

FORMULACIÓN DE UN MODELO TEÓRICO DE APLICACIONES DE LAS  
REDES NEURONALES EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE DISLEXIA

ANGELA MARIA PALACIO MUÑOZ  
DIEGO LEGUIZAMO GONZALEZ  
JORGE ELIECER PIÑEROS RUIZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION  
PEREIRA  
2013

FORMULACIÓN DE UN MODELO TEÓRICO DE APLICACIONES DE LAS  
REDES NEURONALES EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE DISLEXIA

ANGELA MARIA PALACIO MUÑOZ  
DIEGO LEGUIZAMO GONZALES  
JORGE ELIECER PIÑEROS RUIZ

PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR

INGENIERO OMAR IVAN TREJOS BURITICA PHD

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION  
PEREIRA  
2013

Nota de aceptación:

Firma del jurado:

-----

Firma del jurado:

-----

Firma del jurado:

-----

Dedicatoria Angela Maria Palacio:

A Dios por sembrar en mí sentimientos de paz y alimentarme cada día de pensamiento bonito para proyectar mi luz al mundo

A mi hijo por ser la motivación y paciencia durante mi formación en la Universidad Tecnológica de Pereira

A mis padres por su apoyo, amor y cuidados

A los profesores que han participado en mi formación

A mis amigos, de quienes he recibido siempre apoyo sincero y por ser guardianes de mis sentimientos y entereza.

## Dedicatoria

Este es un momento anhelado en la vida del estudiante universitario, un instante culmen para mirar hacia atrás y recordar a todas las personas involucradas en este caminar hacia el aprendizaje y el crecimiento profesional. A Dios quien ha sido el motor, el centro, guía y el apoyo, a mi familia y amigos, compañeros y ahora colegas, a mi esposa por su apoyo incondicional, a mis hijos y a mi madre quien desde el cielo seguramente comparte mi alegría. A todos los docentes por su orientación y acompañamiento en este proceso. Al profesor Omar por su acertada intervención, sus sugerencias y valiosos aportes.

“Dios juro a Abrahán diciendo:  
De cierto te bendeciré con abundancia y te multiplicare grandemente.  
Y habiendo esperado con paciencia, alcanzo la promesa”. (Hebreos  
6:13)

Diego Leguizamo González

Dedicatoria Jorge Eliecer Piñeros Ruiz:

Este trabajo de grado está dedicado a Dios quien me dio la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A ti Ana Rosa, madre querida, quien con mucho cariño, amor y ejemplo ha hecho de mí una persona con valores y que me enseñó desde niño a luchar por alcanzar mis metas, ¡Mi triunfo es tuyo!

A mis Hijos Natalia y David, que son el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, para alcanzar mis más apreciados ideales de superación, quienes en los momentos difíciles me dieron su amor y comprensión para poderlos superar.

A los que nunca dudaron de que lograra este triunfo, mis hermanos Jhonny y Mario.

A mis compañeros y amigos que siempre estuvieron ayudándome con su apoyo incondicional y constante cariño.

Agradecimientos

Agradecemos enormemente la colaboración incondicional y oportuna de nuestro profesor y amigo Omar Iván Trejos B, que con su guía pudimos llegar a buen fin con este proyecto pilar de nuestra formación.

A los demás docentes de la Universidad Tecnológica de Pereira que intervinieron en nuestra formación académica.

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

CAPITULO 1 .....	15
1. GENERALIDADES.....	15
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO .....	15
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. Planteamiento del problema. ....	15
1.2.2. Formulación del problema. ....	16
1.2.3. Justificación .....	17
1.3. OBJETIVOS. ....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. MARCO REFERENCIAL.....	19
1.4.1. Marco histórico. ....	19
1.4.2. Marco conceptual .....	22
1.4.2.1. Inteligencias múltiples .....	22
1.4.3. Similitudes entre redes neuronales artificiales y el cerebro .....	23
1.4.3.1. Hiperactividad (TDHA).....	25
1.4.3.2. Dislexia.....	25
1.4.3.3. Disgrafía .....	26
1.4.3.4. Inteligencia artificial .....	26
1.4.3.5. Aprendizaje adaptativo .....	26
1.4.3.6. Redes neuronales artificiales .....	27
1.4.3.7. Modelos neuronales .....	27
1.4.3.8. Algoritmo Backpropagation .....	28
1.4.4. Marco legal. ....	28
1.5. DISEÑO METODOLOGICO PRELIMINAR. ....	29
CAPITULO 2.....	31
2. ESTADO DEL ARTE .....	31
2.1. SOFTWARE BASADO EN REDES NEURONALES APLICADOS A NIÑOS CON DISLEXIA. ....	31
2.1.1. The implementation of interactive multimedia in early screening of dyslexia (Smarth Lexic). ....	31
2.1.2. A modified maximum correlation modeling method for fmri brain mapping; application for detecting dyslexia .....	34
2.1.3. A new cad system for early diagnosis of dyslexic brains .....	35



2.1.4.	Developmental dyslexia in pre-readers children.....	35
2.1.4.1.	Juego “Paths”.....	36
2.1.4.2.	Juego 2: “Fence letters”.....	37
2.1.4.3.	Juego 3: “Wizard”.....	37
2.1.5.	Jollymate: assistive technology for young children with dyslexia.....	39
2.1.6.	School children dyslexia analysis using self organizing maps.....	41
2.1.7.	Specific phonological impairments in dyslexia revealed by eye-tracking.....	42
2.1.8.	Prefon.....	43
2.1.9.	DiTres.....	44
2.1.10.	MeMotiva.....	44
2.1.11.	The Dislexia App.....	45
2.1.12.	Portal online avanzado de e-learning.....	45
2.1.13.	Sicole-R.....	46
2.1.14.	Using eye-tracking to study reading patterns and processes in autism with hyperlexia profile.....	46
2.1.15.	A neural net model of normal and dyslexic spelling.....	47
2.1.16.	Neural network models of reading multi-syllabic words.....	48
2.1.17.	Simulation of verbal and mathematical learning by means of simple neural networks.....	49
2.1.18.	A neural network to discriminate between dyslexic subtypes.....	50
2.1.19.	Eye tracking software the tobbi studio 3.0.....	51
2.1.20.	DRAGON.....	52
2.1.21.	The Talking Pen.....	53
2.1.22.	Designing educational games for children with specific learning difficulties: insights from involving children and practitioners.....	54
CAPITULO 3.....		56
3.	MARCO TEORICO.....	56
3.1.	REDES NEURONALES.....	56
3.1.1.	Ventajas de las redes neuronales.....	58
3.2.	DISLEXIA.....	60
3.2.1.	Definición de la dislexia.....	60
3.2.2.	Causas de la dislexia.....	62
3.2.3.	Clasificación de dislexia evolutiva.....	63

3.2.3.1.	Dislexia fonológica y superficial.....	63
3.2.3.2.	Dislexia mixta o profunda .....	64
3.3.	TEORÍA DEL APRENDIZAJE Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA. ....	66
3.3.1.	La perspectiva conductista: Skinner. ....	66
3.3.2.	Al aprendizaje significativo de Ausubel.....	67
3.3.3.	Aprendizaje por descubrimiento: Bruner.....	68
3.3.4.	La teoría de Piaget .....	69
3.3.5.	Procesamiento de la información: Gagné.....	69
3.3.6.	El constructivismo de Seymour Papert. ....	70
3.3.7.	Constructivismo y mediación. ....	71
3.3.8.	Teoría del Conocimiento Situado.....	71
3.4.	CEREBRO Y APRENDIZAJE .....	72
3.4.1.	Hemisfericidad cerebral .....	72
3.4.2.	La Asimetría cerebral.....	73
3.4.3.	Integración de todo el cerebro .....	73
CAPITULO 4.....		75
4.	ANTECEDENTES .....	75
4.1.	FUNDAMENTOS DE LAS REDES NEURONALES.....	77
4.1.1.	Estructura del modelo biológico.....	77
4.1.2.	Neuronas .....	78
4.2.	LENGUAJES DE PROGRAMACION PARA MODELAR UNA RNA... 86	
4.2.1.	Análisis de métodos de programación DrRacket.....	86
4.2.2.	Análisis del código “FORMARED” .....	88
4.3.	ALGORITMOS EVOLUTIVOS.....	93
4.3.1.	Algoritmos genéticos .....	94
4.3.2.	Programación evolutiva .....	95
4.3.3.	Evolución diferencial (ED).....	95
4.3.4.	Particle swarm optimization (PSO). ....	96
4.3.5.	Operadores locales.....	96
4.4.	DETECCIÓN DE CÍRCULOS EN IMÁGENES USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS.....	96
4.5.	ALGORITMO DE DISTORSIÓN DE TIEMPO DINÁMICO (DTW).....	97
4.6.	ALGORITMO ADABOOST .....	100

4.6.1.	Aplicación del algoritmo a fonema .....	103
4.7.	TRANSFORMADA DE WAVELET .....	104
4.7.1.	La Transformada continua Wavelet (CWT por sus siglas en inglés) 105	
4.8.	ALGORITMO DE VIOLA-JONES .....	105
4.8.1.	Imagen integral .....	106
4.8.2.	Construcción de clasificadores .....	107
4.8.3.	Creación de la estructura de clasificadores .....	108
4.9.	ALGORITMOS GENÉTICOS DE NICHING .....	109
4.9.1.	Sharing .....	109
4.9.2.	Clearing .....	110
4.10.	ANÁLISIS DE APLICACIONES Y SUS FUNDAMENTOS .....	110
4.10.1.	JollyMate: Tecnología asistida para niños con dislexia. ....	110
4.10.1.1.	Lipi Toolkit de Hp labs .....	111
4.10.2.	Eye tracking software “Tobii Studio 3.0”. .....	114
4.10.3.	Designing educational games for children with specific learning difficulties: insights from involving children and practitioners. ....	118
4.10.3.1.	Think-Aloud protocol.....	119
4.10.4.	Dragón naturally speaking .....	119
4.10.5.	School children dyslexia analysis using self organizing maps ...	121
4.10.5.1.	iView 3.0 systems.....	122
CAPITULO 5.....		123
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFIA .....	123
5.1.	CONCLUSIONES.....	123
5.2.	RECOMENDACIONES .....	123

## TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Kenalpasti Huruf (Manjit Singh & Manzura, 2010) .....	32
Figura 2 Kenalpasti Nombor (Manjit Singh & Manzura, 2010) .....	33
Figura 3 Kenalpasti Arah (Manjit Singh & Manzura, 2010) .....	33
Figura 4 Juego Paths (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012) .....	36
Figura 5 Juego Fence Letters (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012).....	37
Figura 6 Juego Wizard (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012) .....	38
Figura 7 Cuaderno de tareas JollyMate (Khakhar & Madhvanath, 2010) .....	40
Figura 8 Sistema de seguimiento visual. (Desroches, Joanisse, & Robertson, 2005).....	43
Figura 9 Menú de comando del aplicativo (Nuance, 2013).....	53
Figura 10 Aplicativo para dispositivos móviles (Nuance, 2013) .....	53
Figura 11 Talking Pen (Wayne Engineering, 2007) .....	54
Figura 15 Ejemplo condición de secuencia Algoritmo DTW (Salmerón Ruiz, 2012) .....	98
Figura 16 Método Adaboost Clasificación binaria (Singe, 1999) .....	102
Figura 17 Algoritmo de Adaboost (Singe, 1999) .....	104
Figura 18 Cálculo de la imagen integral (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012).....	106
Figura 19 Imagen integral (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012).....	107
Figura 20 Ejemplo de rasgas utilizados para la detección de rostros (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012) .....	108
Figura 21 Descripción esquemática de una cascada de clasificadores (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012) .....	108
Figura 22 Lipi Designer (Hewlett-Packard Company, 2013) .....	112
Figura 23 Digimemo-DCT (ACE CAD Enterprise Co. Ltd., 2013) .....	113
Figura 24 Eye-tracker montado sobre la cabeza (Hassan Montero & Herrero Solano, <a href="http://nosolousabilidad.com/">http://nosolousabilidad.com/</a> , 2007) .....	114
Figura 25 Eye-tracker remoto (Hassan Montero & Herrero Solano, <a href="http://nosolousabilidad.com/">http://nosolousabilidad.com/</a> , 2007) .....	114
Figura 26 Pantalla Tobii (Spakov, 2013).....	115
Figura 27 Eye-Tracking Tobii (Tobii Technology, 2013) .....	115
Figura 28 Clasificadores en cascada (Alexeiw, 2011) .....	117
Figura 29 Cara detectada mediante algoritmo de Viola-Jones (Alexeiw, 2011)...	117
Figura 30 Detección del ojo mediante la transformada de Houg (Alexeiw, 2011) 118	118
Figura 31 Transformada de Wavelet para un fonema /a (Garcia Diaz, 2010).....	121
Figura 32 Sistema de Videoculografía (SMI SensoMotoric Instruments) .....	122

## INTRODUCCION

Muchos niños en edad escolar tienen dificultades en el aprendizaje, en los últimos años estamos asistiendo a un mayor conocimiento de la dislexia, sus causas, y los métodos de enseñanza más adecuados para estos alumnos. Se está avanzando mucho en la investigación de las bases neurológicas de este trastorno, y se están diagnosticando más casos de dislexia, no por una mayor incidencia en nuestros días, sino, por un mayor conocimiento, avance en las técnicas de detección, y el desarrollo de herramientas computacionales inteligentes.

Además la presencia de las TIC basadas en las redes neuronales artificiales en la vida diaria de nuestros alumnos y de los profesores, hace que no podamos ignorarlas y dejar de lado su utilidad como herramienta de trabajo y de apoyo, tanto para alumnos que presenten dificultades de aprendizaje, como para aquellos que no. Por lo tanto se nos hace necesario trabajar y reflexionar sobre la manera en que las redes neuronales artificiales pueden ayudar a los alumnos que más dificultades presenta.

Por lo tanto consideramos que la formación en esta área, va a resultar muy útil y necesaria para dar una respuesta ajustada a las necesidades de estos niños tanto si trabajamos en el aula con ellos como si intervenimos individualmente con estos alumnos de una forma temprana.

## ABSTRACT

Many school children have learning difficulties, in recent years we are witnessing a greater understanding of dyslexia, its causes, and the most appropriate teaching methods for these students. Progress is being made in the investigation of the neurological basis of the disorder, and more cases are being diagnosed with dyslexia , not more prevalent in our day, but on a greater knowledge, progress in detection techniques, and development intelligent computational tools.

Moreover, the presence of ICT based on artificial neural networks in daily life of our students and teachers, means we can not ignore and sideline its usefulness as a working tool and support for both students who have difficulties learning , and for those who do not. Therefore we find it necessary to work and reflect on how artificial neural networks can help students presents more difficulties.

Therefore we consider that training in this area will be very useful and necessary to provide the right response to the needs of these children both in the classroom by working with them as if we intervene with these students individually an early form.

## CAPITULO 1

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. TÍTULO DEL PROYECTO

Formulación de un modelo teórico de aplicaciones de las redes neuronales en la solución de problemas de dislexia.

#### 1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

##### 1.2.1. Planteamiento del problema.

Los problemas de aprendizaje tal como su nombre lo indica se enmarcan dentro de la dificultad que tiene alguna persona para aprender de la misma manera que los demás. En general, se ve afectada la comprensión lectora, el uso de las reglas ortográficas, la interpretación de las normas escuchadas, el uso del habla correctamente, la realización de raciocinios y el desarrollo de problemas matemáticos. Estos problemas de aprendizaje se dan de diferente manera y con diferente intensidad dependiendo de la persona, en muchas ocasiones no se realiza un diagnóstico y los niños son catalogados con retraso mental o en ocasiones simplemente se cataloga que es un niño perezoso para el estudio.

Son entonces las dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, alteraciones o retrasos en el desarrollo de uno o más procesos del lenguaje, producidos por una disfunción cerebral y no por un retraso mental o factores culturales, siendo las más comunes en el aprendizaje de niños/as el trastorno de déficit de atención por hiperactividad (TDHA) y las dificultades en el proceso de lecto-escritura como la dislexia y la disgrafia. dificultades que se caracterizan por tres síntomas básicos como son: la falta de atención, la hiperactividad y la impulsividad, problemas que suelen ser detectados en niños a partir de los cinco (05) años de edad y donde las estadísticas señalan que uno de cada 10 niños en edad escolar es afectado por estas dificultades, lo que constituye una gran preocupación para los padres y educadores, puesto que esos problemas influyen en las relaciones interpersonales y conductuales de los niños/as tanto entre sí como hacia sus padres y profesores.

Es importante aclarar que estos niños con problemas de aprendizaje suele tener igual agudeza visual y auditiva, la única diferencia, es que aprenden de un modo diferente y su dificultad está en captar, procesar y dominar las tareas

convencionales, de ahí que se les haga difícil seguir las reglas y concentrarse, entre otras acciones del proceso de aprendizaje.

### 1.2.2. Formulación del problema.

¿Por qué se hace necesario desarrollar un modelo teórico que aplicando redes neuronales y usando la tecnología solucione los problemas de aprendizaje como es la dislexia?

Las razones del uso de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje como la expansión de la hora y el lugar, disponibilidad inmediata y totalmente del tiempo de acceso, la profundidad de la comprensión con la ayuda de simulaciones interactivas e ilustraciones, aumenta el aprendizaje, el interés del estudiante, la estimulación individual por comprender lecciones difíciles y encontrar temas interesantes. Se ha demostrado que en los disléxicos hay una desconexión temporoparietooccipital, y una desconexión con la corteza frontal izquierda, relativa a las demandas de procesamiento auditivo rápido. Asimismo, se han encontrado anomalías en la sustancia gris y en las conexiones entre la corteza temporoparietal y el cerebelo con otras regiones cerebrales y con la aplicación de redes neuronales e inteligencia artificial tratan de representar el conocimiento experto con técnicas de simulación cualitativa y aplicación cognitiva del razonamiento causal, por su semejanza al computador digital, con la ventaja que las redes neuronales almacenan sin errores y en grandes cantidades con resultados lógicos y exactos. Por lo tanto permite el aprendizaje a las personas con este trastorno.

Se hace necesario desarrollar un modelo teórico aplicando redes neuronales y la tecnología, por la semejanza de su interconexión de grupo de neuronas artificiales con la estructura del cerebro y este a su vez es el secreto para el aprendizaje y el conocimiento y en cuanto a la tecnología por sus grandes métodos de transmisión, como: multimedia y tutores que han facilitado y agilizado estos medios. La multimedia como el audio, el video y el escrito logran comunicar algo, es utilizada para publicar información, juegos electrónicos y programas de entrenamiento y los tutores, los cuales son medios computarizados por medio de formularios, de simulación de fenómenos, de preguntas y repuestas que permiten al alumno interactuar con el sistema, usan las diferentes tecnologías como agentes inteligentes, dando así una retroalimentación al mismo y adaptarse al ritmo de aprendizaje del estudiante.

Se convierte en objetivos de la Ingeniería de Sistemas; el crecimiento en investigación para comprender los mecanismos del intelecto, la cognición y la creación de artefactos inteligentes, para el desarrollo de las ciencias de la computación y de poner la lógica al servicio de la construcción de sistemas.

Por lo tanto el problema a resolver es el desconocimiento de las diferentes aplicaciones de las redes neuronales e inteligencia artificial en la detección y tratamiento a trastornos de aprendizaje como lo es la dislexia.

### 1.2.3. Justificación

El gobierno reafirmó el pasado 29 de Mayo de 2012 en la ciudad de Barranquilla su compromiso para trabajar conjuntamente por la transformación de la calidad educativa siendo esta la gran apuesta del Gobierno Nacional.

El gobierno destaca la educación como "aquella que forma mejores seres humanos, ciudadanos con valores éticos, respetuosos de lo público, que ejercen los derechos humanos y conviven en paz. Una educación que genera oportunidades legítimas de progreso y prosperidad para los estudiantes y para el país". ( Ministerio de Educacion Nacional Republica de Colombia, 2012 )

Por esto es importante involucrar los nuevos desarrollos tecnológicos en la enseñanza-aprendizaje, siendo las redes neuronales artificiales, el motor que sustenta las aplicaciones para la ayuda en el aprendizaje a los niños con problemas de dislexia.

Redes neuronales artificiales son una valiosa herramienta que debido a su constitución y a sus fundamentos, presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro ya que el cerebro humano posee aproximadamente cien mil millones de neuronas interconectadas entre sí.

En total cada neurona presenta unas diez mil conexiones formando un complejo mapa de interrelación neuronal y permitiendo el procesamiento en paralelo.

Existen tres propiedades fundamentales en el comportamiento neuronal y son la base de las redes neuronales artificiales:

La integración de impulsos: los impulsos de salida vienen marcados por la adición de los impulsos de entrada

La transmisión de la excitación puede actuar sobre la siguiente neurona excitándola o inhibiéndola y así crear mapas más complejos

Plasticidad que se traduce en una mayor facilidad de transmisión entre dos neuronas al repetirse la conexión entre ellas

Tomando la definición sobre redes neuronales artificiales dada por Raúl Pino Diez en su libro "Introducción a la inteligencia artificial".



“Es un grupo de neuronas simuladas, que están muy interconectadas, al igual que las neuronas del cerebro y que son capaces de aprender de la misma forma que lo hacen las personas.” (Pino Diez, Gomez Gomez, & De abajo Martinez, Pag 29)

Tomando entre otras las siguientes características similares al cerebro humano:

Aprendizaje adaptativo

Auto-organización

Tolerancia a fallos

Operación en tiempo real

Fácil inserción dentro de la tecnología existente

Si estas ventajas se integran dentro del proceso de enseñanza en niños con necesidades especiales de aprendizaje, pueden llegar a mejorar el aprendizaje y la enseñanza tanto de los alumnos como de los profesores.

### 1.3. OBJETIVOS.

#### 1.3.1. Objetivo general.

Formular un modelo teórico de aplicaciones de las redes neuronales en la solución de problemas de dislexia

#### 1.3.2. Objetivos específicos.

- Revisar bibliográficamente algunas teorías de aprendizaje y la teoría de inteligencias múltiples
- Recopilar información sobre las diferentes aplicaciones basada en redes neuronales en la actualidad
- Analizar el funcionamiento, elementos y las diversas herramientas que utilizan las aplicaciones basadas en redes neuronales, aplicadas en los métodos de aprendizaje en la actualidad
- Analizar el desarrollo funcional del cerebro

- Desarrollar un documento que exponga las ventajas de las aplicaciones basadas en redes neuronales, las inteligencias múltiples y los diferentes tipos de aprendizaje
- Formular un modelo teórico de aplicaciones de las redes neuronales en la solución de problemas de aprendizaje a los niños con dislexia.

#### 1.4. MARCO REFERENCIAL.

##### 1.4.1. Marco histórico.

En 1956, los pioneros de la Inteligencia Artificial, Minsky, McCarthy, Rochester, Shanon, organizaron la primera conferencia de Inteligencia Artificial que fue patrocinada por la Fundación Rochester. (Matich, 2001. Pag 6)

Por los años 1957, el Científico Frank Roseblatt desarrolló el mayor trabajo de investigación en computación neuronal. El cual consistía en la creación de un elemento llamado Perceptron que es un sistema, clasificador de patrones, que puede identificar tanto patrones geométricos como abstractos.

A mediados de los 60, se publica el libro Perceptron, el cual contiene todo un análisis matemático y crítico, que se transmite a los científicos del mundo entero y que pone en entredicho la investigación de la computación neuronal.

En la década de los años 70, es Teuvo Kohonen, se convierte en el mayor impulsador de la computación neuronal, y de su trabajo se destacan dos aportes extraordinarios:

- La descripción y análisis de una clase grande de reglas adaptativas, reglas en las que las conexiones ponderadas se modifican de una forma dependiente de los valores anteriores y posteriores de las sinapsis
- El principio de aprendizaje competitivo en el que los elementos compiten por responder a un estímulo de entrada y el ganador se adapta él mismo para responder con mayor efecto al estímulo

Actualmente, el espíritu investigativo se ha proliferado en diversas universidades del mundo con relación a redes neuronales artificiales.

- La Universidad de Stanford posee uno de los mayores grupos de investigación de los últimos años. El grupo PDP (Parallel Distributed Processing) formado por Rumelhart, McClelland y Hinton

- La Universidad de Carnegie-Mellon Rumelhart es uno de los principales impulsores de la red más utilizada en la mayoría de las aplicaciones actuales, la famosa red neuronal Backpropagation
- En la Universidad de Toronto, Hinton y Sejnowski han desarrollado una máquina llamada Boltzman que consiste en la red de Hopfield con dos modificaciones significativas. (Matich, 2001)

Desde la Escuela Nueva se destacó la importancia de la actividad del alumno en su aprendizaje a través del desarrollo de actividades prácticas, la experimentación y la investigación. El aula se convierte en un laboratorio de aprendizaje, donde los alumnos estudian pocas materias, pero en profundidad para desarrollar su comprensión.

En la actualidad se investiga las diferentes teoría de aprendizaje, las cuales intentan explicar cómo se aprende y las condiciones óptimas para enseñar.

La comprensión histórica de este tema tiene una gran importancia para interpretar las situaciones, eventos, fenómenos, comportamientos individuales y sociales del presente académico; llama la atención que algunas concepciones y teorías emitidas hace más de 2500 años, aún mantengan vigencia, ahora soportadas por la ciencia con base en la observación y experimentación.

El aprendizaje, desde el inicio de la enseñanza formal, era memorístico y los griegos lo refuerzan este con la aplicación de reglas nemotécnicas. La enseñanza dirigida a lograr un aprendizaje mecánico, se extendió ininterrumpidamente, al menos en el mundo occidental, hasta el siglo XII, cuando surge la universidad de París en la cual se aplicó la dialéctica que Aristóteles había creado en el siglo III a.C: y el alumno podía expresar sus ideas para la discusión. (Ninon Fonseca & Bencomo, 2011)

A mediados del siglo XVIII surgen nuevas ideologías sobre la teoría del aprendizaje

- JJ Rousseau (1712-1778) quien creó la teoría del Desarrollo Natural
- J.F. Herbart (1776-1841), quien fue el creador de la teoría de la Apercepción (estructura cognitiva en la mente) y fue un notable precursor de las teorías psicológicas del aprendizaje modernas
- John B. Watson (1878-1958), fue el creador de la teoría psicológica conductista del aprendizaje el cual se basa en el estímulo respuesta.
- Ausubel en 1973 cuña el término “aprendizaje significativo” término que venía implícito en muchos trabajos de la era precristiana.

El alumno es el centro del proceso de aprendizaje y lo debe dirigir utilizando sus propias estrategias cognitivas para aprender; las que ha empleado toda su vida y

las nuevas que adquirirá ante cada reto que enfrente a lo largo de sus actividades de aprendizaje. (Heberto & Ninón, 2011)

Es necesario acercarse hacia el desarrollo del software en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Según Gros en 1997 propone una clasificación en base cuatro categorías:

- Tutoriales: enseña un determinado contenido
- Práctica y ejercitación: ejercitación de una determinada tarea
- Simulación: proporciona entornos de aprendizaje
- Hipertextos e hipermedias: entorno no lineal

Colon, Sureda y salinas en 1988, se refiere al computador como instrumento de ayuda para la adquisición de determinados conocimientos y el computador como herramienta intelectual que ayuda al desarrollo del aprendizaje aplicado a la solución de problemas.

Las principales teorías y sus actores que nos presenta Santos Urbina Ramírez son:

- La perspectiva conductista: (Skinner). Formula el condicionamiento operante y la enseñanza programada. Su escuela básica es Estimulo–Respuesta (E-R).SKINNER 1985),
- EAO: presentación secuencial de preguntas y en la elección correspondiente de las respuestas de los alumnos se centra en programas muy precisos basados en la repetición.
- Al aprendizaje significativo de Ausubel se centra en el aprendizaje de las materias más fundamentales, destaca el aprendizaje por recepción y el EAO como medios eficaces sobre todo para proponer situaciones de descubrimiento y simulaciones
- Aprendizaje por descubrimiento: (Bruner).la solución de los problemas depende de cómo se presentan estos en una situación determinada, ya que son un reto o desafío que ayuda a la adquisición del conocimiento
- La teoría de Piaget: El desarrollo de la inteligencia es una adaptación del individuo al medio a través de los sentidos
- Procesamiento de la información de Gagné. Este pretende ofrecer un esquema general como guía para que los educadores creen sus propios diseños instructivos, adecuados a los intereses y necesidades de los alumnos.

- El constructivismo de Papert.(creador del lenguaje “LOGO”) para Papert el computador reconfigura las condiciones de aprendizaje y supone nuevas formas de aprender
- Constructivismo y mediación (Martí 1992) el sujeto en su exploración individual puede adquirir esquemas generales de conocimiento, pero es más difícil conseguir alcanzar aprendizajes específicos

Se ha de tener en cuenta que algunas teorías estarán mejor que otras en determinados tipos de programas. Así, es posible que pese a las limitaciones de los más sencillos programas de EAO sean más que suficientes para una utilización de ejercitación y práctica. (Ramirez, 1999)

#### 1.4.2. Marco conceptual

##### 1.4.2.1. Inteligencias múltiples

Según Howard Gardner en su libro: “Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences” en 1993. Se abre así a partir de esta teoría de las “INTELIGENCIAS MÚLTIPLES (IM)” una revolución en la enseñanza; el conocimiento, al alcance de las diferentes inteligencias de los docentes, de los padres y de instituciones de educación.

Según Howard Gardner, existen nueve tipos diferentes de inteligencia:

- Inteligencia Lógico-Matemática: capacidad de entender las relaciones abstractas. La que utilizamos para resolver problemas de lógica y matemáticas.
- Inteligencia Lingüística: capacidad de entender y utilizar el propio idioma. Utiliza ambos hemisferios
- Inteligencia Espacial: capacidad de percibir la colocación de los cuerpos en el espacio y de orientarse. Consiste en formar un modelo mental del mundo en tres dimensiones
- Inteligencia Corporal-Kinestésica: capacidad de percibir y reproducir el movimiento. Aptitudes deportivas, de baile. Capacidad de utilizar el propio cuerpo para realizar actividades o resolver problemas
- Inteligencia Musical: capacidad de percibir y reproducir la música
- Inteligencia Intrapersonal: capacidad de entenderse a sí mismo y controlarse. Autoestima, autoconfianza y control emocional

- Inteligencia Interpersonal: capacidad de ponerse en el lugar del otro y saber tratarlo
- Inteligencia Naturalista: capacidad para desenvolverse en la naturaleza
- Inteligencia Existencial: capacidad para plantearse preguntas fundamentales sobre el ser humano, la existencia y Dios

Todas las personas poseen en cierta medida cada una de las inteligencias citadas por Gardner, existen individuos que sobresalen en alguna inteligencia en especial.

