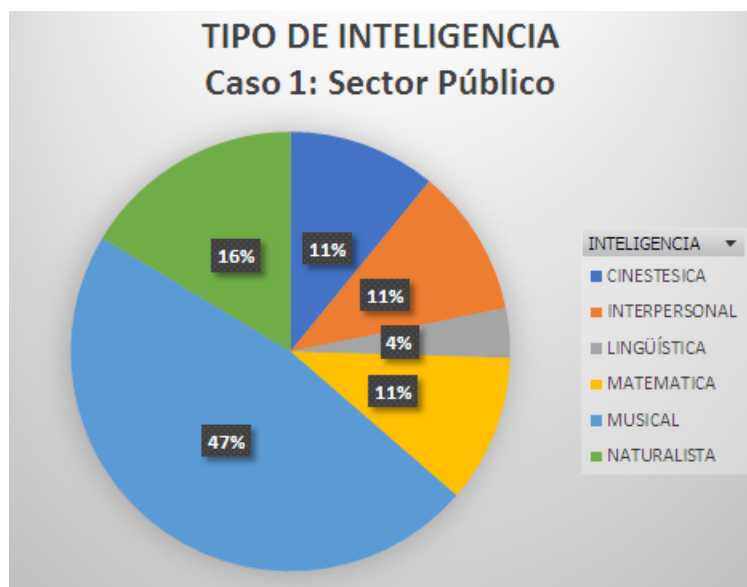


Figura 6.4: Grupo 1 / Resultado del Test sobre las Inteligencias Múltiples.

Teniendo en cuenta los resultados representados en la figura anterior se puede evidenciar que el 47 % de los estudiantes del grupo 1 tienen desarrollada la inteligencia Musical, es decir, a través de formas musicales, perciben, discriminan, juzgan, transforman y expresan sus ideas, o emociones cuando: tocan música, al escuchar alguna canción la repiten en la mente todo el día, implicando el aprecio por la música, el canto, el tocar un instrumento musical. etc.

Por otra parte un 16 % de los estudiantes del grupo 1 evidencian una inteligencia naturalista, un 11 % la inteligencia cinestésica, asimismo, el 11 % la inteligencia interpersonal, asimismo, 11 % inteligencia Lógico-matemática y un 4 % la inteligencia lingüística.

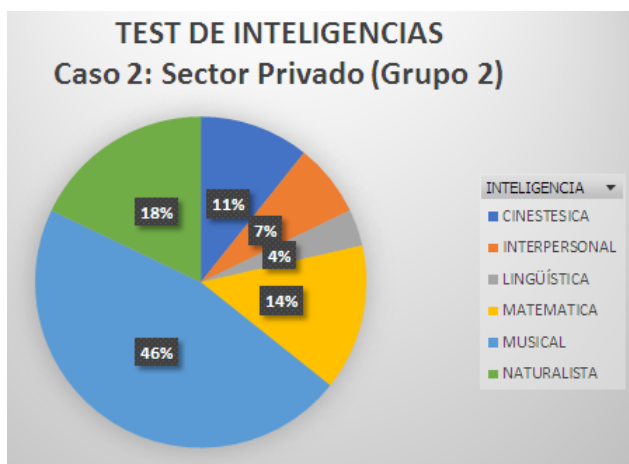


Figura 6.5: Grupo 2 / Resultado del Test sobre las Inteligencias Múltiples.

Teniendo en cuenta los resultados representados en la figura anterior se puede evidenciar que el 46 % de los estudiantes del grupo 2 tienen desarrollada la inteligencia Musical, por otra parte un 18 % de los estudiantes del grupo 2 evidencian una inteligencia naturalista, un 14 % la inteligencia lógico-matemática, el 11 % la inteligencia cinestésica, asimismo, el 7 % inteligencia cinestésica y un 4 % la inteligencia lingüística.

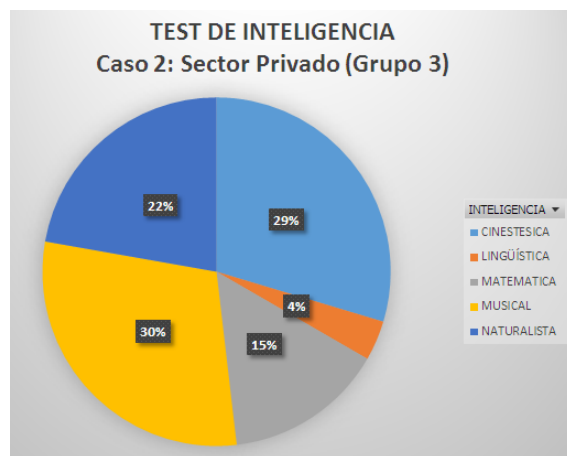


Figura 6.6: Grupo 3 / Resultado del test de Inteligencias múltiples.

Por otra parte, los resultados representados en la figura anterior se puede evidenciar

que el 30 % de los estudiantes del grupo 3 tienen desarrollada la inteligencia Musical, por otra parte, el 29 % de los estudiantes tienen desarrollada la inteligencia cinestésica, un 22 % evidencian una inteligencia naturalista, un 15 % la inteligencia lógico-matemática, y un 4 % la inteligencia lingüística.

6.1.3. Resultados del test de Temperamentos

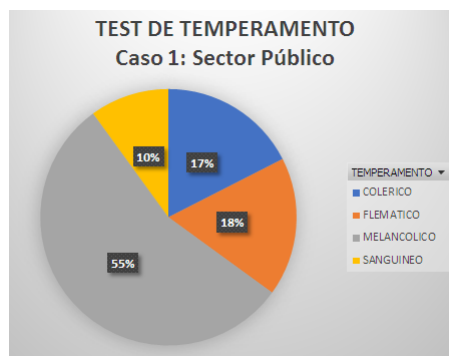


Figura 6.7: Grupo 1 / Resultado del test de temperamentos

Según los resultados representados en la gráfica anterior podemos inferir que el 55 % de los estudiantes del grupo 1 tiene predominancia en el temperamento Melancólico, el 18 % Flemático, el 17 % Colérico y el 10 % Sanguíneo.

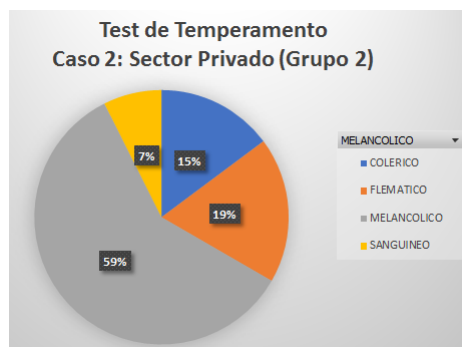


Figura 6.8: Grupo 2 / Resultado del test de temperamentos

En este sentido, los resultados representados en la gráfica anterior podemos inferir que el 61 % de los estudiantes del grupo 2 tiene predominancia en el temperamento

Melancólico, el 18 % Flemático, el %14 Colérico y el 7 % Sanguíneo.

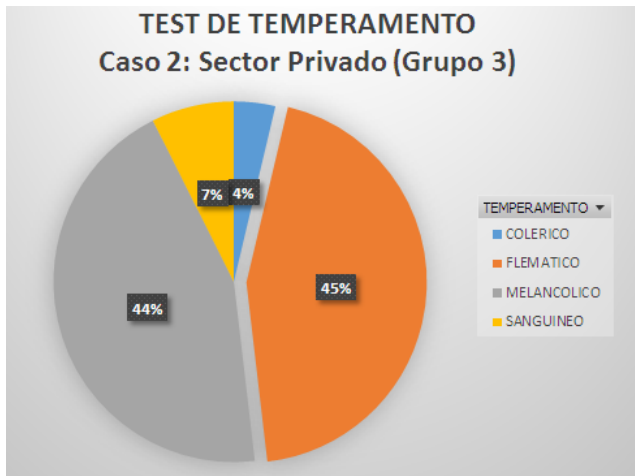


Figura 6.9: Grupo 3 / Resultado del test de temperamentos

Por otra parte, según los resultados representados en la gráfica anterior podemos inferir que el 45 % de los estudiantes del grupo 3 tiene predominancia en el temperamento Flemático, el 44 % Melancólico, el 7 % Sanguíneo y el 4 % Colérico.

6.1.4. Resultados del test de Dominancia Cerebral

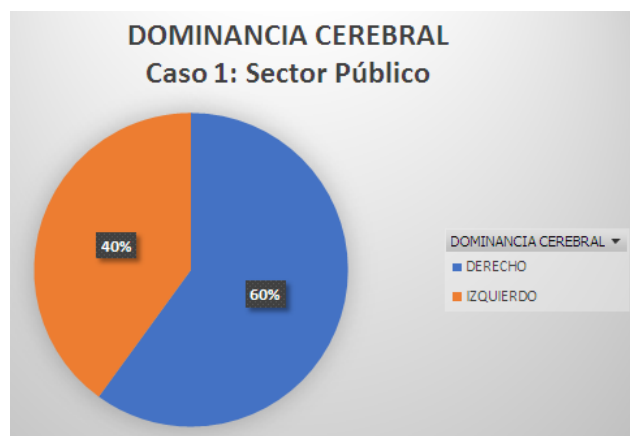


Figura 6.10: Grupo 1 / Resultados sobre el test de dominancia cerebral

Teniendo en cuenta los resultados representados en la gráfica el 60 % de los estudiantes del grupo 1 tiene predominancia del hemisferio derecho, mientras que el 40 % evidencia predominancia en el hemisferio izquierdo.

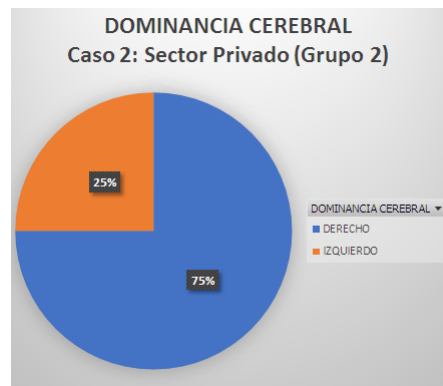


Figura 6.11: Grupo 2 / Resultado del test de dominancia cerebral

En esta dirección, los resultados representados en la gráfica anterior, el 75 % de los estudiantes del grupo 2 tiene predominancia del hemisferio derecho, mientras que el 25 % evidencia predominancia en el hemisferio izquierdo.

Por otra parte los resultados representados en la siguiente gráfica, el 85 % de los estudiantes del grupo 3 tiene predominancia del hemisferio derecho, mientras que el 15 % evidencia predominancia en el hemisferio izquierdo.

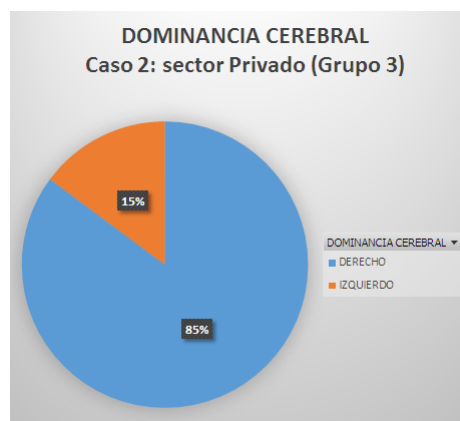


Figura 6.12: Grupo 3 / Resultado del test de dominancia cerebral

6.1.5. Resultados del Examen Diagnóstico

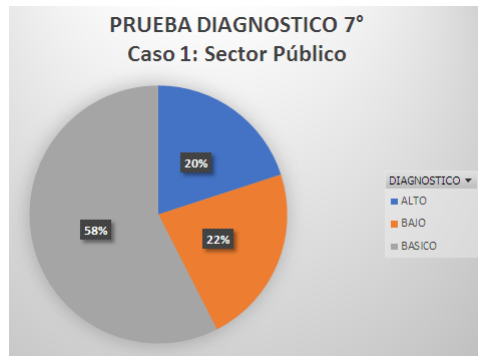


Figura 6.13: Grupo 1 / Resultado del examen diagnóstico

Teniendo en cuenta los resultados representados en la gráfica anterior, el 20 % de los estudiantes del grupo 1 obtuvieron desempeño alto, el 58 % de los estudiantes obtuvieron un nivel básico, no obstante, el 20 % obtuvieron desempeño bajo.

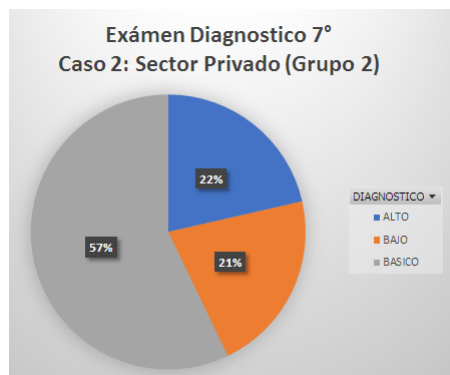


Figura 6.14: Grupo 2 / Resultado del examen diagnóstico

En este sentido, en los resultados representados en la gráfica anterior, el 22 % de los estudiantes del grupo 2 obtuvieron desempeño alto, el 57 % de los estudiantes obtuvieron un nivel básico, no obstante, el 22 % obtuvieron desempeño bajo.

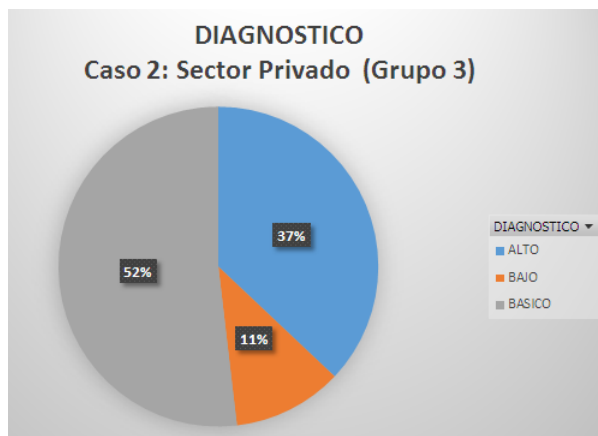


Figura 6.15: Grupo 3 / Resultado del examen diagnóstico

Mientras que, en los resultados representados en la gráfica anterior, el 37 % de los estudiantes del grupo 3 obtuvieron desempeño alto, el 52 % de los estudiantes obtuvieron un nivel básico, no obstante, el 11 % obtuvieron desempeño bajo.

6.2. Análisis del Modelo Curricular: Estudio de caso Grado Séptimo

En esta sección se presentan los principales resultado de la investigación, entre tanto, como primera medida se usó el contexto real de cada uno de las instituciones educativas mediante la planificación curricular en las áreas STEAM, no obstante, como primer hallazgo, se hace necesaria la contextualización del enfoque pedagógico y se propone una variación del mismo.

6.2.1. Enfoque STLAM

En primer lugar, para realizar esta investigación de realizó una re-contextualización del enfoque pedagógico STEAM por el enfoque STLAM, el cual involucra el estudio de la Ciencias, Tecnología, Lenguaje, Artes y Matemáticas, ya que no se ha definido una asignatura con el nombre de ingeniería.

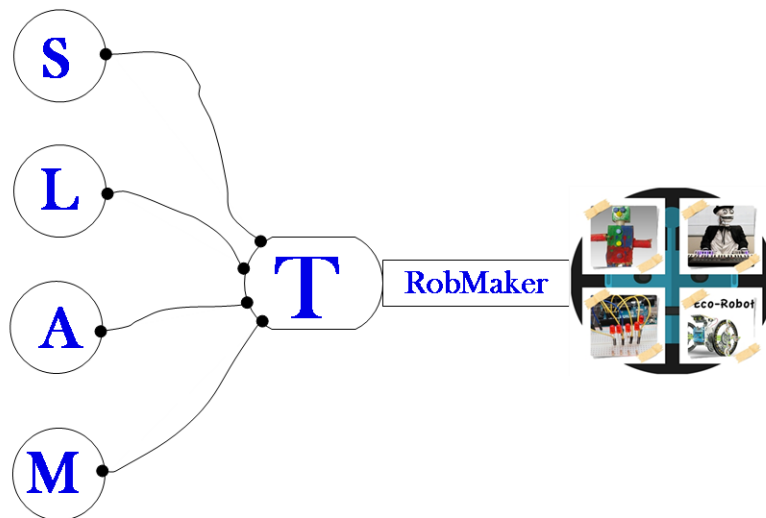


Figura 6.16: *Sltam_{RobMaker}*

6.2.2. Análisis Sintético de la red curricular del grado Séptimo

En efecto, se recolectaron todos los planes curriculares de las asignaturas de cada uno de los colegios y se obtuvieron los siguientes resultados: cada una de las asignaturas STLAM (Ciencias, Lenguaje, Artes y Matemáticas)

6.2.3. Caso 1: Colegio del sector Público

Como primera medida se tomaron los planes curriculares del Colegio del sector público y se construyó el modelo neuronal del currículo sintetizándose a través de la tecnología, precisando mejor en el proyecto de Robótica Educativa.

