



Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo

Asignatura:

Neural Networks

Grupo: 3CM2

Práctica 1. **Célula de McCulloch-Pitts**

Alumno:

Garcia Garcia Rafael

N° de lista: 11

Profesor: Moreno Armendariz Marco Antonio

Introducción:

¿Qué es?

La neurona de McCulloch-Pitts es una unidad de cálculo que intenta modelar el comportamiento de una neurona "natural", similares a las que constituyen del cerebro humano. Ella es la unidad esencial con la cual se construye una red neuronal artificial. Esta célula modela por primera vez una neurona como un dispositivo de dos estados: Apagado (0) y encendido (1). (Podberezski , 2017)

Orígenes

El modelo neuronal propuesto por Warren S. McCulloch y Walter Pitts en 1943 fue el primer modelo neuronal moderno, y ha sido tomado como punto de partida para el desarrollo de muchos de los modelos neuronales actuales, además de que es utilizado como punto de referencia para evaluar el comportamiento de otros modelos.

Principales capacidades

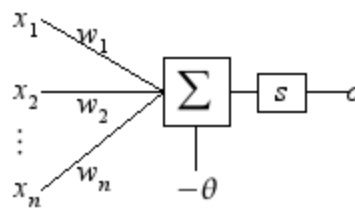
El modelo McCulloch-Pitts por si mismo está retomando importancia debido a que es uno de los pocos modelos digitales en tiempo discreto y, como para realizar implantaciones electrónicas o computacionales de las neuronas artificiales en la actualidad se utilizan sistemas digitales, con la mayoría de los modelos analógicos actuales es necesario realizar ciertas adaptaciones a los modelos al momento de implantarlos, lo que dificulta y hace imprecisa a dicha implantación con respecto al comportamiento teórico derivado del modelo. (R. Prieto, s.f.)

Marco teórico.

Explicación de la arquitectura,

De las consideraciones mostradas podemos extraer y resaltar lo siguiente. La neurona McCullochPitts es un dispositivo binario, es decir, solo puede estar en uno de dos posibles estados. Cada neurona puede recibir entradas de sinapsis excitadoras, las cuales tienen todas un mismo peso. También pueden recibir entradas de sinapsis inhibitorias, cuya acción es absoluta; es decir, si la sinapsis inhibitoria está activa, la neurona no puede encender. Hay un lapso de tiempo dado fijo para la integración de las entradas sinápticas, basado en el retardo sináptico observado; esto le da a la neurona su carácter de trabajo en tiempo discreto.

modelo matemático.



$$o = s(red)$$

Siendo:

$red = w_1 x_1 + \dots + w_n x_n - \theta$ es la suma ponderada.

x_i es el valor de la i-ésima entrada (*input*).

w_i es el peso (*weights*) de la conexión entre la i-ésima entrada y la neurona.

θ es el valor umbral (*threshold*)

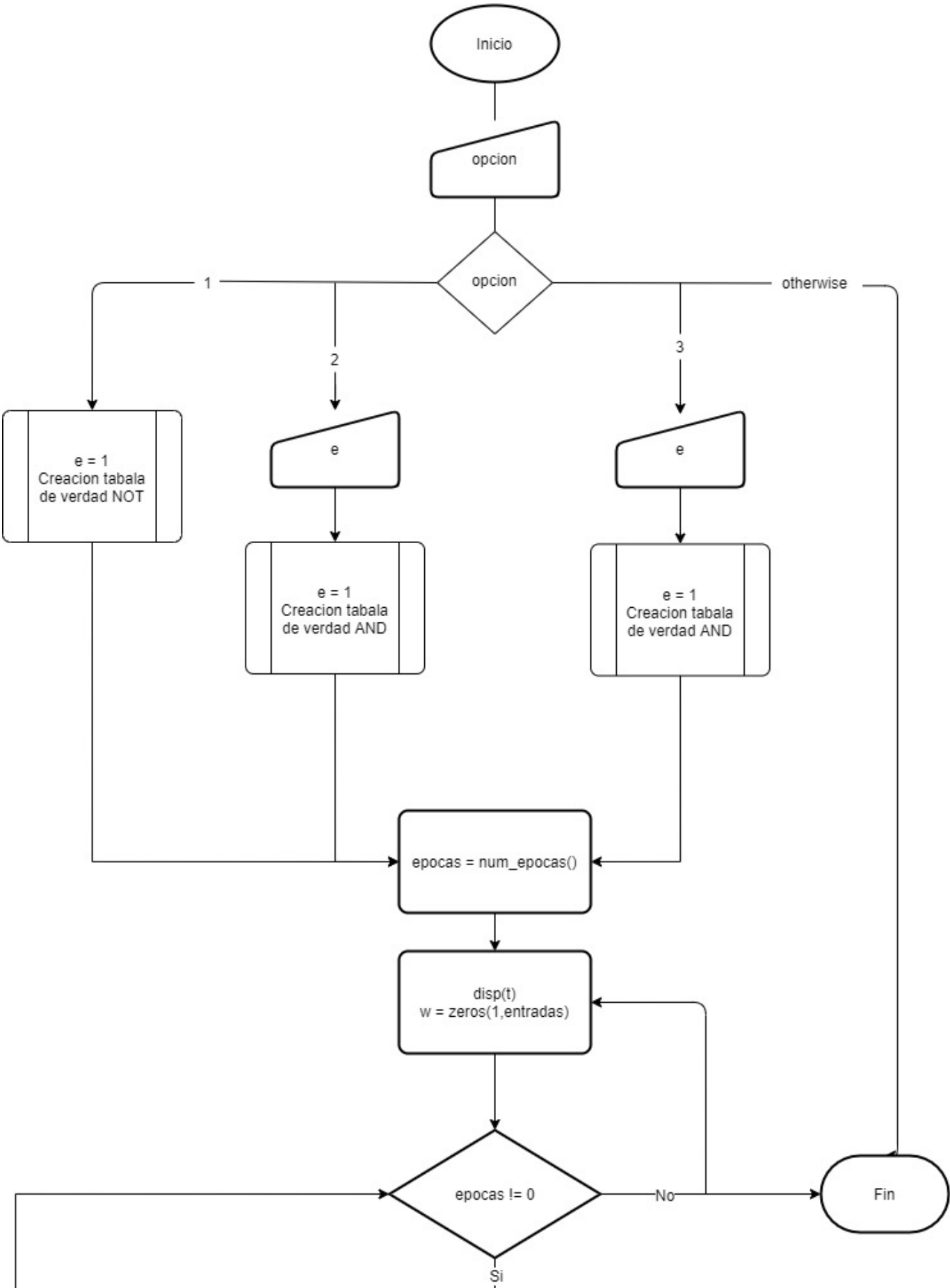
o es la salida (*output*) de la neurona.