Al tiempo que ciertos individuos son promesas en una inteligencia específica otros no lo son y están en riesgo de discriminación por la sociedad, En ausencia de ayudas especiales, es probable que los que están en esta situación fracasen.

#### 1.4.3. Similitudes entre redes neuronales artificiales y el cerebro

Teniendo en cuenta que una RNA, está compuesta por muchas unidades de procesamiento simple, llamadas neuronas, las cuales se comunican a través de conexiones que transportan la información, con un alto grado de interconectividad, se realiza la analogía con el cerebro toda vez que en éste existen billones de neuronas interconectadas. Además, cabe anotar que los elementos que componen las RNA están organizados de una forma parecida a la que tiene el cerebro humano.

El origen de estas RNA o ANN proviene del deseo o necesidad de producir sistemas inteligentes similares a los que realiza el cerebro humano, intentando interactuar con los objetos del mundo real, tal como lo hace el sistema nervioso.

Las similitudes más latentes entre las RNA y el cerebro podemos resumirlas en:

- Capacidad de aprendizaje, basado en un entrenamiento o experiencia previa
- Auto organización, para crear su propia organización mediante etapas de aprendizaje
- Tolerancia a fallos
- Operación en tiempo real
- Fácil construcción en CI

En cuanto a las áreas de aplicación también encontramos similitudes, biología, empresa, medio ambiente, finanzas, manufactura, medicina.

En cuanto a las actividades realizadas están el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones, filtrado de señales, control de robots.

Ha sido tan cercano el funcionamiento de las redes neuronales a la actividad cerebral, que estas pueden ofrecer, dentro del margen, respuestas correctas a entradas que presenten pequeñas variaciones a causa de ruido o distorsión de la información, pudiendo incluso abstraer o considerar por separado las cualidades de un objeto. (Olabe, 2013)

Siendo importante analizar esta muy compleja maquinaria biológica que contiene millones de neuronas (que son en cierto modo "procesadores" elementales) y 100.000.000.000.000 ( $10^{14}$ ) conexiones entre ellas, con idéntica capacidad en bits.

El cerebro es la computadora de mayor capacidad de almacenamiento de información del mundo (280 trillones de Bytes). La unidad anatómica y funcional del cerebro es la neurona (célula del sistema nervioso).

El cerebro corresponde a la porción más desarrollada del encéfalo. Está dividido en dos mitades, llamadas hemisferios cerebrales, uno derecho y otro izquierdo. El encéfalo es la parte del sistema nervioso central encerrada en la cavidad craneal. Se divide en:

- Cerebro anterior
- Cerebro medio
- Cerebro posterior

En el cerebro se distinguen tres estructuras fundamentales, que son: la corteza cerebral, formada por una sustancia gris (los somas de las neuronas); la porción o masa central, constituida por una sustancia blanca o cuerpo calloso (los axones de las neuronas) y los núcleos de base, formados por agrupaciones o gránulos de sustancias gris.

La corteza cerebral presenta ciertos pliegues y hendiduras. Los pliegues se denominan circunvoluciones. En ella se producen las más complejas interconexiones neuronales, que proporcionan al hombre su capacidad intelectual y emocional

El hemisferio derecho y el izquierdo controlan funciones absolutamente diferentes. Mientras el primero manda sobre facultades como la capacidad creativa, artística y la orientación espacial; el segundo lo hace sobre otras, como el cálculo matemático, la comprensión verbal y la memoria.

La actividad del cerebro consiste en procesar miles de millones de impulsos eléctricos (impulsos nerviosos) que viajan a través de las neuronas a una velocidad que alcanzan los 300 Kilómetros sobre hora (Km/h), y cuya frecuencia o número de pulsaciones constituye el elemento variable del mensaje codificado.

El lugar donde dos neuronas se unen (no físicamente) se llama sinapsis. Los impulsos nerviosos pasan por la sinapsis en una sola dirección, del axón de una neurona a la dendrita de la otra neurona. (Tovar Franco)

#### 1.4.3.1. Hiperactividad (TDHA)

La Hiperactividad infantil es un trastorno de conducta de origen neurológico. Su incidencia es de un 3% a un 5% de la población infantil, La mayoría de los niños hiperactivos presentan dificultades en el aprendizaje.

El THDA puede ser hereditario, pero no está claro qué lo causa exactamente. Cualquiera que sea su causa, parece iniciarse muy temprano en la vida a medida que el cerebro se está desarrollando. Los estudios imagenológicos sugieren que los cerebros de los niños con trastorno de hiperactividad con déficit de atención (THDA) son diferentes de los cerebros de otros niños.

El 40 ó el 50% de los niños hiperactivos tienen un bajo rendimiento escolar, tienen dificultades perceptivas, con lo cual no diferencian bien entre letras y líneas y tienen poca capacidad para estructurar la información que recibe a través de los distintos sentidos. (Rogge, 2012)

#### 1.4.3.2. Dislexia

Los niños con dislexia, presentan dificultades de conciencia fonémica y fónica. Las investigaciones han demostrado que la dislexia se produce debido a problemas sutiles en el procesamiento de la información, especialmente, en las zonas del cerebro relacionadas con el lenguaje. Por este motivo, la lectura no se convierte en un proceso automático sino que permanece lento y dificultoso. Cuando el niño encuentra dificultades en estos primeros pasos de lectura, se ve afectada la comprensión y es probable que esto lleve a la frustración. Leer resulta una actividad compleja y difícil para nuestro cerebro, por lo que no debe extrañarnos que a tantos niños les cueste desarrollar esta habilidad.

De hecho, entre el 15% y el 20% de la población de los Estados Unidos posee un trastorno específico de lectura llamado dislexia, el cual representa la principal causa de problemas de lectura en la escuela. Sufrir de problema de aprendizaje puede provocar frustración e inseguridad, especialmente cuando permanece sin recibir diagnóstico durante mucho tiempo. (Bailet, 2011)



#### 1.4.3.3. Disgrafía

Al igual que sucede con la dislexia, se plantea el problema de delimitar a los sujetos que presentan un trastorno de la escritura. En primer lugar se encuentran con niños que muestran dificultad para escribir palabras con buena expresión oral, en segundo lugar niños que escriben incorrectamente las palabras y que tienen dificultades en la expresión oral y en tercer lugar, niños que escriben correctamente las palabras y que tienen dificultad en la expresión oral.

En la redacción, los problemas pueden estar causados por la incapacidad de generar ideas, de organizarlas coherentemente o escribir utilizando correctamente las reglas gramaticales.

La Escritura, es por tanto una conducta muy compleja y en la que intervienen diferentes procesos y estructuras mentales, pero también factores de tipo emocional. (Bailet, 2011)

#### 1.4.3.4. Inteligencia artificial

Una posible definición de la inteligencia artificial, dada por Farid Fleifel Tapia sería: “la rama de la ciencia de la computación que estudia la resolución de problemas no algorítmicos mediante el uso de cualquier técnica de computación disponible, sin tener en cuenta la forma de razonamiento subyacente a los métodos que se apliquen para lograr esa resolución.”

#### 1.4.3.5. Aprendizaje adaptativo

La capacidad de aprendizaje adaptativo es una de las características más atractivas de redes neuronales. Esto es, aprenden a llevar a cabo ciertas tareas mediante un entrenamiento con ejemplos ilustrativos.

Como las redes neuronales pueden aprender a diferenciar patrones mediante ejemplos y entrenamientos, no es necesario elaborar modelos a priori ni necesidad de especificar funciones de distribución de probabilidad.

Las redes neuronales son sistemas dinámicos autoadaptativos. Son adaptables debido a la capacidad de autoajuste de los elementos procesales (neuronas) que componen el sistema.

En el proceso de aprendizaje, los enlaces ponderados de las neuronas se ajustan de manera que se obtengan ciertos resultados específicos. Una red neuronal no

necesita un algoritmo para resolver un problema, ya que ella puede generar su propia distribución de pesos en los enlaces mediante el aprendizaje.

#### 1.4.3.6. Redes neuronales artificiales

Existen numerosas formas de definir a las redes neuronales; desde las definiciones cortas y genéricas hasta las que intentan explicar más detalladamente qué son las redes neuronales, por ejemplo:

- Una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos
- Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles
- Un sistema de computación compuesto por un gran número de elementos simples, elementos de procesos muy interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas
- Redes neuronales artificiales son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización

Jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico

#### 1.4.3.7. Modelos neuronales

En todo modelo artificial de neurona se tiene cuatro elementos básicos:

- Un conjunto de conexiones, pesos o sinapsis que determinan el comportamiento de la neurona
- Un sumador que se encarga de sumar todas las entradas multiplicadas por las respectivas sinapsis
- Una función de activación no lineal para limitar la amplitud de la salida de la neurona
- Un umbral exterior que determina el umbral por encima del cual la neurona se activa. (Serrano, Soria, & Martin, 2010. Pag 15)

#### 1.4.3.8. Algoritmo Backpropagation

El algoritmo de aprendizaje backpropagation es algoritmo de descenso por gradiente que retropropaga las señales desde la capa de salida hasta la capa de entrada optimizando los valores de los pesos sinápticos mediante un proceso iterativo que se basa en la minimización de la función de coste por tal motivo puede dividirse en dos fases:

- Propagación hacia adelante: Se propaga las señales desde la capa de entrada hasta la de salida, determinándose la salida de la red y el error cometido al comparar esta con el valor de la salida deseada que se la facilita a la red durante la etapa de aprendizaje
- Propagación hacia atrás: en función de los errores cometidos en la capa de salida, el algoritmo se encarga de optimizar los valores de los pesos sinápticos que determinan las conexiones entre las neuronas mediante la retropropagación del error de la capa de salida a la entrada a través de las sucesivas capas ocultas

#### 1.4.4. Marco legal.

Según el Marco legal del diseño curricular en Colombia en los diferentes establecimientos educativos del país, las cuales son reguladas bajo las normas:

- Ley General de Educación, Ley 115 de 1994
- Decreto 1860 de 1994
- Resolución 2343 de 1996
- Decreto 1290 de 2009
- Lineamientos curriculares de las diferentes áreas
- Estándares básicos de competencias en diferentes áreas

Normas que contemplan como objetivos generales, específicos y fines de la Educación:

- Ampliar y profundizar en el razonamiento lógico y analítico para la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, la tecnología y de la vida cotidiana
- La iniciación en los campos más avanzados de la tecnología moderna y el entrenamiento en disciplinas, procesos y técnicas que le permitan el ejercicio de una función socialmente útil

- Promocionar en la persona y en la sociedad de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país y le permita al educando ingresar al sector productivo.
- La tecnología e informática hace parte de los grupos de áreas obligatorias y fundamentales para el logro de los objetivos de la educación básica. (Congreso de la Republica de Colombia, 1994)

### 1.5. DISEÑO METODOLOGICO PRELIMINAR.

- Revisar bibliográficamente algunas teorías de aprendizaje y la teoría de inteligencias múltiples.

Se consultarán artículos publicados en internet con el fin de obtener la mayor documentación posible relacionada con las teorías de aprendizaje e inteligencias múltiples.

- Recopilar información sobre las diferentes aplicaciones basada en redes neuronales en la actualidad.

Se trata de realizar un recorrido virtual alrededor de las redes neuronales, para identificar sus diversas aplicaciones en el mundo actual.

- Analizar el funcionamiento, elementos y las diversas herramientas que utilizan las aplicaciones basadas en redes neuronales, aplicadas en los métodos de aprendizaje en la actualidad.

Este proceso de análisis nos llevará a obtener conclusiones interesantes, dado que nos permitirá comparar y evaluar los métodos de aprendizaje utilizados en la actualidad a partir de las aplicaciones con redes neuronales.

- Analizar el desarrollo funcional del cerebro.

Estudiar detenidamente el proceso funcional del cerebro y sus similitudes con las redes neuronales, realizando los comparativos que nos llevarán a entender el proceso biológico del sistema nervioso y la importancia de la interconectividad para llevar a cabo cada tarea.

- Desarrollar un documento que exponga las ventajas de las aplicaciones basadas en redes neuronales, las inteligencias múltiples y los diferentes tipos de aprendizaje.

Se trata de identificar cada ventaja resultante de la aplicación de redes neuronales, relacionar todos los pros y garantías que ofrecen las RNA en los diferentes procesos

de aprendizaje. Todos estos aportes se irán recopilando para elaborar el documento que se presenta.

- Formular un modelo teórico de aplicaciones de las redes neuronales en la solución de problemas de aprendizaje a los niños de con dislexia.

Sacar el mayor provecho y utilidad a las aplicaciones neuronales con el fin de contribuir en la solución de problemas de dislexia, aportando felicidad a la humanidad, dado que mejorará el problema de dislexia en la sociedad.

## CAPITULO 2

### 2. ESTADO DEL ARTE

#### 2.1. SOFTWARE BASADO EN REDES NEURONALES APLICADOS A NIÑOS CON DISLEXIA.

Uno de los retos de la tecnología actual es encontrar las soluciones para que las personas con dificultades de aprendizaje, puedan continuar con su formación académica.

En la actualidad existen varias aplicaciones destinadas a la ayuda de los niños con problemas de dislexia, que utilizan las redes neuronales como base en el desarrollo de la aplicación.

Las redes neuronales por su gran poder de procesamiento permite el análisis en tiempo real de la información recopilada por los diferentes dispositivos de entrada, mejorando la velocidad de respuesta del software. En este contexto, las redes neuronales artificiales se perfilan como la principal herramienta que ayudará a las personas disléxicas a mejorar su nivel de escolaridad, mejorando su autoestima.

En la actualidad existen varias investigaciones destinadas a la ayuda de los niños con problemas de dislexia, que utilizan las redes neuronales como base en el desarrollo de la aplicación. Tales como:

##### 2.1.1. The implementation of interactive multimedia in early screening of dyslexia (Smarth Lexic).

Esta una herramienta de evaluación basada en multimedia, adecuada para estudiantes con dislexia.

Los avances en la tecnología multimedia dan la oportunidad a los profesores e investigadores de generar nuevas alternativas al ambiente tradicional de aprendizaje al ser más efectiva.

Las aplicaciones de multimedia se utilizan en muchas áreas, tales como: la educación, la comunicación, el entretenimiento, y la medicina. Recientemente, la multimedia ha sido ampliamente utilizada en enseñanza y el aprendizaje, ya que motiva los estudiantes y mejora su rendimiento. (Manjit Singh & Manzura, 2010)

En el diseño de medios interactivos para las personas con dislexia, los diseñadores necesitan comprender las demandas cognitivas impuestas a los usuarios disléxicos.

Hay algunos elementos que deben considerarse que son: el estilo de fuente, el estilo de presentación, estilo de escritura, estilos alternativos para aumentar la accesibilidad y el uso de carteles.

Smath Lexic fue desarrollada usando Adobe Flash Professional CS5, adobe Photoshop Elements, Microsoft Paint y Audicity 1.3 Beta. Esta aplicación, está diseñada para niños entre 7 y 9 años de edad, centrándose en 3 competencias claves del aprendizaje como son:

- La identificación de letras
- La identificación de números
- La identificación de direcciones.

Por lo tanto esta aplicación contiene 3 módulos:

- “Kenalpasti Huruf“, modulo para reconocimiento de letras
- “Kenalpasti Nombor“, modulo para reconocimiento de números
- “Kenalpasti Arah“, modulo para reconocimiento de direcciones



Figura 1 Kenalpasti Huruf (Manjit Singh & Manzura, 2010)

Como vemos en la imagen el niño podrá, interactuar con la imagen identificando la letra que escucha, este módulo posee 12 letras que son las que comúnmente confunden las personas disléxicas.



Figura 2 Kenalpasti Nombor (Manjit Singh & Manzura, 2010)

En este módulo de igual manera que en el módulo anterior, el niño escucha el número proporcionado por el elemento multimedia y asigna su elección en pantalla.



Figura 3 Kenalpasti Arah (Manjit Singh & Manzura, 2010)

Modulo para reconocimiento de direcciones, modulo que refleja la situación en el mundo real.

Los resultados arrojados por esta investigación indican que elementos multimediales pueden influir en el rendimiento de los estudiantes con dislexia, ya



que los resultados obtenidos en el estudio son más confiables en comparación con el método de detección manual.

Se ha demostrado que la aplicación Smarth Lexic, tiene una gran potencial para ser utilizado como un enfoque alternativo para identificar estudiantes de la probabilidad de que tenga dislexia. (Ekhsan , Ahmad , Halim , & Hamid , 2012)

#### 2.1.2. A modified maximum correlation modeling method for fmri brain mapping; application for detecting dyslexia

Las Imágenes por Resonancia magnética funcional (fMRI), son una de las tecnologías que han demostrado ser útiles para el estudio de las funciones cerebrales.

Se realiza un método jerárquico que aplica una optimización al algoritmo basado en el modelo correlación máxima modificada (MCM) que pueden detectar pequeñas variaciones en los dos grupos de estudio (sujetos sanos y disléxicos).

Tomamos la hipótesis de que la dislexia podría representarse a través de fMRI las señales de actividades cerebrales en regiones específicas del cerebro.

Las imágenes son tomadas usando el escáner “1.5-T General Electric echo-speed Horizon LX”, se proyectan dieciséis palabras sobre una pantalla por 32 pulgadas, un nuevo conjunto de palabras se muestran al sujeto cada 2 segundos.

Se utiliza un paradigma denominado “BOXCAR” el cual se utiliza para representar la funcionalidad de los bloques, BOXCAR contiene cinco bloques de periodos de actividad y descanso, con 332 segundos de la tarea visual y no visual respectivamente.

Cada exploración funcional consta de 96 imágenes consecutivas como una secuencia, cada imagen consiste de 28 rodajas de 5 mm de espesor sin espacio en las rodajas.

Para la detección de las regiones altamente informativas del cerebro, se utiliza el software “Statistical Parametric Mapping (SPM), este software utilizado para el análisis de las imágenes de las funciones cerebrales.

Se ha probado con éxito nuestra hipótesis mediante el método planteado en un conjunto de datos que contiene las fMRI de los dos grupos (sujetos sanos y disléxicos). (Ji & Najarian, 2008)

### 2.1.3. A new cad system for early diagnosis of dyslexic brains

La importancia del diagnóstico precoz preciso de la dislexia, que gravemente afecta la capacidad de aprendizaje de los niños, no puede ser exagerada.

Los estudios de las Neuropatologías han revelado una anatomía anormal de la sustancia blanca cerebral (CWM) en los cerebros disléxicos.

Se explora la posibilidad de distinguir entre cerebros normales y cerebro de las personas que sufren de dislexia. Utilizando Resonancia Magnética 3D (RM).

El enfoque de este desarrollo consiste en:

- La segmentación de la “CWM” en una imagen del cerebro 3D utilizando un límite 3D deformable
- Extracción de la CWM segmentado
- Análisis de la forma de cuantificar espesor de las muestras extraídas y clasificar los disléxicos y los sujetos normales.

Resultados experimentales iniciales sugieren que el análisis de la textura 3D propuesta, es un complemento prometedor para ayudar a las técnicas en el diagnóstico de la dislexia. (El-Baz, Casanova, Gimel'farb, Motr, Vanbogaert, & McCracken, 2008)

### 2.1.4. Developmental dyslexia in pre-readers children.

El uso combinado de herramientas de investigación en la detección temprana puede resultar muy eficaz para niños con déficit de aprendizaje en etapa pre-escolar. Por otra parte, los métodos de rehabilitación que estimulan tanto las habilidades fonológicas y la atención visual-espacial, han demostrado ser los más eficaces en niños ya diagnosticados con dislexia.

La formación de estas habilidades antes de que el niño comience a aprender a leer, puede ayudar a su futura capacidad de lectura.

La idea es ocultar debajo de un juego ejercicios para entrenar tanto la atención visual-espacial como la segmentación del habla, Para permitir un tratamiento eficaz, cada niño necesita para llevar a cabo el mismo conjunto de ejercicios durante unos 20-30 minutos por día, cada día durante al menos un mes.

Una formación de esta duración puede ser suficiente para desarrollar las habilidades individuales que serán útiles para aprender a leer. Una segunda clave tiene como

objetivo hacer que los juegos transformen un paciente molesto en un emocionado jugador.

#### 2.1.4.1. Juego “Paths”

Camino es un juego creado para entrenar la capacidad del usuario para discriminar rápidamente entre las imágenes en la región de la fóvea y en el área ocular circundante. La fóvea constituye el centro área de la retina y que se caracteriza por ser la más aguda, en concreto, determina una visión ordenada del punto u objeto específico que estamos viendo, mientras que el contorno es percibido borrosamente. El juego invita al niño a seguir algunos caminos obligados a llegar a un punto final. Estos caminos consisten en una serie de círculos abiertos (similar a la letra C) orientados en las cuatro direcciones izquierda-derecha-arriba-abajo, como se muestra en la figura 4.

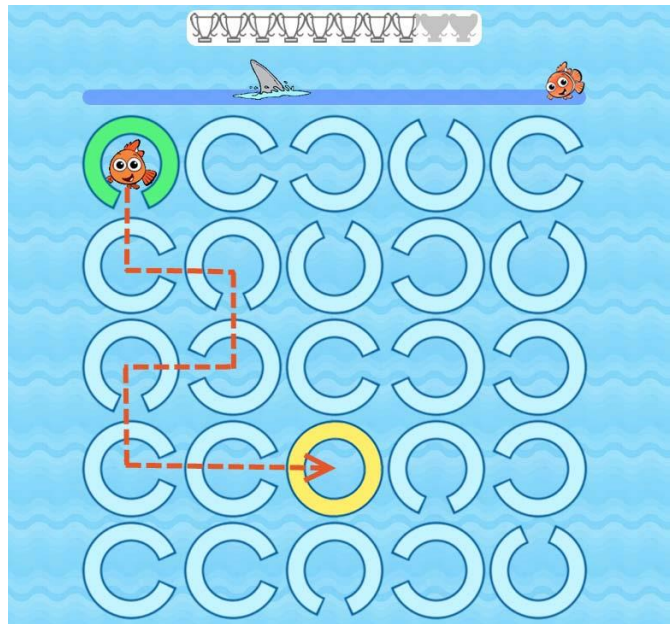


Figura 4 Juego Paths (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012)

Este ejercicio consiste en una búsqueda visual, lo que implica la capacidad de procesar algunos estímulos; El efecto de hacinamiento, es decir, la dificultad en el reconocimiento visual de un blanco rodeado de otros elementos visuales, juega un desafiante papel en el funcionamiento del cerebro niño.

Para finalizar con éxito el juego, el niño debe mejorar su capacidad para analizar cada elemento entre el punto de partida y el objetivo final, a fin de planificar la sus movimientos.

#### 2.1.4.2. Juego 2: “Fence letters”

Juego diseñado para capacitar al niño a concentrarse en los estímulos locales, ignorando la imagen que contiene límites parcialmente discontinuos.

Se le pide al niño cerrar las líneas de la figura cada vez que el niño identifica un agujero en la figura y cierra, se genera un sonido para reforzar una implícita asociación grafema-fonema. Cuando las habilidades del jugador mejoran, el nivel de dificultad del juego aumenta, añadiendo nuevos peces y aumentando su velocidad.

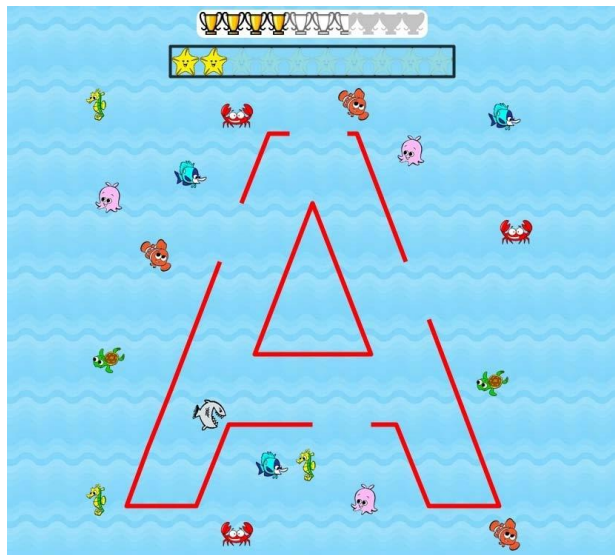


Figura 5 Juego Fence Letters (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012)

En la figura podemos observar la manera como el niño debe completar la forma, identificando la letra que se encuentra inmersa en la figura.

#### 2.1.4.3. Juego 3: “Wizard”

El jugador tiene que identificar uno entre dos estímulos auditivos, cual es emitido primero. De hecho, es bien sabido que los sujetos que sufren de dislexia tienen dificultades en el procesamiento rápido de los estímulos. Temporal Order Judgment (TOJ) está diseñado específicamente para estas pruebas; por generación de los sonidos, que tiene el niño para discriminar en función de su orden de emisión. (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012)

Este juego basado en TOJ llamado Wizards, es donde se presenta la discriminación temporal de los sonidos como un reto divertido, con dos magos rivales.

El jugador tiene que indicar (a través de la pantalla táctil), quien lanzó el hechizo mediante la identificación de la letra pronunciada a fin de cancelar el hechizo y volver a transformar los pequeños monstruos en cangrejos. Cada fonema tiene una duración de 150 ms, que es la cantidad mínima de tiempo para identificar la letra correspondiente.

Los intervalos entre la lanzada de una letra y el sonido son variables dependiendo de las habilidades del niño.



Figura 6 Juego Wizard (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012)

En la figura podemos observar los magos que son los que interactúan con la pronunciación de las letras, una pantalla con gran cantidad de colores que permiten que los niños estén sumergidos en el juego.

Como ya se ha discutido en la Sección II de la propuesta sería juegos deben ser accesibles en todas partes, tanto en línea como fuera de línea, con el fin de adaptarse a la mayor cantidad de situaciones diferentes en las que un usuario puede jugar. (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012)

Por otra parte, lo particular de los usuarios finales, los niños en edad preescolar, requiere especial atención al paradigma de interacción que se utiliza.

Por lo tanto, el diseño de la arquitectura del sistema debe tomar en cuenta dos cuestiones diferentes:

- La facilidad de uso de cada juego, teniendo en cuenta lo especial de los usuarios finales
- la portabilidad del sistema global.

Algunos estudios han propuesto las interfaces táctiles como paradigma de interacción adecuado para niños muy pequeños, incluso de 2 años de edad. Sus pruebas mostraron que este paradigma interacción se considera muy natural.

De hecho, los niños pueden interactuar con dispositivos de pantalla táctil sin pedirles que aprendan de los diferentes periféricos, como un teclado o un ratón; simplemente interactúan con el dispositivo tocando la pantalla con un dedo en la misma forma en que se toque un objeto que les gusta.

Por esta razón, interfaces táctiles son un excelente candidato para las aplicaciones dirigidas a los niños.

Debido a su planteamiento portable, todos los juegos se pueden reproducir en cualquier dispositivo. Por este motivo se ha implementado esta aplicación, como una aplicación rica de Internet (RIA). Cada juego es una aplicación web accesible a través de cualquier navegador: (Gaggi, Galiazzo, & Palazzi, 2012)

#### 2.1.5. Jollymate: assistive technology for young children with dyslexia

JollyMate es un asistente tecnológico para niños pequeños con dislexia, es un block de notas digital que emula el sistema fonético de las letras, este utiliza simples reconocedores de caracteres escritos a mano utilizando la herramienta "the Lipi IDE tool de Lipi Toolkit", que nos sirve para identificar cuando un carácter ha sido escrito incorrectamente.

Jollymate es un dispositivo de auto-aprendizaje para los niños disléxicos. Diseñado en forma de un cuaderno escolar, permite que el niño practique cómo escribir cartas y números correctamente.

Jolly Phonics, un sistema diseñado específicamente para enseñar a los sonidos de las letras y la formación de las letras del idioma Inglés a los niños con esta diferencia en el aprendizaje.

Los programas Fonéticos consisten en grupos de seis "letras con sonido" que se han clasificado cuidadosamente para ayudar al aprendizaje. Para ejemplo, uno de estos conjuntos es {s, a, t, i, p, n}. Estas letras no se introdujeron sólo visualmente, sino también a través de sus sonidos, y una acción. Por ejemplo, la letra 's' se puede

introdujo a través de una historia protagonizada por un serpiente, donde los sonidos de la serpiente es enfatizó, y la acción ondulada de la serpiente es también realizado.

El niño puede relacionar la forma visual de la letra a su sonido, y su acción, hará que recuerde mejor la letra.

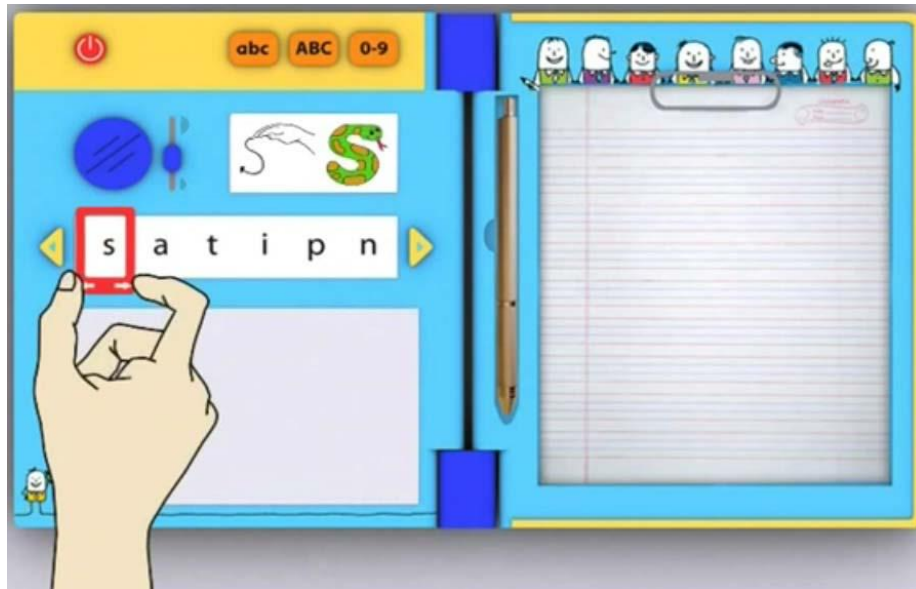


Figura 7 Cuaderno de tareas JollyMate (Khakhar & Madhvanath, 2010)

En la figura podemos apreciar la forma en que el niño interviene en el juego con la asignación de la letra a la figura o el sonido con el cual se está describiendo el acto. Cuando el niño identifica la letra, el sonido y su forma, este puede acceder al área de trabajo de la derecha.