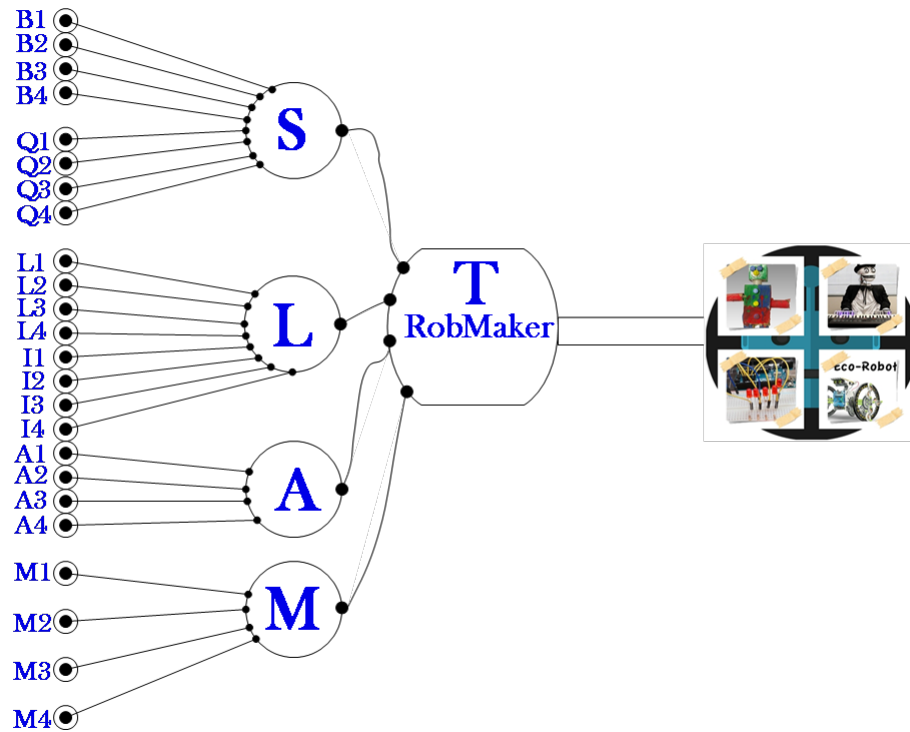


Figura 6.17: Currículo lineal en el sector público

Paulatinamente, se representó y construyó el modelo neuronal del currículo el cual es abordado de manera lineal, puesto que los saberes y conocimientos no están conectados con las demás asignaturas STLAM, entre tanto, las relaciones entre estos, son muy pocas y la estructura curricular no es robusta, implicando de entrada, procesos tradicionales y lineales sin desarrollar las competencias y talentos de cada uno de los estudiantes.

6.2.4. Caso 2: Colegio del sector Privado

Como segundo hallazgo, el Colegio Anglocanadiense de Neiva (sector privado), tiene como referente curricular la propuesta sugerida por la editorial SANTILLANA, la cual evidencia en sus rutas pedagógicas conexiones interdisciplinarias, integradoras y dinámicas.

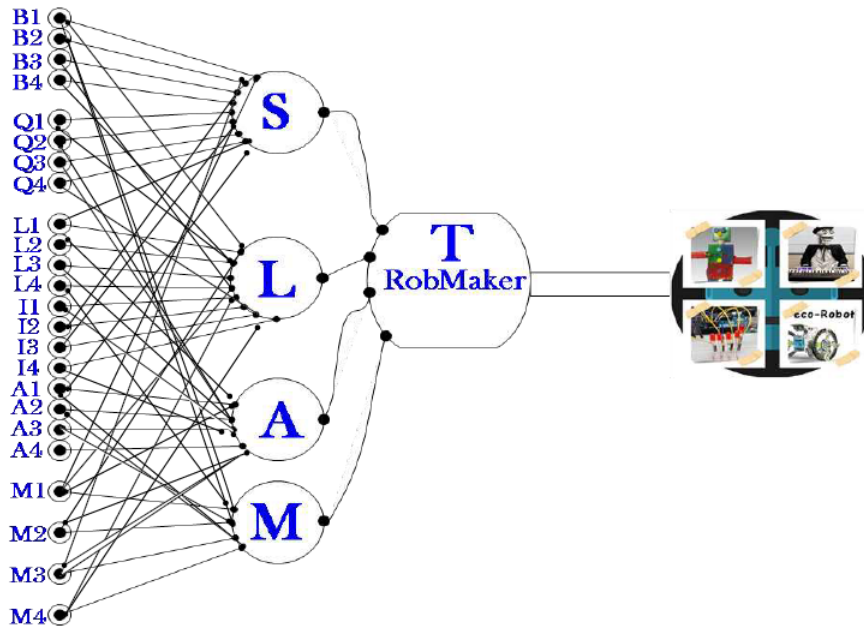


Figura 6.18: Currículo no lineal en el sector privado

No obstante, al intervenir en la dinámica de procesos de aprendizaje se evidenció que la didáctica propia realizada por parte de cada uno de los profesores en cierta medida es lineal.

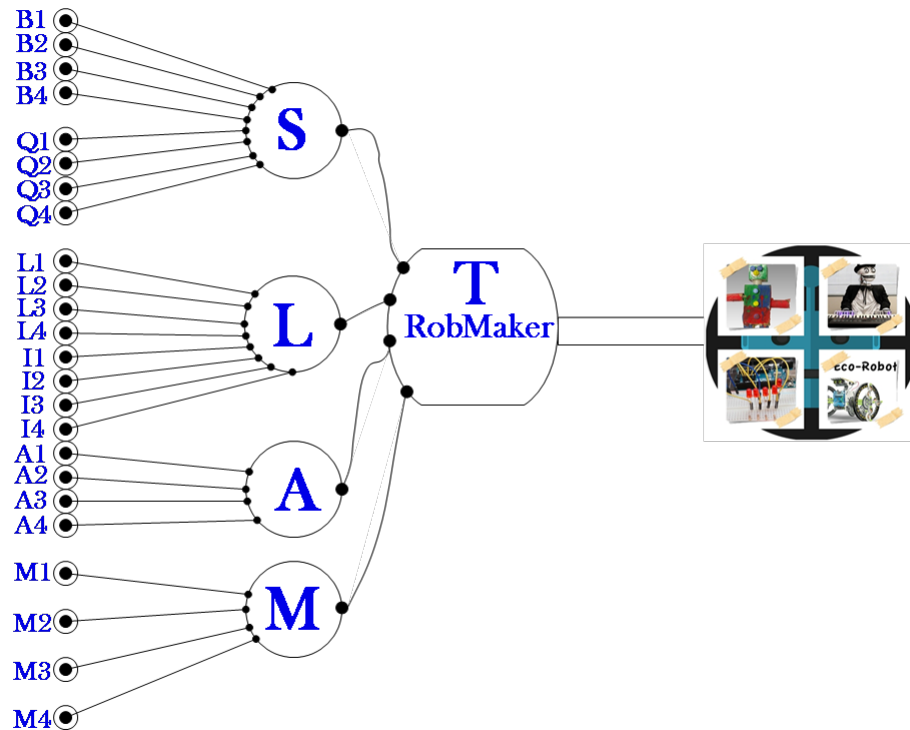


Figura 6.19: Currículo lineal en la perspectiva de la didáctica del profesor sector privado

6.3. Fase de Aplicación de la Estrategia Sintética de Aprendizaje

Teniendo en cuenta los resultados de los estudiantes en la fase de diagnóstico, el equipo de investigación utilizó la siguiente matriz interdisciplinar para decir y aplicar cuatro proyectos de robótica.

Entre tanto, los proyectos que el equipo de investigación consideró mas apropiado para integrar de manera no lineal los planes curriculares para grado o séptimo, fueron:

- **El Robotónico:** Es una máquina generadora de tonos musicales formada

por componentes básicos de electrónica tales como: resistencias, pulsadores, protoboard, cables de conexión, condensadores, parlante de 8 OHM, y el circuito integrado 555.

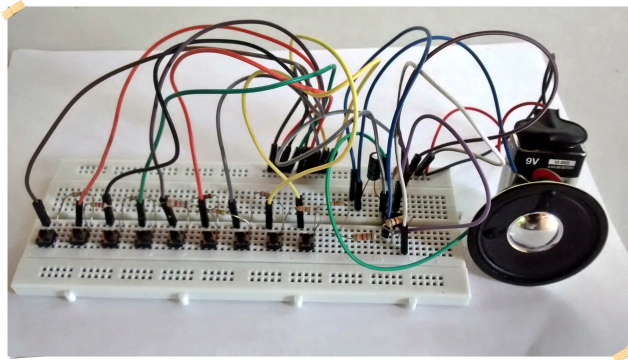


Figura 6.20: Proyecto: El Robotónico

- **Spider Robot: El Cazador de Insectos.** El robot araña de plástico está pensado como un robot didáctico para niños con el objetivo de construir su propia araña robot. Éste incorpora un motor DC junto a una caja reductora y un porta-batería, el motorreductor encaja en en las piezas plásticas inyectadas mediante una impresora 3D.



Figura 6.21: Proyecto: El Spider Robot (cazador de insectos)

- **Robot Velocista Seguidores de Línea Negra:** Este robot seguidor de línea es rápido, lo que lo hace útil para aplicaciones de robots velocistas, su diseño

sencillo y económico lo hace justo para estudiantes con deseo de aprender los retos y desafíos del siglo XXI.

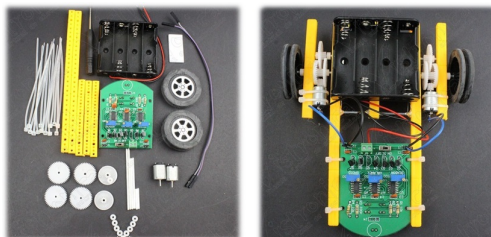


Figura 6.22: Proyecto:Robot Velocista Seguidor de Línea Negra

- Eco-robots: Robots de Cartón; El Robot Plant; Máquinas de Retroalimentación.

Este proyecto permite a los estudiantes desarrollar su creatividad mediante la elaboración de un robot utilizando materiales reciclables, permitiendo a los estudiantes conocer el funcionamiento de este tipo de mecanismos, desarrollando competencias en el manejo de información y llevándolo a investigar, crear, a ser autónomo y trabajar en equipo. Por otra parte, la utilización de material reciclable conlleva a los estudiantes a cuidar el medio ambiente, aprovechando recursos que se encuentran en desuso y potenciar su capacidad creativa.

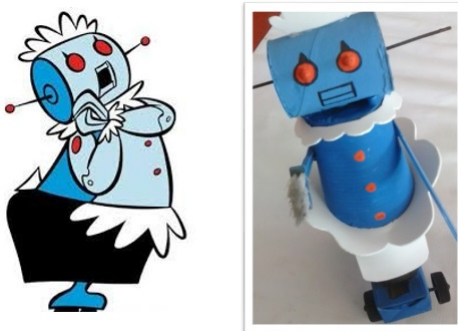


Figura 6.23: Proyecto:Robot Velocista Seguidor de Línea Negra

6.4. Fase de Validación

6.4.1. Resultados del examen interdisciplinar

En esta sección se presentan los resultados de un examen con enfoque STLAM, donde se evalúan las competencias desarrolladas en cada uno de los retos propuestos en la fase de aplicación de los proyectos RobMaker.

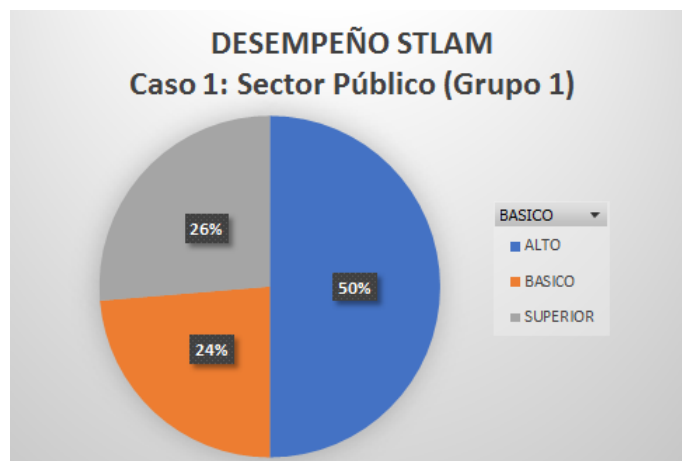


Figura 6.24: Grupo 1 / Resultado del examen Interdisciplinar con el enfoque STLAM

Teniendo en cuenta la gráfica anterior, el 26 % de los estudiantes del grupo 1 obtuvieron un desempeño superior, el 50 % de los estudiantes obtuvieron un desempeño alto, mientras que, un 24 % de los estudiantes obtuvieron un desempeño básico.

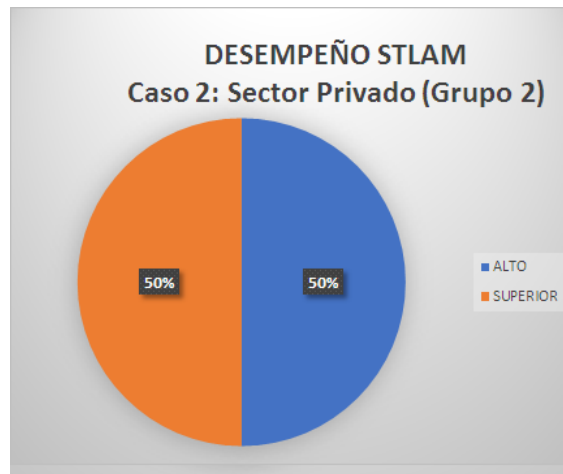


Figura 6.25: Grupo 2 / Resultado del examen Interdisciplinar con el enfoque STLAM

Por otra parte, la gráfica anterior representa que, el 50 % de los estudiantes del grupo 2 obtuvieron un desempeño superior, mientras que el otro 50 % de los estudiantes obtuvieron un desempeño alto, entre tanto, no se evidenció que algún estudiante estuviera en nivel bajo o básico.

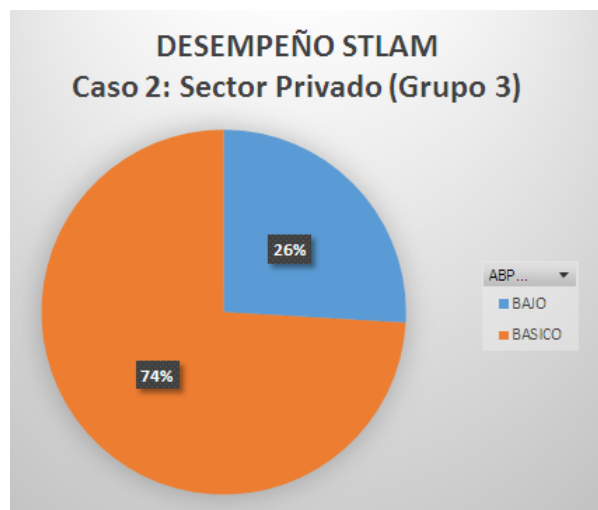


Figura 6.26: Grupo 3 / Resultado del examen Interdisciplinar con el enfoque STLAM

No obstante, la gráfica anterior representa que, el 74 % de los estudiantes del grupo

3 obtuvieron un desempeño básico, mientras que el 26 % de los estudiantes obtuvieron un desempeño bajo.

6.4.2. Resultados de la Encuesta de percepción de aprendizaje aplicada a los estudiantes

En esta sección se presentan los resultados de la encuesta de percepción de aprendizaje por parte de los estudiantes que realizaron los proyectos de RobMaker.

En este sentido la siguiente imagen representa el resultado de la primera pregunta aplicada a los estudiantes del grupo 1.