Si lo que escribe el niño esta correcto se enciende una estrella que indica que el éxito en la formación de la letra, sin embargo si las letras están mal escritas, por ejemplo reflejado, que es el problema de los disléxicos, JollyMate reconoce el error y proporciona retroalimentación auditiva para animar al niño a continuar. (Khakhar & Madhvanath, 2010)

Lipi Toolkit de Hp labs es un proyecto cuyo objetivo es facilitar el desarrollo de motores de reconocimiento de escritura manual.

El kit de herramientas soporta implementaciones robustas, algoritmos y el código necesario para el soporte de actividades que van desde: datos de escritura a mano, recopilación y anotación, la formación y evaluación de reconocedores de formas.

Su primera versión fue lanzada en 2006 contenía algoritmos básicos o formas de reconocimiento aislada.

Lipi proporciona una interfaz de usuario fácil de implementar, es implementada en java y proporciona al usuario la capacidad de crear un nuevo reconocedor. Esta herramienta se puede usar para crear rápidamente reconocedores de conjuntos arbitrarios de símbolos. (Hp Labs India, 2013)

#### 2.1.6. School children dyslexia analysis using self organizing maps

Numerosos estudios han demostrado las anomalías en la estructura y la función de los cerebros disléxicos, dicha disfunción se manifiesta con el movimiento excesivo de los ojos. Mediante la medición del movimiento de los ojos se podría potencialmente predecir el riesgo del futuro desarrollo de la dislexia en niños a temprana edad.

Con la ayuda de potentes computadores ahora disponibles, es posible desarrollar métodos automatizados basados en videoculography (VOG) para la detección de la dislexia temprana.

Una imagen video se combina con un software de un computador para calcular la posición de la pupila y su centro, Esto permite que el movimiento vertical y horizontal de los ojos pueda ser medido. Aplicando un método de extracción de características el cual se basa en técnicas de modelado inductivas.

Al modelar un sistema en el mundo real, es necesario preseleccionar una serie de variables a partir de la información disponible que puede tener impacto en el comportamiento del sistema.

El objetivo de la selección de las variables es para evitar seleccionar demasiado o muy pocas variables necesarias.

Han utilizado algoritmos para la selección de variables por que codifican el conjunto inicial de "n" variables a un cromosoma, donde 1 y 0 representan presencia y ausencia, respectivamente, de las variables en el subconjunto final.

Estos métodos son por lo general se utiliza como una herramienta de pre procesamiento de datos para su posterior sistema de modelado y la clasificación por medio de redes neuronales.

Utilizamos un enfoque inductivo combinado con el "Algoritmo de la genético Niching" en lugar de las redes neurales tradicionales.

Considerando que las redes neuronales tienen una estructura predefinida, en modelos productivos crecen a partir de los datos establecidos en el proceso de aprendizaje.



El proceso de construcción es altamente eficiente, que comienza de forma mínima y el modelo crece según la complejidad del sistema. (Novack, Kordick, Macas, Vyhnalek, Brzezny, & Lhotská, 2004)

#### 2.1.7. Specific phonological impairments in dyslexia revealed by eye-tracking

Los déficits fonológicos en la dislexia se evalúan normalmente utilizando tareas metalingüísticas vulnerables a factores externos como la atención y la memoria.

Los movimientos de los ojos de los niños disléxicos se controlaron durante la pronunciación de una palabra.

Se realiza en los niños una palabra auditivo- visual tarea de identificación en la que es manipulada la relación fonológica entre una palabra de destino (por ejemplo, velas) y un conjunto de distractores visuales.

Los estímulos visuales son presentados en un monitor situado 50 a 60 cm de distancia. Los niños observan una serie de pantallas, cada una compuesta de cuatro cuadros orientados alrededor de un punto de fijación central.

Los estímulos auditivos consistía en pronunciar una palabra de una o dos sílabas por una oradora inglesa adulta, que se registró en un archivo digital (16 -bits, 48.828 Hz) y que es escuchada por los altavoces del computador.

En cada bloque de ensayos, se dieron a los niños 3000 ms para inspeccionar la pantalla antes de escuchar un mensaje de fijación ( " Mira el círculo rojo ") seguido por una señal de destino ( por ejemplo, " Ahora mira la vela ") . Los movimientos oculares fueron registrados en una frecuencia de 60 Hz utilizando un sistema "eyetracker" remoto por infrarrojos (SMI, Inc, Cambridge, EE.UU.).

A los niños se les presenta una imagen y pide nombrarla, para asegurar que se podía identificar con precisión. En ocasiones, cuando un niño pronuncia un nombre diferente para alguna imagen específica de la prueba, se le realiza un refuerzo para estimular su aprendizaje, también son proyectadas en el monitor imágenes con sonidos que riman entre sí, para que el niño disléxico pueda asociar la imagen con el sonido de la palabra.

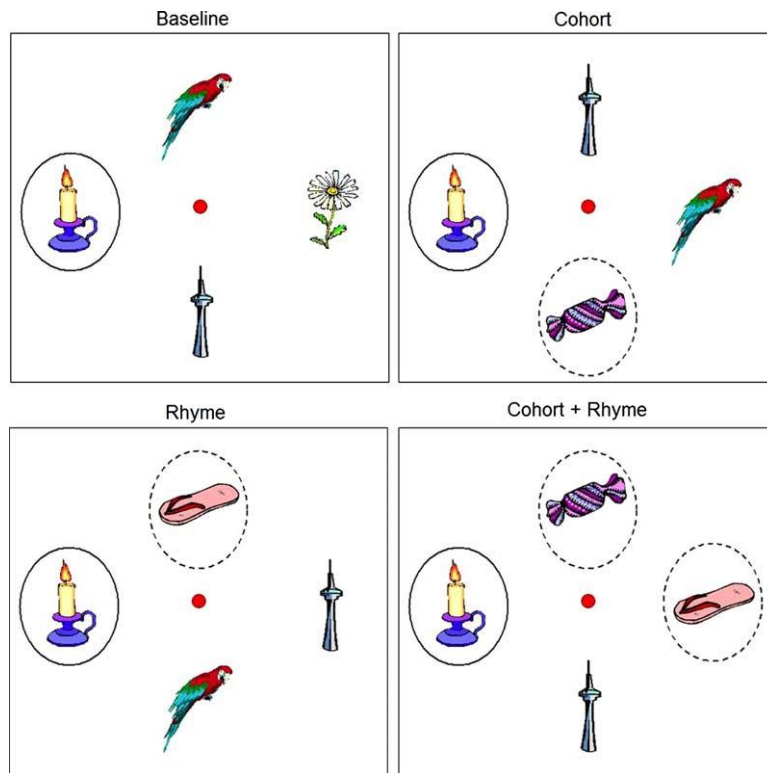


Figura 8 Sistema de seguimiento visual. (Desroches, Joanisse, & Robertson, 2005)

En la imagen podemos ver la presentación de las diferentes módulos con los que consta el programa, con el cual el niño se ve en la necesidad de fijar su atención en los sonidos proporcionados por la multimedia del computador y poder identificar de manera precisa la imagen correspondiente a la pronunciación del locutor, presentando retos para las palabras que riman entre ellas.

En el análisis de descarta los movimientos de la cabeza y el parpadeo. (Desroches, Joanisse, & Robertson, 2005)

### 2.1.8. Prefon

Programa de Remediación Fonológica programa desarrollado por la Universidad de Campinas (Unicamp), software que ayuda a mejorar la habilidad en la lectura y en la escritura a niños y adolescente con Dislexia.

Este software posee varias actividades que pueden ser realizadas aleatoriamente entre tales actividades se destacan juegos de identificación de fonemas y de palabras que riman entre sí, así como la construcción de vocablos con silabas parecidas, desarrollo de habilidades de lectura y un módulo para la escritura.

Para el desarrollo de este software fueron seleccionadas varias estrategias que envolvían varios aspectos del procesamiento fonológico como son:

- Conciencia fonológica
- Memoria de trabajo fonológica
- Acceso a léxico mental

Según informe suministrador por científico Salgado Azoni, los estudiantes que usaron el programa presentaron mejorías en todos los criterios evaluados. (Agencia de Xinhua, 2012)

#### 2.1.9. DiTres

Programa de origen danés que aplica la metodología multisensorial. Todos sus productos están desarrollados con la colaboración de un equipo multidisciplinar de profesionales, entre los que figuran psicólogos, logopedas, pedagogos y profesores, que trabajan a diario con alumnos y adultos con dislexia u otras dificultades de aprendizaje.

Comprende tres aplicaciones (DiTex, DiDoc, DiLet) y se basa en el uso de la vista y el oído para aprender. El uso de ambos sentidos de forma simultánea permite que los niños con dislexia puedan mejorar su comprensión lectora y, así, su rendimiento escolar.

Este programa informático trabaja con voces reales, permite la participación de los terapeutas en el tratamiento de los niños y contribuye a que el aprendizaje de los menores disléxicos sea más agradable y divertido. Este programa ayuda al alumno tanto en la escuela como en sus tareas escolares, y consiste en que toda la información necesaria para el aprendizaje está disponible a través del ordenador, para que el alumno trabaje con textos, de forma más eficaz, usando la voz sintética. (EducaMadrid, 2013)

#### 2.1.10. MeMotiva

Ha sido desarrollado en colaboración con el instituto de Pedagogía y Educación Especial de Suecia. Este instituto dirige sus esfuerzos a niños, adolescentes y adultos con discapacidad para que tengan un desarrollo y formación que se caracterizará por la igualdad, la participación, la accesibilidad y la comunicación.

MeMotiva incluye ejercicios viso-espaciales y viso-auditivos. Está pensado para niños de entre 5 y 11 años y el grado de dificultad de los ejercicios se ajusta de modo automático a la capacidad de cada uno de ellos (tiene tres niveles). Incluye

un sistema de recompensas para motivarlos y estimularlos durante el tiempo que dura la realización de estos ejercicios. Y está diseñado de forma que tanto profesores, como padres y los propios niños puedan gestionarlo. (EducaMadrid, 2013)

#### 2.1.11. The Dislexia App

Software construido por la empresa KIDZPLAYMOB “The Dislexia App” una innovadora aplicación destinada a despejar todas aquellas dudas y mitos acerca de la dislexia, proporcionar datos precisos y comprensibles sobre ella y, sobre todo con una gran cantidad de actividades y ejercicios para ayudar a aquellos que presentan esta condición, y que abarcan los niveles fonético, fonológico, morfológico y sintáctico del lenguaje.

- Elaborada con un diseño práctico y colores amigables tanto para los niños o jóvenes disléxicos como para los padres, tutores y especialistas, ideal para la resolución HD del iPad.
- Menú principal con botones y opciones totalmente intuitivas gracias a sus íconos y textos.
- Opción de elegir el color de texto y su respectivo fondo para toda la aplicación.
- Se puede agrandar y disminuir el tamaño de los textos informativos mediante el zoom del iPad. Solo junte o separe los dedos en la pantalla. (Kidzplaymod, 2012)

#### 2.1.12. Portal online avanzado de e-learning

Ofrecerá tanto a jóvenes como adultos con dislexia, de forma libre y gratuita, servicios especializados con un alto contenido visual e incorporará tecnologías de asistencia personalizadas para cada usuario. “La gran novedad que ofrecerá el portal es una herramienta que, después de que la persona con dislexia realice una serie de ejercicios, le indicará sus debilidades concretas y le recomendará directamente una serie de ejercicios online que le ayuden a mejorar dichas debilidades”, señala Martín-Roldán.

Mediante vídeos y audios explicativos se pretende que la persona con dislexia pueda utilizar de forma autónoma el portal y mejorar sus capacidades gracias a las diferentes herramientas. (Duran, 2013)

### 2.1.13. Sicole-R

Software utilizado para la evaluación asistida a través de un computador en un contexto de multimedia de aplicación individual y diseñado para evaluar tanto la conducta lectora como los procesos cognitivos implicados en la lectura de niños con problemas de dislexia, escolarizados en primaria.

Este sistema posee un motor de inferencia encargado de monitorizar las respuestas del usuario a las instrucciones solicitadas de acuerdo a estas y al grado de satisfacción de los objetivos.

El motor de inferencia se encuentra construido bajo el lenguaje CLIP (Sistema de Producción Integrado en Lenguaje C).

CLIP es una herramienta que provee un entorno de desarrollo para la producción y ejecución de sistemas expertos, probablemente es el sistema experto más ampliamente utilizado debido a que es rápido, eficiente y gratuito. (Sánchez, 2013)

### 2.1.14. Using eye-tracking to study reading patterns and processes in autism with hyperlexia profile

En los últimos años, los sistemas de seguimiento ocular han mejorado en gran medida, comenzando a desempeñar un papel importante en el campo HCI (Human Computer Interaction).

Seguimiento ocular se refiere a la capacidad de algunos dispositivos para detectar y medir los movimientos oculares, con el objetivo de identificar con precisión la dirección de la mirada del usuario (por lo general en una pantalla). Los datos obtenidos, se guardan para uso posterior, o directamente para proporcionar comandos al computador.

En los últimos años, para el desarrollo de la tecnología eye-trackers utilizaron sistemas invasivos, muy a menudo dispositivos montados sobre la cabeza. Afortunadamente, desde hace algunos años las cosas han cambiado, ahora el computador es controlado por cámaras.

El seguimiento ocular ahora ha evolucionado hasta el punto tal, en el que el usuario puede mover casi libremente delante de la cámara o las cámaras, dentro de ciertos límites.

Estos dispositivos, que operan sin contacto con el usuario, se denominan sistemas de seguimiento ocular remoto. Basado en vídeo el sistema de seguimiento ocular remoto utiliza luz infrarroja, que es invisible al ojo y por lo tanto no molesta.

Los rayos de luz son reflejados por la córnea y la retina a través de la pupila.

The Tobii 1750, es uno de los dispositivos de seguimiento ocular más generalizadas, combina vídeo y oculografía con reflexión de la luz infrarroja. El sistema, que se parece a una pantalla LCD común, está provisto con cinco NIR-LED y una cámara infrarroja CCD, integrada a un monitor.

Eye-tracking puede explotarse provechosamente para fines de evaluación, lo que permite una gran cantidad de datos que se obtengan acerca de los comportamientos de los usuarios.

Un dispositivo de seguimiento ocular puede dar una gran cantidad de datos útiles en los estudios de HCI, pero también para fines de diagnóstico y para el diseño de interfaces especiales dedicados a las personas con discapacidades cognitivas o físicas.

Los datos disponibles son, por ejemplo, el número y la duración de las fijaciones en un texto, en una sola palabra o la estrategia de búsqueda visual que utiliza el usuario para explorar el contenido de la pantalla.

Por las características no invasivas del sistema, el sistema es adecuado para estudios sobre el comportamiento de lectura que pueden ser utilizadas para los propósitos de investigación y diagnóstico, sino también para el diseño de interfaces adaptadas a las personas afectadas por trastornos lingüísticos como la dislexia. (Pazzaglia, Ravarelli, Balestra, Orio, & Zanetti, 2012)

#### 2.1.15. A neural net model of normal and dyslexic spelling

Para los psicólogos e investigadores de otras disciplinas, los modelos de redes neuronales pueden servir para diferentes funciones. Capacidad, que se ha utilizado para hacer frente a los hallazgos de la neurociencia, por proporcionar modelos que son consistentes con las limitaciones neurobiológicas.

Dentro de la informática, una mayor comprensión de las propiedades computacionales, de arquitecturas masivamente paralelas es emergente, y mejorar nuestra comprensión de cómo la computación puede tener lugar en la construcción de modelos, que se pueden implementar en programas informáticos.

Modelado conexionista también puede conducir a una mejor comprensión de cómo el propiedades estadísticas de un conjunto de datos puede dar lugar a efectos "amigos" y "enemigos" para los elementos individuales, es decir, efectos que dependen de la estructura de vecindad de los patrones de entrada.

Se describe la implementación de un modelo conexionista del desarrollo de ortografía alfabética, que se aplica a un conjunto de palabras que diferían en cuanto al número de " amigos " y "Enemigos" que tenían. (Richard, Loosemore, Gordon, Brown, & Watson, 1991)

#### 2.1.16. Neural network models of reading multi-syllabic words

El mundo de la ciencia cognitiva ha disfrutado recientemente de un animado debate sobre los procesos que subyacen al acto de leer en voz alta, es decir, el acto humano de convertir cadenas de letras en cadenas de fonemas.

La clase de modelo de red neuronal implementada en este trabajo, puede ser considerada como una red neuronal grafema fonema.

El modelo básico se compone de un estándar totalmente conectado a la red feedforward con una capa oculta creada en una manera similar al modelo netTALK de Sejnowski y Rosenberg (1987).

La capa de entrada consiste en una ventana de conjuntos nchar de unidades, la capa de salida se compone de uno, para cada unidad de fonema que se produce en los datos de entrenamiento

La entrada de palabras se realiza a través de la ventana de entrada, inicia con la primera letra de la palabra que se encuentra en la posición central de la ventana y termina con la última letra de la palabra que se encuentra en la posición central de la ventana.

Cada letra activa una unidad de entrada única. Si hubiera una correspondencia uno - a - uno entre las letras y los fonemas, se activa la salida con su correspondiente fonema a la letra que ocurre en el centro de la ventana.

Como no puede haber una relación muchos – a - uno entre las letras y los fonemas, algunas de las salidas debe ser espacios en blanco (es decir, no hay salida de fonema).

La solución que aquí se propone, es permitir que el conjunto de fonemas correspondientes a cada palabra en la formación en el entrenamiento de los datos a ser acolchado a cabo con espacios en blanco (para el mismo número de fonemas, como letras en la palabra). (Bullinaria, 1993)

### 2.1.17. Simulation of verbal and mathematical learning by means of simple neural networks

Describir cuán diferente es el cerebro humano y una red neuronal artificial resulta casi imposible.

La superioridad del cerebro humano en el tamaño, la complejidad, y la perfección es tan grande que cualquier comparación sonaría ridículo.

Una red neuronal artificial (NN) intenta imitar más o menos el enfoque humano típico para ganarse la vida: primero aprendizaje y de trabajo. De hecho, una NN está entrenada en primer lugar sobre un único problema simple mediante el uso de un conjunto limitado de piezas de información disponibles.

Durante dicha etapa, la NN aprende lo suficiente acerca de cómo resolver este problema, sobre la base de un conjunto conocidos de datos.

Después de la etapa de entrenamiento y si la cantidad de la materia para ser entrenados es suficiente, la NN es capaz de hacer predicciones sobre cómo resolver el mismo problema limitado, cuando se proponen nuevos datos de entrada.

Cuando la NN está entrenada adecuadamente, las NN son muy eficientes y son especialmente apreciada en la solución de problemas no lineales.

feed -forward Capa Multi Neural Network ( MLNN ) trata simultáneamente los dos diferentes problemas de sumar números enteros y el reconocimiento de caracteres.

Sin embargo, un MLNN no tiene ningún algoritmo específico para estos fines particulares. Su única fuente de conocimiento consiste en los ejemplos incluidos en el conjunto de entrenamiento. Que tiene que transmitir toda la información esencial para resolver tanto los problemas verbales y matemáticos.

La ejemplificación de la operación de escribir es la operación de reconocimiento de caracteres. En este caso, un cierto número de garabatos puede ser mostrado a la MLNN como entrada, y sus interpretaciones correctas serán presentadas a la salida de MLNN.

Esto significa que un algoritmo independiente es necesario para el reconocimiento de caracteres, Por esta razón, una gran parte de las actividades tiene que estar dedicada al desarrollo de un algoritmo para reconocimiento de caracteres. Por tanto, es claro que el objetivo de esta herramienta apoya el análisis de los procesos de aprendizaje simultáneo tanto en la lectura y la adición de números enteros.

Dos casos han sido analizados, en el primero, la MLNN se espera que tenga simultáneamente todas las siguientes habilidades:



- se observa un cuadrado en la que dos líneas adyacentes son aleatoriamente escrito al azar y un par de números enteros desde 0 a 1000
- se reconoce si las dos líneas representan uno de los grafemas entre L y V, o no lo hacen
- que da la suma de los dos números enteros de entrada.

En el segundo caso, el MLNN es un poco más complejo porque se espera que tenga capacidades más verbales, de la siguiente manera:

- que recibe un cuadrado en la que tres líneas adyacentes son colocado al azar y un par de números enteros desde 0 a 1000
- se reconoce si las tres líneas representan uno de los grafemas entre C, N, U y Z, o no lo hacen
- que da la suma de los dos números enteros de entrada.

Esta aplicación está diseñado para ayudar a os niños en su proceso de aprendizaje, tanto en las matemáticas, como en los procesos verbales. (Belfiore, Rudas, & Matrisciano, 2010)

#### 2.1.18. A neural network to discriminate between dyslexic subtypes

La dislexia se define como un síntoma neurológico en el cual, hay incapacidad para adquirir habilidades tanto ortográficas como de lectura, acordes con la edad y la inteligencia del individuo, la detección precoz de la dislexia en los niños puede ayudar a establecer las necesidades especiales en el proceso de aprendizaje y una remediación apropiada a una edad temprana.

El electroencefalograma (EEG) permite el examen de la electrofisiología subyacente asociada a un comportamiento particular del cerebro.

El análisis de EEG computarizado permite la evaluación cuantitativa de la actividad eléctrica del cerebro. En este trabajo se examina el uso de NN en la identificación de los electroencefalogramas de los lectores normales y disléxicos.

Los estudios de NN comenzaron en un esfuerzo para modelar los datos comportamentales del procesamiento del sistema nervioso. El elemento básico de las NN es el elemento de procesamiento (PE).

Los PES son dispuestos en capas y conectados entre sí a través de conexiones (pesos). Una PE recibe numerosas entradas que pueden ser excitadoras o inhibitoras.

Estas entradas a cada PE se integran y si su suma, supera un cierto valor umbral fijado por la función de transferencia en el PE, una salida es producida por el PE.

Esta salida propaga hacia adelante para convertirse en la entrada a otro PE.

La NN debe aprender a diferenciar entre los conjuntos de datos. Durante una sesión de entrenamiento, la NN se le presenta ejemplos de los EEG de las personas normales, así como los disléxicos, durante el aprendizaje, los pesos de la red se ajustan para disminuir el error entre la salida deseada y la real. (Ramadan, Ropella, Myklebust, Goldstein, Feng, & Flynn, 1991)

#### 2.1.19. Eye tracking software the tobii studio 3.0

Tobii Studio es un software flexible, fácil de utilizar pero a la vez muy potente ya que sintetiza cantidades ingentes de datos en resultados fácilmente interpretables, es ideal para la preparación de experimentos, la gestión de los usuarios, el registro completo de los test y el posterior análisis, incluyendo visualizaciones dinámicas, estáticas y un completo análisis estadístico.

Ofrece una completa plataforma para la grabación y el análisis de la mirada y otros datos, como el video del participante, sus comentarios o las pulsaciones de tecla o movimientos de mouse, dando soporte a una amplia gama de estudios que van desde las pruebas de usabilidad y estudios de mercado, a la investigación en psicología y experimentos fisiológicos.

Las características más relevantes son:

- Diseño de test flexible: incorpora instrucciones, combina estímulos de diferentes tipos y emplea variables independientes.
- Registra los movimientos oculares y la interacción de los participantes
- Observa y registra los instantes importantes
- Comprende la navegación y el comportamiento de cada usuario tras la realización del test e incorpora marcas para el posterior análisis, navegación y generación de videos.
- Análisis estadístico: Calcula métricas estándares de eye tracking o exporta los datos para realizar un análisis más avanzado con Excel, Matlab o SPSS.
- De manera rápida y sencilla creo resultados gráficos como: mapas de recorrido o los mapas térmicos.
- Registra los videos de las sesiones, de los scrolls y las transiciones de página o agrupa las diferentes páginas web similares.

La investigación científica es el mercado de Tobii por excelencia. Las soluciones de eye tracking en este ámbito permiten el análisis de los procesos cognitivos, del comportamiento humano y de la atención visual con aplicación en estudios de neuropsicología, oftalmología, lingüística, interacción persona-computador o psicología cognitiva y experimental.

Los equipos de Tobii en este terreno son reconocidos por su facilidad de implementación y uso así como por su flexibilidad en cuanto a la obtención de resultados, por lo que podemos encontrar eye trackers de Tobii en cientos de laboratorios de investigación en todo el mundo (Alt64 Digital, 2013)

#### 2.1.20. DRAGON

Es un programa de reconocimiento de voz que permite expresar ideas de forma oral, mientras se habla, se puede observar las palabras o el texto en la pantalla de la computadora, con la creación previa de perfiles desde los idiomas disponibles (Inglés y Español) hasta los modos de reconocimiento como el numérico, el deletreo, comando, y el modo normal como un dictado.

Esta aplicación ayuda a los estudiantes con discapacidades de aprendizaje basadas en el lenguaje a expresarse a través de la lectura de un modo más sencillo, ya que escriben sin centrarse en la mecánica de la composición, la ortografía, la estructura de las frases, etc., por lo que pueden transferir sus ideas de una forma más sencilla para convertirlas en palabras escritas.

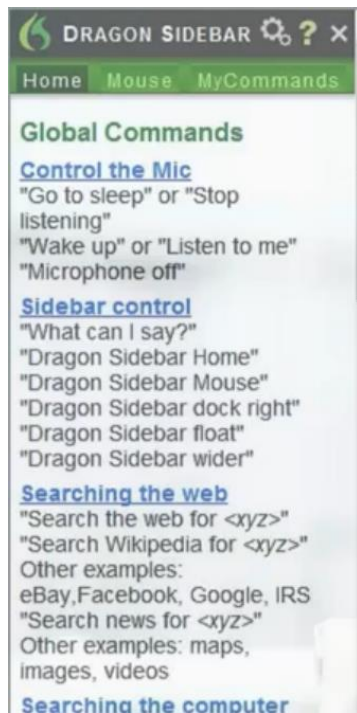


Figura 9 Menú de comando del aplicativo (Nuance, 2013)



Figura 10 Aplicativo para dispositivos móviles (Nuance, 2013)

Vemos en la Figura 9 el Menú del aplicativo de reconocimiento de Voz, el cual interactúa en cualquier editor de texto, programas de mensajería, navegadores de internet, también se encuentra disponible para dispositivos móviles ver Figura 10.

#### 2.1.21. The Talking Pen

Desde 1974, el Talking Pen ® ha sido el instrumento principal para el desarrollo de habilidades de motricidad fina a través de seguimiento de patrones. Una luz de sensores infrarrojos se proyecta en la punta de la pluma en la cual capta la reflexión hacia la pluma.

El usuario traza un patrón con la pluma y proporcionar retroalimentación auditiva inmediata en caso de que el usuario se aleja del patrón.

El objetivo de la pluma es que cuando, la punta esté en un negro esta se encuentra en silencio y emite un zumbido cuando la punta se encuentra en una superficie blanca (esto se puede revertir para permitir el rastreo de patrones de luz en la oscuridad). (Wayne Engineering, 2007)

La pluma funciona con cualquier patrón impreso o dibujado en papel común o cartón, no se requiere ningún papel especial o tinta.

Talking Pen ® es una herramienta probada para el desarrollo de las habilidades perceptivo-motrices. Aunque las aplicaciones son casi ilimitadas, se utiliza con mayor frecuencia para diagnosticar y desarrollar las habilidades motoras gruesas y finas, coordinación ojo-mano, lateralidad, direccionalidad, la percepción auditiva, la percepción de la forma, seguimientos oculares y relaciones espaciales. Se ha utilizado con éxito en usuarios con dificultades de aprendizaje, con discapacidad visual, usuario hiperactivo y en individuo disgráficos.

Talking Pen ® es compacto y portátil y fácil de usar. Esto hace que las tareas manuales repetitivas parezcan un juego, lo que alienta la práctica y mejora el aprendizaje. Dado que la pluma proporciona retroalimentación auditiva inmediata, que es de auto-corrección y se puede utilizar con o sin supervisión. El usuario puede trabajar a su propio ritmo y puede usar los auriculares para eliminar distracciones.

Talking Pen ® integra señales auditivas, kinestésicas táctiles, y visuales, para mejorar el rendimiento. En lugar de desarrollar estas habilidades por separado, la pluma permite al usuario avanzar en todas las áreas simultáneamente, reduciendo así el tiempo de formación y esfuerzo ver figura 11. (Wayne Engineering, 2007)



Figura 11 Talking Pen (Wayne Engineering, 2007)

#### 2.1.22. Designing educational games for children with specific learning difficulties: insights from involving children and practitioners

El diseño de sistemas interactivos de aprendizaje para los usuarios con dislexia, es un desafío para los desarrolladores de sistemas que tienen una inadecuada comprensión de las experiencias de vida de las personas con este desorden.

La dislexia y los trastornos por Déficit de Atención (TDA), son trastornos de desarrollo de origen neurobiológico. Investigaciones han demostrado que los individuos con estos trastornos tienen más problemas en la memoria de trabajo que las personas sin ellos y se ha relacionado estos déficits de memoria a dificultades en la adquisición de habilidades de alfabetización y la navegación interactiva de sistemas. (Al-Wabil, Meldah, Al-Suwaidan, & AlZahrani, 2010)

Aunque las directrices para el desarrollo de juegos de pc se han desarrollado para habilidades visuales, auditivas, movilidad y discapacidad cognitiva, sólo unos pocos existen para niños con niños con dificultades especiales y éstas se centran principalmente en la interfaz diseño.

La participación de los usuarios de las poblaciones insuficientemente examinados en el proceso de diseño es esencial para una comprensión completa de sus necesidades y alinear el sistema para sus necesidades particulares.

Actualmente, la mayoría de software para el aprendizaje de lengua árabe los niños se centran en la alfabetización y la aritmética, y rara vez abordan las habilidades cognitivas esenciales para el aprendizaje, como estrategias de memoria y enseñar a los niños "cómo aprender".

Este juego, está dirigido a la enseñanza de estrategias de memoria y niños el desarrollo de sus habilidades en la aplicación de estas estrategias en contextos de aprendizaje. (Al-Wabil, Meldah, Al-Suwaidan, & AlZahrani, 2010)

## CAPITULO 3

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. REDES NEURONALES

Cuando se habla de redes neuronales y su origen, nos encontramos con 2 aspectos trascendentales, el primero tiene que ver con la deserción de la investigación dada las limitaciones observadas por la red Perceptron y otro aspecto importante es la aparición del algoritmo backpropagation.

En los años 50s se produjeron importantes contribuciones científicas, gracias al trabajo de Rosenblatt y Widrow, sin desconocer los aportes de Warren McCulloch y Walter Pitts y, por otro lado, de Donald Hebb.

El aporte de Hebb, constituye la base de las reglas de aprendizaje que aún en la actualidad se utiliza y consiste en indicar que la información necesaria para modificar el valor de una conexión se encuentra localmente disponible a ambos lados de la conexión.

En el primer período de la investigación en redes neuronales, entre mediados de los 50 y mediados de los 60, una cantidad importante de científicos, ingenieros y grupos de investigación dedicaron importantes esfuerzos a la construcción y experimentación de estos sistemas. Entre los grupos más importantes se podrían destacar el grupo de F.

Rosenblatt en la Universidad de Cornell (Nueva York), el grupo de C. Rosen en el Instituto de Investigación de Stanford (California), y el grupo de B. Widrow en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Stanford.

Otra importante contribución científica es la aportada por Widrow y Hoff en 1960. Quienes propusieron un nuevo tipo de unidad de procesamiento, con estructura similar a la del Perceptrón pero con un mecanismo de aprendizaje diferente que permitía también la entrada de información de tipo continuo: la neurona ADALINE (ADAPtative LINear Elements) (Widrow y Hoff, 1960).

Los primeros investigadores conexionistas tenían claro que la falta de un algoritmo para la modificación de conexiones en sistemas de múltiples estratos limitaba considerablemente la capacidad de clasificación de objetos de los sistemas conexionistas, y de que un sistema de múltiples estratos era capaz de realizar cualquier clasificación.

Adicional a esto, no eran ajenos a los problemas tecnológicos. Una de las limitaciones más claras de los ordenadores conexionistas de este primer período era su tamaño. El Perceptrón construido por los ingenieros colaboradores de Rosenblatt en CAL, que tenía tan sólo 512 conexiones modificables, por lo cual implantar un Perceptrón con decenas de miles de conexiones modificables con esta tecnología era impracticable.

A finales de los años 60, aparecen los aportes de Grossberg, quien ha sido uno de los autores más prolíficos en este campo. Klimasauskas (1989) lista 146 publicaciones en las que interviene Grossberg entre 1967 y 1988. Estudió los mecanismos de la percepción y la memoria. Grossberg realizó en 1967 una red, Avalancha, que consistía en elementos discretos con actividad que varía con el tiempo que satisface ecuaciones diferenciales continuas, para resolver actividades tales como reconocimiento continuo del habla y aprendizaje del movimiento de los brazos de un robot (Grossberg, 1982). Sin embargo, la contribución más importante de Grossberg es la Teoría de Resonancia Adaptativa (ART), desarrollada en colaboración con Carpenter (Carpenter y Grossberg). La ART se aplica a modelos con aprendizaje competitivo (denominados ART para la versión no supervisada y ARTMAP para la versión supervisada) en los cuales cuando se presenta cierta información de entrada sólo una de las neuronas de salida de la red se activa alcanzando su valor de respuesta máximo después de competir con las demás neuronas.

Es en la década de los años 80 donde coincidieron una serie de acontecimientos que jugaron un papel relevante en el conexionismo. Adicional a esto, la IA simbólica se encontraba en una fase de comercialización tras el anuncio del Programa de la Quinta Generación de Ordenadores por parte del gobierno japonés y el desarrollo de los sistemas expertos. Sin embargo, a pesar del éxito de estos sistemas en ciertas áreas de aplicación, se descubrían limitaciones de los sistemas simbólicos ante ciertas tareas propias del mundo real, como el reconocimiento de objetos, el reconocimiento de lenguaje hablado y el razonamiento de sentido común. Conforme avanzaba la década de los ochenta, estas limitaciones condujeron a investigadores procedentes de diversas áreas a realizar aportaciones alternativas a las propuestas por la IA simbólica y es así como se habla del nuevo conexionismo.

Es así como Hopfield publica en 1982 un importante artículo en la Academia Nacional de las Ciencias (Hopfield, 1982), el cual tuvo un importante impacto en el conexionismo por varias razones, la primera, porque Hopfield era un conocido físico con conexiones institucionales importantes con un interés y trabajo en redes neuronales, lo que permitió legitimar el campo para la comunidad científica. En segundo lugar, impulsó la implementación de los modelos de red mediante dispositivos electrónicos utilizando tecnología VLSI (Muy Alta Escala de Integración). En tercer lugar, Hopfield sugirió una estrecha relación entre los sistemas físicos y las redes neuronales.



El concepto clave de propuesto por Hopfield es que considera la fase de ajuste de las conexiones como una búsqueda de valores mínimos en unos paisajes de energía.

El modelo de Hopfield fue posteriormente desarrollado por Hinton y Sejnowski, dos de los más importantes miembros del grupo de investigación PDP (Parallel Distributed Processing) (Universidad de San Diego, California), en su sistema denominado “máquina de Boltzmann” (Ackley, Hinton y Sejnowski, 1985). El algoritmo para la modificación de conexiones del sistema de múltiples estratos de Hinton y Sejnowski fue una de las aportaciones más importantes de la primera fase de la reemergencia del conexionismo de los 80. Era la primera vez que un algoritmo de este tipo encontraba una aceptación considerable en la comunidad científica.

Sin embargo, la contribución más importante en la reemergencia del conexionismo en los años ochenta fue la técnica backpropagation desarrollada por Rumelhart, Hinton y Williams, representantes del grupo PDP. Realmente, esta técnica fue desarrollada inicialmente por Paul Werbos (1974) a mediados de los 70, y después independientemente redescubierta por varios grupos de investigadores (Le Cun, 1985; Parker, 1985; Rumelhart, Hinton y Williams, 1986). Por tanto se habla de “descubrimiento múltiple”.

Para comprender básicamente que son las redes neuronales, después de haber estudiado la historia de los investigadores que participaron en su creación y desarrollo, podemos definir las como sistemas de procesamiento de la información cuya estructura y funcionamiento están inspirados en las redes neuronales biológicas.

Consisten en un conjunto de elementos simples de procesamiento llamados nodos o neuronas conectadas entre sí por conexiones que tienen un valor numérico modificable llamado peso.

La actividad que una unidad de procesamiento o neurona artificial realiza en un sistema de este tipo es simple que consiste en sumar los valores de las entradas (inputs) que recibe de otras unidades conectadas a ella, comparar esta cantidad con el valor umbral y, después de evaluar si lo iguala o supera, enviar activación o salida (output) a las unidades a las que esté conectada. Tanto las entradas que la unidad recibe como las salidas que envía dependen a su vez del peso o fuerza de las conexiones por las cuales se realizan dichas operaciones.

### 3.1.1. Ventajas de las redes neuronales

Los investigadores actuales, han estado creando modelos, tanto en hardware como en software, que interpretan la actividad cerebral en un esfuerzo por producir una forma de inteligencia artificial.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) están compuestas de un gran número de elementos de procesamiento altamente interconectados (Neuronas) trabajando al mismo tiempo para la solución de problemas específicos.

Las Redes Neuronales, tal cual como las personas, aprenden de la experiencia y están compuestas de muchos elementos sencillos que operan en paralelo, el diseño de la red está determinado principalmente por las conexiones entre sus elementos. Al igual que las conexiones de las neuronas cerebrales.

Las RNA han sido entrenadas para la realización de funciones complejas en variados campos de aplicación. Hoy en día, pueden ser utilizadas para la solución de problemas que son difíciles para sistemas computacionales comunes o para el ser humano.

Otra ventaja considerable se encuentra en el tipo de aprendizaje de las RNA, dado que su aprendizaje se puede dar de dos tipos de aprendizaje: supervisado y no supervisado. El Supervisado ocurre cuando se le proporciona a la red tanto la entrada como la salida correcta, y la red ajusta sus pesos tratando de minimizar el error de su salida calculada. Este tipo de entrenamiento se aplica por ejemplo, en el reconocimiento de patrones.

El entrenamiento no supervisado se presenta cuando a la red se le proporcionan únicamente los estímulos, y la red ajusta sus interconexiones basándose únicamente en sus estímulos y la salida de la propia red. Las leyes de aprendizaje determinan como la red ajustará sus pesos utilizando una función de error o algún otro criterio. La ley de aprendizaje adecuada se determina con base a la naturaleza del problema que se intenta resolver.

En cuanto a sus fases de operación, el usuario proporciona a la red un número "adecuado" de estímulos de entrada, y de salida, la red entonces ajusta su pesos de interconexión o sinapsis hasta que la salida de la red está "lo suficientemente cerca" de la salida correcta.

Cabe señalar además la gran habilidad para recuperar lo aprendido, lo cual se realiza presentando un conjunto de estímulos de entrada y esta simplemente calcula su salida. Cuando la red emplea entrenamiento no supervisado, algunas veces será necesario que reajuste su sinapsis durante la fase de recuperación.

Es importante resaltar una característica o diferencia de las redes neuronales en relación con otras aplicaciones de la computación, lo cual radica en que no son algorítmicas, es decir, no se programan haciéndoles seguir una secuencia predefinida de instrucciones, sino que ellas mismas generan sus propias "reglas", para asociar la respuesta a su entrada; es decir, aprende por ejemplos, de sus propios errores y de la experiencia.

Por otra parte, las redes neuronales son muy malas para cálculos precisos, procesamiento serie, y no son capaces de reconocer nada que no tenga inherentemente algún tipo de patrón. Es por esto, que no pueden predecir la lotería, dado que esto es un proceso al azar.

Son múltiples las ventajas encontradas para las Redes Neuronales Artificiales, entre ellas podemos mencionar las aplicaciones con éxito en la visión artificial, en el procesamiento de señales e imágenes, reconocimiento del habla y de caracteres, sistemas expertos, análisis de imágenes médicas, control remoto, control de robots, inspección industrial y exploración científica. El dominio de aplicación de las RNA se puede clasificar en asociación y clasificación, regeneración de patrones, regresión y generalización, y optimización.

Es importante resaltar que el creciente interés despertado por las Redes Neuronales Artificiales, que se manifiesta de forma palpable a principios de los años 90, está relacionado con un acontecimiento fundamental en la historia de las RNA y se trata de la publicación de Parallel Distributed Processing (Procesamiento Distribuido en Paralelo o PDP) (Rumelhart, McClelland y el grupo PDP, 1986; McClelland, Rumelhart y el grupo de investigación PDP, 1986), obra que se ha llegado a conocer como la “biblia” del nuevo paradigma conexionista donde se describe, entre otras cosas, el algoritmo backpropagation aplicado a redes MLP.

La principal virtud de una red MLP que permite explicar su amplio uso en el campo del análisis de datos es que se trata de un aproximado universal de funciones.

## 3.2. DISLEXIA

### 3.2.1. Definición de la dislexia

El concepto de la dislexia ha sido objeto de debate y, por ello, a lo largo de la historia han ido surgiendo diferentes definiciones.

Los primeros informes científicos sobre dislexia son de hace más de 100 años y provienen del mundo de la medicina y la oftalmología, fundamentalmente. Un oftalmólogo alemán fue el primero en utilizar el término “dislexia” (Berlin, 1887, citado en Høien y Lundberg, 2000) y lo usó para describir las dificultades lectoras de pacientes adultos que habían sufrido un daño cerebral. El pediatra P. Morgan (1896) fue el primero en describir un caso de dislexia infantil, en un niño llamado Percy que a veces escribía su nombre como “Precy”. Para referirse a la dislexia utilizó el término “ceguera a las palabras”. Entre otros médicos pioneros cabe citar al oftalmólogo escocés J. Hinshelwood (1917) y, en América, a Samuel Orton (1925) que fue el primer gran investigador en dislexia. Entre 1925 y 1940 Orton estudió a unos 3.000 niños con problemas de lectura, escritura y lenguaje, sorprendiéndose

de los errores lateroespaciales cometidos en la escritura y de alta frecuencia de dominancia mixta de ojo, pie y mano. Entonces acuñó el término estrefosimolia, e indicó que el origen de este problema era una lateralización defectuosa del lenguaje. Entre las décadas de los años cincuenta y sesenta, se enfatizaron los aspectos conductuales de la lectura, situando el origen de la dislexia en un retraso madurativo de las funciones visoperceptivas y motoras como consecuencia de un daño y/o una disfunción neurológica. En los años 60, Donald Critchley acuñó el término dislexia del desarrollo, defendiendo también la opinión de que representaba un síndrome neurológico. En esta época, comienza a delimitarse la dislexia como un trastorno específico de aprendizaje de la lectoescritura, destacando las primeras definiciones el carácter inesperado de las dificultades con la lectura, es decir, la presencia en el sujeto de una dificultad que no se explica por las capacidades cognitivas generales ni por otras razones, como una instrucción inadecuada, problemas sensoriales o problemas emocionales severos.

Una definición clásica es la que propuso la Federación Mundial de Neurología en 1968. De acuerdo con esta definición, la dislexia es un problema que se caracteriza por déficit en el aprendizaje de la lectura a pesar de una educación normal, una inteligencia normal y un status sociocultural adecuado. La definición también apunta que estos problemas estarían causados por déficit cognitivos básicos con una base constitucional. Esta definición coincide con otra parte de las definiciones más tenidas en cuenta en la literatura, la propuesta por el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales en su última edición en castellano (DSM-IV-TR, 2002). Según esta definición, el trastorno de la lectura, que se sitúa dentro de los trastornos del aprendizaje, se caracteriza por un rendimiento lector (esto es, precisión, velocidad o comprensión de la lectura evaluadas mediante pruebas normalizadas administradas individualmente) que se sitúa sustancialmente por debajo del esperado en función de la edad cronológica, del cociente de inteligencia y de la escolaridad propia de la edad del individuo.

Según M. Thomson es una grave dificultad con la forma escrita del lenguaje, que es independiente de cualquier causa intelectual, cultural y emocional. Se caracteriza porque las adquisiciones del individuo en el ámbito de la lectura, la escritura y el deletreo, están muy por debajo del nivel esperado en función de su inteligencia y de su edad cronológica. Es un problema de índole cognitivo, que afecta a aquellas habilidades lingüísticas asociadas con la modalidad escrita, particularmente el paso de la modalidad escrita, propiamente el paso del paso de la codificación visual a la verbal, la memoria a corto plazo, la percepción de orden y la secuenciación.

Finalmente La Sociedad Orton para la dislexia resumió la definición de la dislexia en que es un problema específico de lenguaje con una base constitucional que se caracteriza por dificultades en la descodificación de palabras simples y refleja una habilidad de procesamiento fonológico insuficiente. Destacando aspectos importantes, en primera instancia donde se centra en el nivel de reconocimiento de palabras y por otra, mantiene una visión modular que implica que es posible el

funcionamiento inadecuado de un sistema, mientras que permanecen intactos otros sistemas cognitivos más generales. Puede distinguirse entre dos tipos de dislexia:

- Dislexia adquirida: la sufrirían aquellas personas que tras haber logrado un determinado nivel lector, pierden algunas de estas habilidades como consecuencia de una lesión cerebral.
- Dislexia evolutiva: Según Grigorenko (2001), esta se caracteriza, en primer lugar, por su naturaleza persistente; el déficit puede ser observado desde estadios tempranos del aprendizaje de la lectura hasta bien avanzada la edad adulta. En segundo lugar, se define por la variedad evolutiva de su fenotipo, cambiando la forma de manifestarse desde la infancia a la edad adulta, pese a que la misma causa biológica subyace a los diferentes fenotipos. Por último, la dislexia se caracteriza por constituir un síndrome conductual que puede explicarse en términos amplios, desde el nivel biológico, pasando por el cognitivo y hasta el conductual.

### 3.2.2. Causas de la dislexia

Se han señalado muchas causas que podrían explicar los déficits que se dan en dislexia, desde causas más biológicas, hasta otras más cognitivas y lingüísticas. Las investigaciones a nivel cognitivo, evolutivo, educacional, neurocientífico y genético subrayan la complejidad de esta dificultad de aprendizaje y, por tanto, la complejidad de los mecanismos que subyacerían a la etiología de la dislexia.

Dentro de las causas biológicas, probablemente por influencia de las tendencias de investigación actual, se encuentran las teorías genéticas. Existe una línea de investigación que utiliza estudios familiares y de gemelos (DeFries, Alarcón y Olson, 1997) y trata de demostrar el carácter hereditario de la dislexia y los genes que estarían en la base del mismo.

En otro tipo de investigaciones de carácter biológico tratan de encontrar la causa de dislexia en el cerebro, basándose en diferencias encontradas, tanto de estructura como función, entre cerebros de personas disléxicas y otras sin problemas de lectura. En este ámbito destacan los trabajos de Galaburda (e.g. Galaburda, Corsiglia y Rosen, 1987) quien encontró diferencias en el plano temporal y las células magnocelulares del tálamo en análisis postmortem de cerebros disléxicos, los estudios de Fawcett y Nicholson (Fawcett y Nicholson, 2001; Nicholson y Fawcett, 1999), que encuentran diferencias tanto funcionales como de estructura entre cerebelos de personas normales y disléxicas o los estudios de Stein y Walsh (1997), sobre las células magnoceulares, entre otros.

### 3.2.3. Clasificación de dislexia evolutiva

#### 3.2.3.1. Dislexia fonológica y superficial

Se distingue entre disléxicos fonológicos y superficiales. Los disléxicos fonológicos solo pueden leer por la ruta léxica, ya que está alterada la fonológica, porque no son capaces de utilizar las reglas de conversión G-F y se caracterizan por leer bien palabras familiares, pero no pueden leer pseudopalabras, ni palabras desconocidas. Ya que no pueden utilizar el mecanismo de conversión grafema-fonema. Son sensibles al efecto de frecuencia, pero no al de longitud de las palabras ni al de regularidad. Cometan errores visuales en las pseudopalabras que se parecen a palabras, con abundantes lexicalizaciones (antiguo por artiguo; playa por blaya) y en la lectura de palabras parecidas (firme, por forma). También cometen errores morfológicos o derivativos: mantienen la raíz pero cambian el sufijo (andaba, por andar; salíamos por salido) y tienen más errores en palabras función que en las de contenido. Los disléxicos superficiales pueden leer por el procedimiento fonológico, pero no por el léxico y, por ello, normalmente, son incapaces de reconocer una palabra de forma léxica, como un todo. Estas personas leen mejor las palabras regulares, sean familiares o no, pueden leer pseudopalabras y sus errores más frecuentes son de omisión, adición o sustitución de letras. Además se caracterizan por la regularización de las palabras irregulares y la confusión de homófonos, porque el acceso léxico está guiado por la fonología y no por la ortografía de la palabra. Su tiempo de lectura tiende a ser más alto que el de los disléxicos fonológicos, ya que siempre tienen que aplicar las reglas de decodificación, independientemente de las características de la palabra y no se pueden beneficiar de la rapidez lectora que conlleva el reconocimiento directo por la vía visual. También es posible encontrar un grupo de disléxicos mixto, en el que se den déficit de los dos tipos.

Por último, otra clasificación desde una perspectiva de investigación diferente a la del modelo de doble ruta y a la de los modelos conexionistas, fue propuesta por Wolf et al (2000b), partiendo de la idea de la existencia de un doble déficit en la dislexia. Para la determinación de los subtipos de dislexia, Wolf tuvo en cuenta no solo la evaluación de las habilidades fonológicas, sino también de las habilidades de denominación rápida, que ya se comentaron con anterioridad. A partir de estas dos variables encontró tres tipos de sujetos con dificultades lectoras: los que tenían problemas en las habilidades fonológicas, los que solo tenían problemas en las habilidades de denominación rápida, que constituirá la forma más grave de dislexia, desde la perspectiva de estudio de doble déficit.

### 3.2.3.2. Dislexia mixta o profunda

Se caracteriza por presentar déficits en ambas rutas, lo que provoca que se comentan errores semánticos, es decir, que se lean unas palabras por otras que no tienen ningún parecido visual pero sí semántico.

A parte de los errores semánticos presentan dificultades para leer pseudopalabras, palabras función, verbos y palabras poco frecuentes, cometiendo numerosos errores visuales y derivativos a la hora de leer y presentando dificultades para acceder al significado. Cada disléxico presenta unos síntomas concretos, lo que hace esencial identificar que tareas están más afectadas en cada caso para adecuar la intervención a esas dificultades concretas y no basarse estrictamente en perfiles ni en clasificaciones teóricas.

A pesar de que las causas de la dislexia no están plenamente confirmadas, se reconocen que ésta es un condición congénita y evolutiva, se sabe que su efecto es crear ciertas anomalías neurológicas en el cerebro (las neuronas están colocadas de manera no muy ordenada). También se ha podido comprobar que los disléxicos no usan las mismas partes del cerebro que los no disléxicos. Los niños nacen con dislexia, pero la sintomatología comienza a manifestarse cuando entra en la escuela; la mayoría de los especialistas establece la clasificación después de los siete u ocho años, cuando se supone que ha adquirido la lectura sin ninguna duda.

La falta de conciencia fonemática es una importante raíz de los fracasos lectores. Los niños con escasa conciencia fonológica son incapaces de distinguir y manipular sonidos de palabras o sílabas cuando se habla; además, estos niños encontrarán gran dificultad cuando se tratan de relacionar letras y sonidos que representan las palabras y cuando tienen que pronunciar pseudopalabras.

En cuanto a los efectos colaterales aunque son muy variados, se pueden observar generalmente:

- Desinterés por el estudio, especialmente cuando se da en un medio familiar y/o escolar poco estimulantes, que puede llegar a convertirse en fobia escolar.
- Calificaciones escolares bajas.

Con frecuencia son marginados del grupo y llegan a ser considerados (y considerarse a sí mismos) como niños con retraso intelectual.

La posición de la familia, y con bastante frecuencia de los profesores, es creer que el niño tiene un mero retraso evolutivo (o intelectual en casos extremos) o bien, lo más frecuente, que es un vago, lo que se reprocha continuamente, esto tiene

consecuencias funestas para la personalidad del niño, que se rebela frente a la calificación con conductas disruptivas para llamar la atención, o se hunde en una inhibición y pesimismo cercanos o inmersos en la depresión.

Los padres pueden llegar a polarizar su vida en función de salvar al niño de sus problemas, focalizando el tema escolar como un verdadero problema familiar que culpabiliza al niño de los problemas relacionados con su dinámica familiar.

Se produce a veces también mecanismos compensatorios, como la inadaptación personal, fortaleciendo la identidad de “diferente” y como manera de establecer identidad de grupo con otros niños conflictivos.

Es frecuente encontrar en los niños disléxicos ciertos rasgos característicos: sentimiento de inseguridad, compensando por una cierta vanidad y falsa seguridad en sí mismos, y en ocasiones, terquedad para entrar en el trabajo y la motivación que requieren los tratamientos.

Están convencidos de su falta de inteligencia y es bastante habitual que sean reacios a cualquier situación de refuerzo de otras habilidades que no creen que tengan.

La dislexia tiene una serie de patologías asociadas como:

- Los trastornos de la atención
- Los trastornos de la atención con hiperactividad
- La hiperactividad
- La Hipoactividad
- La disfasia
- La disgrafía
- La discalculia
- La dispraxia
- Los trastornos del comportamiento
- Los trastornos emocionales secundarios, y en especial la depresión.

La observación de que todos los trastornos que desencadenan la dislexia no se dan siempre en su totalidad, y de que sus manifestaciones no se dan siempre en su



totalidad, lleva a algunos autores a pensar que existen dos matices distintos de la dislexia:

Dislexia con alteraciones fundamentalmente viso-espaciales y motrices, cuyas características serían: escritura con espejo, confusiones e inversiones al escribir, torpeza motriz, disgrafía.

Dislexia con alteraciones fundamentalmente verbales y de ritmo, que se caracterizaría por trastornos del lenguaje: dislalias, inversiones, pobreza de expresión, poca fluidez verbal, comprensión baja de las reglas sintácticas, dificultad para redactar y para relatar oralmente.

### 3.3. TEORÍA DEL APRENDIZAJE Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA.

En la actualidad se investiga las diferentes teoría de aprendizaje, las cuales intentan explicar cómo se aprende y las condiciones óptimas para enseñar.

La comprensión histórica de este tema tiene una gran importancia para interpretar las situaciones, eventos, fenómenos, comportamientos individuales y sociales del presente académico; llama la atención que algunas concepciones y teorías emitidas hace más de 2500 años, aún mantengan vigencia, ahora soportadas por la ciencia con base en la observación y experimentación.

Entre las principales teorías educativas según Santo Urbina Ramírez tenemos:

#### 3.3.1. La perspectiva conductista: Skinner.

El conductismo parte de una concepción empirista del conocimiento, La principal influencia conductista en el diseño de software se encuentra en la teoría del condicionamiento operante y la enseñanza programada de Skinner. Cuando ocurre un hecho que actúa de forma que incrementa la posibilidad de que se dé una conducta, este hecho es un reforzador.

Se trataba de programas de ejercitación y práctica, basados en la repetición, con secuencias de materiales lineales, y sanciones positivas o negativas a las respuestas del estudiante.

Algunos actores como Martí se basan en Skinner para extraer derivaciones educativas como son:

- El sujeto en estado pasivo
- Unidades básicas elementales de aprendizaje

- Leyes comunes de aprendizaje

Los primeros software educativos se basaron en la enseñanza de Skinner, este consistía en la presentación de preguntas y esperar la respuesta por parte del alumno, a esta forma de interacción con el computador fue llamada (CAI, Computer Assisted Instruction). (Ramirez, 1999)

El software se elabora en pequeñas etapas permitiendo numerosas respuestas que son reforzadas convenientemente, la secuencia del software es lineal y correspondiente a la materia, para Skinner el alumno no se le dificulta el aprendizaje si el software fue bien diseñado, por tal motivo ha de ser realizados por profesionales bien capacitados.

Muchos programas actuales son basados en las propuestas conductistas de Skinner que a groso modo son:

- Descomposición de la información en unidades
- Diseño de actividades que requieren una respuesta
- Planificación de refuerzo

Esta teoría de aprendizaje según Santo Urbina Ramírez posee grandes ventajas como son:

- No se requiere capacitación
- Cierta interacción usuario pc
- Secuencia programable de acuerdo al alumno
- Realimentación sobre cada interacción
- Enseñanza individualizada.

### 3.3.2. Al aprendizaje significativo de Ausubel.

El aprendizaje significativo el cual está en contra del aprendizaje memorístico o mecánico, es aquel en el que el contenido debe incorporar el conocimiento del sujeto en relación a aprendizajes previos.

Ausubel destaca el aprendizaje por recepción, el profesor suministra el contenido al alumno y este a su vez asimila el aprendizaje

Influye en el diseño de software con limitaciones, ya que aunque reconoce como eficaz la CAI, piensa que es mejor una enseñanza programada mediante libros. Critica la fragmentación de contenidos que puede darse en la CAI, y aboga por la necesidad del profesor como guía.

Influirá en la teoría de la información de Gagné. (Ramirez, 1999)

### 3.3.3. Aprendizaje por descubrimiento: Bruner.

Destaca la importancia de la acción en el aprendizaje.

Afirma que la resolución de problemas depende de cómo se presentan, de que supongan un reto que incite a su resolución, y propicie la transferencia del aprendizaje, está fuertemente influenciado por Piaget.

Propone un currículo en espiral, que debe girar en torno a los grandes problemas, principios y valores de la sociedad.

En cuanto a su influencia en el software educativo, propone la estimulación cognitiva mediante materiales que ejerciten las operaciones lógicas básicas. (Ramirez, 1999)

Aboga por la creación de secuencias instructivas con las siguientes características:

- Hay que disponer la secuencia de forma que se pueda apreciar la estructura
- Tiene que promover transferencias
- Hay que utilizar el contraste
- Se va de lo concreto a lo abstracto
- Debe posibilitarse la experiencia de los alumnos
- Se debe hacer revisiones periódicas de los conceptos aprendidos

Respecto al proceso de enseñanza:

- Se debe ser capaz de captar la atención
- Se debe analizar y representar la estructura del contenido de forma adecuada
- Es importante que el alumno describa por sí mismo lo que es relevante para resolver un problema
- Es primordial elaborar una secuencia efectiva

- El refuerzo y la retroalimentación surgen del éxito.

#### 3.3.4. La teoría de Piaget

Su teoría de aprendizaje se basa en el conocimiento del mundo a través de los sentidos, atendiendo a una perspectiva evolutiva.

El desarrollo de la inteligencia es la adaptación del individuo al medio, y en este desarrollo destacan 2 procesos básicos:

- adaptación (entrada de información)
- organización (estructuración de la información).

La teoría del aprendizaje de Piaget ilustra 3 estadios básicos de desarrollo: sensoriomotor, operaciones concretas y operaciones formales.

Enfatiza por secuencias de instrucción como:

- ligada al desarrollo individual
- Flexible
- Aprendizaje como proceso
- Actividad como papel relevante
- Los medios estimulan el aprendizaje
- Tomar consideraciones sobre el ambiente

Piaget, no fue partidario de la instrucción por computador, este tuvo gran influencia sobre Papert. (Ramirez, 1999)

#### 3.3.5. Procesamiento de la información: Gagné.

Su teoría de aprendizaje ofrece fundamentos teóricos a los profesores sobre la planificación de la instrucción.