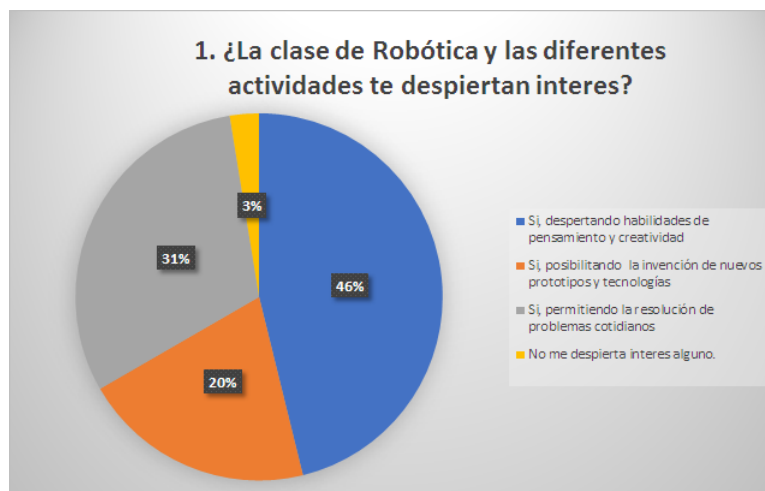


Figura 6.27: Grupo 1 / Resultado de la pregunta 1

Entre tanto, según la imagen anterior el 46 % de los estudiantes del grupo 1 afirmaron que al realizar las distintas actividades y retos en la clase de robótica si despertaron habilidades de pensamiento y de creatividad.

Por otra parte el 20 % de los estudiantes despertaron interés posibilitando la invención de nuevos prototipos y tecnologías, asimismo, el 31 % de los estudiantes despertaron su interés permitiendo la resolución de problemas, no obstante, el 3 % de los estudiantes afirma que no le despertó interés alguno.

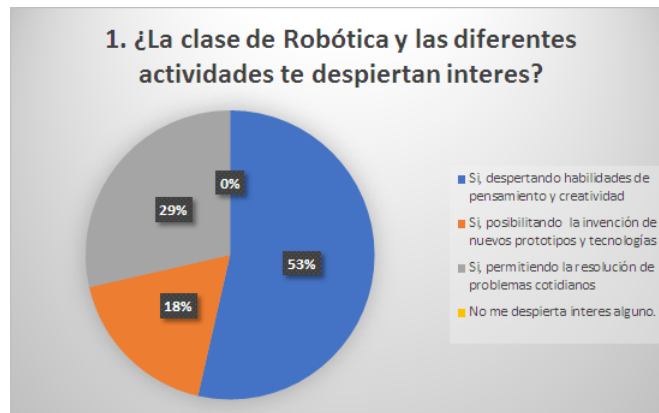


Figura 6.28: Grupo 2 / Resultado de la pregunta 1

Por otra parte, según la imagen anterior el 53 % de los estudiantes del grupo 2 afirmaron que al realizar las distintas actividades y retos en la clase de robótica si despertaron habilidades de pensamiento y de creatividad.

De otro lado, el 18 % de los estudiantes despertaron interés posibilitando la invención de nuevos prototipos y tecnologías, asimismo, el 29 % de los estudiantes despertaron su interés permitiendo la resolución de problemas, no obstante, el 0 % de los estudiantes afirma que no le despertó interés alguno.

Ahora bien, en las siguientes dos gráficas se presentan los resultados referentes a la segunda pregunta de la encuesta de percepción de aprendizaje.

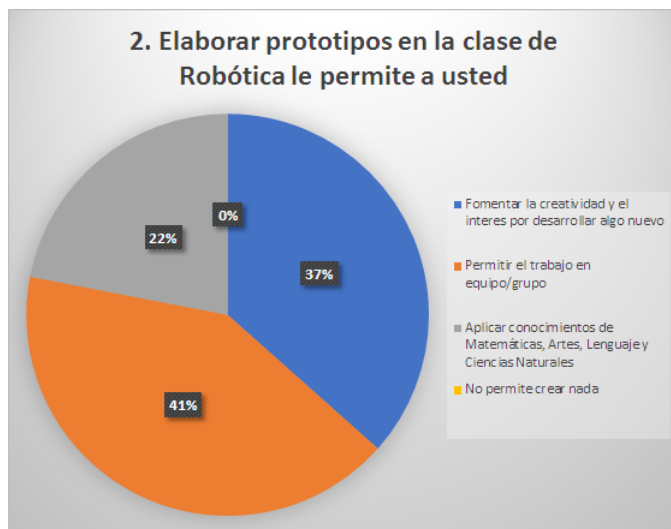


Figura 6.29: Grupo 1 / Resultado de la pregunta 2

En efecto, el 37 % de los estudiantes del grupo 1 al elaborar prototipos en la clase de robótica le permitió fomentar la creatividad y el interés por desarrollar algo nuevo, asimismo, el 41 % de los estudiantes afirmó que le permitió trabajar en equipo, por su parte, el 22 % evidenció que al elaborar prototipos de robots aplicaba conocimientos de Matemáticas, Artes, lenguaje y ciencias Naturales. No obstante, ningún estudiante afirmó que no le permitía desarrollar nada.

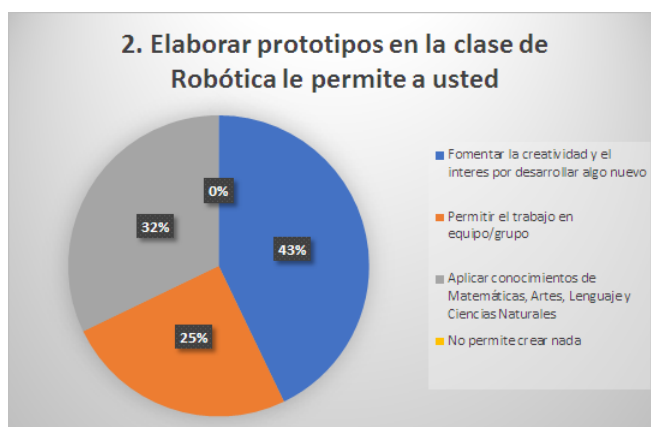


Figura 6.30: Grupo 2 / Resultado de la pregunta 2

En lo que se sigue, el 43 % de los estudiantes del grupo 2 al elaborar prototipos en la clase de robótica le permitió fomentar la creatividad y el interés por desarrollar algo nuevo, asimismo, el 25 % de los estudiantes afirmó que le permitió trabajar en equipo, por su parte, el 32 % evidenció que al elaborar prototipos de robots aplicaba conocimientos de Matemáticas, Artes, lenguaje y ciencias Naturales. No obstante, ningún estudiante del grupo 2 afirmó que no le permitía desarrollar nada.

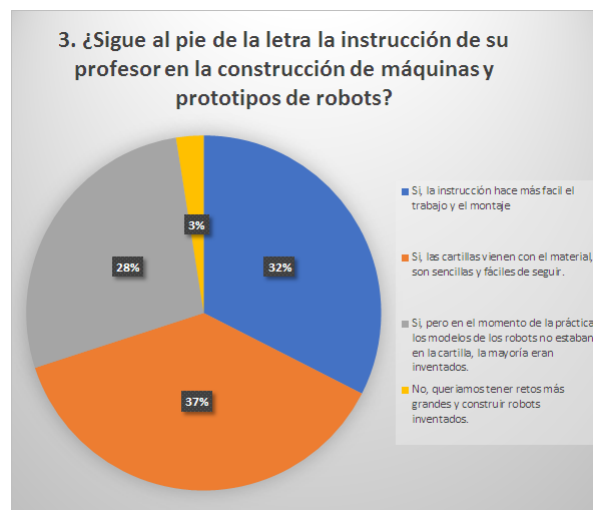


Figura 6.31: Grupo 1 / Resultado de la pregunta 3

Con relación a la tercera pregunta, ¿sigue al pie de la letra la instrucción de su profesor en la construcción de máquinas y prototipos de robots?, el 32 % afirma que sigue las instrucciones ya que hacen más fácil el montaje de los prototipos propuestos, entre tanto, el 37 % afirman que las cartillas que vienen con el material son sencillas y fáciles de seguir, en este sentido, el 28 % manifiesta que sigue las instrucciones pero al momento de la práctica los modelos de los robots no están completos en la cartilla, y la mayoría de ellos son inventados, no obstante, el 3 % no sigue la instrucción y construían otros diseños inventados por ellos.

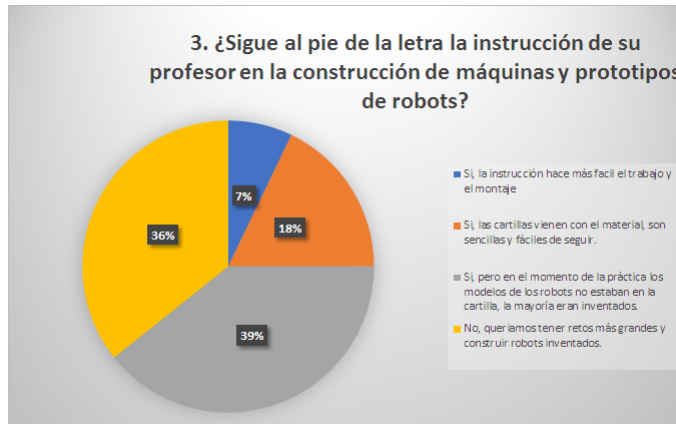


Figura 6.32: Grupo 2 / Resultado de la pregunta 3

Por otra parte, el 7 % de los estudiantes del grupo 2 afirma que sigue las instrucciones ya que hacen más fácil el montaje de los prototipos propuestos, entre tanto, el 18 % afirman que las cartillas que vienen con el material son sencillas y fáciles de seguir, en este sentido, el 39 % manifiesta que sigue las instrucciones pero al momento de la práctica los modelos de los robots no están completos en la cartilla, y la mayoría de ellos son inventados, no obstante, el 36 % no sigue la instrucción y construían otros diseños inventados por ellos.

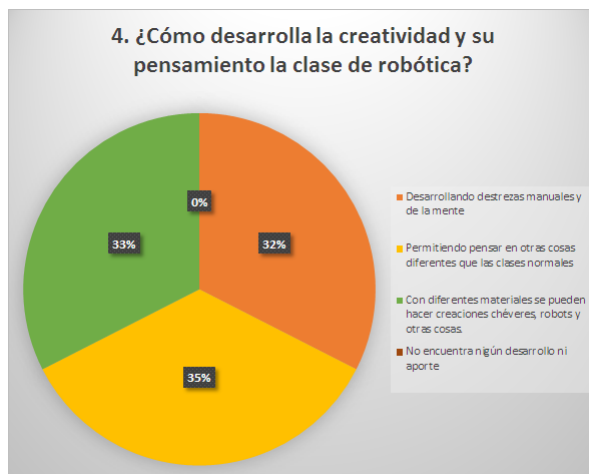


Figura 6.33: Grupo 1 / Resultado de la pregunta 4

El 32 % de los estudiantes del grupo 1 desarrolla su creatividad y su pensamiento desarrollando destrezas manuales y de la mente en la clase de robótica, entre tanto, el 35 % la desarrolla permitiendo pensar otras cosas que las clases normales, asimismo, el 33 % la desarrolla con diversos materiales haciendo cosas cheveres como robots.

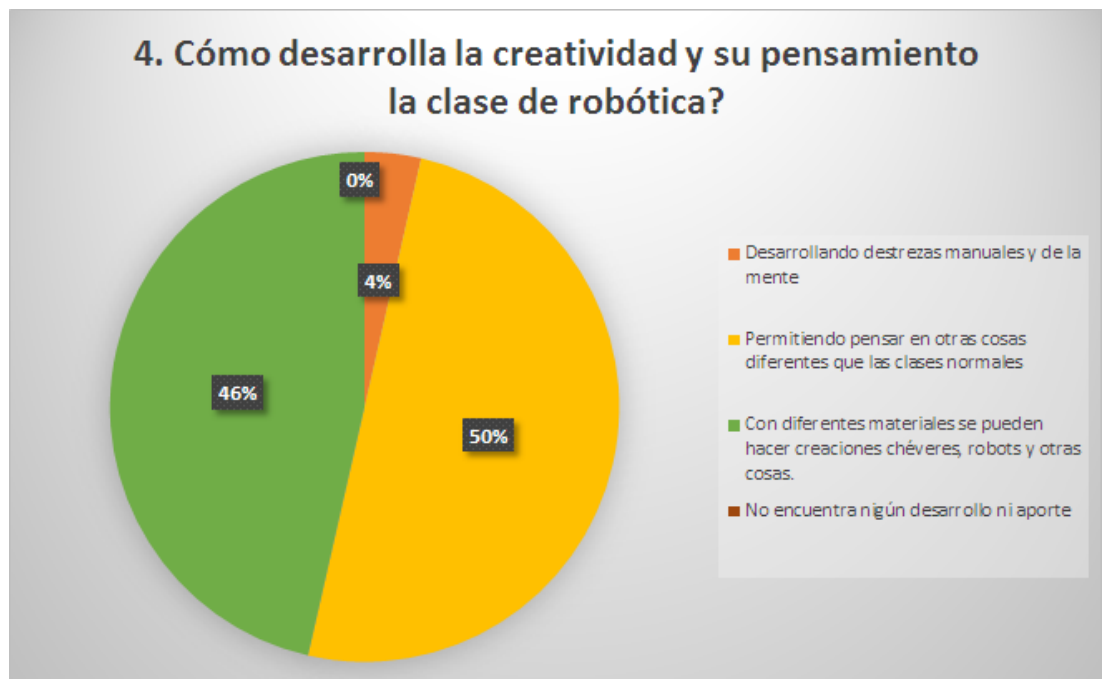


Figura 6.34: Grupo 2 / Resultado de la pregunta 4

En efecto, el 4 % de los estudiantes del grupo 1 desarrolla su creatividad y su pensamiento desarrollando destrezas manuales y de la mente en la clase de robótica, entre tanto, el %50 la desarrolla permitiendo pensar otras cosas que las clases normales, asimismo, el 46 % la desarrolla con diversos materiales haciendo cosas cheveres como robots.

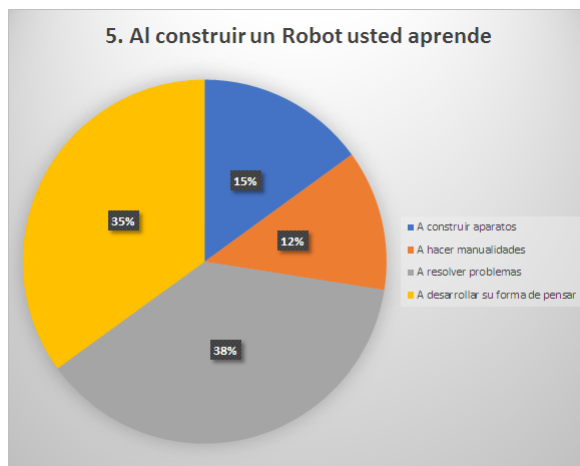


Figura 6.35: Grupo 1 / Resultado de la pregunta 5

En este sentido, al construir un robot el 15 % de los estudiantes del grupo 1, aprendieron a construir aparatos, asimismo, el 12 % de ellos aprendieron hacer manualidades, el 38 % aprendieron a resolver problemas, y el 35 % a desarrollar su manera de pensar.

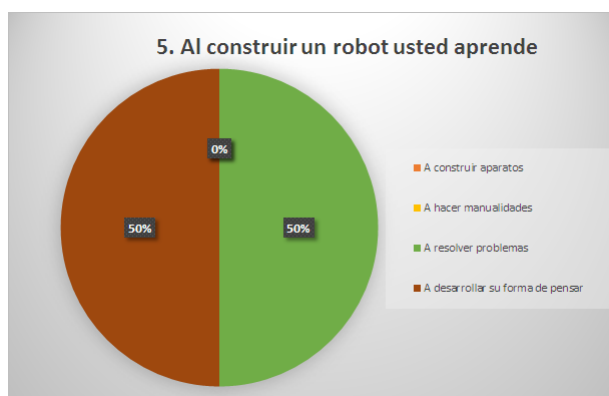


Figura 6.36: Grupo 2 / Resultado de la pregunta 5

No obstante, al construir un robot el 50 % de los estudiantes del grupo 2, aprendieron a resolver problemas, mientras que, el otro 50 % de ellos aprendieron a desarrollar su manera de pensar.

6.5. Otros resultados de la investigación generados a través del Sistema Experto de Minería de Datos WEKA

6.5.1. Resultados Finales de la investigación (Grupo 1, 2 y 3 - 95 estudiantes) usando el Método de Árbol de Decisión con los algoritmos de Clasificación J48, RandomTree y RepTree

Para este análisis el equipo de investigación asignó como variables de entrada:

- **E1:** Resultado de la encuesta de gusto por asignaturas enfoque STLAM.
- **E2:** Resultado del test de Inteligencias múltiples.
- **E3:** Resultado test de Dominancia Cerebral.
- **E4:** Resultado del test de Temperamentos.
- **E5:** Resultado del examen diagnóstico por competencias tipo saber.

No obstante, asigno como variable de salida; **E6:** Nivel de desempeño del examen interdisciplinar por competencias con enfoque STLAM.

1. Árbol de decisión usando el algoritmo de clasificación J48:

Para realizar el análisis cualitativo de los datos recolectados en esta investigación se implementó la técnica de árboles de decisión como método para aproximar funciones objetivo de valor discreto, y así establecer relaciones causa-efecto encontrando leyes de comportamiento para elaborar modelos muestrales. En este sentido, se usó WEKA como sistema experto en minería de datos.

No obstante, en la siguiente figura se muestra que aplicar la estrategia sintética de aprendizaje y estimular la interacción del hemisferio izquierdo en los estudiantes de grado séptimo se obtienen desempeños superiores en la prueba interdisciplinar con enfoque STLAM.

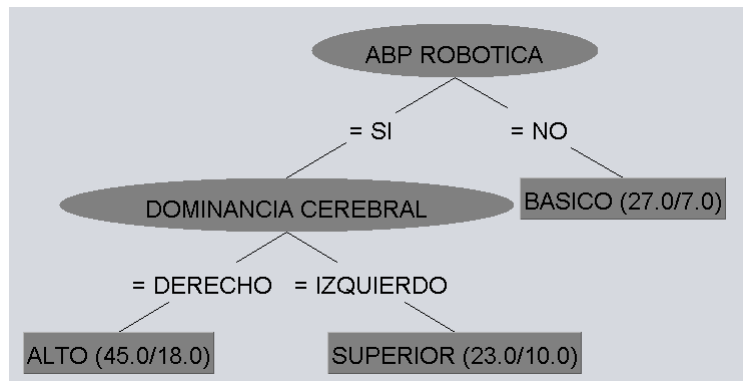


Figura 6.37: Árbol de decisión que determina que aplicar la estrategia sintética de aprendizaje y estimular la interacción del hemisferio izquierdo obtienen desempeños superiores en la prueba interdisciplinar con enfoque STLAM. Algoritmo J48. Confiabilidad: 85 %, error: 15 %.

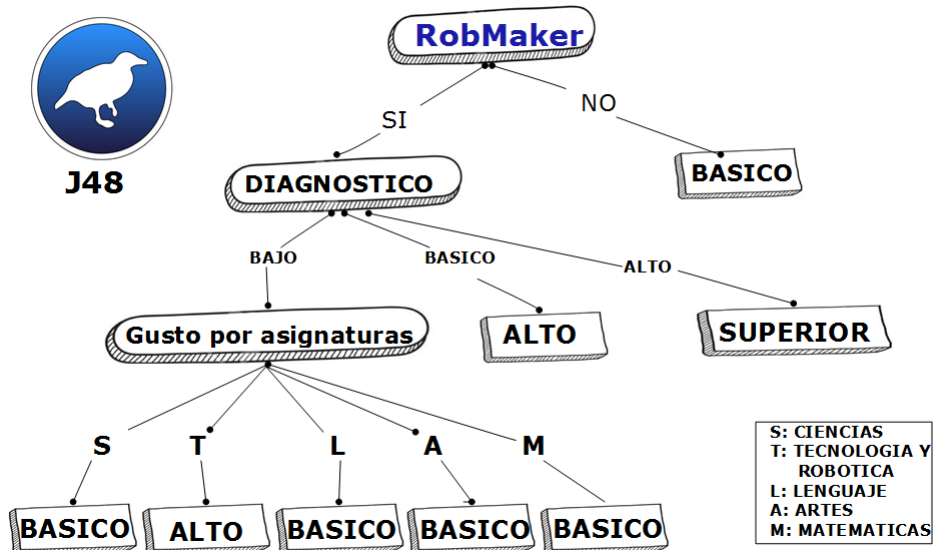


Figura 6.38: Árbol de decisión que determina que al aplicar la estrategia sintética de aprendizaje apropiadamente se obtienen desempeños altos en la prueba interdisciplinar con enfoque STLAM. Algoritmo J48. Confiabilidad: 78.9474 %, error: 21.0526 v.

Por otra parte, en la anterior figura se muestra que el factor más determinante en el desempeño del examen interdisciplinario con enfoque STLAM, es la aplicación de la estrategia sintética de aprendizaje RobMaker, ya que si no se

aplica el desempeño alcanzado por los estudiantes es básico.

Asimismo, si se aplica el proyecto RobMaker, entonces el nivel de desempeño del examen con enfoque STLAM depende del resultado del examen diagnóstico, precisando mejor, podemos inferir una dinámica caótica sensible a las condiciones iniciales y que tienen repercusiones en el resultado final, en este sentido, si el desempeño en el examen diagnóstico de los estudiantes es básico y se realizan los proyectos de Robmaker, entonces, el desempeño con enfoque STLAM es de nivel Alto.

Asimismo, si el desempeño en el examen diagnóstico de los estudiantes es Alto y se realizan los proyectos de Robmaker, entonces, el desempeño con enfoque STLAM es de nivel Superior.

No obstante, si el desempeño en el examen diagnóstico de los estudiantes es bajo y se realizan los proyectos de Robmaker, entonces, el desempeño con enfoque STLAM es depende del gusto por asignaturas (STLAM).

En efecto, si los estudiantes siente gusto por Ciencias, Literatura, Artes o Matemáticas y su nivel de examen diagnóstico es bajo, entonces el desempeño en el examen de competencias STLAM es de nivel básico. no obstante, si los estudiantes tiene un diagnóstico en nivel bajo, y sienten atrcción por proyectos de robótica, entonces, su nivel de desempeño es alto.

6.5.2. Impacto académico, derivado del desarrollo de esta tesis

Durante el desarrollo de esta investigación, se logró un impacto positivo en la comunidad académica y científica en escenarios regionales y nacionales.

Impacto Regional: Segundo Encuentro Regional de Tecnología y Robótica

Esta investigación se socializó durante el Segundo Encuentro Regional de Tecnología y Robótica en la Institución Educativa Gabriel García Márquez de Neiva,

del cual participaron los colegios Ceinar, Atanasio Girardot, Enrique Olaya Herrera, IPC Andrés Rosa, Oliverio Lara Borrero, Gabriel García Márquez y Anglocanadiense, la Universidad Surcolombiana y Antonio Nariño. Donde se presentaron prototipos educativos de vehículos, atracciones mecánicas y robots, entre otros, impulsados con energía eléctrica, eólica y paneles solares fueron expuestos durante la feria, en donde los alumnos dieron a conocer los procesos tecnológicos que desarrollan bajo la supervisión de docentes especializados [53, Diario del Huila, Redacción; 2017].



Figura 6.39: Publicación La Nación; 14 de octubre de 2017

No obstante, en la discusión del encuentro, el equipo de investigación presentó a la robótica (RobMaker), como una estrategia de aprendizaje que ayuda a percibir el conocimiento de una manera distinta (no lineal), desde la interdisciplinariedad de las ciencias, donde, el impacto directo se mide a través del gusto por las matemáticas, la biología y demás asignaturas, ya que empiezan a conectarse entre sí desarrollando en los niños y jóvenes habilidades como la creatividad, el trabajo en equipo y la resolución de problemas, [113, La Nación; Delgado, E. Oswaldo; 2017]. Por otra parte, en el colegio Anglocanadiense de Neiva, se consolidó el proyec-

to de Robotica como una asignatura dentro del modelo curricular, integrando: las ciencias, la tecnología, la literatura las artes y las matemáticas.



Figura 6.40: Logo: Grupo de Robótica del Canadiense de Neiva

Impacto Nacional: VII Encuentro Nacional de Matemáticas y Estadística (ENME-UT)

Por otra parte, esta investigación se socializó en la ciudad de Ibagué (Tolima) en el VII Encuentro Nacional de Matemáticas y Estadística (ENME-UT), durante los días 24, 25 y 26 de Mayo de 2017, en el que presentó la posibilidad de enseñar matemáticas avanzadas a niños y jóvenes mediante una circunscripción experimental de saberes en matemáticas avanzadas a través del análisis de trayectorias, la cinemática y dinámica de los modelos de prototipos de robots construidos por parte de los estudiantes tales como: orientabilidad de superficies, modelación de ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos, teoría de estabilidad de Lyapunov y aplicación de estructuras algebraicas en la robótica móvil, [55] Delgado E. Oswaldo; Torres, J. Camilo; 2017].



El papel de la Robotica desde la Interdisciplinariedad de la Matematica Aplicada

VII Encuentro Nacional de Matematica y Estadistica

Universidad del Tolima, Ibaguá, Colombia. 24, 25 y 26 de Mayo de 2017.

E. Oswaldo Delgado Rivas & J. Camilo Torres Montealegre
 Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia;
 Programa de Maestría en Estudios Interdisciplinarios y Ciencias de la Complejidad, USCO,
 Colegio Anglocanadiense de Neiva, Huila, Colombia;
 Institución Educativa Elisa Pastrana de Borrero, La Argentina, Huila, Colombia
 oswaldo.delgado@usco.edu.co; camilotorram24@hotmail.com



Resumen

Esta investigación explora la viabilidad y alcance de un modelo algorítmico en el proceso enseñanza-aprendizaje, mediante la interdisciplinariedad de la robótica educativa como una herramienta potencial para enfrentar la realidad, integrando en forma natural y espontánea, ciencias interestes en la sociedad emergente tales como: la filosofía, la política, la biología, la física, las matemáticas, el lenguaje, las ciencias de la tierra, aplicaciones en el proceso de innovación, diseño, construcción, ensamble y prueba de prototipos de robots.

Palabras claves

Matemática aplicada, robótica educativa, interdisciplinariedad, currículo no lineal, enfoque CTS, adaptación, sistema dinámico, estabilidad de Lyapunov.

Introducción

El currículo lineal de las instituciones educativas y de muchos colegios de nuestra región es una constante en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en donde la aplicación de los principios, leyes y teorías aprendidas de cada una de las disciplinas se aborda de manera aislada de forma unidisciplinar.

En este sentido, CTS es un enfoque pedagógico que usa el contexto social para aprender conceptos científicos, y asimismo optimizar el aprendizaje en el aula, integrando la ciencia, la tecnología y la sociedad. En esta dirección, la puerta de entrada sobre la interdisciplinariedad de la robótica educativa consiste en cierto modo, clasificarse en dos tipos: robótica en educación, y robótica para la educación.

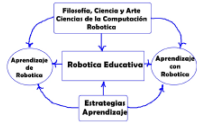


Figura 1: Aprendizaje con Robótica

Robótica en educación: este enfoque hace referencia al uso que se les da a los robots para el aprendizaje de la robótica.

Robótica para la educación: este enfoque hace referencia al uso de la robótica en la enseñanza y aprendizaje de leyes, teorías y principios en las distintas áreas del conocimiento.

Interdisciplinariedad de las Matemáticas en la Robótica Móvil

La robótica móvil es un área de la robótica que se encarga del análisis, diseño construcción y control de una clase particular de sistemas mecánicos que se desplazan con ruedas, patas, o cualquier mecanismo que produzca desplazamiento lineal con respecto al centro de gravedad del robot móvil.

En este sentido, se pueden clasificar de acuerdo al tipo de locomoción utilizado. En general, los tres sistemas de locomoción más conocidos son: ruedas, patas, y orugas. En esta dirección, un robot móvil con ruedas (RMR) es un vehículo capaz de moverse de manera autónoma sobre una superficie, mediante la acción de las ruedas montadas en el robot.

Coordenadas de localización de un robot RMR

En esta investigación se aborda el caso bidimensional debido a que el robot se mueve en un plano, así el problema se reduce a encontrar la terna (x, y, θ) asociada al sistema de referencia móvil del vehículo, donde las dos primeras componentes corresponden a la tracción y la tercera a la orientación de RMR.

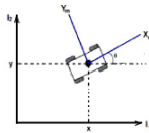


Figura 2: Coordenadas de localización de un robot móvil

El par (x, y) representa las coordenadas generalizadas del punto de referencia del sistema P respecto al sistema inercial, es decir, $\vec{OP} = x\vec{i}_1 + y\vec{j}_1$, mientras que θ describe la orientación del sistema (X_m, Y_m) con respecto al sistema inercial (i_1, j_1) .

Modelo cinemático de localización y configuración de robots RMR

El movimiento de un robot móvil puede ser descrito por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\dot{X}_m = \zeta$$

donde η y ζ representan velocidades y pueden ser interpretadas como entradas de control.

Si definimos q como el vector de coordenadas de configuración dadas por $q = (x, y, \theta, \dot{x}, \dot{y}, \dot{\theta})^T$, entonces la evolución en el tiempo de este vector puede representarse en forma compacta como:

$$\dot{q} = S(q)u$$

donde:

$$S(q) = \begin{pmatrix} \dot{x} & \dot{y} & \dot{\theta} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, u = \begin{pmatrix} \eta \\ \zeta \end{pmatrix}$$

Dinámica de robots RMR

De acuerdo con la formulación de Euler-Lagrange, la dinámica de robots RMR, puede ser descrita por las siguientes ecuaciones de movimiento:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{q}} \right) - \left(\frac{\partial K}{\partial q} \right) = R^T(\theta) \vec{f}(\theta_m, \beta_m) + R^T(\theta) C^T(\theta_m, \beta_m) \dot{q}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\lambda}} \right) - \left(\frac{\partial K}{\partial \lambda} \right) = C^T \mu + \tau_{od}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\lambda}} \right) - \left(\frac{\partial K}{\partial \lambda} \right) = D^T \lambda + \tau_{op}$$

donde K representa la energía cinética, λ y μ son multiplicadores de Lagrange asociados a las restricciones de movilidad, τ_{op} representa los pares de las ruedas de tracción, τ_{od} los pares de los actuadores de orientación de las ruedas del centro orientable desplazado, y τ_{od} los pares para la orientación de las ruedas de centro orientable.

Sistemas Dinámicos en la Robótica

Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos con ecuaciones diferenciales que describen los fenómenos físicos que se encuentran presentes en el robot. Para prototipos de análisis y diseño, en robótica se emplea como modelo dinámico una estructura matemática que incluye una ecuación diferencial de primer orden expresada de la siguiente forma:

$$\dot{x} = f(x), x(0) \in \mathbb{R}^n, \forall t \geq 0 \quad (1)$$

donde x representa la variable de estado, la cual proporciona información interna de los estados de la dinámica del sistema físico o mecánico en el caso del robot. La variable de estado x es una función continua de tiempo $x = x(t)$ y es la solución de la ecuación diferencial, en particular $x(0) \in \mathbb{R}^n$ y se conoce con el nombre de condición inicial o estado inicial.

Puntos fijos y Puntos de equilibrio

Considérese un sistema dinámico autónomo (1). El vector $x^* \in \mathbb{R}^n$ es un punto fijo de $f(x)$ si: $f(x^*) = x^*$. En este sentido, la interpretación geométrica de los puntos fijos de la función $f(x)$ son los puntos de intersección de la gráfica de $f(x)$ con la recta de x .

Un punto de equilibrio o estado de equilibrio del sistema dinámico es un vector constante $x_e \in \mathbb{R}^n$ del sistema (1) si cumple con la condición: $f(x_e) = 0, \forall t \geq 0$. Por otra parte, el punto de equilibrio tiene propiedades particularmente importantes para el control de robots, por ejemplo el punto de equilibrio puede ser estable o inestable.

Estabilidad en el sentido Lyapunov

La teoría de estabilidad de Lyapunov es una herramienta indispensable para analizar la estabilidad de sistemas dinámicos descritos por ecuaciones diferenciales de la forma (1), la cual establece que para toda condición inicial $x(0) \in \mathbb{R}^n$ que se encuentre dentro del atractivo, si el sistema tiene un estado de equilibrio asintóticamente estable, la energía acumulada del sistema dentro del dominio de atracción cae al evolucionar el tiempo, hasta alcanzar un valor mínimo en su punto de equilibrio.