Para lograr resultados en el aprendizaje es preciso conocer las condiciones internas que intervienen en el proceso de aprendizaje y las condiciones externas que pueden favorecer el mismo.

Reconoce la existencia de distintas fases en el aprendizaje:

- Motivación
- Comprensión
- Adquisición
- Retención
- Recuerdo
- Generalización
- Ejecución
- Retroalimentación

Las aportaciones de Gagné al diseño de software, fue crear una alternativa al modelo conductista para el diseño de programas, centrándose más en los procesos de aprendizaje.

Las principales aportaciones al diseño de software son:

- La importancia del refuerzo interno como feed-back informativo
- Crear los cimientos para el diseño de modelos de formación

Influye sobre la teoría de la instrucción de Merrill, sobre los modelos prescriptivos para la elaboración de materiales educativos informáticos. (Ramirez, 1999)

### 3.3.6. El constructivismo de Seymour Papert.

Papert supone nuevas formas de aprender considerando al computador como el tutor de las condiciones de aprendizaje.

Su teoría parte de los postulados de Piaget, tomando planteamiento como son:

- Analizar genéticamente lo contenidos
- Defender constructivista el conocimiento
- El aprendizaje espontáneo, sin instrucción

- La concepción del sujeto como ser activo que construye sus teorías sobre la realidad interactuando con esta

Papert entiende al sujeto como el agente activo y constructor de su aprendizaje, incrementando su papel en la adquisición del conocimiento, incidiendo en las estructuras mentales potenciales y en los ambientes de aprendizaje.

Se le reconoce como el creador del lenguaje “LOGO”, primer lenguaje de programación para niños, ayuda al niño mediante a la programación a que piense sobre sus procesos cognitivos, sus errores y los aproveche para replantear sus programas, favoreciendo sus actividades cognitivas. (Ramirez, 1999)

### 3.3.7. Constructivismo y mediación.

Este destaca la importancia del papel del profesor como mediador del software educativo, los procedimientos y resultados de las actividades basadas en el computador, surgen a través de la interacción entre el maestro y el alumno.

El uso de internet une diferentes niveles de experiencia a la cultura tecnológica, internet es un ambiente que presupone una naturaleza social específica y una zona virtual de desarrollo. (Ramirez, 1999)

### 3.3.8. Teoría del Conocimiento Situado

Aparte de las teorías constructivistas y convencionales, otra teoría a la que se acude para defender el internet como medio de aprendizaje, es la del conocimiento situado.

De acuerdo con esta teoría, el conocimiento es la interacción entre un agente y el entorno, y el aprendizaje ocurre cuando el aprendiz está activamente envuelto en un contexto instruccional complejo y real.

Esta teoría sostiene que no sólo el aprender, sino también el pensar es situado y que por lo tanto debería ser considerado desde una perspectiva ecológica. Tal posición se basa en la idea de que se aprende a través de la percepción y no de la memoria.

Internet posibilita intercambios auténticos entre usuarios provenientes de contextos culturales diferentes pero con intereses similares.

### 3.4. CEREBRO Y APRENDIZAJE

En la actualidad existen grandes teóricos que realizan aportes sobre las bases biológicas del aprendizaje las manifestaciones del mismo en la práctica que destacan los aportes de las neurociencia para la educación y le asignan gran valor a las mismas.

Eric Jensen en su libro “Cerebro y Aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas”, realza las características morfológicas y fisiológicas del cerebro, señalando la diferencia funcional de este. Gracias a diferentes técnicas utilizadas en la actualidad para el estudio del cerebro se ha podido establecer que áreas específicas del cerebro se activan en el proceso cognitivo.

Jensen resalta que la mejor forma de desarrollar el cerebro, es la solución de problemas desafiantes, que impulsen la creación de dendritas que son la base neurofisiológica del aprendizaje que promueven las conexiones neuronales.

Jensen sostiene que aunque a los primeros años de vida, es la etapa donde se desarrolla mayor cantidad de dendritas, estas conexiones se pueden dar a cualquier edad, ayudando a tonificar el cerebro.

Es importante enseñarles a los alumnos a conocer las características del cerebro que se optimizan para aprender mejor y su predisposición a tener más desarrollado alguna inteligencia en especial.

Howard Gardner postulante de la inteligencias múltiples, destaca la necesidad de conocer al individuo, para enfocar la educación hacia su inteligencia más desarrollada.

Las emociones tanto de miedo como de placer influyen en el proceso de aprendizaje, ya que activan circuitos de neuronas que permiten actuar entre amenazas, por lo tanto agilizan el aprendizaje.

#### 3.4.1. Hemisfericidad cerebral

Consiste en identificar la relación que hay entre la organización biológica del cerebro y el proceso de aprendizaje humano, es decir la forma en que se maneja la información y las experiencias del ser humano.

En la actualidad existen varias teorías sobre la evolución del cerebro, una de ellas menciona que el lenguaje y las funciones espaciales son incompatibles y por lo tanto el cerebro tuvo que desarrollar por separado los sistemas de procesamiento.

El hemisferio izquierdo evoluciono hacia el lenguaje mientras que el hemisferio derecho evoluciono hacia las habilidades espaciales.

Según Rocio Ledesma no es conveniente encasillar al alumno con cierto tipo de actividades con las que se potencialice un hemisferio u otro, lo mejor es alternar actividades para potencializarlos con miras a lograr un desarrollo óptimo del individuo en toda la estrategia didáctica. (Ledesma Saucedo, 2003)

#### 3.4.2. La Asimetría cerebral

Sostiene Jensen que originalmente se pensaba que el hemisferio izquierdo dominaba el 50% del cuerpo y el hemisferio derecho el otro 50%, en la actualidad se conoce que el cuerpo es totalmente asimétrico.

Los exámenes del cerebro revelan como ciertas áreas del cerebro se ven implicadas en el procesamiento y ejecución de tareas específicas como por ejemplo: la corteza auditiva al procesamiento del sonido, el lóbulo frontal a la repetición cognoscitiva y las secciones del hemisferio izquierdo al lenguaje hablado. (Salas Silva, 2008)

Algunos investigadores sostienen que el cerebro es un conjunto modular que apoyan los requerimientos de procesamiento de la mente, en las preferencias del aprendizaje del individuo se debe tener en cuenta al cuerpo humano como un todo, ya que este provee al cerebro de información importante sobre su entorno, todos estos sensores corporales contribuyen de manera importante al aprendizaje.

Los estudiantes tienen diferentes preferencias de aprendizaje, algunos aprenden mejor viendo, otro aprenden mejor manipulando su entorno, otros oyendo de cerca, teniendo multitud de preferencias de aprendizaje. Los estilos de aprendizaje son solo inclinaciones por determinado tipo de percepción como lo plantea Howard Gardner.

#### 3.4.3. Integración de todo el cerebro

En este estado, ambos hemisferios están totalmente activos todo el tiempo, accediendo a toda la información sensorial, comunicándose, moviéndose y actuando sobre la información.

Los entornos de aprendizaje deben ser diseñados o mejorados para estimular el aprendizaje de todo el cerebro, el ambiente debe ser estimulante pero libre de estrés, ya que el estrés aumenta el funcionamiento unilateral. (Salas Silva, 2008)





## CAPITULO 4

### 4. ANTECEDENTES

Cualquier estudiante encuentra un momento particular de dificultades a lo largo de su vida, la cual requiere la ayuda de un experto, estos momentos generalmente son la causa del fracaso escolar, y puede llevar al abandono de sus estudios.

Pero se debe diferenciar entre el término dificultad escolar, que se refiere a cualquier dificultad encontrada por un estudiante durante su carrera escolar, y el término dificultad de aprendizaje, en el cual hay problemáticas más graves relacionadas al proceso de aprendizaje. Es posible distinguir entre muchas variedades de dificultades escolares, y no siempre estas son las consecuencias de una específica causa, sino son debidas a muchos factores que conciernen el estudiante y el contexto en que vive. Las dificultades de aprendizaje (DA), que son indicadas con el término learning disabilities, se refieren a tipologías muy diferentes de dificultades, relacionadas más con lo que no tienen en común en vez de ser relacionadas con lo que le liga. Cuando a un(a) niño/a se le dificulta leer o escribir, se le considera menos capaz o menos inteligente que los demás y en el colegio es tildado como el torpe. Ese es el estigma que cargan quienes son diagnosticados con dislexia.

En Colombia el trastorno de la dislexia afecta entre el 5% y el 10% de la población, siendo Colombia un país con una población de 42.888.594 habitantes en el año 2005 y con un estimado poblacional para el año 2013 de 47.121.089 habitantes, cifras suministradas por el Departamento Nacional De Estadísticas (DANE).

Tabla 1 Censo 2005 y Estimado 2013 (Leguizamo Gonzales, Palacio Muñoz, & Piñeros Ruiz, 2013)

Año	Población en Colombia	Hombres Con Dislexia	Mujeres con Dislexia	Total Población con Dislexia
2005	42.888.594	4.288.859	536.107	4.824.967
2013	47.121.089	4.712.109	589.014	5.301.123



Grafica 1 Censo 2005 y proyección 2013 (Leguizamo Gonzales, Palacio Muñoz, & Piñeros Ruiz, 2013)

En la gráfica 1 podemos observar como la población Colombiana que sufre de dislexia, es una no despreciable población de 5'301.123 habitantes en el año 2013, teniendo mayor incidencia en hombres que en mujeres, siendo esta relación de 8 a 1, esto dividido posiblemente a la facilidad de las niñas para compensar su problema, ya que desarrollan más el área del lenguaje según P. Debray y B. Melekian, en Colombia de cada 100 estudiantes que abandonan el sistema educativo, 55 eran niños y 45 eran niñas.

En las instituciones educativas Colombianas entre el 5% y el 10% de los niños, son disléxicos, Aunque no esté directamente relacionado el índice de abandono escolar temprano en Colombia es de 4.53%, Según la Secretaría de Educación del departamento en Risaralda para el año 2012 tuvo una disminución de 5014 estudiantes con relación al año 2011, teniendo matriculados para el año 2012 una totalidad de 52.265 alumnos, es difícil estimar cuantos niños/as con dislexia se queda en el camino por su bajo rendimiento escolar.

Para ayudar a las personas con dislexia a no optar por la deserción escolar y mejorar su nivel de escolaridad, existen en la actualidad nuevas tecnologías que nos permiten afrontar la dislexia de una manera completamente diferente. Cualquier persona que quiera integrarse con éxito en nuestra sociedad ha de saber usar las tecnologías de la información. Una persona con dislexia, además encontrará en la tecnología una gran aliada.

La informática puede mejorar la lectura y el rendimiento de las personas con dislexia, las investigaciones con personas con dislexia llevadas a cabo en diferentes universidades han demostrado que algunos diseños específicos de texto benefician la lectura en las personas con dislexia, En la era digital los investigadores también tienen herramientas al alcance que están permitiendo comprender la dislexia de otra manera.

## 4.1. FUNDAMENTOS DE LAS REDES NEURONALES

### 4.1.1. Estructura del modelo biológico

El ser humano desarrolla sistemas que le permiten conocer y adecuarse a los cambios en su medio ambiente, así como identificar las modificaciones que tienen lugar en su propio organismo. El sistema integrado por excelencia es el nervioso, pues regula a los otros dos sistemas de comunicación, el endocrino y el inmune. Al sistema nervioso, el cual se divide en Sistema Nervioso Central (SNC) y Sistema Nervioso Periférico (SNP), pertenece todo el tejido nervioso del cuerpo.

Las propiedades de irritabilidad y conductividad residen en la neurona, su unidad anatómica. El sistema nervioso central (SNC) está constituido por el encéfalo y la médula espinal. Están protegidos por tres membranas: duramadre (membrana externa), aracnoides (membrana intermedia), piamadre (membrana interna) denominadas genéricamente meninges. Además, el encéfalo y la médula espinal están protegidos por envolturas óseas, que son el cráneo y la columna vertebral respectivamente. (Nieuwenhuys, 2009)

El SNP (Sistema nervioso periférico) Está formado por los nervios situados o región externa del sistema nervioso, estos pueden ser craneales (originados en el encéfalo) o raquídeos (espinales originados en la medula). Estos nervios cumplen función sensitivas y motoras, los nervios motores a su vez se dividen en somáticos que llevan información a los músculos estriados y el autónomo que lleva información al músculo liso, cardíaco y glándulas. (franco, 1992)

El sistema nervioso está constituido por dos tipos celulares principales: las neuronas y las células de sostén. Las neuronas son las encargadas de recibir, integrar, transmitir, generar, guardar y modificar los estímulos, para hacer nuestras funciones compatibles con la vida. Estas funciones pueden ser voluntarias o involuntarias y en todas ellas hay participación de neuronas. La complejidad de sus funciones ha hecho que evolutivamente en muchas especies como la humana las neuronas sean incapaces de reproducirse luego del nacimiento. Así mismo son incapaces de nutrirse por sí mismas y no poseen mecanismos de defensa muy desarrollados en comparación con otras células del cuerpo.

Las células de sostén del sistema nervioso suplen las deficiencias de las neuronas. Han desarrollado un mecanismo de defensa, nutrición y prestan un sustrato físico a las neuronas y por tanto al tejido nervioso. Estas células no poseen la capacidad de transmitir impulsos nerviosos, pero son importantes para la creación de comunicaciones entre las neuronas (sinapsis) y para la transmisión de impulsos nerviosos pues hacen más rápida su conducción y establecen las vías apropiadas. Cuando están localizadas en el SNC, las células de sostén se denominan Neuroglia o células de Glia. Cuando son del SNP se les llama células de Schwann o células satélites.

#### 4.1.2. Neuronas

Son las células funcionales del tejido nervioso. Ellas se interconectan formando redes de comunicación que transmiten señales por zonas definidas del sistema nervioso. Las funciones complejas del sistema nervioso son consecuencia de la interacción entre redes de neuronas, y no el resultado de las características específicas de cada neurona individual. Se estima que hay 26.000 millones de neuronas en el cerebro humano y en un área de un milímetro cuadrado hay aproximadamente 50.000 el tamaño y forma de las neuronas es variable, pero todas poseen las mismas subdivisiones anatómicas. (Koenig, 2005)



Figura 12. Soma o Cuerpo Celular (Hein, 2005)

En la figura 12 se observa el soma o cuerpo de la célula que contiene el núcleo y es el encargado de las actividades metabólicas de toda neurona, el soma puede

recibir información de otras neuronas a través de sinapsis en su superficie. Las dendritas son estructuras que parten del soma con ramificaciones, se especializan en la recepción de señales de otras células nerviosas por medio de conexiones sinápticas.

El axón permite enviar impulsos a otras células nerviosas. En algunas neuronas los impulsos se inician en la unión del axón y el soma, y luego se transmiten a lo largo del axón a otras células nerviosas. Cuando el axón está cerca de sus células destino se divide en muchas ramificaciones que forman sinapsis con el soma o axones de otras células.

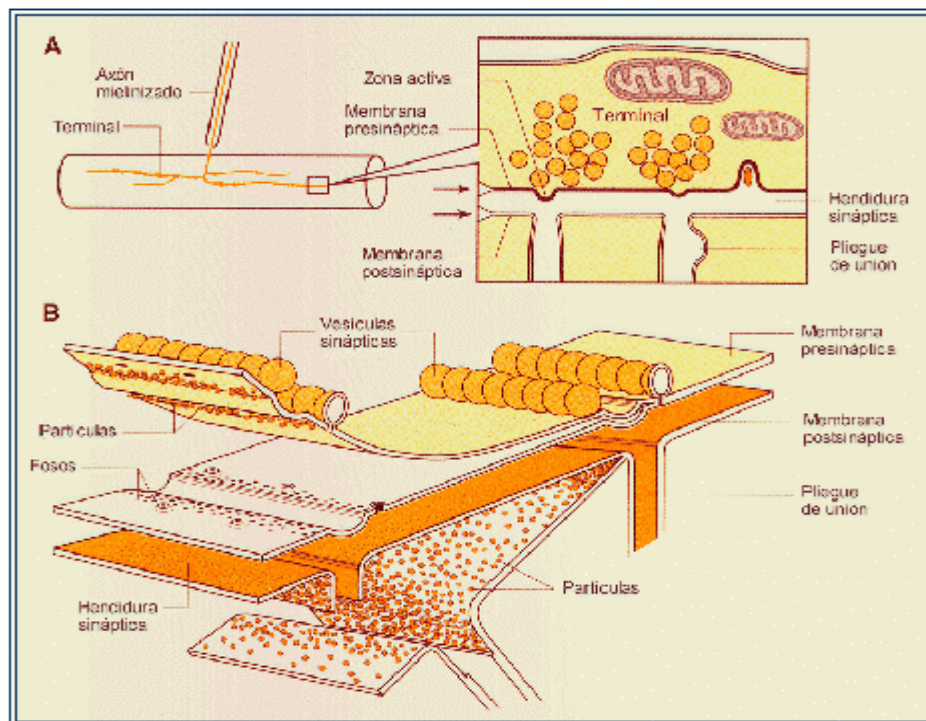


Figura 13. La Sinapsis (j., 2012)

En la figura 15 se observa como la sinapsis es una conexión entre dos células nerviosas. Las sinapsis pueden ser excitativas o inhibitorias según el neurotransmisor que se libere, cada neurona recibe de 10.000 a 100.000 sinapsis y su axón realiza una cantidad similar de sinapsis. La sinapsis se clasifica según su posición en la superficie de la neurona receptora, hay tres tipos : axo-somática, axo-dendrítica, axo- axomática. La sinapsis es química por naturaleza pero tiene efectos eléctricos laterales que se pueden medir.

Cuando la neurona está en reposo, su membrana externa mantiene una diferencia de potencial de 70 mv (la superficie interior es negativa respecto de la superficie exterior). En reposo, la membrana es más permeable a los iones de potasio que a los iones de sodio. Cuando se estimula la célula, la permeabilidad al sodio se incrementa, lo cual produce una entrada repentina de cargas positivas. Esta entrada produce un impulso una inversión momentánea de potencial de la membrana. El impulso se inicia en la unión del cuerpo celular y el axón, y se propaga lejos del cuerpo celular. Cuando el impulso alcanza los terminales del axón de la neurona presináptica, este induce la liberación de moléculas neurotransmisoras. Los transmisores se difunden y alcanzan los receptores de la membrana postsináptica.

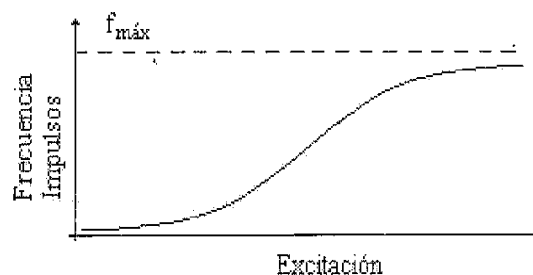


Figura 14. Frecuencia de Impulsos (flores, 2000)

En la figura 14 se muestra la frecuencia de los impulsos descargados por una neurona y la intensidad de la excitación, ay una frecuencia máxima o frecuencia saturación. De acuerdo con el número de prolongaciones emitidas, las neuronas pueden ser MULTIPOLARES (dos o más dendritas y un axón), BIPOLARES (una dendrita y un axón en polos opuestos) y SEUDOUNIPOLARES (un axón y una dendrita unidos que se dividen cerca del soma). Hay tres categorías de neuronas desde el punto de vista funcional; las neuronas sensoriales, son las que llevan los impulsos desde los receptores hacia el SNC, las neuronas motoras, son las que transmiten los impulsos desde el SNC hasta las células efectoras: en medio de estos dos tipos hay una red de interneuronas; neuronas de asociación o neuronas centrales, que constituyen la mayoría del cuerpo. Las neuronas motoras y las interneuronas son de tipo morfológico multipolar. Las neuronas sensoriales son de tipo pseudounipolar.

Las formas y tamaños de las neuronas son muy variadas, pero todas comparten cuatro zonas funcionales: una zona receptora o dendrítica aferente, en la que se integran los cambios de despolarización locales-excitatorios-o-inhíbitorios que se inician en las uniones sinápticas; una zona en que se generan potenciales de descarga que corresponde al lugar de unión del axón con el soma; una

prolongación axónica eferente que transmite los impulsos hasta las terminaciones nerviosas, última porción en la que los potenciales de despolarización hacen que se liberen sustancias neurotransmisores en la sinapsis.

En general, la comunicación entre neuronas o sinapsis se da por contacto físico en organismos muy poco evolucionados. En los mamíferos como el ser humano, la propagación en el espacio sináptico, es a través de mensajeros químicos liberados de las terminales de los axones o de las dendritas, que se encuentren próximas a otras neuronas. Cada axón o dendrita posee una prolongación terminal conocida como botón sináptico, en donde se depositan las sustancias que sirven de mensajeros, los NEUROTRANSMISORES. La recepción de la información se da por la existencia de receptores específicos para cada neurotransmisor sobre la membrana de la célula postsináptica, los cuales forman un complejo similar a la de una llave en una herradura con el neurotransmisor específico. Los receptores generalmente se encuentran en las prolongaciones de las neuronas (axones o dendritas) aunque se pueden encontrar sobre el soma neuronal.

La Sinapsis de Hebb se representa claramente en la figura 15, donde Hebb propone que el aprendizaje en las neuronas ocurre por la actividad neuronal coincidente, esto se conoce como la ley de Hebb o aprendizaje Hebbiano: “cuando el axón de la célula A excita la célula B y repentinamente toma lugar en su activación, ocurre algún proceso de crecimiento o cambio metabólico en una o ambas células tal que la eficacia de A, como una de las células que dispara a B, se incrementa”. Según la regla de aprendizaje de Hebb, la actividad coincidente en las neuronas presináptica y postsináptica es crítica para fortalecer la conexión entre ellas, esto se denomina mecanismo asociativo pre-post.

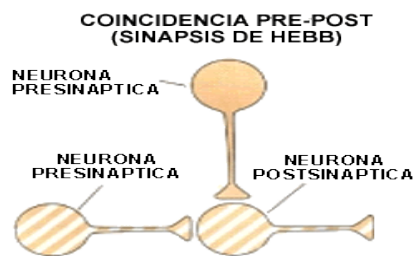


Figura 15 Mecanismo asociativo pre-post. (Maria, 2000)

Ladislav Tausz y Eric Kandel propusieron en 1963 una segunda regla de aprendizaje mientras trabajan en el Instituto Mery en París en el sistema nervioso del caracol Aplysia. Ellos encontraron que la conexión sináptica entre dos neuronas se puede fortalecer sin actividad de la célula postsináptica. La tercera neurona llamada neurona moduladora, incrementa la liberación del



neurotransmisor de la célula presináptica.

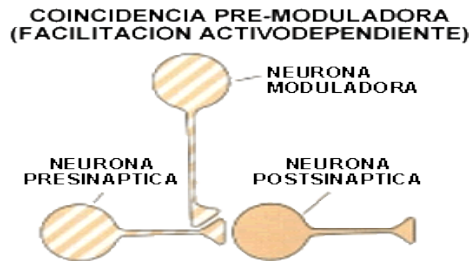


Figura 16. Actividad de la neurona moduladora y presináptica. (Maria, 2000)

#### 4.1.3. Fundamentos matemáticos de las Redes Neuronales Artificiales (RNA)

El cerebro humano, compuesto por neuronas, tiene muchas características deseables por cualquier sistema artificial: No necesita programación; con el tiempo aprende, puede manejar información ambigua, múltiple e inconsistente, es seguro y robusto frente a las fallas, la muerte de células nerviosas no afecta de forma inmediata su desempeño. Una red neuronal artificial, se asimila a la representación matemática de una red neuronal biológica.

Ya que, dada la complejidad todavía no resuelta del funcionamiento del cerebro, todos los trabajos hasta ahora desarrollados son muy burdos en comparación de lo que realmente es, esto es en gran parte debido a las limitantes tecnológicas actuales. La idea básica de las redes neuronales artificiales, consiste en simplificar la información de entrada, y tomando los elementos más relevantes de la misma, obtener una respuesta.

En el modelo matemático, las neuronas están representadas como elementos procesadores (EP), las rutas de entrada están definidas como las interconexiones, los procesos combinan las señales y la salida generada es tratada por una función de transferencia de naturaleza no lineal. La fuerza sináptica de cada conexión está representada como un peso y el cambio en la fuerza sináptica lo definimos como el aprendizaje de la red.

Un elemento procesador (EP), es un dispositivo simple, cuyo funcionamiento trata de asemejar de una manera muy burda al funcionamiento de una neurona biológica. La estructura de los EP la podemos tomar para simular o tratar de entender la manera en que trabaja una neurona biológica. En los modelos de redes neuronales artificiales los EP realizan diversas funciones tales como: la evaluación

de las señales de entrada, la suma de las mismas, así como la comparación de dicha suma con un valor de umbral determinado que fija el valor de la salida.

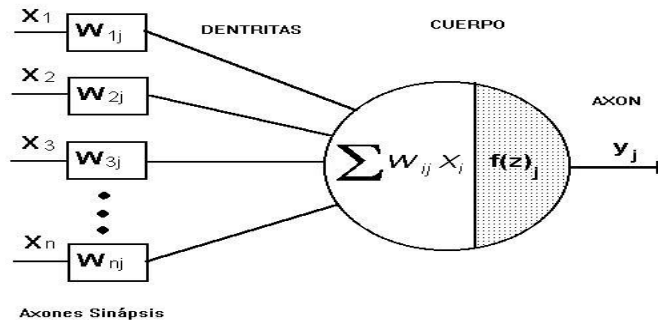


Figura 17. Modelo de red neuronal artificial. (Alexis, 2010)

La implementación de una neurona puede ser en un microprocesador de 1 bit, en un procesador con punto flotante o por medio de un amplificador operacional. Dicha implementación depende del modelo de red seleccionado y de la aplicación en cuestión.  $U_j$ : Denota una EP y lleva un subíndice respectivo para diferenciarla de las demás. Cada EP puede recibir varias señales de entrada simultáneamente, pero sólo presenta una señal de salida, dicha salida depende de las señales de entrada de los pesos y del umbral para cada EP.

#### 4.1.4. Pesos o sinapsis

Es una magnitud que indica la fuerza que tiene la conexión entre dos neuronas o elementos procesadores, dicha magnitud funciona como un factor determinante para definir la excitación o inhibición de la neurona. Algunas entradas pueden ser más importantes que otras, esto se debe al peso correspondiente a cada entrada en el EP. Estos pesos son la fuerza de interconexión entre los EP y normalmente son representados en términos de vectores del tipo:

$$peso_i = (peso_{i1}, \dots, peso_{in})$$

#### Estado de activación

$a_i(t)$  : Estado de activación, es un valor numérico característico de cada neurona, el cual nos informa el comportamiento o estado de la unidad  $i$  en un tiempo  $t$ .

#### 4.1.5. Función de transferencia

La función de transferencia es usada para convertir el valor de activación de cada

EP en el valor de salida.

$f_j$  : Función de salida o de transferencia, relaciona o convierte  $a_i(t)$  con/en una señal de salida, puede ser una de cuatro tipos:

- Escalón: Asociada a neuronas binarias, en redes de capacidades limitadas.
- Lineal y mixta: Función más sencilla para neuronas análogas también bastantes limitadas, en cuanto a sus capacidades.
- Continua (Sigmoidal): Para redes análogas, con la ventaja de que se pueden utilizar las reglas de aprendizaje definidas para la función escalón, que en muchas ocasiones utilizan derivadas, esto implica una ventaja, ya que la derivada está definida para toda la función.
- Gaussiana: Más adaptativas que las funciones sigmoidales, puede simplificar dos capas ocultas con función de transferencia sigmoidal en una sola.