Por otra parte, el origen es un estado de equilibrio global asintóticamente estable de (1), si existe una función candidata $V(x)$, tal que su derivada satisfaga,

- $V(x) < 0, \forall x \neq 0$
- $\dot{V}(x) < 0, \forall x \neq 0 \in \mathbb{R}^n$

En este sentido, en el control de robots la estabilidad no es importante, no obstante, la parte clave y relevante debe ser atribuible al algoritmo de control involucrado en el punto de equilibrio del modelo dinámico, donde estabilidad asintótica global, juega un papel trascendental.

Resultados

Algunos prototipos de Robots en el Colegio Anglocanadiense de Neiva.

En el grupo de robótica del Colegio Anglocanadiense de Neiva, se caracterizan prototipos de robots usando el enfoque CTS y J^2 , tales como: Spider Robots, Robot RMR Solar, Robot Seguidor de Línea, Robot Móvil Oruga.



Figura 3: Grupo de Robótica Colegio Anglocanadiense 2017

Por otra parte, esta investigación en la Institución Educativa Elisa Pastrana de Borrero está en la primera fase de aplicación.

Conclusiones

La implementación de la robótica como estrategia pedagógica en procesos de aprendizaje desde la edad temprana hasta niveles superiores de formación, genera un atractivo que reorganiza, adapta y hace que evolucione el proceso de enseñanza-aprendizaje en todos los niveles.

Referencias

- [1] HILLARY, JOHN H., *El orden oculto de cosas administradas contra la complejidad*, Fondo de cultura económica, México, 2004.
- [2] H. FRIEDLANDER, *Modeling and Control of a Science of Management Education*, World Publishers Company, Chichester, 2016.
- [3] HETTINGER, DAN, *Principles in Evolutionary Robotics*, Tech Education and Publishing, Nueva Australia, 2008.
- [4] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *Educación Compleja Interdisciplinar en la Universidad de Huila*, Huila, Colombia, 2016.
- [5] MITCHELL, MELANIE, *Introduction to the Study of Complexity*, Complexity Explorer: Santa Fe Institute, México, 2016.
- [6] REYES CORTÉS, FERNANDO, *Robótica Control de Robots Manipuladores*, ISBN:978-607-700-190-7, Alinea, México D.F., 2011.

Figura 6.41: Poster. El papel de la Interdisciplinariedad de la robótica en la matemática aplicada, 2017

Conclusiones

Cuando hablamos de tecnología e ingeniería, nos referimos al conocimiento utilizado en aplicaciones prácticas y el ingenio creativo empleado en innovaciones e invenciones que nos llevan a mejorar nuestra calidad de vida, en este sentido, la enseñanza e implementación de la tecnología debe trascender del computador e integrar otras áreas del conocimiento mediante la interdisciplinariedad de las ciencias permitiendo el desarrollo de diferentes habilidades de pensamiento en los estudiantes.

Asimismo, la aplicación de proyectos de robótica educativa en el aula de clase y la robustez de una estrategia no lineal de aprendizaje estriba exactamente, en la flexibilidad y adaptabilidad de las relaciones entre sus componentes, creando así, mejores condiciones de apropiación de conocimiento, permitiendo a los estudiantes construir sus propias representaciones de los fenómenos del mundo que los rodea, facilitando la adquisición de conocimientos acerca de estos fenómenos y su transferencia a diferentes áreas del conocimiento.

En este sentido, las ventajas y los beneficios que la robótica aporta a la educación y al desarrollo de los estudiantes de grado séptimo son:

- Permite que los estudiantes se involucren en sus propios procesos de aprendizaje.
- Mejora su autoestima y su afán de superación, al mismo tiempo les ayuda a mejorar su tolerancia frente a la frustración.

- Fomentan el desarrollo del pensamiento lógico, de la intuición científica, de la creatividad.
- Desarrolla sus habilidades para la resolución de problemas y para la investigación.
- Desarrolla sus habilidades para la lectura y la escritura.
- Facilita que la consecución de metas y objetivos se convierta en un hábito.
- Les forma como sujetos capaces de pensar por sí mismos y de apreciar el valor de la motivación propia.
- Alimenta su evolución como autodidactas.
- Fomenta y estimula habilidades que serán de gran importancia en su futuro profesional como el razonamiento sintético, el razonamiento lógico o el pensamiento crítico.
- Estimula el interés por las ciencias tecnológicas, uno de los campos de mayor futuro profesional.

En definitiva, la estrategia sintética de aprendizaje es además pertinente usarla en aquellos momentos en el que un objeto o relación del sistema educativo se pierda, con la misión de dedicarse a “Enseñar a Aprender”.

Bibliografía

- [1] ABBASS, H., BOSSOMAIER, T., WILES, J. (EDS.), *Recent Advances in Artificial Life.*, Singapore: World Scientific, 2005.
- [2] ADAMATZKY, A., KOMOSINSKI, M. , *Artificial Life Models in Software.*, London: Springer-Verlag, 2005.
- [3] ADAMATZKY, A., KOMOSINSKI, M. , *Artificial Life Models in Hardware.*, London: Springer-Verlag, 2009.
- [4] ABUSLEME, ANGEL Y ALESANDRI, CRISTOBAL, *Curso Electrones en Acción*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Plataforma coursera, Chile, 2016.
- [5] ADELL, JORDI. LINDA CASTAÑEDA, *Tecnologías emergentes, ¿pedagogías emergentes?*,Asociación Espiral, Educación y Tecnología, Barcelona, España, 2012.
- [6] ADELL, J., BELLVER, A.J. Y BELLVER, C. , virtuales de aprendizaje y estándares de e-learning. En C. Coll y C. Monereo (Eds.), *Psicología de la educación virtual. Enseñar y aprender con las tecnologías de la información y la comunicación.* Madrid: Morata, España, 2008.
- [7] ALFARO RODRÍGUEZ MAGDALENA, MARTÍN PÉREZ JORGE R, Y, VARGAS DENGO MARIE CLAIRE, *La investigación educativa interdisciplinaria integrada en el Centro de Investigación y Docencia en Educación (CIDE): un aporte de las Unidades Académicas y del INEINA*, Revista Electrónica Educare Vol. XIV, N° 1, [161-167], ISSN: 1409-42-58, Universidad Nacional Heredia, Costa Rica, 2010.

- [8] AMARIEI, CORNEL , *Arduino Development Cookbook*, Packt Publishing Ltd. ISBN 978-1-78398-294-3, 35 Livery St, Birmingham B3 2PB, Reino Unido, 2015.
- [9] ANACONA MARTINEZ, ANGIE. K; MARÍN ACEVEDO, HECTOR. D; DIAZ OTALVARO, CRISTIAN, *La interdisciplinariedad a través de la resolución de problemas: estrategia de enseñanza y aprendizaje de la física*, Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos Aires, Argentina, 2014.
- [10] ASIMOV, ISAAC, *The Complete Stories. Volume I* , 1990 by Nightfall, Inc. Ediciones B, SA. © De esta edición: septiembre 2002, Suma de Letras, S.L. Barquillo, 21. 28004 Madrid (España) ISBN: 34-003-0503-2 <http://bdigital.binal.ac.pa/VALENZANI%20POR%20ORGANIZAR/ORDENADO/10TROS%20DOCUMENTOS/ASIMOV,%20Isaac%20%5BBiblioteca%5D/6%20-%20ISAAC%20ASIMOV-PDF/I.A.%20-%20Cuentos%20Completos%20-%20Volumen%201.pdf>
- [11] ASIMOV, ISAAC, (1975) *Yo Robot*, Primera edición: marzo de 1975 Novena reimpresión: junio 1984 <http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/librosdigitales/Isaac%20Asimov%20-%20Yo%20Robot.pdf>
- [12] ARKIN, R.C., *Behavior-Based Robotics*, Cambridge MIT Press, MA, 1998
- [13] ARTMANN, S., DITTRICH, P. (EDS.), *Explorations in the Complexity of Possible Life: Abstracting and Synthesizing the Principles of Living Systems.*, Berlin: AKA., 2006.
- [14] ÁVILA FUENMAYOR, F., (2008). *La complejidad del saber-poder: hacia la emancipación de Latinoamérica*. Telos, 10(2) 290-307.
- [15] AYUSO PECHARROMÁN, MARÍA DE LOS ÁNGELES Y PINEDO GONZÁLEZ, RUTH, *Robotica educativa: una nueva metodología activa para fomentar la motivación, la creatividad y el aprendizaje significativo en la etapa de primaria*, Universidadvde Valladolid, España, 2016.
- [16] AZIZ-ALAOUI, M. A. BERTELLE, C.,, *Emergent Properties in Natural and Artificial Dynamical Systems. Understanding Complex Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 2006.

- [17] AZIZ-ALAOUI, M. A. BERTELLE, C., *From System Complexity to Emergent Properties*. Berlin: Springer-Verlag, 2009.
- [18] BALL, P., *The Self-Made Tapestry: Pattern Formation in Nature.*, Oxford: Oxford University Press, 1999.
- [19] BANZHAF, W., EECKMAN, F. (EDS.), *Evolution and Biocomputation: Computational Models of Evolution*. Berlin: Springer-Verlag., 1995.
- [20] BATESON, GREGORY, (1979). *Mente y Naturaleza*, Nueva York, Bantam Books, p. 250.
- [21] BATESON, GREGORY, *Pasos hacia una ecología de la mente*, Carlos Lohlé-Planeta, Buenos Aires, 1991.
- [22] BARD ERMENTROUT, G., TERMAN, D. H., (2012). *Mathematical Foundations of Neuroscience*. New York: Springer. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.139.7871&rep=rep1&type=pdf>
- [23] BEAUDOT, ARIEL. , *La creatividad*. Ed. Marcea. España. 1980.
- [24] BEDAU, M. HUMPHREYS, P., *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science* Cambridge, MA: MIT Press, 2008.
- [25] BENAVIDES MARYORIE, *Enseñanza interdisciplinar de las matemáticas*, Universidad de Granada, España, 2014.
- [26] BERNARD, J., *Estrategias Didácticas*. Editorial Anaya, Madrid, España, 2002.
- [27] BERTALANFFY, LUDWIG VON , (1976) *Teoría general de los sistemas : fundamentos, desarrollo, aplicaciones* FONDO DE CULTURA ECONÓMICA MÉXICO. https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas_-fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf
- [28] BERTELLE, C., DUCHAMP, G. KADRI-DAHMANI, H. , *Complex Systems and SelfOrganization Modelling*. Berlin: Springer-Verlag, 2009.

- [29] BILTON, N., *Vivo en el futuro... y esto es lo que veo*. Barcelona: Ed. Gestión 2010, España, 2011.
- [30] BISQUERRA, R., *Educación emocional y competencias básicas para la vida*. Revista de Investigación Educativa, 21(1), 7-43, 2003.
- [31] BOTELLO GARCÍA, YORLADY, *Interdisciplinariedad de la matemática con las ciencias sociales y naturales en el grado quinto*, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, 2015.
- [32] CAMAZINE, S., DENEUBOURG, J.L., FRANKS, N., SNEYD, J., THERAU-LAZ, G. AND BONABEAU, E., *Self-organization in Biological Systems*, Princeton: Princeton University Press., 2003.
- [33] CAÑIBANO RODRIGO, GROSCLAUDE EDUARDO, Y, BALLADINI JAVIER, *Un sistema de visión global paralelo para fútbol de robots con fines educativos*, Universidad Nacional del Comahue Buenos Aires 1400, Neuquén Capital, Argentina, 2016.
- [34] CASTRO, V. , *Teoría y práctica de los medios de enseñanza*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 2006.
- [35] CESSAC, B., (1995). *Increase in Complexity in Random Neural Networks.*, Journal de Physique I, EDP Sciences, 1995, 5 (3), 409-432.
- [36] CHANGEUX, JEAN-PIERRE; CONNES ALAIN, (1993)*Materia de reflexión*, Editorial: Tusquets
- [37] CHENEY, MARGARET. , (2010) *NIKOLA TESLA: EL GENIO AL QUE LE ROBARON LA LUZ* , Editorial Turner, ISBN: 9788475068787.
- [38] CHURCHES, A. , *Educational Origami, Bloom?s and ICT Tools. Documento electrónico. Accesible en*, <http://edorigami.wikispaces.com/Bloom%27s+and+ICT+tools>, 2007.
- [39] COGNIFIT, <https://www.cognifit.com/es/plasticidad-cerebral>, consulta: 22 de diciembre 2017.

- [40] CONRADO HOCK, (2008) *Los temperamentos: reconocerlos, aprovecharlos, enriquecerlos*, Primera edición: Julio 2008 Santo Domingo, República Dominicana. <https://programainternacionaldecoachingejecutivo.wikispaces.com/file/view/LOS-TEMPERAMENTOS.pdf>
- [41] COX, I.J., WILFONG, G.T., *Autonomous Robot Vehicles.*, New York, SpringerVerlag, 1990.
- [42] D. CLAUDE, GAULIN, *Tendencias Actuales de la Resolución de Problemas*, Revista SIGMA N°19, Universidad de Laval, Québec, Canada, 2001.
- [43] DARLEY, V., *Emergent Phenomena and Complexity.* , In R. Brooks, P. Maes (Eds.), *Artificial Life IV: Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems* (pp. 411-416). Cambridge, MA: MIT Press. 1994.
- [44] DAVIES, P. , *The New Physics*, New York: Cambridge University Press, 1989.
- [45] DEREK J. SMITH, (2018) *Consultant Cognitive Scientist*, <http://www.smithsrisca.co.uk/>.
- [46] DEWEY, J., (2011). *Selección de textos.* ,Medellín: Universidad de Antioquia.
- [47] DIARIO DEL HUILA, REDACCIÓN, (2014) *Programa de Robótica en el Huila*, <https://www.diariodelhuila.com/neiva/programa-de-robotica-fue-presentado-oficialmente-cdgint20140507183> Publicado el 7 de mayo de 2014.
- [48] DÍAZ, E. , (2006). *Pedagogía del Caos.* www.estherdiaz.com.ar/textos/pedagogia.htm
- [49] BALLESTEROS A. ANDREA, (2018) *Desempleo en Colombia*, *El Colombiano*, <http://m.elcolombiano.com/negocios/economia/desempleo-en-colombia-cayo-en-marzo,PUBLICADOEL27DEABRILDE2018>
- [50] DE BONO, EDWARD. , *El pensamiento creativo.*, Ed. Paidós. México. 1994.
- [51] DE BONO, EDWARD. , *El pensamiento Lateral.*, Ed. Paidós. México. 2000.