Salida

$y_i(t)$ : Es la salida de la neurona en el tiempo  $t$ , definida por la función de transferencia, de esta manera:

$$y_i = f_j(a_i(t))$$

Entrada neta

Net<sub>j</sub>: Denota la entrada neta o total a la unidad de proceso, también es función del tiempo y se define como:

$$\text{Net}_j = \text{Sum}(w_{ji} y_i(t))$$

Función de activación

F: Función de activación determina el nuevo estado de activación  $a_j(t+1)$  que depende de Net<sub>j</sub>, y de  $a_j(t)$ . (Quesada, 2000)

$$a_i(t+1) = F(a_i(t), \text{Net}_i)$$

Puede tener una de cuatro representaciones o formas posibles: Escalón:

$$y_i(t+1) = \begin{cases} 1 & \text{si } [\text{Net}_i > \theta_i] \\ y(t) & \text{si } [\text{Net}_i = \theta_i] \\ 0 & \text{si } [\text{Net}_i < \theta_i] \end{cases}$$

Lineal o identidad.

$$y_i(t+1) = \text{Net}_i - \theta_i$$

Lineal - mixta.

$$y_i(t+1) = \begin{cases} b & \text{si } [\text{Net}_i \leq b + \theta_i] \\ \text{Net}_i - \theta_i & \text{si } [b + \theta_i < \text{Net}_i < B + \theta_i] \\ B & \text{si } [\text{Net}_i \geq B + \theta_i] \end{cases}$$

Sigmoidal.

$$y_i(t+1) = \frac{1}{1 + e^{-(\text{Net}_i - \theta_i)}}$$

También se define un vector estado de activación, de N números reales, donde N es el número de neuronas que componen la red, y se denota como:

$$A(t) = (a_1(t), a_2(t), \dots, a_i(t), \dots, a_N(t))$$

Existe otro vector, que contiene la información acerca de las salidas de todas las neuronas de la red en un instante t:

$$Y(t) = (f_1(a_1(t)), f_2(a_2(t)), \dots, f_i(a_i(t)), \dots, f_N(a_N(t)))$$

La elección de la función de activación depende de la forma en que se desee sean representados los datos de salida, por ejemplo, si se desea que las unidades

de salida sean binarias, se utiliza la función de activación sigmoïdal en la que su primer derivada es continua. El funcionamiento de una RNA, está basado en la evolución dinámica de la red mediante la cual se van actualizando los estados de las neuronas y los pesos de la red hasta alcanzar un estado deseado, este proceso, se conoce como entrenamiento, y puede ser de dos maneras:

- Asíncrono: Las neuronas evalúan su estado de manera continua, e independiente.
- Síncrono: También en forma continua pero simultánea. (Torres, 2010)

#### 4.2. LENGUAJES DE PROGRAMACION PARA MODELAR UNA RNA

- Neuroscheme: Un lenguaje para el modelamiento de redes neuronales artificiales. Para el desarrollo de la herramienta se ha seleccionado como lenguaje base al dialecto Scheme (Sussman et al, 1975; Steele et al, 1978; Dybig, 1987) que proviene de Lisp (McCarthy, 1960), el cual se encuentra fundamentado en el cálculo lambda (Church, 1941; Curry and Feys, 1958); este lenguaje es caracterizado por su elegancia conceptual y simplicidad, por lo que es ampliamente usado en la enseñanza de principios de programación y la investigación en lenguajes de programación. A diferencia de otros dialectos de Lisp, Scheme define el ámbito de sus definiciones léxicamente, es estructurado en bloques, soportando funciones y continuaciones como objetos de datos de primera clase, lo que quiere decir, que ellos pueden ser pasados como parámetros a funciones, retornados como el valor de una función, y permanecer indefinidamente en memoria. (HENAO, 2005)
- DrRacket: Lenguaje de programación orientado a objetos. (Gonzalez, 2011)

##### 4.2.1. Análisis de métodos de programación DrRacket

Como técnica de programación se utilizó la encapsulación de estructuras y funciones dentro de un Tipo de Dato Abstracto (TDA), lo que permite una mejor modularidad, y capacidad de desarrollo. (Flores)

Para guardar la información de la red se utilizó la siguiente estructura:

```
/*Type GtRed  
Identificador As String
```

```

Nombre As Integer
x0 As Long
YO As Long
X1 As Long
Y1 As Long
Intensidad As Double
End Type*/

```

Para hacer eficiente el uso de memoria se utilizó la idea de los "apuntadores", técnica computacional que permite el reservar y desechar porciones de memoria de acuerdo a los requerimientos del usuario. Como en Visual Basic no se permiten apuntadores, se utilizó una analogía que son los "arreglos dinámicos" y que quedan declarados a continuación:

```

/*Public MrP.ed (
Public GtAD ( )
Zublic StCU ( )
Public GtCA ( )
?zDi iz GtN ( )
As GtRed
As GtRed
As GtRed
As GtRed
As GtRed*/

```

Y para complementar el TDA (Tipo de Dato Abstracto) se desarrollaron las siguientes funciones y procedimientos:

```

/*Public 'unction rInicializaNodo ( 1 As GtEied
Zublic 31;s Altaobjeto iByRef Red0 As GtRed, Id As String,
Nombre As Integer, -
x As Long , Y As Long,
Optional XI AS Long, Optional YI AS Long,
Optional Intensidad As Double) Public Sub Sajaobjeto (ByRef Re( )d As
GtRed, Posicion As Integer)
Public Function rConsultaObjeto !Red( As GtRed, -
Public Function sObtenIdentificacionObjeto(Nodo As GtRed) As String
Public Function iObtenNombreObjeto(Nodo As GtRed) As Integer
Public Function iGbtenIntensidadObjeto(N0do As GtRed) As Integer
Public Sub ModificaObjeto(ByRef Red0 As GtRed, iNumNodo As Integer, -
-
-

```

```

Posicion As Integer) As GtRed
Id As String,
Nombre As Integer, -
x As Long, Y As Long,
Optional XI AS Long, Optional YI AS Long, Cptianal Intensidad As Double!
Public: Function IRegresaXOObjeto(Nodo As GtRed) As Long
?j~bl;c 'uxstion IRegresaXIObjeto (Nodo As GtRed) AS Long
2cblie Function IRegresaYOObjeto(Nodo As GtRed) As Long
Pcblic ? a c t i o n 12.egresaYICbjeto (Nodo As GtRed) As Long
Pubi;c F " ~ n c t l o n b TieneConexiones(Red() As GtRed, Nodo As GtRed)
hblic Function b3extroObjeto(Nodo As GtF.ed, x As Single,
Public Function pObtenCentro (R(e1d As GtRed, sEsperado As String,
Public Function bValidaNombre (R( )e dA s GtRed,
Y As Single) As Boolean
x As Single, Y As Single) As POINTAPI
Nombre As Integer) As Boolean */

```

#### 4.2.2. Análisis del código "FORMARED"

Los siguientes extractos de código presentan de manera general el uso de estructuras dinámicas para hacer eficiente el uso de memoria. Las limitaciones del paquete no las impone el método de programación, sino los controles utilizados para desplegar la información en las funciones de impresión adaptadas al paquete, a pesar de esta limitante el número de neuronas y fibras que se pueden manejar satisface las necesidades del usuario. (Flores)

```

/*Private SLb pic - XouseDown(1ndex As Integer, Button As Integer, Shift As
Integer, x As Single, Y As Single)
Din XIAux As POINTAPI
"irn X? As Long
3 ; ~ L i Y1 As Long
I f Button = 1 Then
If XbNeuronas Then
'diSuj?rr.os una neurona en caso de no haber nada sobre la zona
'en que dibujaremos
I f Not bValidaConexiones (MrRedO I FIBRA, x, Y) L.d
Not bValidaConexiones (MrR(e)d , NEURONA, x, Y)-Then
x1 = x
Y1 = Y
DibujaNeurona Me.pic(1) I XI, Y1, 200, MiDesplszamiento
MbCambio = Trae
ReDim GvParametrcs(5)
GvParametros (O) = "frmFormaRed"

```

```

GvParametros ( 1 ) = "NombreNeurona"
GvParametros ( 2 ) = X1
GvParametros ( 3 ) = Y1
GvParametros ( 4 ) = 200
GvParametros ( 5 ) = 0
Lcad frmPedir
frmPedir.Show
Beep
Else
zn3 ;f
_!..- self XbFibras Then
c i ~ b u ;3 x0s )Ina fibra
i_ T ' \ T - b'1alidaConexiones (MrRed( ) , FIBRA, x, Y)A nd -
?:3t bValidaConexiones (MrRedO , NEURCNA, x, 'i! Then
,.1, = x
y; = 7
DibujaFibra Me.pic ( ! ! , XI, Y1
XXambio = True
ReDim GvParametros(5)
ZvParametros (0) = "frmFormaRed"
GvParametros (1) = "NombreFibra"
GvParametros (2) = x - MiDesplazamiento
,GvParametros( 3 ) = Y ' - MiDesplazamiento
GvParametros(4) = 0 'X + MiOesplazamiento
GvParametrss(5) = 0 'Y + MiDesplazamiento
Load frmPedir
fraPedir.Show
Else
3eep
9nd If
'efectuamos la conexión de las fibra hacia una neurona
' e n caso de que el primer objeto seleccionado no sea una fibra
'permite la conexión; los mismo ocurre cuando 1 segundo objeto
'no sea una neurona
If 5VaildaConexiones (NrEied ( ) , FIBRA, x, Y) And MbPrimerClick
Elsef XbFibraNegrona Then
T !? e il
XbPrlnrClick = False
>l.lbCambm = True
:(VFiux = pCbtenCentro i".rrRed(), FIBRA, x, Y)
>Jr.l1X1 = XYAux.x
!,:.:1Y1 = XYAux .Y
Zlself bValidaConexiones (MrRedO , NEURONA, x, Y) And Not
?%L?::x~~C~:L:< Tken
:ibPrm.erClick = True

```



```

?.lbCanbio = True
X'iAux = pCbtenCentro (MrRe(d) , NEYJRONA, x, Y)
I f ?doc bConexionRepetida iMrRed, Y . I : X I , M I Y I , XYAux. x, XYAux. Y)
DikujaConexion Ne.pic(l), MIX1, MiY1, XYAux.x, XYA1lx.Y
Reaim GvParametro(s5 ,
SvParametros (O) = " f rmFormaRed"
GvParametros ( 1) = "Intensidad"
GvParametros (2) = 31x1
SvParametros (3) = MIYI
Gvparametros ( 4 ) = XYAux. x
GvParametros ( 5 ) = XYAux. Y
Load frmPedir
frrr.?edir. Show
Else
Beep
End If
Beep
Zlse

End If
'efectuamos la zcnexijn cie una neurona hacia m a neurona
'en caso de que el primer objeto seleccionado no sea una
'pernite la conexión; lo mismo ocurre cuando el segundo objeto
'no sea una neurona
If bValldaConexicnes(MrRed0, NEÜRONA, x, Y) And MbPrimerCllck
Elsef MbNeuronaNeurQna Then
nexrona no se Seleccionado
Then
NbPrLmerClick = False
MbCaniDic = True
XYAux = pObtenCentro (XrRedO , NEURONA, x, Y)
MIXI = XYAux.x
M I Y I = XYA0x.Y
Elsef bValidaConexiones (MrRed ( 1 , NEURONA, x, Y) And Not
MbPrimerClick Then
MbPrimerClick = True
NbCambio = True
XYAux = FOSTenCentro {MrRedi), NEURONA, x, Y)
I f Not bConexionRepetlda(MrRed, M1X1, M1Y1, XYAux.x, XYAux.Y)
Then
DibujaConexion Me.piciO), MIX1, M I Y I , XYAux.x, XYAux.Y
ReDim GvParametros(5)
GvParametros (O) = "frmFormaRed"
GvParametros (1j = "Intensidad"
GvParametros (2) = MIXI

```

```

5-JParametros (3) = MIYI
GvParametros (4) = XYAux.x
GvParametros (5) = XYAux.Y
Load frmPedir
frmPedir.Show
Else
Beep
End If
Else
Seep
End If
3orrar x, Y
Elseif MbBaja Then
End If
End If
End Sub/*

```

Como un agregado a la idea original, se logró que la arquitectura neuronal construida y que se encuentra en memoria, sea impresa en su totalidad con el siguiente procedimiento. (Flores)

```

Private Sub Imprimir()
Dim iMouse As Integer
Dim x As Integer, y As Integer
Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer

im iCopias As Integer
Dim iorientacion As Integer
Dim nombre As String
Const PIXEL = 3
On Error GoTo ErrorImprimir
iblouse = Screen.MousePointer
Screen.MousePointer = 11
cdb.CancelError = True
cdb.Flags = 0
cdb.ShowPrinter
Printer.Orientation = 2
Printer.Font = ",.rial"
Printer.FontSize = 6
iCopias = cdb.Copies
iorientacion = Printer.Orientation
Printer.Scale (0, 0)-(pic( l).Width, pic( l).Height)
If UBound(MrRed) = 0 Then Exit Sub
For j = 1 To iCopias
For i = UBound(MrRed) To 0 Step - 1

```

```

Select Case MrRed(i).Identificador
Case NEURONA
nombre = Str(iObtenNombreObjeto(MrRed(i)))
k=0
x = IRegresaXObjeto(MrRed(i))
y = IRegresaYObjeto(MrRed(i))
Do
Printer.Circle (x, y), MiDesplazamiento - k
k = k + 1
Loop While k <= MiDesplazamiento
Printer.CurrentX = x - MiDesplazamiento + 50
Printer.CurrentY = y - MiDesplazamiento + 80
Printer.Print nombre
nombre = Str(iObtenNombreObjeto(MrRed(i)))
Y = IRegresaXObjeto(MrRed(i))
y = IRegresaYObjeto(MrRed(i))
k = 0
PSet (x, y)
Do
Case FIBRA
Printer.Line (x - k, y - k)-(x + k, y - k)
Printer.Line (x + k, y - k)-(x + k, y + k)
Printer.Line (x + k, y + k)-(x - k, y + k)
Printer.Line (x - k, y + k)-(x - k, y - k)
k = k + 1
Loop While k <= MiDesplazamiento
Printer.CurrentX = x - MiDesplazamiento + 50
Printer.CurrentY = y - MiDesplazamiento + 50
Printer.Print nombre
Printer.Line (IRegresaXObjeto(MrRed(i)), IRegresaYObjeto(MrRed(i))) - -
Printer.CurrentX = (IRegresaXObjeto(MrRed(i)) + -
Case FIBNEU
(IRegresaXObjeto(MrRed(i)), IRegresaYObjeto(MrRed(i))) - -
IRegresaXObjeto(MrRed(i))) -
/ 2 - MiDesplazamiento

Printer.CurrentY = (IRegresaYObjeto(MrRed(i)) + -
IRegresaY 1 Objeto(MrRed(i))) -
/ 2 - MiDesplazamiento
Printer.Print Str(iObtenIntensidadObjeto(MrRed(i)))
Printer.Line (IRegresaXObjeto(MrRed(i)), IRegresaYObjeto(MrRed(i))) - -
Printer.CurrentX = (IRegresaXObjeto(MrRed(i)) + -
Case NEC'NEU
(IRegresaXObjeto(MrRed(i)), IRegresaYObjeto(MrRed(i))) - -
IRegresaXObjeto(MrRed(i))) -

```

```

/ 2 - MiDesplazamiento
IRegresaY IObjeto(MrRed(i)) -
/ 2 - MiDesplazamiento
Printer.CurrentY = (IRegresaYObjeto(MrRed(i)) + -
Printer.Print Str(iObtenIntensidadObjeto(MrRed(i)))
End Select
Next i
Printer.EndDoc
Next j
Screen.MousePointer = ¡Mouse
Exit Sub
ErrorImprimir:
Screen.MousePointer = Mouse
Debug.Print Err.Number & " " & ErrDescription
Exit Sub
End Sub

```

Este código se ha tomado como referencia de programación de una red neuronal artificial proporcionado por Flores, R, Samorategui, A. & Gonzalez, R. en su libro Wneurored: Simulador y Analizador de Redes Neuronales Artificiales de la Universidad Autónoma Metropolitana (Flores)

#### 4.3. ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Los algoritmos evolutivos son técnicas inspiradas en la biología, dichas heurísticas simulan el comportamiento evolutivo de las especies desde distintos puntos de vista, y se usan para solucionar diversos problemas, en general cumplen con los siguientes requerimientos:

- Función de aptitud: Esta es la función objetivo
- Codificar las estructuras: Para poder trabajar con las variables de decisiones necesario trabajar con una representación en particular de los individuos
- Operaciones que afecten a los individuos: Para poder modificar a los individuos en cada generación es necesario el uso de operadores
- Mecanismo de selección: Se necesita de una manera específica para seleccionar a los mejores individuos para asegurar que la solución siempre mejorará.

Existen diversos tipos de algoritmos evolutivos, aunque guarda muchas semejanzas entre ellos que los hacen muy similares. (Araujo & Carlos, 2009)

Existen tres paradigmas de algoritmos evolutivos principales:

- Programación evolutiva
- Estrategias evolutivas
- Algoritmos genéticos

#### 4.3.1. Algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos fueron desarrollados por Holland a principios de 1960 para resolver problemas de aprendizaje de máquina.

En los algoritmos genéticos es usual que se use representación binaria. Las partes que definen a un individuo en un algoritmo genético son los cromosomas y el fenotipo, los cromosomas son la representación de los individuos con la cual se trabaja dentro del algoritmo, mientras que el fenotipo es la representación de los individuos en el contexto del problema a resolver. La aptitud por otro lado es el valor que tiene cada individuo y con el cual sabe que tan bueno es.

Cada que iteramos el algoritmo obtenemos una generación, dicha generación es el conjunto de individuos que van cambiando en cada iteración debido a los operadores, el operador de cruce se encarga de tomar dos individuos de la generación actual y combinarlos para generar nuevos individuos, mientras que el operador de mutación se encarga de modificar el individuo para crear uno nuevo. Cada operador se aplica dependiendo de una probabilidad, al igual que se necesita de una selección para poder conservar el mejor individuo. (Araujo & Carlos, 2009)

Los algoritmos genéticos son utilizados en la actualidad en diversas áreas como:

- Gestores de bases de datos
- Optimización
- Aprendizaje de máquina
- Visión
- Generación de gramáticas para lenguajes formales

- Trayectorias de robots

Se podría pensar en un Código para el Algoritmo Genético:

```
Generar una población inicial de individuos de manera aleatoria.  
Calcular la función aptitud de cada individuo de la población.  
Repeat  
    Seleccionar individuo en base al valor de aptitud  
    Aplicar operador de cruza  
    Aplicar operador de mutación  
    Calcular la función de aptitud de cada individuo en la población  
    Conservar el mejor individuo para la siguiente generación  
Until la condición de paro se cumpla  
Return Mejor individuo
```

#### 4.3.2. Programación evolutiva

La programación evolutiva pone énfasis en la relación entre padres e hijos, en lugar de emular operadores genéticos, abstrayendo la evolución al nivel de las especies y no requiere de un operador de recombinación.

#### 4.3.3. Evolución diferencial (ED).

Ed es una rama de la computación evolutiva, En la ED, las variables se representan mediante números reales. Para generar la población inicial debe estar dentro de límites requeridos, y en cada iteración se selecciona tres individuos como padres y se aplican los operadores con los cuales dependiendo de una probabilidad se genera un nuevo individuo, que solo sobreviviría si es mejor que un individuo seleccionado de manera aleatoria.

Se diferencia de los algoritmos genéticos en que:

- Usa representación real en vez de binaria
- Se usan 3 padres en vez de 2
- Se genera un solo hijo de la cruza y esto pasa solo con la perturbación de uno de los padres
- El nuevo individuo reemplaza a otro individuo elegido aleatoriamente solo si es mejor.

#### 4.3.4. Particle swarm optimization (PSO).

PSO (Optimizaciones por enjambre de partículas) es una heurística de búsqueda que simula los movimiento de una bandada de aves que aspiran encontrar comida, la relativa simplicidad de PSO y el hecho de que es una técnica basada en población la hacen muy popular.

Originalmente fue adaptada para el equilibrio de pesos en redes neuronales, y pronto llego a ser un optimizador global muy popular, principalmente en problemas en que las variables de decisión eran números reales.

#### 4.3.5. Operadores locales

Los operadores locales son métodos que ayudan, dependiendo del problema a buscar mejores soluciones.

La idea principal del operador local es hacer búsqueda con algún algoritmo evolutivo, y dada una probabilidad se aplica un operador local según algún criterio dependiendo del contexto del problema a resolver, para buscar soluciones locales.

### 4.4. DETECCIÓN DE CÍRCULOS EN IMÁGENES USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

Los Autores Víctor Ayala Ramírez, Carlos H. García, Arturo Pérez García, Raúl E. Sánchez-Yanes en su investigación plantean un método para extraer círculos de una imagen usando algoritmos genéticos. La idea fundamental es que a partir de un conjunto de puntos dado  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ , se eligen tres puntos aleatoriamente  $\{p_i, p_j, p_k\} \mid p_i = (X_i, Y_i); p_j = (X_j, Y_j); p_k = (X_k, Y_k);$  y se usa una ecuación para aproximar un círculo que cruce por estos tres puntos, la ecuación es la siguiente:

$$(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = r^2$$

Donde

$$X_0 = \frac{\begin{vmatrix} X_j^2 + Y_j^2 - (X_i^2 + Y_i^2) & 2(Y_j - Y_i) \\ X_k^2 + Y_k^2 - (X_i^2 + Y_i^2) & 2(Y_k - Y_i) \end{vmatrix}}{4 \left( (X_j - X_i)(Y_k - Y_i) - (X_k - X_i)(Y_j - Y_i) \right)}$$

$$Y_0 = \frac{\left| \begin{array}{cc} 2(X_j - X_i) & X_j^2 + Y_j^2 - (X_i^2 + Y_i^2) \\ 2(X_k - X_i) & X_k^2 + Y_k^2 - (X_i^2 + Y_i^2) \end{array} \right|}{4 \left( (X_j - X_i)(Y_k - Y_i) - (X_k - X_i)(Y_j - Y_i) \right)}$$

Y

$$r = \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2}$$

Luego se revisa el número de puntos en la imagen que están en la circunferencia del círculo.

Un algoritmo genético mejora la búsqueda del mejor círculo que se ajusta a estos puntos dependiendo de una función de aptitud, que cuenta los puntos en la imagen que están en la circunferencia encontrada con las ecuaciones anteriores, este algoritmo usa como cromosomas los índices de los puntos y el método de selección de ruleta, además utiliza un operador de cruce de 1-punto y un operador de mutación por bit. (Ayala ramirez, Garcia Capulin, Perez Garcia, & Sanchez Yanes, 2005)

#### 4.5. ALGORITMO DE DISTORSIÓN DE TIEMPO DINÁMICO (DTW)

Este algoritmo permite medir la similitud entre dos secuencias que pueden variar en el tiempo y el espacio, tomando como referencia el estudio del algoritmo DTW presentado por Tamara Salmerón Ruiz, ilustraremos el concepto de este.

Fundamento matemático:

Sean las secuencias  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ , de longitud  $n$ , e  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ , de longitud  $m$ . estas secuencias pueden ser señales discretas o señales muestreadas en puntos equidistantes en el tiempo.

Se define un espacio vectorial  $F$  formado por estas muestras, de manera que:

$$X_n, Y_m \in F \forall n \in [1, N], \forall m \in [1, M]$$

Si se quiere comparar dos secuencias, se necesita una medida de coste o distancia local;

$$C : F \times F \rightarrow \mathbb{R} \geq 0$$

Esta función nos devuelve un coste  $c(X, Y)$  pequeño, si  $X$  e  $Y$  son similares y un coste  $c(X, Y)$  elevado si son muy distintas. Si se utiliza esta función para calcular la



distancia entre cada par de elementos de las secuencias X e Y, se obtiene una matriz de coste:

$$C \in \mathbb{R}^{N \times M}$$

Cada elemento de esta matriz se define como  $c(n, m) = c(x_n, y_m)$ , la matriz nos permite alinear las secuencias X e Y, buscando un camino de alineación de coste mínimo a lo largo de ella.

Formalmente el camino de alineación es definido como una secuencia

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_n), \text{ con } p_l = (n_l, m_l) \in [1, N] \times [1, M], \forall l \in [1, L]$$

Esta secuencia puede satisfacer tres condiciones:

- Condición de frontera: para que los primeros y últimos elementos de X e Y estén alineados y así las secuencias completas estén alineadas.

$$p_1 = (1, 1) \text{ y } p_l = (N, M)$$

- Condición de monotonía con esta nos aseguramos de que elementos que se sucedan en el tiempo también sucedan en esta.

$$n_1 \leq n_2 \leq \dots \leq n_l \leq y \ m_1 \leq m_2 \leq \dots \leq m_l$$

- Condición de salto indica que no se puede omitir ningún elemento de X e Y, y que el camino de alineamiento es continuo.

$$p_{i+1} - p_i \in \{(0, 1), (1, 0), (1, 1)\} \forall l \in [1, L - 1]$$

Para tener una imagen más clara sobre en qué consiste cada una de estas condiciones para una secuencia X de longitud  $N = 7$  y una secuencia Y de longitud  $M = 9$ .

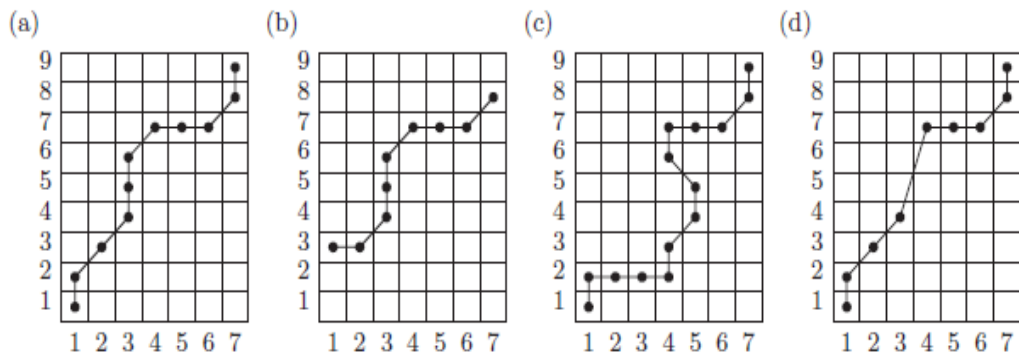


Figura 12 Ejemplo condición de secuencia Algoritmo DTW (Salmerón Ruiz, 2012)

En la figura 18 podemos observar que mientras que en (a) se cumplen las tres condiciones, en (b) se viola la condición de frontera, en (c) se viola la de monotonía, y en (d) se viola la de salto. (Salmerón Ruiz, 2012)

El coste total  $cp(x, y)$  de un camino de alineamiento  $p$  sera la suma de todos los costes locales

$$cp(x, y) = \sum_{i=1}^L c(x_{n_i}, y_{m_i})$$

El camino de alineamiento optimo entre  $x$  e  $y$  es un camino de alineamiento  $p$ , que entre todos los posibles caminos de alineamiento, tiene el costo total minimo. Y se define con la distancia DTW entre  $x$  e  $y$  como el coste total  $p$ :

$$DTW(X, Y) = c_{p^*}(X; Y) = \min\{c_p(x, y) | p \text{ es el camino de alineamiento}\}$$

La distancia DTW es la que se calculara para comparar los rasgos que han de ser reconocidos con los patrones. Para determinar el camino óptimo  $p$  se trabaja con la matriz  $D$  de costes acumulados:

$$D(n, m) = DTW(X(1:n), Y(1:m))$$

En esta expresión aparecen unas secuencias prefijas:

$$x(1:n) = (x_1, x_2, \dots, x_n), \forall n \in [1, N]; y(1:m) = (y_1, y_2, \dots, y_m), \forall m \in [1, M]$$

La distancia acumulada es la distancia entre cada celda actual y la minima de las distancias acumuladas para los elementos adyacentes:

$$D(n, m) = \min\{D(n-1, m-1), D(n-1, m), D(n, m-1)\} + c(x_n, y_m)$$

Por lo tanto, el cálculo de la distancia acumulada se podrá programar de manera recursiva y podremos calcular la distancia DTW en función de las acumuladas:

$$DTW(x, y) = D(N, M)$$

La programación dinámica nos dice que el mejor camino entre (1,1) y cualquier punto (i, j) es independiente de lo que suceda más allá de este punto. (Salmerón Ruiz, 2012)

Se podría pensar que para implementar el algoritmo solo se necesita disponer de dos arrays adicionales:

- Uno de tamaño  $M \times N$  para guardar el procesador de cada punto

- Otro de tamaño  $2 \times N$  para guardar los costes acumulados de la columna anterior y los de la presente, actualizándolos en cada paso de  $i$ .

#### 4.6. ALGORITMO ADABOOST

Fue desarrollado por Y. Freund y E. Schapire. Es un algoritmo de agregación de modelos potente que funciona bien en los dos problemas básicos y complejos de reconocimiento. Consiste en entrenar consecutivamente clasificadores débiles empleando poblaciones en las que se enfatizan las muestras de acuerdo a su error, formando el conjunto por combinación lineal ponderada de las salidas de estos clasificadores débiles. Tanto AdaBoost actúa como un algoritmo de meta (un procedimiento que usa otro procedimiento como subrutina), lo que le permite utilizarlo como un contenedor en sus diferentes versiones para la resolución de problemas de clasificación binaria, multiclase, para la resolución de problemas de regresión. Combina clasificadores cuya salida es un número real. (Schapire, 1997)

Es un potente algoritmo de clasificación que ha gozado de éxito en la práctica con aplicaciones en una amplia variedad de campos, como la biología, la visión artificial y procesamiento del habla, ya que puede lograr resultados similares de clasificación con menos ajustes de parámetros

Por lo general utiliza los árboles de decisión como modelos de base, por lo cual forma parte de los métodos de agregación de modelos homogéneos, y fue pensado originalmente para la clasificación binaria. A la iteración  $m$  del algoritmo, siguiendo cierta distribución, se construye un árbol y se observa las previsiones de éste sobre todos los datos de la muestra. A aquellos datos mal clasificados, se les asignan un peso mayor, influyendo de esta manera sobre la distribución de los datos de la etapa  $m+1$  y forzando al predictor correspondiente en tomarlas “más en cuenta”. El predictor que se obtiene al final resulta de un voto mayoritario ponderado o de un promedio ponderado de los predictores de las distintas etapas. Al focalizarse sobre los ejemplos mal clasificados, el error empírico disminuye rápidamente. Sin embargo, en vez de contribuir a un sobre-aprendizaje sobre los datos utilizados, se prueba que el error de generalización disminuye también. (Schapire, 1997)

Cabe aclarar que un método de agregación es un problema de clasificación de varias clases, donde se dispone de un conjunto de datos  $\mathcal{L}$ , a los efectos de obtener modelos de predicción más robusto, se puede construir  $M$  clasificadores  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_m$  para predecir la variable dependiente  $Y$  y combinarlos.