- [52] MARCELINO DE DUEÑOS FONTAN-MARIA , (2011) *Nikola Tesla: YO Y LA ENERGIA*, ISBN: 9788475062938.
- [53] DIARIO DE HUILA, REDACCIÓN , (2017) *Siete colegios de Neiva vivieron II Encuentro de Tecnología y Robótica*, <https://www.diariodelhuila.com/siete-colegios-de-neiva-vivieron-ii-encuentro-de-tecnologia-y-robotica>, publicación: octubre 15 de 2017.
- [54] DÍAZ, F., *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, MacGraw-Hill, México 2005.
- [55] DELGADO, E. OSWALDO; TORRES, J. CAMILO, (2017) *El papel de la Interdisciplinariedad de la Robotica en la Matemática Aplicada*, VII ENCUENTRO NACIONAL DE MATEMATICAS Y ESTADISTICA, VII ENME-UT Iba-gué, 24, 25 y 26 de mayo de 2017, https://eodelgadorcursos.files.wordpress.com/2017/07/resumenes_vii_enme-2017.pdf
- [56] DOUGHERTHY, DALE, (2016) *Maker City: A Practical Guide for Reinventing American Cities*, ISBN-13: 978-1680452631 ISBN-10: 1680452630.
- [57] EMMECHE, C. , *Vida Simulada en el Ordenador: la Ciencia Naciente de la Vida Artificial*, Barcelona: Gedisa, (1998).
- [58] ERK, S. , *Emotional context modulates subsequent memory effect*, *Neuroimage*, 18., 2003.
- [59] FAGUNDEZ, L., *Estrategias de enseñanza como pilar del aprendizaje*, Madrid, 2010.
- [60] FERNÁNDEZ ARBELÁEZ, OLGA LUCIA; VALENCIA CAÑAVERAL, CARLOS ALBERTO, (2016). *Metaphor as analogy in the understanding of reality*, Instituto de Filosofía, Universidad de Antioquia; Medellín Colombia.
- [61] FLECHA, R, (1992). *Hacia una concepción dual de la sociedad y la educación.*, Roure. Barcelona. P. 94-128.
- [62] FLEMING, LAURA, (2015). *Worlds of Making: Best Practices for Establishing a Makerspace for Your School*, Editorial: SAGE Publications Inc, 2015. ISBN 10: 1483382826 / ISBN 13: 9781483382821

- [63] FORBES, N., *Imitation of Life: How Biology is Inspiring Computing.*, Cambridge, MA: MIT Press. 2004.
- [64] FORÉS MIRAVALLES, ANNA, *E-mociones. Sin emoción no hay educación*, Asociación Espiral, Educación y Tecnología, Barcelona, España, 2012.
- [65] FRANCIS CÁRDENAS, EDWIN, *Curso de Robotica*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2015.
- [66] FRANCIS CÁRDENAS, EDWIN, *Curso de Robotica*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2010.
- [67] FREIRE, P., *La educación como práctica de la Libertad*. Editores Siglo XXI, México, 2002.
- [68] FREIRE, P., *Pedagogía del Oprimido*. Editores Siglo XXI, México, 2005.
- [69] FROMM, J., *The Emergence of Complexity.*. Kassel: Kassel University Press, 2004.
- [70] GAGNÉ, R., *Las condiciones del aprendizaje*. Editores Aguilar, Madrid, 1998.
- [71] GARDNER, H. , *Estructuras de la mente*. Editorial Paidós, 1994.
- [72] GARDNER, H. , *Inteligencias múltiples, la teoría en la práctica*. Editorial Paidós, 1995.
- [73] GARDNER, H. , *Arte, Mente y Cerebro. Una aproximación Cognitiva a la Creatividad* Editorial Paidós, Buenos Aires, Argentina, 2005.
- [74] GUILFORD, J. P., Y HOEPFNER, R. , (1971) *The Analysis of Intelligence* McGraw-Hill. Nueva York..
- [75] GUILFORD, J. P. , (1976): *Factores que favorecen y factores que obstaculizan la creatividad* Anaya. Salamanca.
- [76] G. FLAKE , *The Computational Beauty of Nature* Cambridge, MA: MIT Press. 1999.

- [77] GODINO JUAN D., *Teoría de las Funciones Semióticas: Un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*, Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, España, 2003.
- [78] GOODWIN, B. , *Las manchas del leopardo : La evolución de la complejidad.*, Barcelona: Tusquets. 1999.
- [79] GOLEMAN, DANIEL., *La inteligencia emocional*, Barcelona: Zeta.1996
- [80] GOLEMAN, DANIEL., *Emociones destructivas: cómo entenderlas y superarlas*, Kairós, 2003.
- [81] GOLEMAN, DANIEL., *El cerebro y la inteligencia emocional: nuevos descubrimientos*, Ediciones B, 2012.
- [82] GOMEZ, Q. LINA M., *Cultura STEAM y la educación para el siglo XXI*, Ruta Maestra ed. 18. <http://www.santillana.com.co/rutamaestra/edicion-18/culturasteam-la-educacion-para-elsiglo-xxi>
- [83] GREGERSEN, N., *From Complexity to Life: On the Emergence of Life and Meanings*, Oxford: Oxford University Press, 2003.
- [84] GRIBBIN, J. , *Así de simple. El caos, la complejidad y la aparición de la vida.*, Barcelona: Crítica, 2006.
- [85] GUTIÉRREZ, G, (2002). *Claves de un Nuevo Paradigma para la Educación.* , <http://www.udp.cl/humanasyeducacion/psicologia/doc/gonzalog/claves.doc>
- [86] HAKEN, H., *Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems.*, Tercera edición. Berlin: Springer-Verlag, 2006.
- [87] HATCH, MARK , (2014) *RULES FOR INNOVATION IN THE NEW WORLD OF CRAFTERS, HACKERS, AND TINKERERS. The Maker Movement Manifesto*, ISBN: 978-0-07-182113-1.
- [88] HAYKIN, SIMON , *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, ISBN:0023527617, NJ, USA ©1994 .

- [89] HBP (S.F.), *Inteligencia social y liderazgo, entrevista con Daniel Goleman. Harvard Business Publishing.*, recuperado el 18 de Marzo de 2012, de <http://youtu.be/NTpamwen8cA>.
- [90] HERNÁNDEZ, R. FERNANDEZ, C. Y BAPTISTA, P., *Metodología de la Investigación*, Ediciones Mc Graw-Hill, México, 2010.
- [91] HERRÁN, A., (1998). *La Conciencia Humana. Hacia una Educación Transpersonal.*, Editorial San Pablo. Madrid. España.
- [92] HOLLAND, J., *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*, 1992.
- [93] HOLLAND, JHON H., *Emergence. From Chaos to Order*, Reading, MA: Addison-Wesley, 1998.
- [94] HOLYOAK, KJ. P THAGARD, (1997) *The analogical mind.*, American psychologist 52 (1), 35.
- [95] HOLLAND, JHON H., *El orden oculto: de cómo la adaptación crea la complejidad*, Fondo de cultura económica, Mexico, 2004.
- [96] H. FREUDENTHAL, *Weeding and Sowing. Preface to a Science of Mathematical Education. Reidel Publishers Company*, Dordrecht 2^o Edition, Holland, Boston, 1980.
- [97] HITOSHI IBA, *Frontiers in Evolutionary Robotics*, I-Tech Education and Publishing, Viena, Austria, 2008.
- [98] ILTCHO ANGELOV, HERBERT ZIRATH AND NIKLAS RORSMAN., *A New Empirical Nonlinear Model for HEMT and MESFET Devices*, . IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques Vol.40 No. 12. December 1992.
- [99] IZHIKEVICH, E. M., (2007). *Dynamical Systems in Neuroscience: Geometry of excitability and Bursting MIT Cambridge.* <https://www.izhikevich.org/publications/dsn.pdf>
- [100] JIMÉNEZ, C., (2006). *El Sentido de los Valores en las Nuevas Pedagogías.*, . http://www.geocities.com/ludico_pei/el_sentido_de_los_valores.htm

- [101] JIMÉNEZ, C., (2018). *La Neuropedagogía una nueva ciencia en construcción.*, <http://www.neuropedagogiacolombia.com/>
- [102] JOHNSON, S. , *Sistemas Emergentes: O que Tienen en Común Hormigas, Neuronas, Ciudades y Software.*, Madrid: Turner, 2003.
- [103] JOYCE, B., WEIL, M., Y CALHOUN, E. , S(2002). *Modelos de Enseñanza.* , Editorial Gedisa. Barcelona, España.
- [104] KANEKO, K., *Life: An Introduction to Complex Systems Biology.*, Berlin: SpringerVerlag , 2006.
- [105] KAUFMAN, *Planificación de Sistema Educativo.*, Editorial Universitaria, Chile, 1983.
- [106] KAUFMAN, *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution.*, Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [107] KAUFMAN, *At Home in the Universe. The Search for the Laws of SelfOrganization* Oxford: Oxford University Press, 1995.
- [108] KAUFMAN, *Investigations.* Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [109] KEIL, JOHN M., *Creatividad.* Ed. McGraw Hill. México. 1990.
- [110] KEENEY, B , (1987). *Estética del Cambio*, Buenos Aires, Ed. Paidós. P. 27
- [111] KOSMATOPOULOS , E., POLYCARPOU, M., CHRISTODOULOU, M. , (1995). *High-Order Neural Networks Structures for Identification of Dynamical Systems.* IEEE Transactions O Neural Networks, 6(2), 422-431. <http://www-bcf.usc.edu/~ioannou/2003update/d44.pdf>
- [112] KUHN. THOMAS S. , *Estructura de las Revoluciones Científicas.* Fondo de Cultura Económica, México 1995. .
- [113] LA NACIÓN; ENTREVISTA OSWALDO DELGADO, (2017) *Colegios de Neiva vivieron Segundo Encuentro de Tecnología y Robótica,* <http://www.lanacion.com.co/2017/10/14/colegios-neiva-vivieron-segundo-encuentro-tecnologia-robotica/>, publicado: 14 de Octubre 2017.

- [114] LANGTON, C., *Artificial Life*. In C. Langton (Ed.), *Artificial Life, SFI Studies in the Science of Complexity*, Vol VI (pp. 1-47). Redwood City: Addison-Wesley. 1989.
- [115] LAGOS GARAY, GUIDO, *Gregory Bateson: un pensamiento (complejo) para pensar la complejidad. Un intento de lectura/escritura terapéutica*, 2004.
- [116] LEAL FONSECA, DIEGO E., *En busca del sentido del desarrollo profesional docente en el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)*, Asociación Espiral, Educación y Tecnología, Editado en Barcelona, España, 2012
- [117] LEAVITT, DAVID , (2007) *ALAN TURING: EL HOMBRE QUE SABIA DEMASIADO* , Editorial: ANTONI BOSCH, ISBN: 9788495348302
- [118] LINDEN, A. Y FENN, J. , *Understanding Gartner's Hype Cycles. Strategic Analysis Report*, R-20-1971. Gartner, Inc.2003.
- [119] LÓPEZ, J., *Programación de computadores en educación escolar*, Recuperado el 18 de Marzo de 2012, de <http://edtk.co/ie5to>.
- [120] LUCAS, K. ROOSEN, P., *Emergence, Analysis and Evolution of Structures: Concepts and Strategies Across Disciplines*, Understanding Complex Systems. Berlin: Springer-Verlag, 2010.
- [121] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *Educación Compleja: Indisciplinar la Sociedad*, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia, 2016.
- [122] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *La Heurística de la vida Artificial*, Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia vol 2, Universidad del Bosque, Bogotá, Colombia, 2001.
- [123] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *Complejidad es un problema, no una cosmovisión*, UCM Revista de investigación N° 13, Universidad del Rosario, 2009.
- [124] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *El papel de la imaginación para el estudio de los sistemas complejos*, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia, 2013.

- [125] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad?*, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia, 2014.
- [126] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, (2015) *THINKING COMPLEXITY, THINKING AS SYNTHESIS*, Cinta moebio 54: 313?324 www.moebio.uchile.cl/54/maldonado.htm.
- [127] MALDONADO, CARLOS EDUARDO; GÓMEZ CRUZ, NELSON ALFONSO, *El Mundo dela Ciencias de la Complejidad*, UCM Revista de investigación N° 13, Universidad del Rosario, 2016.
- [128] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *Curso: Teoría dela Complejidad*, Primera cohorte 2016-02, programa de Maestría en Estudios interdisciplinarios de la Complejidad, Universidad Surcolombiana, 2016.
- [129] MALDONADO, CARLOS EDUARDO, *Pensar: Lógicas no clásicas*, 1ª edición UniversidadEl Bosque, ISBN: 978-958-739-087-2 (impreso), Marzo de 2017.
- [130] MANRUBIA, S., MIKHAILOV, A. ZANETTE, DO, *Emergence of Dynamical Order: Synchronization Phenomena in Complex Systems*, World Scientific Lecture Notes in Complex Systems Vol. 2. Singapore: World Scientific, 2004.
- [131] MARGOLIS, MICHAEL AND WELDIN, NICHOLAS. , *Arduino Cookbook*, O'Reilly Media, Printed in the United States of America, 2011.
- [132] MARQUEZ, JAIRO; RUIZ, JAVIER (2014). ROBÓTICA EDUCATIVA APLICADA A LA ENSEÑANZA BÁSICA SECUNDARIA, NÚM 30. REVISTA EN DIDÁCTIA, INNOVACIÓN Y MULTIMEDIA, <http://www.pangea.org/dm/revista30.htm>
- [133] MARTÍNEZ, M. , (2002). *Nuevo Paradigma de la Ciencia de la Educación: la Posibilidad de Ser*, Mexicali. México.
- [134] MARTINEZ, MARCOS , <https://www.youtube.com/watch?v=aYTxbgtG8Q>, 2015, 22 de octubre de 2017.
- [135] MORONI, ARELLANO, <http://innovacion.uas.edu.mx/educacion-steam-science-technology-engineering-arts-and-math/>, Universidad de Sinaloa, 2017.

- [136] MOROWITZ, H., , (2002) *The Emergence of Everything: How the World Became Complex.*,Oxford: Oxford University Press, 2002.
- [137] MASLOW, A., *La motivación y la Personalidad*, México, 2005.
- [138] MATURANA R, HUMBERTO Y VARELA R, FRANCISCO, (1986). “*Ontology of Observing*”, <http://www.inteco.cl/biology/ontology/>.
- [139] MATURANA R, HUMBERTO Y VARELA R, FRANCISCO, *El árbol del conocimiento*, Grupo Editorial Lumen, Argentina, 2003.
- [140] MATURANA R. HUMBERTO, VARELA R. FRANCISCO, *De Maquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La Organización de lo vivo*, Grupo Editorial Lumen, Argentina, 2004.
- [141] MATURANA R. HUMBERTO, *El Sentido de lo Humano.*, Primera Edición Buenos Aires Argentina. Ediciones Granica, 2008.
- [142] MATURANA R. HUMBERTO, (1990).*Emociones y Lenguaje en Educación y Política.*, Santiago, Hachette. P. 56, 43, 44, 45, 30
- [143] MEDINA CERVANTES JESÚS, REYNA JIMÉNEZ JONATTAN, SANTOS LUNA JOAQUÍN, OSORIO MIRÓN ANSELMO, Y, JUÁREZ RIVERA VICTORINO, *Diseño y Construcción de un Robot Seguidor de Línea Controlado por el PIC16F84A*, 8º Congreso Nacional de Mecatrónica, Veracruz, 2009.
- [144] MELENDRO, M. , *Estrategias educativas con adolescentes y jóvenes en el aula.*, Madrid, España, 2007.
- [145] MELLO P. A. Y KUMAR N., (2004)*Quantum Transport in Mesoscopic Systems Complexity and Statistical Fluctuations*,Oxford, ISBN: 9780198525820, Oxford.
- [146] MIKHAIL M SVININ, MASARU UCHIYAMA, *Analytical models for designing force sensors*, MM Svinin, M Uchiyama - Robotics and Automation, 1994. Proceedings., 1994.
- [147] MM SVININ, K YAMADA, K UEDA, *Emergent synthesis of motion patterns for locomotion robots*, Artificial Intelligence in Engineering 15 (4), 353-363, 2001.

- [148] MIKHAIL SVININ; KAWAMURA, SADAQ, *Advances in Robot Control*, Springer Science Business Media, 2007.
- [149] MIKHAIL SVININ; A MORINAGA, M YAMAMOTO, *On the dynamic model and motion planning for a class of spherical rolling robots*, Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on, 3226-3231, 2012.
- [150] MIKHAIL SVININ; A MORINAGA, M YAMAMOTO, *A motion planning strategy for a spherical rolling robot driven by two internal rotors*, IEEE Transactions on Robotics 30 (4), 993-1002 2014.
- [151] MITCHELL, MELANIE, *Introduction to the Study of Complexity*, Complexity Explorer, Santa Fe Institute, Mexico, 2016.
- [152] MITCHELL, S. D., *Biological Complexity and Integrative Pluralism*. Cambridge University Press, 2003.
- [153] MIÑANA BLASCO, CARLOS, *Interdisciplinarietà y currículo*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 1996.
- [154] MONSALVE GÓMEZ , MARTHA ISABEL, (2015) “Paradigma de la complejidad en la educación”, Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (octubre 2015). En línea: [://www.eumed.net/rev/atlante/12/escuela.html](http://www.eumed.net/rev/atlante/12/escuela.html).
- [155] MONTEALEGRE CÁRDENAS, MAURO , LONDOÑO BETANCOURTH, GUSTAVO Y POLAÑÍA QUIZA LUIS ARTURO, (2002). *Fundamentos de los sistemas dinámicos : la interdisciplinarietà desde los sistemas no lineales.*, ISBN: 958-8154-05-7; Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
- [156] MONTEALEGRE CÁRDENA, MAURO S, VERA CUENCA, JASMIDT Y MONTEALEGRE, EDGAR, (2002). *Fundamentos de los sistemas dinámicos : la interdisciplinarietà desde los sistemas no lineales.*, ISBN: 958-8154-05-7; Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
- [157] MONTESSORI, E., (1984). (1986). *La mente absorbente del niño.* , EMéxico: Diana.

- [158] MORA ISIDRO DINIRIS AYDEÉ, PRADA CASTRO VILMA, Y, GONZALEZ CASTRO YOLANDA, *La robótica educativa como estrategia didáctica sostenible*, Universidad nacional abierta y a distancia, Bogotá, Colombia, 2016.
- [159] MORENO I. ; MUÑOZ, L; SERRACÍN, J.R.; QUINTERO, J; PITTI, PATIÑO; 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, consulta 8 de enero de 2018.
- [160] MORÍN, E., (1984). *Ciencia con Conciencia.*, Editorial Antropos. Barcelona. España.
- [161] MORÍN, E., *Introducción al pensamiento complejo*, Edit. Gedisa, Barcelona, págs. 9-19, 2000.
- [162] N. BENVENUTO, F. PIAZZA AND A. UNCINI, *A Neural Network Approach to Data Predistorsion With Memory in Digital Radio Systems.*, Dip. di Electronica e Informatica (Università di Padova),.
- [163] NICOLIS, G., AND PRIGOGINE, I, *Self-Organization in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*, New York: John Wiley Sons 1997.
- [164] NICOLIS G., AND PRIGOGINE, I, *Pattern Formation in the Physical and Biological Sciences.*, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity. Reading: Addison-Wesley Publishing 1997.
- [165] NOT, L., (1992). *La enseñanza dialogante.*, Barcelona: Herder..
- [166] OBREGÓN, NELSON, (2004) *Sistemas Inteligentes, Ingeniería e Hidroinformática* , Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina ISSN 0124-8170, N° 13, (Págs. 71 - 79).
- [167] NELSON OBREGÓN NEIRA, JONATHAN ROMERO CUELLAR, (2013) *APLICACIONES DE SISTEMAS INTELIGENTES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA* , Editorial: U. Surcolombiana, ISBN: 9789588682914, Neiva, Colombia.

- [168] OCAÑA, REBOLLO. G, (2012). *Robótica como asignatura en la enseñanza secundaria. resultados de una experiencia educativa. Esprial. cuadernos del profesorado*, 5 (10), 56-64, <http://www.cepcvevasolula.es/esprial>
- [169] OLLERO, ANIBAL, (2012). *Robótica. Manipuladores y Robots Móviles*, Marcombo, Barcelona, España.
- [170] PAAVOLA, S Y HAKKARAINEN, K., *The knowledge creation metaphor ?An emergent epistemological approach to learning*, Science Education 14, 537-557, 2005.
- [171] PERALTA BUITRAGO, GERSON STUAR, *Robotica educativa: Una estrategia en el desarrollo de la creatividad y las capacidades en educación, en tecnología*, ILAE, Editorial Milla Ltda, Bogotá, Colombia, 2015.
- [172] PERALTA, V. , (2010) *Las inteligencias múltiples como herramienta del docente para elevar la calidad educativa.*, Universidad Autónoma de Madrid, España.
- [173] PRIGOGINE ILYA, , *El fin de las certidumbres*, Editorial Andres Bello, Santiago de Chile, 1996.
- [174] PRIGOGINE ILYA, Y, STENGERS ISABELLE, *La Nueva Alianza*, Editorial Alianza, isbn 9788420623689, 1994.
- [175] PRUSINKIEWICZ, P. LINDENMAYER, A., *The Algorithmic Beauty of Plants.*, New York: Springer Verlag., 1990.
- [176] PRUSINKIEWICZ, P. HANAN, J., *Lindenmayer Systems, F ractals, and Plants*, Berlin: Sprnger-Verlag, 1992.
- [177] QUEIRUGA CLAUDIA, BANCHOFF CLAUDIA, MARTIN SOFÍA, AYBAR ROSALES VANESA, Y, FERNANDO LÓPEZ, *Programar en la escuela*, LINTI. Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 2016.
- [178] QUINTERO CANO, CARLOS ALBERTO, (2010) *Educational Approach Science, Technology and Society (STS): educational prospects for Colombia*, Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte n° 12 enero-junio, 2010. ISSN 1657-2416.

- [179] RATTO C. PEREZ M., (2016) *Modelos de diseño Curricular*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2016.
- [180] RAY, T. , *Jugué a ser Dios y Creé la Vida en mi Computadora.*, In C. Gutiérrez (Ed.), *Epistemología e Informática* (pp. 257-267). San José: UNED. 1994.
- [181] RESNICK, M. , *Sembrando las semillas para una sociedad más creativa.*, Copyright © 2007, ISTE (International Society for Technology in Education). 1.800.336.5191 (U.S Canada), iste@iste.orgwww.iste.org, 2007.
- [182] REYNOSO, C. , (2010) *Análisis y diseño de la ciudad compleja Perspectivas desde la antropología urbana*, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES ANTROPOCAOS Versión 8.01 ? Abril de 2010, <http://carlosreynoso.com.ar/archivos/libros/Reynoso-Analisis-y-diseno-de-la-ciudad-compleja.pdf>.
- [183] RODRÍGUEZ, MAURO., (1999) *El pensamiento creativo integral.*, Ed. McGraw Hill. México.
- [184] REYES CORTES, FERNANDO, (2011) *Robótica. Control de Robots Manipuladores*, Editorial: Alfaomega, Mexico.
- [185] ROLAND SIEGWART AND ILLAH R. NOURBAKHS, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England. 2004.
- [186] ROMANELLI, ALESSANDAR, *MUSEO LEONARDO* Florencia, Italia, http://www.museoleonardodavincifirenze.com/?gclid=CjwKCAjwrqnYBRB-EiwAthnBFswhWHwQMGCKjPdJlFspidqXkilDt_hvAqLwMBsUj9voBwE.
- [187] ROMERO COSTAS, MATIAS, *Robotica: Entra al Mundo de la Inteligencia Artificial*, Serie vida cotidiana y tecnología, ISBN 978-987-1433-80-3, Educ.ar S. E, Buenos Aires, Argentina, 2012.
- [188] ROUSSEAU, J. J. , (1976). *Emilio.* ,México: UNAM.
- [189] RUBIO, J. , (2006), *Creatividad una Nueva Concepción para una Nueva Época.*, <http://www.crim.unam.mx/cultura/ponencias/ponen2faseindice/rubio.htm>

- [190] SANDERS, M. E., (2012). *Integrative stem education as best practice*. In H. Middleton (Ed.), *Explorations of Best Practice in Technology, Design, Engineering Education.*, Vol.2 (pp.103-117). Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia. ISBN 978-1-921760-95-2].
- [191] SANTOS, DIEGO , (2015), *10 Trabajos del Futuro y Qué Estudiar para Ellos.*, [https://www.goconqr.com/es/examtime/blog/trabajos-del-futuro/,2octubrede2015.](https://www.goconqr.com/es/examtime/blog/trabajos-del-futuro/,2octubrede2015)
- [192] S. THRUN, W. BURGARD, AND D. FOX., *Probabilistic Robotics*, Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- [193] SEGURA, JORDI ADELL; QUINTERO, LINDA CASTAÑEDA , *Tecnologías emergentes, ¿pedagogías emergentes?*, Tendencias emergentes en educación con TIC, Asociación Espiral, Educación y Tecnología, ISBN: 978-84-616-0448-7, Barcelona, España, 2012.
- [194] SMITH, ALAN G., *Introduction to Arduino*, ISBN: 1463698348 ISBN-13: 978-1463698348, Editor: CreateSpace Independent Publishing Platform (19 de agosto de 2011).
- [195] SERRANO, M; MARTINEZ, M; GUCH, E; RODRIGUEZ; J, (2013) *manual de Robótica Educativa*.http://www.cienciaytecnologia.edu.sv/jdownloads/Robtica%20Educativa/manual_de_robótica_educativa_en_el_aula_-_documento_en_proceso_de_revisin-1.pdf.
- [196] SIKORA, JOACHIM, (1979) *Manual de métodos creativos*, Editorial: Editorial Kapelusz, ISBN: mkt0000085365.
- [197] STEINERT, M. Y LEIFER, L. , *Scrutinizing Gartner's hype cycle approach. En Technology management for global economic growth (PICMET)*, 2010 Proceedings of PICMET'10: (pp. 1-13). http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=560344
- [198] STEWART, I. , *El Segundo Secreto de la Vida.*, Barcelona: Crítica. 1999.
- [199] STRAFFIN, PHILIP D, *Game Theory and Strategy*, The Mathematical Association of American, Editorial Committee, Washington, Estados Unidos, 1993.


- [200] TOBÓN, S., *Formación basada en competencias.*, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2004.
- [201] TOFFOLI, T. MARGOLUS, N.,, *Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling.*, Cambridge, MA: MIT Press. 1987.
- [202] TZAFESTAS, SPYROS, (2014) *Introduction to Mobile Robot Control*, School of Electrical and Computer Engineering National Technical University of Athens Athens, Greece. 2014 Elsevier.
- [203] UPM, *Tutorial sobre redes neuronales artificiales*, <http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann2/anntutorial.html>.
- [204] UNESCO. , *La Educación Encierra un Tesoro.*, 2001.
- [205] VAIRA STELLA M, CONTINI LILIANA E, GUSMÃO TANIA C. R. S, F. DE CARRERA ELENA, AVILA OLGA B, MÁNTARAS BÁRBARA, Y, OTARÁN MARIA, *Interdisciplinariedad: una Propuesta de Enseñanza de las Ciencias*, Universidad Nacional del Litoral - Santa Fé - Argentina, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia ? Brasil, 2012.
- [206] VANCE, ASHLEE , (2016) *ELON MUSK*, Editorial: PENINSULA, Lengua: CASTELLANO, ISBN: 9788499425191
- [207] VARELA, F, *El Fenómeno de la Vida.*, Santiago de Chile: Dolmen 2000.
- [208] VÁSQUEZ, M., *Estrategias Didácticas.*, Editorial alternativa, Madrid, España. 2007.
- [209] VELETSIANOS, G., *A definition of emerging technologies for education.*, (ed.) *Emerging technologies in distance education* (pp. 3-22). Athabasca, CA: Athabasca University Press. 2010.
- [210] VIGOTSKY, L., *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Editorial crítica, México. 1978.
- [211] VIGOTSKY, L., *Pensamiento y lenguaje*, Buenos Aires: La Pléyade.. 1987.

- [212] WARREN JOHN-DAVID, ADAMS, JOSH AND MOLLE, HARALD, *Arduino Robotics*, ISBN-13 (pbk): 978-1-4302-3183-7 ISBN-13 (electronic): 978-1-4302-3184-4. Springer Science+Business Media, Apress, New York, 2011.
- [213] WAGENSBERG, J, *Ideas sobre la Complejidad del Mundo. Colección Fábulas.*, Escuela Barcelona: Tusquets, 2003.
- [214] WALLECZEK, J., *Self-Organized Biological Dynamics and Nonlinear Control: Toward Understanding Complexity, Chaos and Emergent Function in Living Systems.*, Cambirdge: Cambridge University Press, 2000.
- [215] WILLIAMS, R., KAROUSOU, R. Y MACKNESS, J., *Emergent learning and learning ecologies in web 2.0.*, The International Review of Research in Open and Distance Learning, 12(3), 39- 59., 2011.
- [216] YANDÚN TORRES, ARACELY INES, *Planeación y Seguimiento de Trayectorias para un Robót Móvil*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2011.
- [217] ZULETA, E., (1982). "Sobre la lectura", en: *Sobre la idealización en la vida personal y colectiva.* , Bogotá: Procultura.


8.1. Proyectos de Electrónica y Robótica

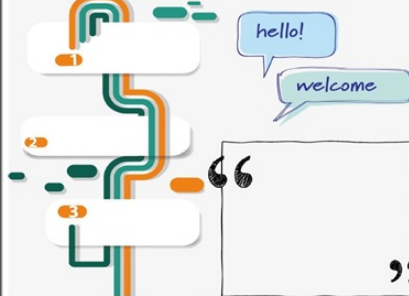
8.1.1. Robots de Cartón





¿Puedo construir un ROBOT de cartón?

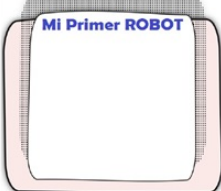






RETO 1

Con la ayuda del videoclip dibujar un ROBOT usando figuras geométricas.

Mi Primer ROBOT






¡Tu opinión importa!


RETO 2


Con la ayuda del videoclip escribe la regla que debemos usar para cambiar nuestro mundo.

¿Puedo cambiar el Mundo?



Buscar, y reciclar:







¡Tu opinión importa!

RETO 3

Usa los siguientes pasos para construir un ROBOT.

1. Primero clasifíca los elementos que formarán el cuerpo del ROBOT.
2. Segundo pintamos o envolvemos esos elementos. (siguiendo video).
3. Después construimos nuestro robot pegando bien las partes.
4. Por último, decorar.

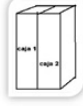
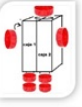
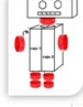




¿Cómo construir un ROBOT?

¡Tu opinión importa!

RETO 4

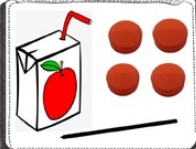




Usa los siguientes materiales reciclables para construir un ROBOT.

¡Tu opinión importa!

RETO 5






Usa los siguientes materiales reciclables para construir un ROBOT.

¡Tu opinión importa!

RETO 6

Reciclar los siguientes materiales para construir un disfraz de ROBOT.

¡Tu opinión importa!

RETO 7




Tu opinión Importa!

RETO 8

r	t	y	x	a	i	g	o	l	n	c	o	t	
k	f	j	m	e	r	e	d	v	i	c	a	u	e
m	f	v	a	s	c	i	e	n	c	i	a	s	q
p	r	o	g	r	a	m	a	r	s	e	t	r	a
a	n	o	r	u	e	n	z	r	v	c	o	y	m
d	r	m	a	t	e	m	a	t	i	c	a	s	o
l	a	i	n	t	e	l	i	g	e	n	c	i	a
t	l	a	m	q	f	a	b	r	i	l	u	q	m
e	c	z	m	i	e	q	i	r	r	o	b	o	t
x	i	o	p	z	w	r	q	o	p	i	a	q	e
t	c	l	e	a	i	r	e	i	n	e	g	n	i
i	e	a	s	g	f	z	v	b	c	n	y	x	w
c	r	e	a	r	h	i	b	r	m	t	o	q	
q	v	e	j	a	u	g	n	e	l	o	z	w	f

ROBOT
 RECICLAR
 CREAR
 INTELIGENCIA
 EQUIPO
 MAQUINA
 TECNOLOGIA
 MATEMATICAS

ARTES
 LENGUAJE
 INGENIERIA
 CEREBRO
 NEURONA
 RED
 PROGRAMAR
 CIENCIAS



Tu opinión Importa!