Se puede definir un “clasificador agregado” de manera natural, como el voto por mayoría de los  $M$  clasificadores intermediarios, es decir:

$$f(x) = \text{Arg max}_{k \in (1 \dots k)} (\#\{m: g_m(x) = k\}) = \text{Arg max}_{k \in (1 \dots k)} \left( \sum_{m=1}^M 1_{\{m: g_m(x)=k\}} \right)$$

Otra manera de combinar estos clasificadores intermediarios puede ser mediante un voto ponderado. Si  $\alpha_1, \dots, \alpha_M$  son números reales, podemos definir el clasificador agregado como el que predice la clase resultante de la mayor suma ponderada de los clasificadores  $g_1, g_2, \dots, g_M$  que la predicen:

$$f(x) = \text{max}_{k \in (1 \dots k)} \left( \sum_{m=1}^M \alpha_m 1_{\{m: g_m(x)=k\}} \right)$$

Análogamente para el caso de la regresión, un predictor agregado podría definirse como el promedio de las predicciones hechas por  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_M$  sobre la muestra  $\mathcal{L}$  donde también se puede considerar una ponderación. En este caso el predictor agregado sería por lo tanto una combinación lineal de la forma:

$$f(x) = \left( \sum_{m=1}^M \alpha_m g_m(x) \right)$$

Donde  $\alpha_1, \dots, \alpha_M$  son coeficientes reales

Estos métodos descritos son ejemplos de métodos de agregación de modelos y buscan a partir de un conjunto de hipótesis de base  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_M$  combinarlos a los efectos de obtener un nuevo predictor más estable, que disminuya el error cometido. (Schapire, 1997)

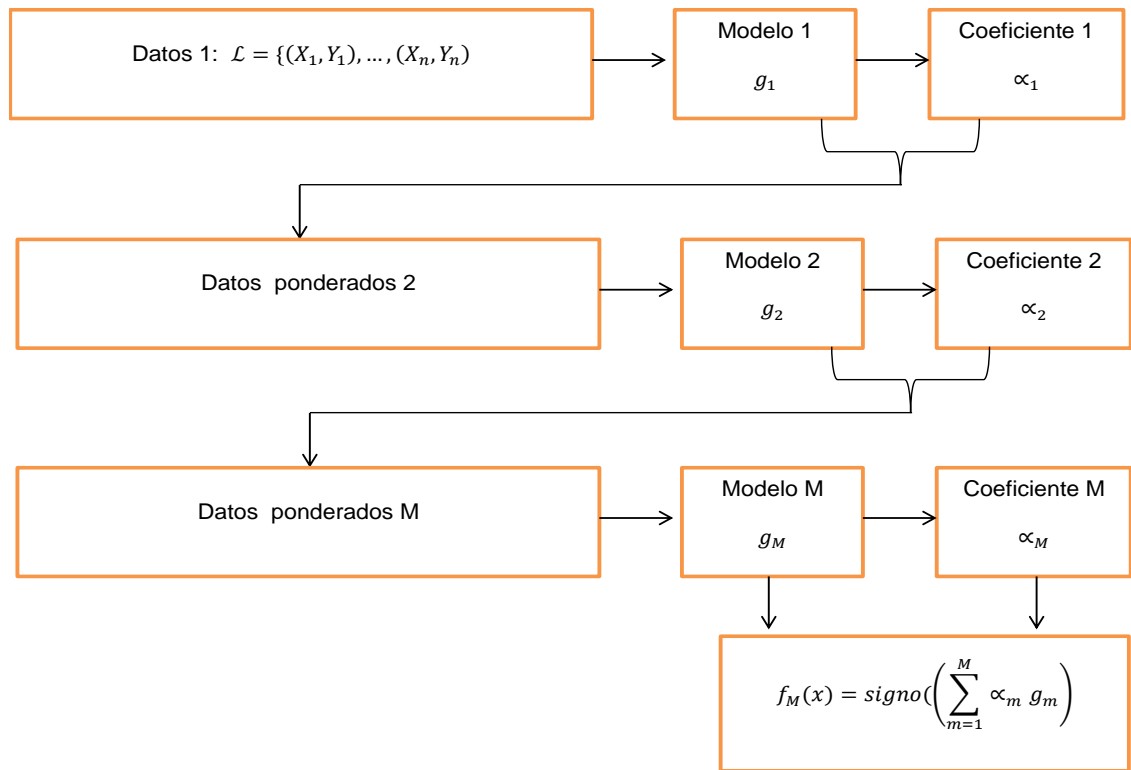


Figura 13 Método Adaboost Clasificación binaria (Singe, 1999)

De acuerdo a la Figura 19 se describe explícitamente el Método Adaboost para la clasificación binaria:

1. Si  $\mathcal{L} = \{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)\}$  con  $X_i \in X, Y_i \in \{-1, 1\}$ , se inicializan los pesos de las observaciones con  $w_1(i) = \frac{1}{n}$  para todo  $i = 1, \dots, n$ .
2. Para  $m = 1, \dots, M$ :
  - a. Se construye a partir de  $\mathcal{L}$  y de los pesos  $w_m(i)$  un clasificador  $g_m: X \rightarrow \{-1, 1\}$  que minimiza el error global  $\epsilon_m = \sum_{i=1}^n w_m(i) 1_{\{g_m(x_i) \neq y_i\}}$
  - b. Calculamos  $\alpha_m = \log\left(\frac{1-\epsilon_m}{\epsilon_m}\right)$
  - c. Actualizamos los pesos:  $w_{m+1}(i) = w_m(i) 1_{\{g_m(x_i) \neq y_i\}}$  para  $i = 1, \dots, n$  y los normalizamos:
3. El clasificador final es:

$$f(x) = \text{Argmax}_y \left( \sum_{m=1}^M \alpha_m 1_{\{g_m(x)=y\}} = \text{igno} \left( \sum_{m=1}^M \alpha_m g_m(x) \right) \right)$$

Observar que a cada etapa  $m$  del algoritmo, se le asigna un peso mayor a los datos mal clasificados por  $g_m$  (estos son los ejemplos para los cuales  $y_i g_m(x_i) = -1$ ). Si el error  $\epsilon_m$ , la suma de los pesos de las observaciones mal clasificadas por el clasificador de la etapa  $m$  es mayor que  $\frac{1}{2}$  (esto significa que más de la mitad de las observaciones están mal clasificadas) se detiene el algoritmo. (Singe, 1999)

#### 4.6.1. Aplicación del algoritmo a fonema

En el GRT (Recognition Toolkit Gestore- Herramienta de reconocimiento), que toma un conjunto de muestras etiquetadas  $S$ , una distribución discreta  $D$  y un aprendiz débil *Weak* para retornar un clasificador combinado en  $T$  iteraciones. En cada iteración  $t$  Adaboost ejecuta *Weak* sobre el conjunto  $S$  con la distribución  $D_t$  para obtener la hipótesis  $h_t$ , desempeño de  $h_t$  sobre el conjunto  $S$  se obtiene un coeficiente  $\alpha_t$ , que indica el peso de esa hipótesis dentro del clasificador combinado  $H$ . Así mismo el algoritmo modifica  $D_{t+1}$  para la siguiente iteración de acuerdo a:

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i) \exp(-\alpha_t y_i h_t(x_i))}{Z_t}$$

Donde  $Z_t$  es un factor de normalización para que  $D_{t+1}$  sea una distribución. De un análisis de 6 se destaca que  $y_i h_t(x_i)$  es positivo si el dato  $(x_i)$  está bien clasificado de acuerdo a  $h_t$  y negativo en caso contrario, de esta forma se le da menor peso a las muestras bien clasificadas y mayor peso a las muestras mal clasificadas con el objetivo que el siguiente clasificador se concentre en estas últimas, maximizando la cantidad de información que obtendrá en la siguiente ronda. (C. K. Chui, 1997)

**Algorithm:** Adaboost ( $\mathcal{S}, D_1, T, Weak$ )

**Input:**  $\mathcal{S} = \{x_i, y_i\}_{i=1}^m, D_1, T, Weak(\cdot, \cdot)$

**Output:**  $H(\cdot)$

**for**  $t = 1$  **to**  $T$  **do**

    Obtener una hipótesis débil usando  $D_t$ .

$h_t \leftarrow Weak(\mathcal{S}, D_t)$ .

    Escoger  $\alpha_t \in \mathbb{R}$ . Usualmente:

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1 - R_{emp}(h_t, \mathcal{S}, D_t)}{R_{emp}(h_t, \mathcal{S}, D_t)} \right).$$

    Actualizar  $D_{t+1}$

**end**

Retornar la hipótesis final:

$$H(x) = \text{sign} \left( \sum_{t=1}^T \frac{\alpha_t}{\sum_t \alpha_t} h_t(x) \right).$$

Figura 14 Algoritmo de Adaboost (Singe, 1999)

Para su implementación y desempeño se hace necesario pasar por las etapas de desarrollo de la construcción de la base de datos, extracción de características y reprocesamiento, entrenamiento e implementación y evaluación.

#### 4.7. TRANSFORMADA DE WAVELET

La transformada Wavelet proporciona información que relaciona tiempo y frecuencia, es decir qué bandas de frecuencias están presentes en determinado intervalo de tiempo. Es importante anotar que es imposible establecer en qué tiempo está presente una componente de frecuencia, pues mientras se tiene mayor precisión en el tiempo se pierde precisión en frecuencia.

Adicionalmente, la transformada Wavelet es multiresolución; es decir que analiza la señal a diferentes frecuencias con diferentes resoluciones, en este caso una alta resolución en tiempo y pobre resolución en frecuencia y alta resolución en frecuencia a frecuencias bajas.

#### 4.7.1. La Transformada continua Wavelet (CWT por sus siglas en inglés)

Está definida por una señal  $x(t)$  como:

$$\gamma(\tau, s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{|s|}} \psi\left(\frac{t-r}{s}\right) dt$$

Donde  $\tau$  o traslación hace referencia al desplazamiento de la función madre o prototipo  $\psi(t)$  mientras que  $s$  o escala se refiere al ancho de dicha función. Es importante destacar que aunque no exista una variable frecuencia dentro de la definición de la transformada Wavelet, la variable escala se relaciona con este parámetro, donde altas escalas hacen referencia a bajas frecuencias mientras bajas escalas hacen referencia a altas frecuencias. (Garcia Diaz, 2010)

La función original  $x(t)$  puede ser reconstruida con la transformada inversa

$$x(t) = \frac{1}{C_{\psi}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \gamma(\tau, s) \psi\left(\frac{t-r}{s}\right) dt \frac{ds}{|s|^2}$$

Donde  $C_{\psi} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\psi(c)|^2}{|c|} dc$  es llamada una constante de admisibilidad y  $\psi$  es la transformada de Fourier de  $\psi$  para que la transformada inversa exista, se debe cumplir que  $0 < C_{\psi} < \infty$  lo cual implica que  $\psi(0) = 0$ . (Garcia Diaz, 2010)

#### 4.8. ALGORITMO DE VIOLA-JONES

Este algoritmo fue desarrollado por los ingenieros Paul Viola y Michael Jones, este algoritmo alcanza altas tasas de detección y, a diferencia de otros algoritmos que utilizan información auxiliar, como:

- El color del pixel
- Diferencias en la secuencia de video,

Este procesa solamente la información presente en una imagen en escala de grises (formato YUV).

El algoritmo no utiliza directamente la imagen sino una representación de la misma llamada imagen integral. La obtención de esta representación se logra con tan solo unas pocas operaciones por pixel. Hecho esto, buscar características en subregiones de la nueva imagen se transforma en una tarea de tiempo constante, sin importar la escala de la subregión ni posición de la misma.



Para determinar si en una imagen se encuentra un rostro o no, el algoritmo divide la imagen integral en subregiones de tamaño variable y utiliza una serie de clasificadores (etapas), cada uno con un conjunto de características visuales. Este tipo de clasificación es denominada clasificación en cascada.

#### 4.8.1. Imagen integral

Los autores definen una imagen integral como aquella en la cual cada punto contiene el resultado de la suma de los valores de todos los puntos situados por encima y a su izquierda en la imagen original a partir de la imagen integral se puede calcular la suma de todos los puntos contenidos en el rectángulo de la imagen a procesar utilizando solo los cuatro valores.

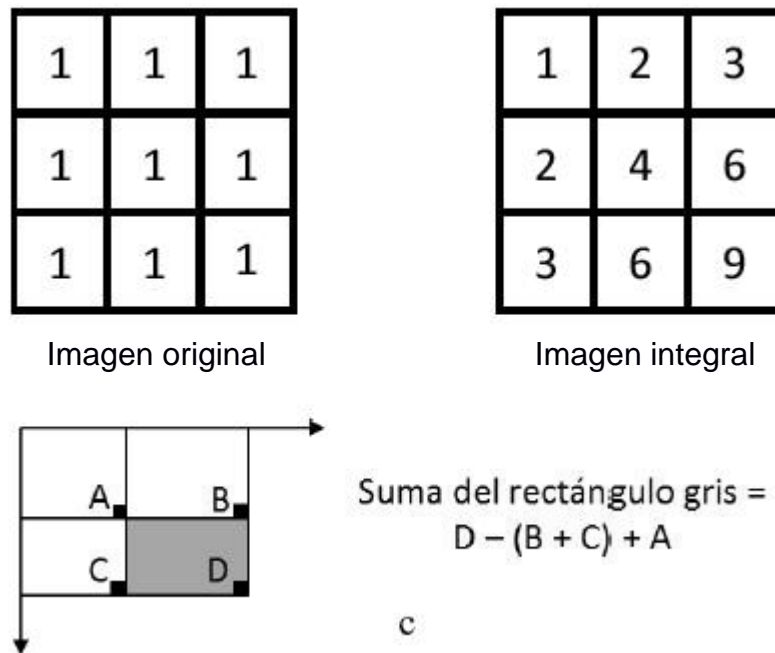


Figura 15 Cálculo de la imagen integral (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012)

En la figura 21 observamos en la sección a) la imagen original, en la sección b) observamos la imagen integral, En la sección c) observamos el cálculo de la suma en una imagen integral. A partir de la imagen integral se puede calcular la suma de todos los puntos contenidos en un rectángulo de la imagen a procesar utilizando solo los cuatro valores.

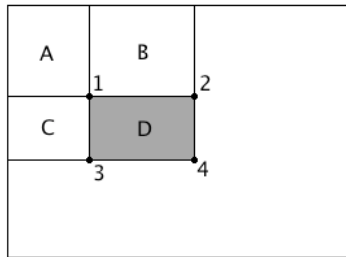


Figura 16 Imagen integral (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012)

Dando valores arbitrarios a los rectángulos ver figura 22, podemos calcular la suma de los pixeles en el rectángulo D de la siguiente manera:

- La suma de los pixeles del rectángulo A es el valor de la imagen integral en el punto 1.
- El valor del punto 2 corresponderá con A+B
- El valor del punto 3 se corresponde con la suma de las regiones A+C
- El valor del punto 4 es A+B+C+D
- La suma del rectángulo D sería:  $4+1-(2+3) = (A+B+C+D)+(A)-(A+B)-(A+C)$

Donde

$$D = 2A+B+C+D-2A-B-C$$

Esta característica permite que el cálculo de la suma de los puntos contenidos en un rectángulo de tamaño arbitrario pueda ser realizado en un tiempo constante y a una velocidad muy alta ya que las operaciones que hay que hacer son sumas y restas de valores enteros en regiones.

$$\sum_{\substack{A(x) < x' \leq C(x) \\ A(y) < y' \leq C(y)}} i(x', y') = \text{sum}(A) + \text{sum}(C) - \text{sum}(B) - \text{sum}(D)$$

#### 4.8.2. Construcción de clasificadores

La construcción de los clasificadores para realizar la detección de rostros está basada en la selección, utilizando el algoritmo de entrenamiento AdaBoost, de un pequeño número de rasgos, correspondiente a estructuras simples formadas por dos, tres o cuatro rectángulos como lo muestra la figura 23.

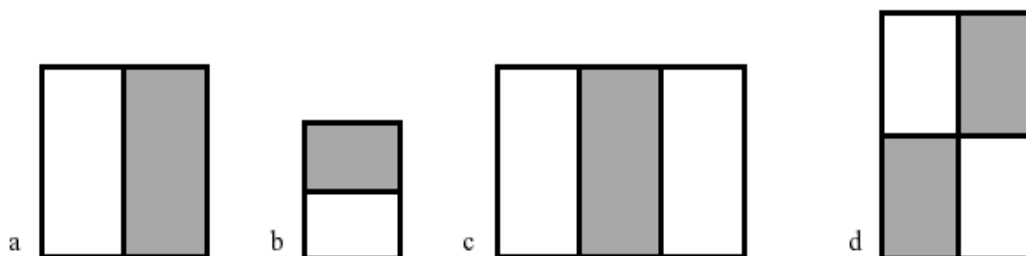


Figura 17 Ejemplo de rasgos utilizados para la detección de rostros (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012)

El proceso de aprendizaje excluye una gran cantidad de rasgos no esenciales y centra su atención en un pequeño conjunto de rasgos críticos para la detección de rostros. La evaluación de cada rasgo requiere el cálculo de la diferencia entre la suma de los puntos de las regiones blancas y grises, el cual puede ser realizado de forma muy eficiente al disponer de la imagen integral. (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012)

#### 4.8.3. Creación de la estructura de clasificadores

Los autores del algoritmo utilizaron una variante del algoritmo de entrenamiento AdaBoost, para agrupar los clasificadores en un conjunto de etapas como aparece en la figura 24, en cada etapa se evalúan los rasgos de los clasificadores y se comparan los resultados con valores umbrales obtenidos mediante el proceso de entrenamiento, los valores obtenidos se van acumulando en la etapa correspondiente y luego se comparan con un valor umbral de la etapa, para decidir si la ventana en cuestión es un rostro o no, si sobre pasa el umbral la ventana es transferida hacia otra etapa más compleja que volverá a repetir el proceso hasta evaluar todas las etapas.

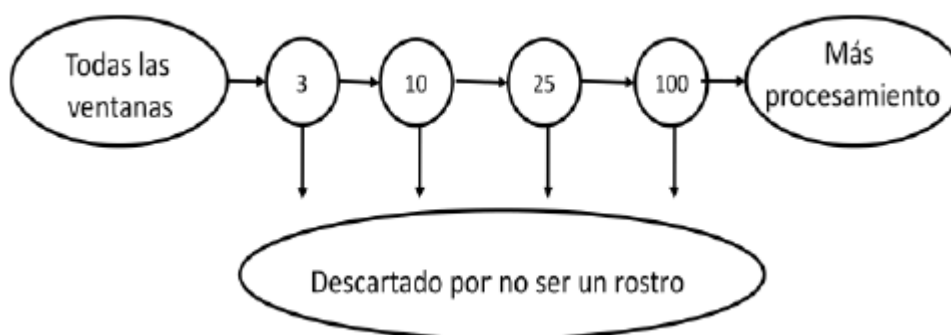


Figura 18 Descripción esquemática de una cascada de clasificadores (Hernandez, Cabrera Sarmiento, & Sanches Solano, 2012)

Al culminar solo llega la imagen que aprueba todas las etapas. Este método, tiene una tasa de verdaderos-positivos de 99,9%, mientras que tiene una tasa de falsos-positivos de 33,3%.

#### 4.9. ALGORITMOS GENÉTICOS DE NICHING

Este algoritmo es utilizado en la optimización de problemas donde el descubrir y mantener múltiples soluciones es importante, ayudando con éxito en funciones múltiples modales.

Los algoritmos de niching son mecanismos que tienen la capacidad de crear y mantener varias subpoblaciones dentro de un espacio de búsqueda, Cada una de las subpoblaciones corresponde a cada óptimo que se presente encontrar de una determinada función multimodal, Niching posee dos métodos de especialización "Sharing y Clearing"

##### 4.9.1. Sharing

El método Sharing permite la formación de subpoblaciones estables diferentes de individuos. De esta forma muchos óptimos pueden ser explorados al mismo tiempo.

Teóricamente, el número de individuos residiendo cerca de un óptimo será proporcional a su valor, se realiza degradando el fitness de cada individuo en la población por una determinada cantidad calculada en base al número de individuos similares que existen en la población.

$$f'(i) = \frac{f(i)}{\sum_{j=1}^n sh(d_{ij})}$$

Con

$$sh(d) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{d}{\sigma share}\right)^\alpha & \text{si } d < \sigma share \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$f(j)$ : Valor de fitness anterior

$sh$ : Funcion sharing

$d_{ij}$ : Distancia genotopica o fenotopica entre los individuos  $i$  y  $j$

$\sigma_{share}$ : Medida de similitud

$\alpha$ : constante (generalmente con un valor igual a 1)

El algoritmo Sharing puede ser implementado usando cualquier método de selección, pero la elección del método puede incrementar o decrementar la estabilidad del algoritmo; Este método tiene varios problemas, como Mahfoud cita en su libro "Niching Methods", ellos son: el tamaño de la población, el tiempo adicional requerido para computar el fitness "compartido", y que cada subpoblación no converja al valor óptimo ubicado. (Rosas, Leiva, & Gallard, 2010)

#### 4.9.2. Clearing

En el algoritmo Clearing cada subpoblación, durante la aplicación del método de niching, contiene un individuo dominante. Un individuo pertenece a una subpoblación dada, si su medida de disimilitud con el dominante de dicha subpoblación es menor que un determinado valor denominado radio del clearing.

El algoritmo de Clearing básico preserva el fitness del individuo dominante, mientras que degrada el fitness de todos los otros individuos de la misma subpoblación a cero. También es posible permitir más de un individuo dominante por subpoblación.

Los métodos de niching está enfocado en distribuir y mantener los individuos de la población alrededor de múltiples óptimos, pero pueden no encontrar las soluciones óptimas exactas, debido a que una parte del esfuerzo de búsqueda es desperdiciada en la recombinación de soluciones entre óptimos, esto puede producir individuos que no representan ninguno de los óptimos deseados. Por lo tanto, una técnica para restringir la recombinación es necesaria, dichas técnicas pueden ser los denominados métodos de especiación. (Rosas, Leiva, & Gallard, 2010)

### 4.10. ANÁLISIS DE APLICACIONES Y SUS FUNDAMENTOS

#### 4.10.1. JollyMate: Tecnología asistida para niños con dislexia.

Jollymate es un dispositivo de auto-aprendizaje basado en teoría del aprendizaje constructivista de Papert el cual considera al sujeto como agente activo del aprendizaje, está diseñado en forma de un cuaderno escolar, permitiéndole al niño practicar la forma correcta de escribir letras y números correctamente, emula el sistema fonético de las letras, está implementada bajo lenguaje java para hacerla

compatible con la interfaz gráfica Lipi Designer, el cual utiliza reconocedores de caracteres escritos a mano.

JolliMate utiliza la herramienta “the Lipi IDE tool de Lipi Toolkit”. De la cual se hará una descripción de su estructura para ilustrar un poco del funcionamiento de las redes neuronales artificiales aplicadas hacia el reconocimiento de caracteres y el cual es el objetivo de este trabajo.

#### 4.10.1.1. Lipi Toolkit de Hp labs

es un conjunto de herramientas de código abierto para el reconocimiento de la escritura en línea (HWR), tomando como base el algoritmo de distorsión de tiempo dinámico (Dynamic Time Warping DTW), algoritmo ampliamente utilizado en el sistema de reconocimiento de palabras aisladas debido a su simplicidad con problemas en la búsqueda y con la necesidad de gran espacio de almacenamiento, Originalmente el algoritmo DTW se usaba para comparar distintos patrones acústicos en el reconocimiento del habla, gestos y escritura.

Lipi Toolkit fue creado por Hp labs India, estando disponibles para Windows. Linux y Android, incluye en el kit de herramientas básicas, un conjunto de algoritmos para el reconocimiento de la escritura. (Hewlett-Packard Company, 2013)

El kit de herramientas posee:

- Core Toolkit: es un conjunto de bloques escrito en C++ y crear las herramientas necesarias para construir reconocedores de escritura manual en línea para las nuevas secuencias de comandos para Windows o Linux. Este kit está dirigido a investigadores y desarrolladores con un poco de conocimiento de la construcción de sistemas de reconocimiento.

Está diseñado para tener escalabilidad mediante la adición de nuevas características. El kit de herramientas básico actualmente soporta principalmente el reconocimiento forma de caracteres aislados, y el reconocimiento de campos en caja de texto. (Hewlett-Packard Company, 2013)

Algunos de los principales módulos del este kid incluye:

- Clases genéricas y Bibliotecas de Servicios: clases comunes como Trace, TraceGroup, lectura / escritura Unipen etc
- Características: PointFloat, npen, etc

- Clasificadores Forma: k-vecino más cercano, Active-DTW, Redes Neuronales
- Caja de campo reconocedor: Para el reconocimiento de campos en caja de caracteres
- Lipi Motor: forma principal y la interfaz de reconocimiento de voz para aplicaciones cliente
- Makefiles y scripts de utilidad
- Programas de ejemplo: código fuente de la aplicación de prueba para crear reconocedores e invocar funciones de reconocimiento

Lipi Designer es una aplicación basada en Java que proporciona una interfaz gráfica de usuario para la creación de proyectos, conteniendo un paquete de formación y envasado

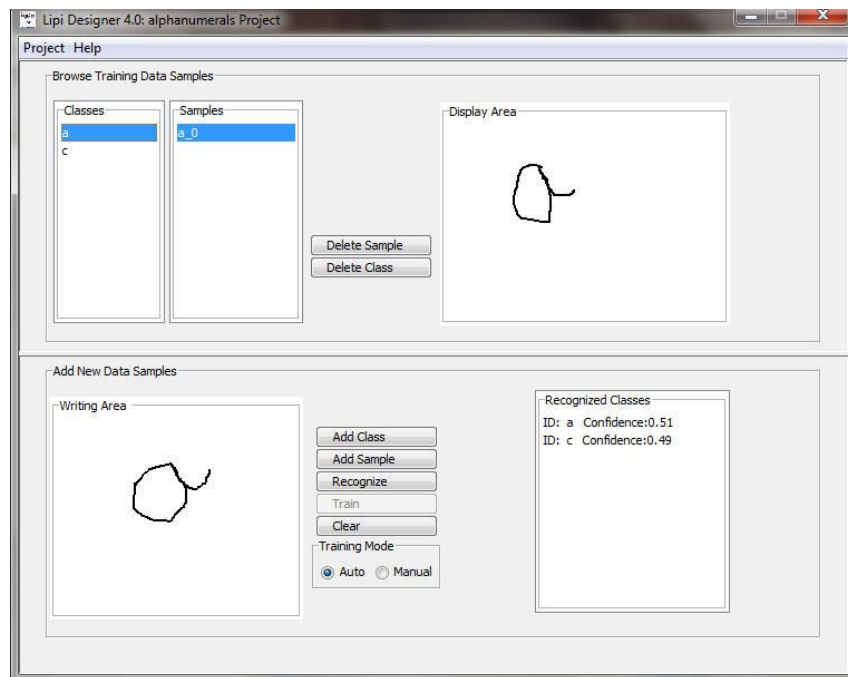


Figura 19 Lipi Designer (Hewlett-Packard Company, 2013)

En la figura 25 podemos observar la interfaz de usuario, que permite al usuario especificar un conjunto de formas, y proporcionar muestras dibujando directamente en la interfaz gráfica usando un lápiz o el mouse. Utiliza un reconocedor de forma construida mediante el Toolkit Core en el back-end a través de Java Native Interface (JNI).

Alphanumeric Character Recognizer es un reconocedor de caracteres del inglés para mayúsculas, minúsculas y números que pueden ser fácilmente integrados en las aplicaciones cliente.

Existen dispositivos externos que permiten la interacción usuario pc, estos dispositivos son:

- HWDCT: Online Handwriting Data Collection Tool for TabletPC. herramienta para TabletPC que proporciona una interfaz gráfica de usuario para la recolección de muestras de datos de escritura a mano de diferentes autores. La salida de la herramienta es un conjunto de archivos UNIPEN organizados en una estructura de directorios, que contiene perfiles de escritor, de recogida de detalles del procedimiento y la tinta digital.

La herramienta es compatible con cualquier TabletPC con Windows de 32 bits. También se puede implementar en una PC de escritorio o un portátil con un stylus o una tableta digitalizadora externa para la entrada de escritura a mano.

- Digimemo-DCT: Online Handwriting Data Collection Tool for ACECAD Digimemo es un dispositivo portátil que capta la letra del usuario en una hoja de papel normal. La hoja se coloca sobre la almohadilla de digitalización del dispositivo, mientras se está escribiendo, la posición (digital) de la pluma se registra en forma de coordenadas XY y se almacena en la memoria de a bordo del dispositivo. (Hewlett-Packard Company, 2013)



Figura 20 Digimemo-DCT (ACE CAD Enterprise Co. Ltd., 2013)

En la figura 26 observamos como este dispositivo permite la interacción entre el usuario y diferentes dispositivos electrónicos, su base de funcionamiento se centra en el análisis de patrones realizado por Thai V. Hoang · Elisa H. Barney Smith · Salvatore Tabbone, quienes presentaron un modelo para reducción del ruido en la imágenes de los documentos gráficos, que utilizan regularidades geométricas de los contornos gráficos que existen en las imágenes, este se lleva a cabo mediante



el empleo de un marco de representación dispersa en forma de una base de búsqueda.

#### 4.10.2. Eye tracking software “Tobii Studio 3.0”.

En los últimos años, para el desarrollo de la tecnología Eye Tracking, utilizaron sistemas invasivos, muy a menudo dispositivos montados sobre la cabeza. Ver Figura 27, Afortunadamente, desde hace algunos años las cosas ha cambiado, ahora el computador es controlado por cámaras Ver Figura 28.

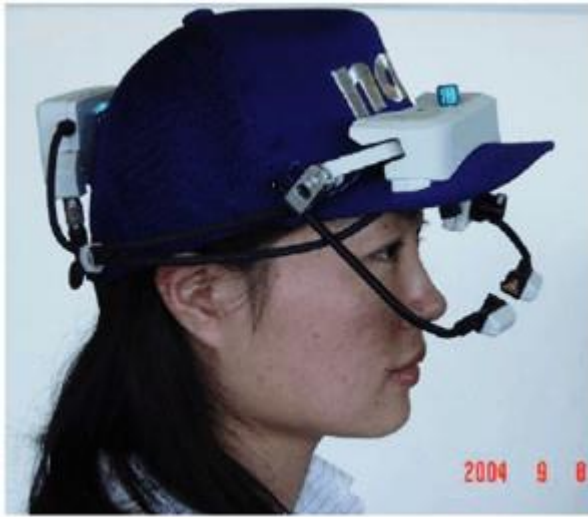


Figura 21 Eye-tracker montado sobre la cabeza (Hassan Montero & Herrero Solano, <http://nosolousabilidad.com/>, 2007)

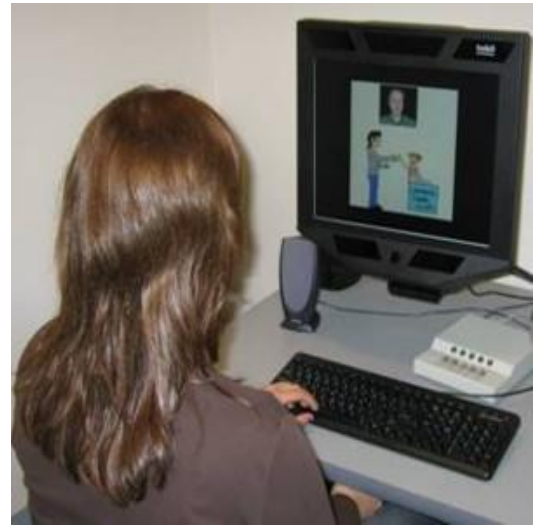


Figura 22 Eye-tracker remoto (Hassan Montero & Herrero Solano, <http://nosolousabilidad.com/>, 2007)

The Tobii, es uno de los dispositivos de seguimiento ocular más generalizadas, combina vídeo y oculografía con reflexión de la luz infrarroja. El sistema, que se parece a una pantalla LCD común, está provisto con cinco NIR-LED y una cámara infrarroja CCD, integrada a un monitor, ver figura 29.