RETO 9

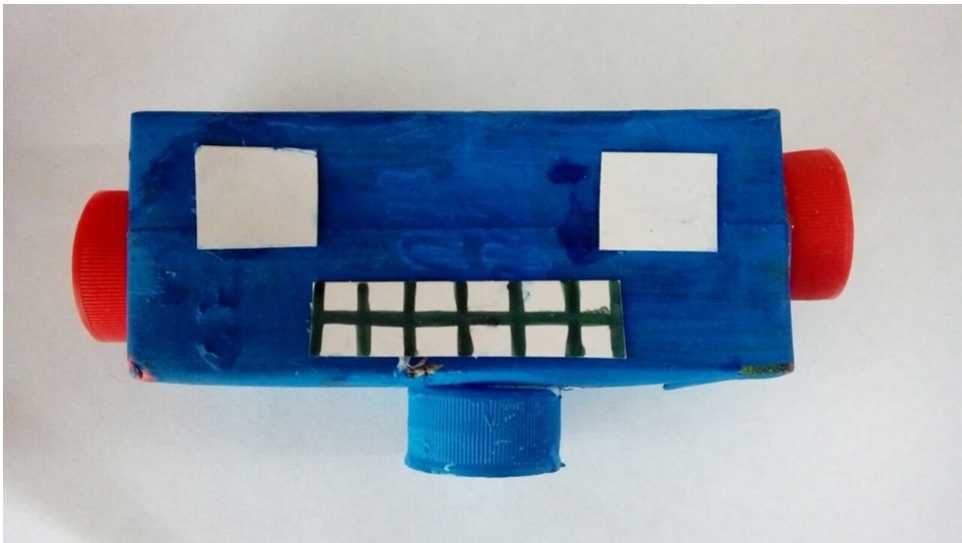


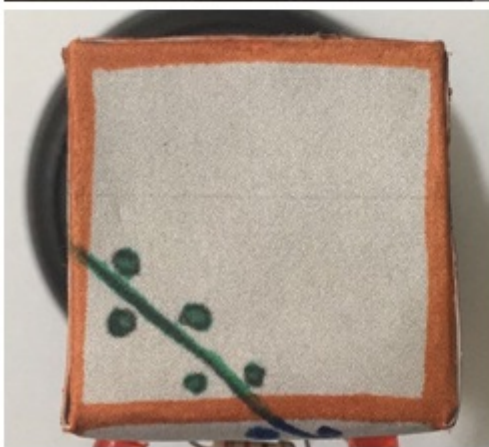
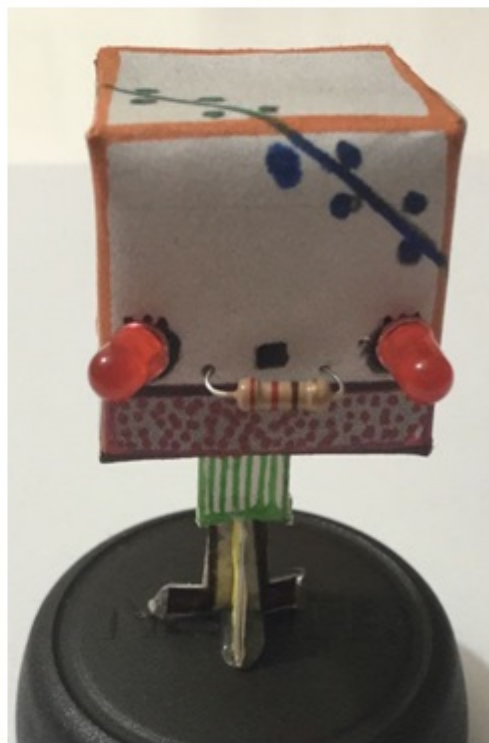

Tu opinión Importa!

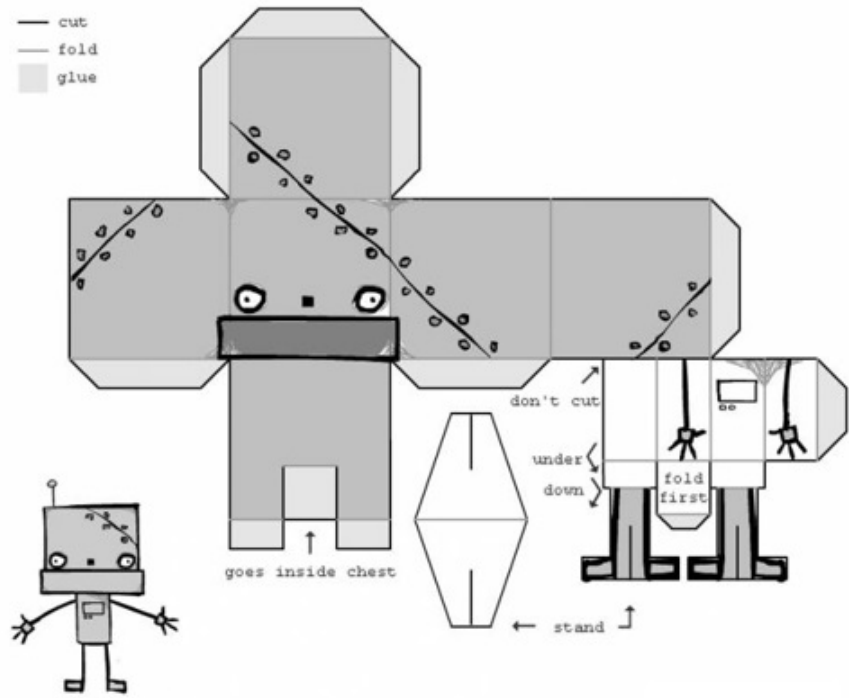


RETO 10

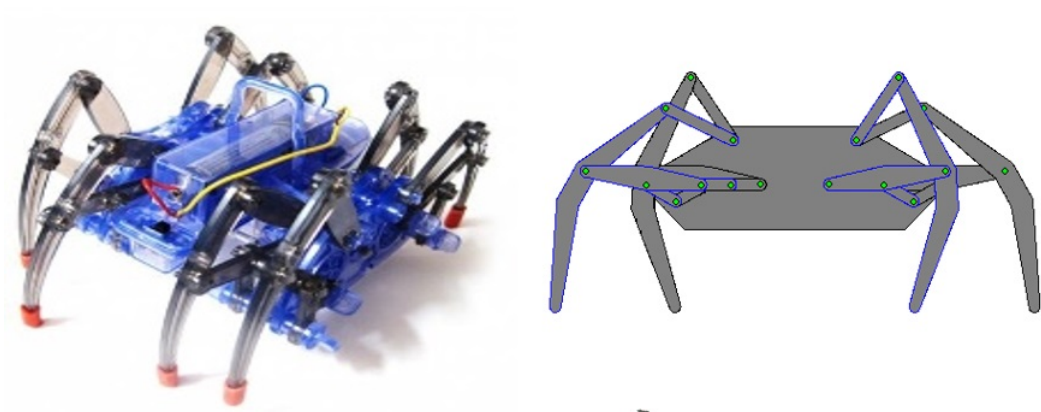


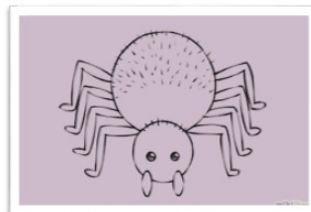
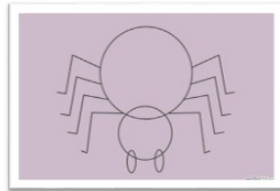
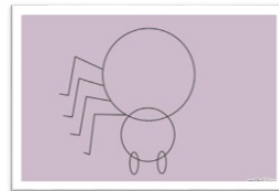
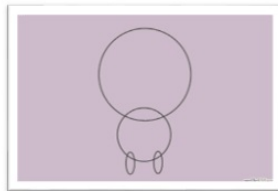
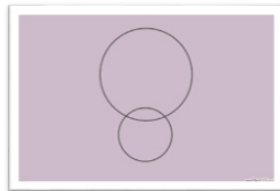
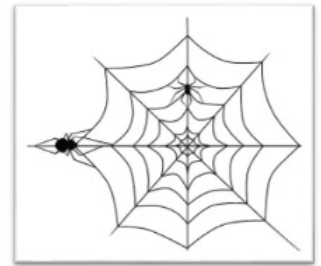
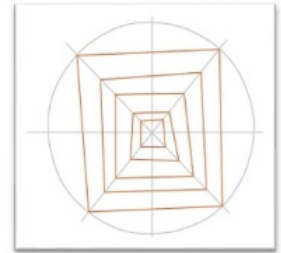
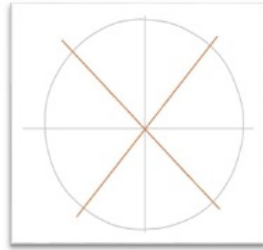
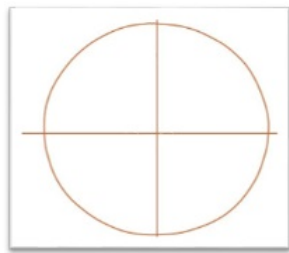






8.1.2. Spider Robot: El Cazador de Insectos



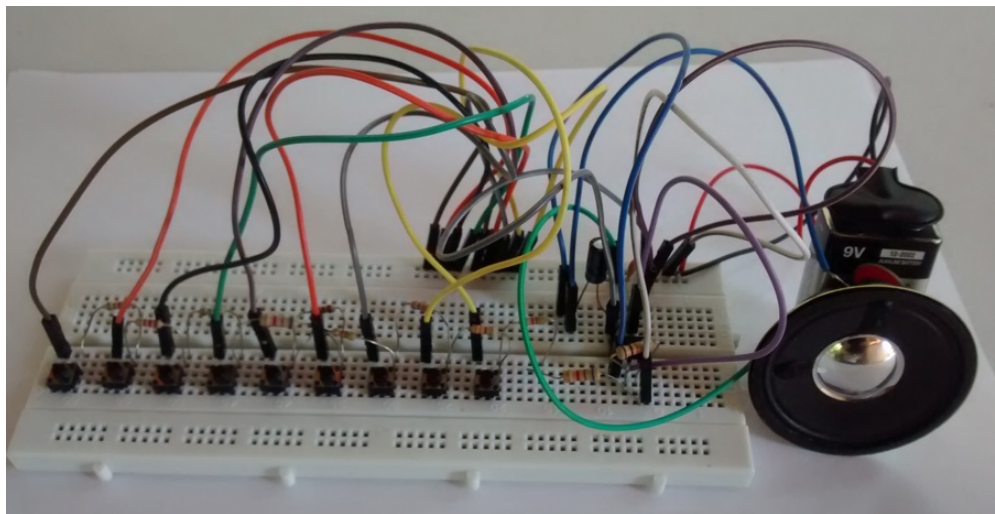
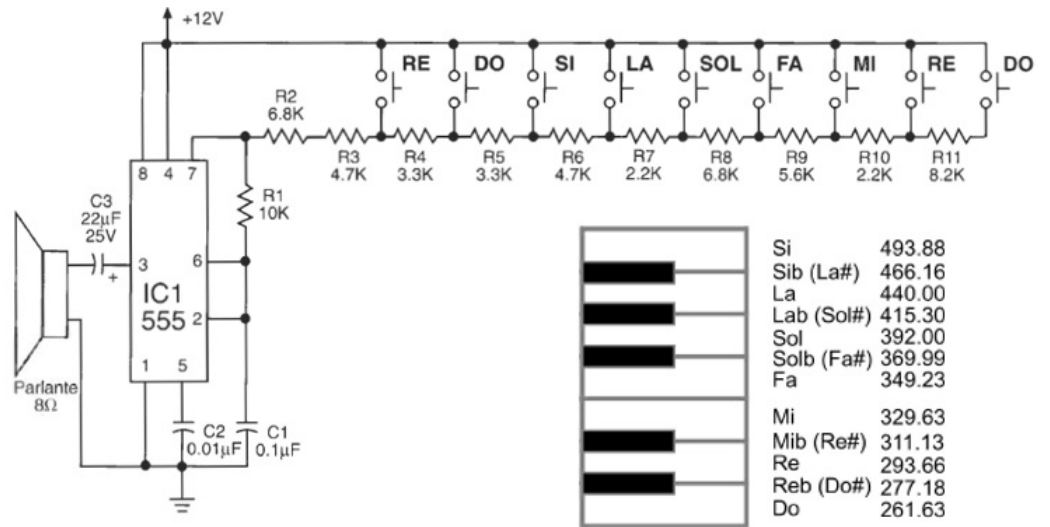




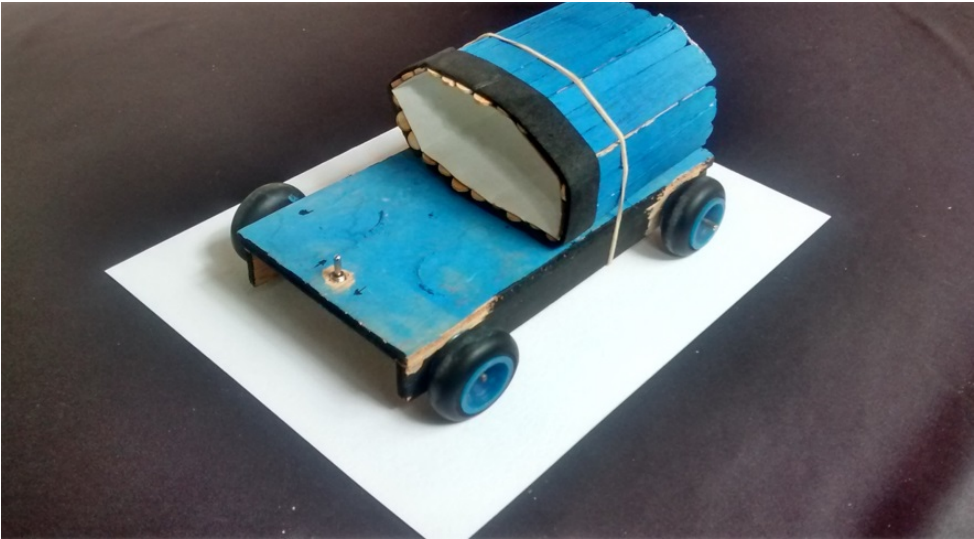
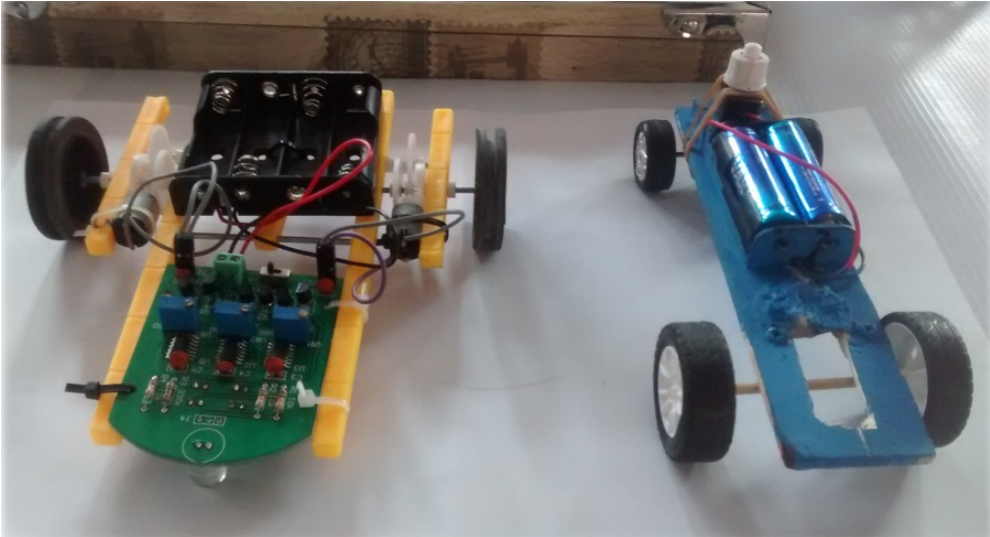
8.1.3. El Robotónico

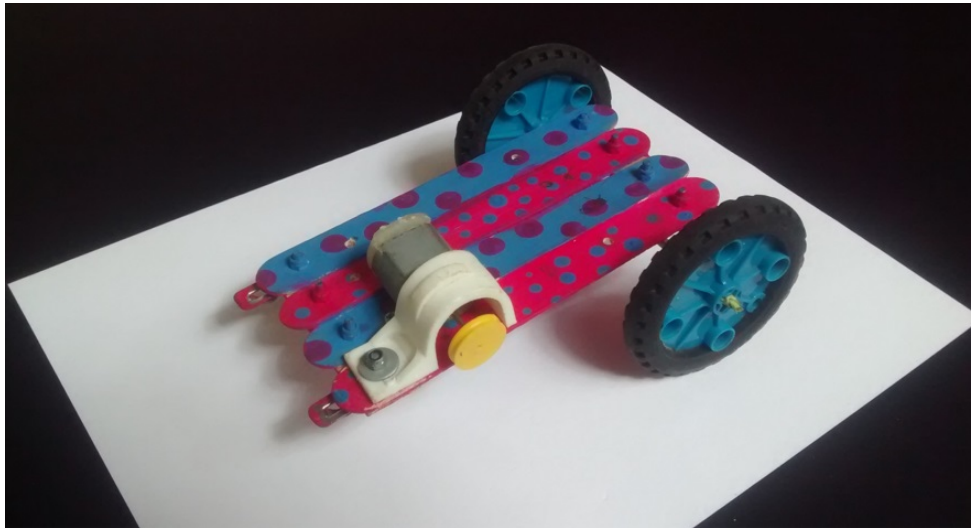
El Robot-Tónico





8.1.4. Seguidor de Línea







ROBOT VELOCISTA SEGUIDOR DE LÍNEA