Figura 23 Pantalla Tobii (Spakov, 2013)

Estos dispositivos tienen la capacidad de detectar y medir los movimientos oculares, con el objetivo de identificar con precisión la dirección de la mirada del usuario, se utiliza para identificar los patrones de la mirada y el movimientos de los ojos del usuario durante la lectura, proporcionando información sobre la percepción visual, las características del movimiento de los ojos y el control del movimiento de los ojos. (Tobii Technology, 2013)

El Eye Tracking proporciona información sobre:

- Cómo y cuándo los lectores adquirir información con respecto a las fijaciones de los ojos
- Lo que influye en cuándo y dónde se mueven los ojos
- Búsqueda visual.

El seguimiento de los ojos permite a los investigadores estudiar la interacción entre la percepción visual, la lectura y el seguimiento del rendimiento en la tarea, o las relaciones entre el control de los movimientos oculares y la comprensión de la lectura.

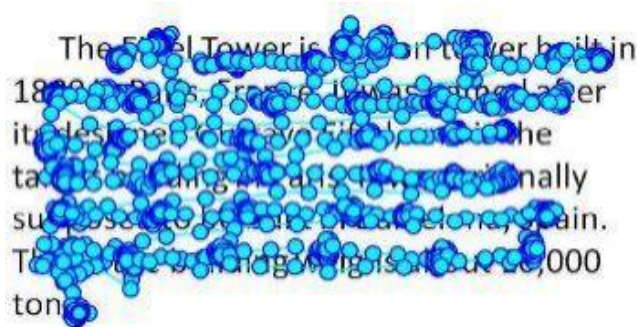


Figura 24 Eye-Tracking Tobii (Tobii Technology, 2013)

En la Figura 30 observamos un mapa de punto ubicados por el sistema de seguimiento visual, de la manera en que el niño disléxico ubica su mirada en el texto.

Tobii Studio es el software de Eye Tracking proporcionado por Tobii es un software propietario por tal motivo su arquitectura y desarrollo se encuentran protegidos por derechos de autor, por tal motivo el análisis más detallado de la aplicación está en lo que se puede apreciar basados en la experiencia.

Esta aplicación se encuentra programada posiblemente bajo el lenguaje Java ya que presenta gran similitud con este, de igual manera se tomaron artículos relacionados sobre la investigación de la forma en que se puede realizar la tecnología del seguimiento visual. Tomaremos el aporte del investigador Alexeiw en el planteamiento de un sistema de seguimiento de la mirada, el cual postula de forma muy gráfica el posible funcionamiento de esta tecnología.

La clasificación de patrones utilizando las redes neuronales, que combinadas con técnicas como Adaboost alcanzan unas altas cotas de reconocimiento con bajas probabilidades de falsos positivos.

Para obtener la cara del sujeto se utiliza el algoritmo de Viola-Jones, una explicación corta de lo que hace el algoritmo de Vilo-Jones es:

- Se transforma la imagen a escala de grises
- Recorrer la imagen en ventanas de 24 x 24 pixeles a diferentes escalas
- Para cada una de estas imágenes obtiene una serie de características, que son los resultados de la diferencia de los valores de sus pixeles entre áreas.
- Las características de cada una de estas imágenes se procesan en un sistema de varios clasificadores que están puestos en cascada para que así, si una imagen no es válida (no es cara), descarte dicha imagen y pase a la siguiente. Si el ultimo clasificador la valida, será considerada como cara.

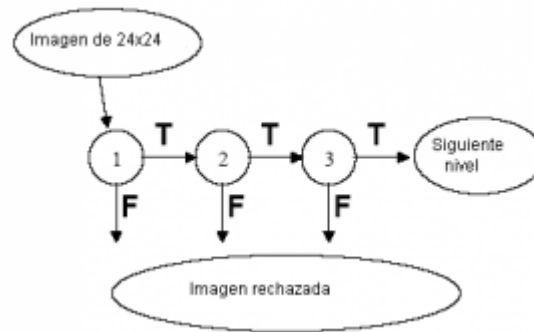


Figura 25 Clasificadores en cascada (Alexeiw, 2011)

En la Figura 31 podemos observar el sistema de clasificadores en cascada motor del algoritmo de Viola-Jones

Sin embargo para algunos casos concretos en los que la generalización de la imagen no es tan clara debido a que la resolución de la cámara con la que se capturan las imágenes es baja, se puede optar por utilizar transformadas matemáticas como la de Hough o la detección de círculos en imágenes para encontrar los objetos deseados.



Figura 26 Cara detectada mediante algoritmo de Viola-Jones (Alexeiw, 2011)

En la Figura 32 observamos como el algoritmo ayuda a detectar la cara del individuo

Una vez obtenida la cara del sujeto nos centraremos en procesar la imagen de la cara para obtener la posición del ojo. Para ello utilizaremos nuevamente el algoritmo de Viola-Jones anteriormente mencionado pero entrenado en este caso para detectar el ojo humano.

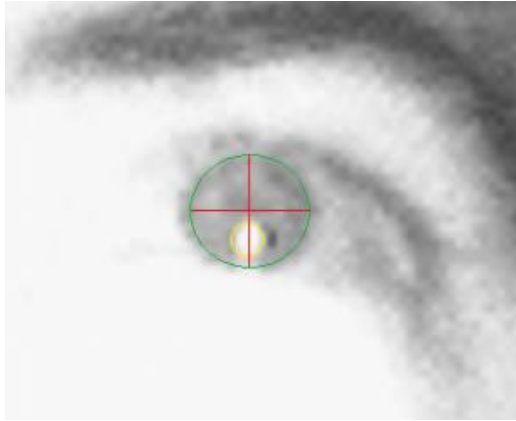


Figura 27 Detección del ojo mediante la transformada de Houg (Alexeiw, 2011)

Para la obtención de la imagen ocular el autor propone una transformada matemática llamada transformada de Hough, con el cual no estamos de acuerdo para esta nosotros proponemos la detección de círculos en imágenes usando algoritmos genéticos propuesta por Ayala ramirez, Garcia Capulin, Perez Garcia, & Sanchez Yanes, con ello obtenemos los círculos de la imagen, de la cual el más oscuro corresponde a la pupila y los más claros a los brillos de los emisores IR como se observa en la Figura 33.

Tobii Studio incorpora herramientas eficaces para la visualización y el análisis de patrones, posee rutinas de calibración rápida y sencilla a medida para cada niño. Es fácil de configurar diferentes estímulos, que llaman la atención del niño con vídeo y audio.

Los lenguajes soportados para el desarrollo son: VB6 y C con una completa documentación, posee ejemplos de desarrollo que permite un rápido dominio de la plataforma, se puede instalar en Windows, Linux y Mac OS X.

Posee coordenadas 3D para análisis de entorno 3D con acceso en tiempo real a las herramientas de calibración y de seguimiento de la cabeza.

#### 4.10.3. Designing educational games for children with specific learning difficulties: insights from involving children and practitioners.

Este juego está diseñado basado en teoría del aprendizaje por descubrimiento propuesta por Bruner el cual destaca la acción de aprendizaje, proponiendo la estimulación cognitiva mediante materiales que practiquen las operaciones lógicas básicas del aprendizaje en este caso el juego, anexada con la mediación el cual hace parte importante el profesor como mediador

Se basa en la representación de imágenes que son narradas por el pc utilizando Think-Aloud Protocol, conjuntamente con un dispositivo Tobii X120 herramienta que ya ha sido estudiada y de la cual hicimos posible planteamiento de su estructura, esta herramienta es utilizada para el seguimiento ocular que permitía un movimiento de la cabeza de 44x22x30 a una distancia de 70 cm (Al-Wabil, Meldah, Al-Suwaidan, & AlZahrani, 2010)

Este juego utiliza la multimedia como parte integral del mismo, haciéndolo muy interactivo con el niño.

#### 4.10.3.1. Think-Aloud protocol

Es un método de recogida de datos de las pruebas de usabilidad en el diseño y desarrollo de productos, este método fue introducido por Claiton Lewis (IBM), los usuarios deben decir lo que están pensando, viendo o haciendo mientras están ejecutando la tarea, esto permite a los observadores obtener de primera mano la información durante el proceso.

#### 4.10.4. Dragón naturally speaking

Este software cuando es utilizado en el tratamiento de la dislexia, presenta la facilidad del auto-aprendizaje puesto que no necesita de la ayuda de otra persona para interactuar con el Pc. Podríamos tomar la teoría del aprendizaje constructivista de Papert el cual considera al sujeto como agente activo del aprendizaje.

Los programas de reconocimiento de voz son programas capaces de identificar las palabras dictadas a un micrófono y convertirlas en texto escrito o en órdenes para el ordenador.

Dragón se software propietario por tal motivo el acceso a su arquitectura resulta difícil solo podemos suponer basándonos en evidencias encontradas el lenguaje de programación posiblemente es Visual C++ y utilizar algunas bases tecnológicas para suponer la forma en que esta aplicación reconoce los sonidos.

No son propiamente una herramienta de traducción, pues escriben exclusivamente en el mismo idioma en que se les dicta, pero permiten escribir todo tipo de textos sin necesidad de teclear.

En la actualidad, existen en el mercado varias marcas, si bien las más conocidas son tres: Dragon Naturally Speaking (DNS), de la empresa Nuance, Via Voice (VV), de IBM, y Windows Vista. Todas ellas tienen en común que solo funcionan con el sistema operativo Windows. DNS ha ido mejorando con el tiempo y sigue

manteniéndose como un programa útil de uso particular o para pequeñas empresas. VV también ha mejorado con diversas versiones, pero ha evolucionado hacia un programa con aplicaciones para grandes empresas y uso en red.

El programa trabaja fundamentalmente comparando tres bases de datos: la primera contiene muestras de voz del usuario que el programa ha asociado a distintas sílabas; la segunda contiene un vocabulario que el usuario puede ir ampliando a medida que va trabajando con el programa, y la tercera consiste en un corpus que incorpora numerosas expresiones que el propio usuario ha utilizado en documentos anteriores, así como una estadística del número de veces que ha dictado determinadas palabras. Durante el dictado, el programa recurre a la primera base de datos para identificar las correspondientes sílabas y, a continuación, a la segunda base de datos para identificar las palabras que corresponden a las diferentes secuencias de sílabas identificadas. A medida que las identifica, las escribe en la pantalla, si se trata de una palabra o un símbolo (p. ej., «coma»), o cumple una orden cuando se trata de esto último (p. ej., «nueva línea» introduce un salto de línea). En caso de duda entre dos palabras o expresiones fonéticamente similares (p.ej., de la Seo o del aseo), el programa recurre al corpus para comprobar con qué frecuencia

Proponemos para este planteamiento dado su complejidad la clasificación de fonemas utilizando AdaBoost propuesta por Elkin Eduardo Gracia Díaz el cual plantea este problema en decidir cuál es la identidad fonética de un sonido de una palabra.

Para resolver este problema de la interlocución hombre-máquina muchas técnicas han sido aplicadas, como:

- Sistema para reconocer fonemas utilizando una red neuronal recurrente, la cual es una variación de una red neuronal estándar en donde las predicciones anteriores se retroalimentan a la red, incorporando mayor información
- Super Vector Machine (SVM) el cual es un sistema multiclase para la clasificación de fonemas, asumiendo conocidas las fronteras del fonema pero obteniendo un resultado inferior respecto al sistema neuronal recurrente.

Todos estos trabajos han tratado el problema de reconocimiento de fonemas en el idioma inglés. (Garcia Diaz, 2010)

Para tal trabajo el autor tiene en cuenta la transformada Wavelet y el clasificador AdaBoost, para la implementación se deben manejar varias etapas como son:

- Construcción de las bases de datos
- Extracción de características

- Pre procesamiento
- Entrenamiento

El clasificador implementado, reconoce los fonemas /a, /e e /i. Tanto para la fase de entrenamiento como para la fase de evaluación, sería necesaria la construcción de una base de datos, la cual constaría de 51 archivos en formato .wav a 22050 Hz, monofónicos y con duración entre 1,5 s. y 5 s. distribuidos en grupos de 17 para cada uno de los fonemas. (Garcia Diaz, 2010)

Sin embargo, dado que para la extracción de parámetros era necesario un tiempo menor del fonema, de cada archivo se extraerían 3 muestras de fonema diferentes. Dada la importancia de la selección adecuada de éstas en la parte de entrenamiento y de evaluación del clasificador.

Entonces la base de datos definitiva consta de 153 fragmentos de fonemas distribuidos uniformemente, cada uno de 1000 muestras (45.35ms). Este número de muestras es experimental dado que tras varias pruebas se determinó que una persona es

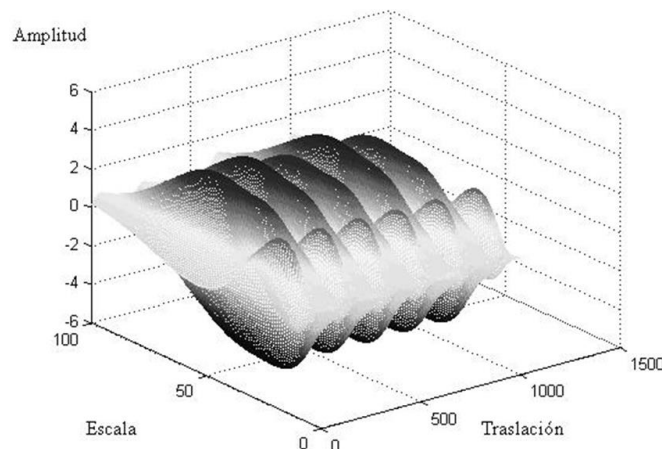


Figura 28 Transformada de Wavelet para un fonema /a (Garcia Diaz, 2010)

#### 4.10.5. School children dyslexia analysis using self organizing maps

Una imagen video se combina con un software de un computador para calcular la posición de la pupila y su centro, Esto permite que el movimiento vertical y horizontal de los ojos pueda ser medido, el movimiento ocular fue obtenido por un dispositivo



llamado iView 3.0 utilizado en Videooctografía con una frecuencia de barrido de 100 Hz ver Figura 35.

#### 4.10.5.1. iView 3.0 systems



Figura 29 Sistema de Videooctografía (SMI SensoMotoric Instruments)

Este mecanismo utiliza emisión de rayos infrarrojos para la detección del movimiento de los ojos del usuario, es un sistema eye – tracker no invasivo, aplicando un método de extracción de características el cual se basa en técnicas de modelado inductivas. Este sistema permite el movimiento de la cabeza del usuario sin ninguna restricción.

El sistema proporciona una interfaz para la integración con diferente software como C++ y .Net, permite también el acceso remoto y controlar el rastreador ocular mediante el uso de la interfaz de comunicación basada en la red.

Estos métodos son por lo general se utiliza como una herramienta de pre procesamiento de datos para su posterior sistema de modelado y la clasificación por medio del “Algoritmo de la genético Niching”.

## CAPITULO 5

### 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFIA

#### 5.1. CONCLUSIONES

El resultado que hoy por hoy se conoce como Redes neuronales artificiales, ha sido producto de extensas y profundas investigaciones, desarrolladas por científicos cuya inspiración principal ha sido la neurona humana o neurona biológica.

Es innegable la magnitud y funcionalidad que las Redes neuronales han alcanzado, toda vez que su utilización se ha extendido a diversos campos de la ciencia, siendo suficientemente confiables en su aplicación; además de las grandes habilidades que han logrado desarrollar en términos de aprendizaje, experiencias, respuestas, desempeño, entre otros.

En la actualidad, podemos decir que las redes neuronales se han convertido en el motor que soporta las aplicaciones actuales, sobre todo aquellas que están involucradas en el aprendizaje de niños con problemas de dislexia, luego entonces, el aporte de las RNA no ha sido únicamente de carácter científico sino humanitario.

En aras de mejorar la calidad de vida de las personas que puedan llegar a desarrollar problemas de aprendizaje como la dislexia, se hace necesaria la evaluación temprana para poder decidir las estrategias educativas, e incluir al niño en un modelo educacional más acorde con su condición.

Ahora sabemos que aunque un texto tenga errores ortográficos, no dificulta a una persona con dislexia comprender su contenido, las personas con dislexia entienden de igual modo un texto con errores que un texto sin errores, sin dificultar la comprensión del mismo, caso contrario les ocurre a las personas no disléxicas.

Gracias a dispositivos como los de seguimiento ocular hemos podido saber cómo leen las personas disléxicas, encontrando los problemas e identificando como ayudarles con la lectura, igualmente mediante el análisis de errores escritos por personas con dislexia sabemos que patrones fonéticos y ortográficos resultan más complicados y como debemos enfocar el futuro desarrollo de las aplicaciones computacionales.

#### 5.2. RECOMENDACIONES

Aunque las redes neuronales han sido un aporte valioso para la humanidad, cabe señalar que su origen no es una invención del cerebro humano, sino que parte de

algo existente como lo es la neurona y aunque que no se le ha dado la importancia y el reconocimiento que merecen a diferencia del internet o de Google que son de uso masivo, si puede ayudar a hacer una gran diferencia mejorando el nivel educativo actual que tiene Colombia.

Por lo que apoyar las nuevas políticas del gobierno de incluir las tics en los modelos educativos, que garantiza la detección temprana en los niños con necesidades especiales para el aprendizaje abre nuevas oportunidades y garantiza un mejor nivel educativo que se refleja en un mejor nivel de vida.

Realizar un desarrollo computacional orientado a solucionar los problemas de los niños con dislexia, reconociendo que existen varios tipos de dislexia y utilizando una teoría de enseñanza adecuada, que mejore su desempeño basado en la experiencia de interacción con el niño ayudándolo a superar su dificultad.

Apoyarse en los desarrollos computacionales existentes con código abierto de los cuales se pueden asesorar para crear, mejorar y evolucionar sus desarrollos basados en las redes neuronales.

Siendo que en Colombia entre 5% y el 10% de la población es disléxica, incluir esta valiosa herramienta en las aulas junto a personal profesional capacitado, garantizaría que toda la población tenga acceso a una educación al nivel de sus necesidades, mejorando la competitividad del país.

### 5.3 BIBLIOGRAFIA

*Nuance*. (Octubre de 2013). Obtenido de <http://www.nuance.com>

- ACE CAD Enterprise Co. Ltd. (2013). *Acecad*. Recuperado el 16 de 10 de 2013, de <http://www.acecad.com.tw/index.php/about-joomla>
- Agencia de Xinhua. (17 de 10 de 2012). *Spanish.china.org.cn*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de [http://spanish.china.org.cn/science/txt/2012-10/17/content\\_26818426.htm](http://spanish.china.org.cn/science/txt/2012-10/17/content_26818426.htm)
- Al-Wabil, A., Meldah, E., Al-Suwaidan, A., & AlZahrani, A. (05 de 2010). *Designing Educational Games for Children with Specific Learning Difficulties: Insights from Involving Children and Practitioners*. Riyadh, Saudi Arabia.
- Alexeiw. (21 de 11 de 2011). *Ibermatica*. Recuperado el 14 de 10 de 2013, de <http://rtdibermatica.com/?p=648>
- Alt64 Digital. (2013). *Alt64*. Recuperado el 20 de 10 de 2013, de <http://www.alt64.com/>
- Araujo, L., & Carlos, C. (2009). *Algoritmos evolutivos un enfoque practico*. Madrid, España.
- Ayala ramirez, V., Garcia Capulin, C., Perez Garcia, A., & Sanchez Yanes, R. E. (28 de 11 de 2005). *Circle detection on images using genetic algorithms*. Bellavista, Guanajuato, Mexico.
- Baillet, L. (05 de 2011). *KidsHealth*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de [http://kidshealth.org/parent/en\\_espanol/general/dyslexia\\_esp.html#](http://kidshealth.org/parent/en_espanol/general/dyslexia_esp.html#)
- Belfiore, N. P., Rudas, I. J., & Matrisciano, A. (2010). *Simulation of Verbal and Mathematical Learning by means of simple Neural Networks*. Roma, Italia.
- Bourel, M. (05 de 2012). *Métodos de agregación de modelos y aplicaciones*.
- Bullinaria, J. A. (1993). *Neural Network Models of Reading Multi-Syllabic Words*. Edinburgh, U.K.
- C. K. Chui, W. (1997). *A mathematical tool for signal processing*. Philadelphia.
- Congreso de la Republica de Colombia. (08 de 02 de 1994). *Diario Oficial Congreso de La Republica*. Recuperado el 22 de 09 de 2013, de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1994/ley\\_0115\\_1994.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1994/ley_0115_1994.html)
- Desroches, A. S., Joanisse, M. F., & Robertson, E. K. (07 de 09 de 2005). *Specific phonological impairments in dyslexia revealed by eyetracking*. Ontario, Canada.

- Duran, R. (21 de 09 de 2013). *Cinco Dias*. Obtenido de [http://cincodias.com/cincodias/2013/07/13/empresas/1373710294\\_717766.html](http://cincodias.com/cincodias/2013/07/13/empresas/1373710294_717766.html)
- EducaMadrid. (2013). *Albor TIC y Necesidades Especiales*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de [http://www.educa2.madrid.org/web/albor?p\\_l\\_id=120.10&p\\_p\\_id=visor\\_WAR\\_cms\\_tools&p\\_p\\_action=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_width=704&p\\_p\\_col\\_order=w1&p\\_p\\_col\\_pos=0&p\\_p\\_col\\_count=1&visor\\_WAR\\_cms\\_tools\\_contentId=b96ac989-99e1-4585-9340-20c5d0f2545c](http://www.educa2.madrid.org/web/albor?p_l_id=120.10&p_p_id=visor_WAR_cms_tools&p_p_action=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_width=704&p_p_col_order=w1&p_p_col_pos=0&p_p_col_count=1&visor_WAR_cms_tools_contentId=b96ac989-99e1-4585-9340-20c5d0f2545c)
- Ekhsan , H. M., Ahmad , S. Z., Halim , S. A., & Hamid , J. N. (22 de 05 de 2012). The implementation of interactive multimedia in early screening of dyslexia. Malacca, Malaysia .
- El-Baz, A., Casanova, M., Gimelfarb, G., Motr, M., Vanbogaert, E., & McCracken, R. (2008). A new cad system for early diagnosis of dyslexic brains. Louisville, KY, USA.
- Gaggi, O., Galiazzo, G., & Palazzi, C. (09 de 2012). A Serious Game for Predicting the Risk of Developmental Dyslexia in Pre-readers Children. Padua, Italia.
- Garcia Diaz, E. E. (2010). Adaboost aplicado a clasificación de fonemas. Bogota, Colombia.
- Hassan Montero, Y., & Herrero Solana, V.c. (28 de 10 de 2007). <http://nosolousabilidad.com/>. Recuperado el 14 de 10 de 2013, de <http://nosolousabilidad.com/articulos/eye-tracking.htm>
- Hassan Montero, Y., & Herrero Solano, V. (28 de 10 de 2007). <http://nosolousabilidad.com/>. Recuperado el 16 de 10 de 2013, de <http://nosolousabilidad.com/articulos/eye-tracking.htm>
- Heberto, F., & Ninón, B. M. (2011). Teorias del aprendizaje y modelos educativos: revision historica. *La revista de Enfermeria y ciencias de la salud*, 23.
- Hernandez, E., Cabrera Sarmiento, A., & Sanches Solano, S. (06 de 2012). *Scielo.org*. Recuperado el 20 de 10 de 2013, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212012000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212012000200005&script=sci_arttext)
- Hewlett-Packard Company. (21 de 06 de 2013). *Lipi Toolkit*. Recuperado el 16 de 10 de 2013, de <http://lipitk.sourceforge.net/index.htm>
- Hp Labs India. (21 de 06 de 2013). *Lipi Toolkit*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de <http://lipitk.sourceforge.net/>

- Ji, S.-Y., & Najarian, K. (08 de 2008). A Modified Maximum Correlation Modeling Method for fMRI Brain Mapping; Application for Detecting Dyslexia. Richmond, Virginia, USA.
- Khakhar, J., & Madhvanath, S. (08 de 2010). JollyMate: Assistive Technology for Young Children with Dyslexia. Ahmedabad, India.
- KIDZPLAYMOB. (22 de 03 de 2012). *Itunes*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de <https://itunes.apple.com/es/app/dislexia-ejercicios-practicos/id511015714?mt=8>
- Ledesma Saucedo, R. (11 de 2003). La Comunicación en los Ambientes Virtuales de Aprendizaje. Ciudad de Mexico, Mexico.
- Leguizamo Gonzales, D., Palacio Muñoz, A. M., & Piñeros Ruiz, J. E. (22 de 10 de 2013). Formulacion de un modelo teorico de aplicaciones de las redes neuronales en la solucion de problemas de dislexia. Pereira, Risaralda, Colombia.
- Manjit Singh, S., & Manzura, E. (28 de 07 de 2010). A multisensory multimedia model to support dyslexic children in learning . Kajang, Selangor, Malaysia.
- Matich, D. J. (03 de 2001). Redes Neuronales: Conceptos Basicos y Aplicaciones. Rosario, ARgentina.
- Ministerio de Educacion Nacional Republica de Colombia. (30 de 05 de 2012). *Centro Virtual de Noticias de la Educacion*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-305924.html>
- mirametrix. (16 de 10 de 2013). Easy, Affordable Eye Tracking for on--screen research . USA.
- Ninon Fonseca, H., & Bencomo, M. (4 de 12 de 2011). Teorias del aprendizaje y modelos educativos: revision historica. Barquisimeto, Venezuela.
- Novack, D., Kordick, P., Macas, M., Vyhnalek, M., Brzezny, R., & Lhotská, I. (5 de 09 de 2004). School Children Dyslexia Analysis using Self Organizing Maps. San Francisco, California, USA.
- Olabe, X. B. (22 de 09 de 2013). Redes neuronales artificiles y sus aplicaciones. Bilbao, España.
- Pazzaglia, R., Ravarelli, A., Balestra, A., Orio, S., & Zanetti, M. A. (2012). Using Eye-Tracking to Study Reading Patterns and Processes in Autism with Hyperlexia Profile. Pavia, Italia.

- Pino Diez, R., Gomez Gomez, A., & De abajo Martinez, N. (2001). *Introduccion a la inteligencia artificial: Sistema Expertos, Redes Neuronales y Computacion Evolutiva*. Oviedo, España. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de [4U&sig=AC8sOkxbl9cvlGrtTXGuEE4ostQ&hl=es-419&sa=X&ei=A3o8UrfIPIWA9gSokoFo&ved=0CEUQ6AEwAw#v=onepage&q=analogia%20entre%20redes%20neuronales%20artificiales%20y%20el%20cerebro&f=false](http://4U&sig=AC8sOkxbl9cvlGrtTXGuEE4ostQ&hl=es-419&sa=X&ei=A3o8UrfIPIWA9gSokoFo&ved=0CEUQ6AEwAw#v=onepage&q=analogia%20entre%20redes%20neuronales%20artificiales%20y%20el%20cerebro&f=false)
- Ramadan, Z., Ropella, K., Myklebust, J., Goldstein, M., Feng, X., & Flynn, J. (1991). *A neural network to discriminate between dyslexic subtypes*. Milwaukee, USA.
- Ramirez, s. U. (1999). *Informatica y teorías del aprendizaje*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de Dialnet Plus: <http://dialnet.unirioja.es.ezproxy.utp.edu.co/servlet/articulo?codigo=1400324>
- Richard, P., Loosemore, W., Gordon, D., Brown, A., & Watson, L. (1991). *A neural net model of normal and dyslexic spelling\**. Bangor, U.K.
- Rogge, T. (25 de 3 de 2012). *MedlinePlus*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001551.htm>
- Rosas, M., Leiva, H., & Gallard, R. (2010). *Técnicas de niching: Estrategias Evolutivas vs. Algoritmos Genéticos*. San Luis , Argentina.
- Salas Silva, R. E. (2008). *Estilos de aprendizaje a la luz de la neuociencia*. Bogota, D.C, Colombia.
- Salmerón Ruiz, T. (18 de 05 de 2012). *Isedkigo.blogspot.com/*. Recuperado el 16 de 10 de 2013, de <http://isedkigo.blogspot.com/2012/05/algoritmo-dtw-dynamic-time-warping.html>
- Sanchez, A. S. (22 de 09 de 2013). *Sistemas CLIPS*.
- Schapire, R. S. (1997). *Improved boosting algorithms*.
- Serrano, A. J., Soria, E., & Martin, J. D. (2010). *Redes neuronales artificiales*. Valencia, España.
- Singe, R. E. (1999). *Improved boosting algorithms*.
- SMI SensoMotoric Instruments. (s.f.). *smivision*. Recuperado el 22 de 10 de 2013, de <http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye>
- Spakov, O. (09 de 10 de 2013). <http://www.sis.uta.fi/>. Recuperado el 16 de 10 de 2013

- Tobii Technology. (2013). *Tobii Eye tracking Research*. Recuperado el 20 de 10 de 2013, de <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/research/linguistics/>
- Tovar Franco, J. A. (s.f.). *Programa del curso de neurobioquímica*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/neurobioquimica/programneuro.htm>
- Vaquero, M. (28 de 01 de 2008). *MATERIALES PARA LA CONVIVENCIA ESCOLAR*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de <http://convivencia.wordpress.com/2008/01/28/la-teoria-de-las-inteligencias-multiples-de-gardner/>
- Viloria Rodriguez, J. L., & Díaz Miranda, T. (2011). Algoritmo de Viola-Jones para detección de rostros en procesadores gráficos. Cujae, CUBA.
- Wayne Engineering. (1 de 08 de 2007). *wayneengineering*. Recuperado el 20 de 10 de 2013, de <http://www.wayneengineering.com/TalkingPen>.