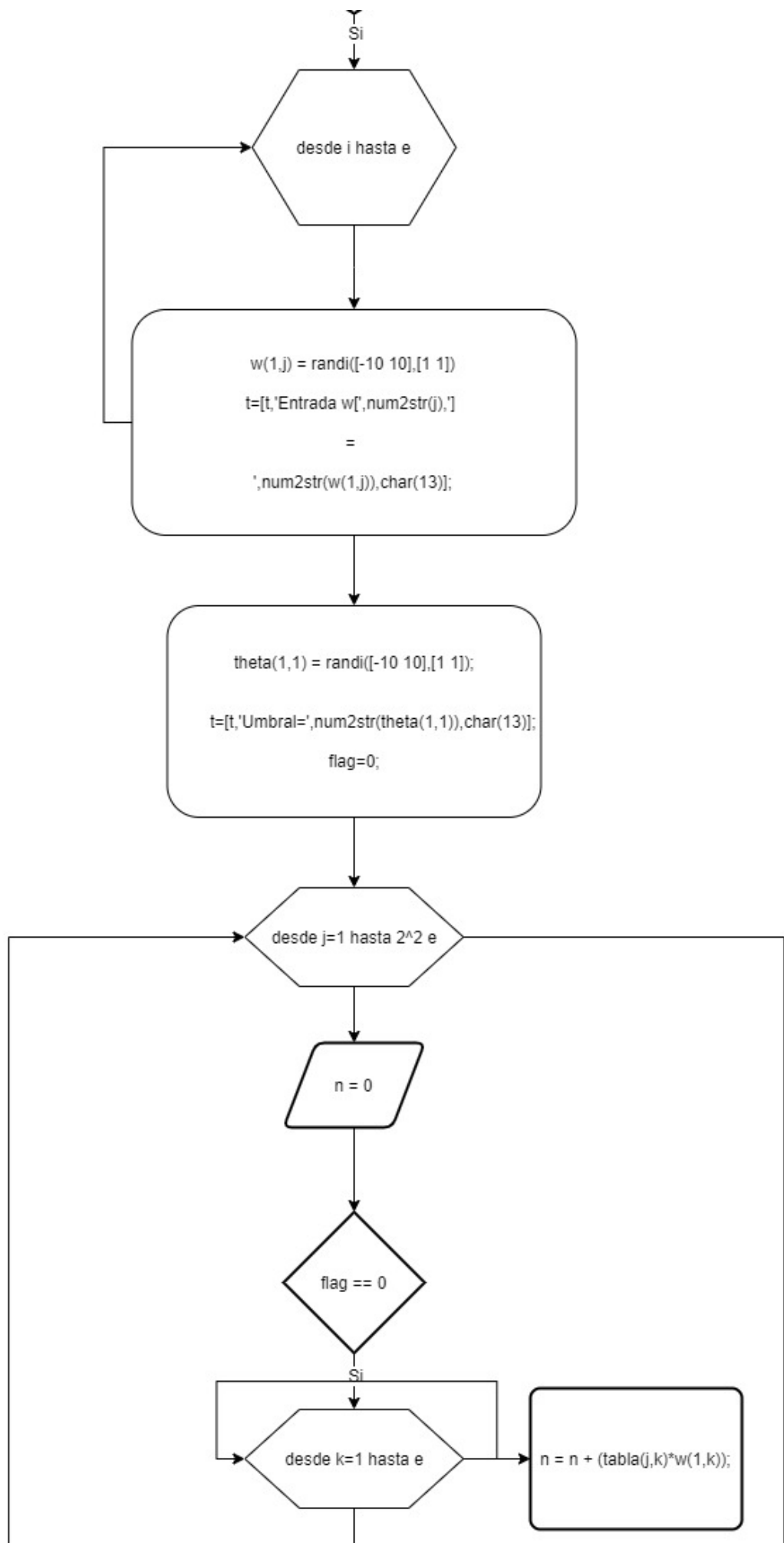
s es la función no lineal conocida como función de activación.

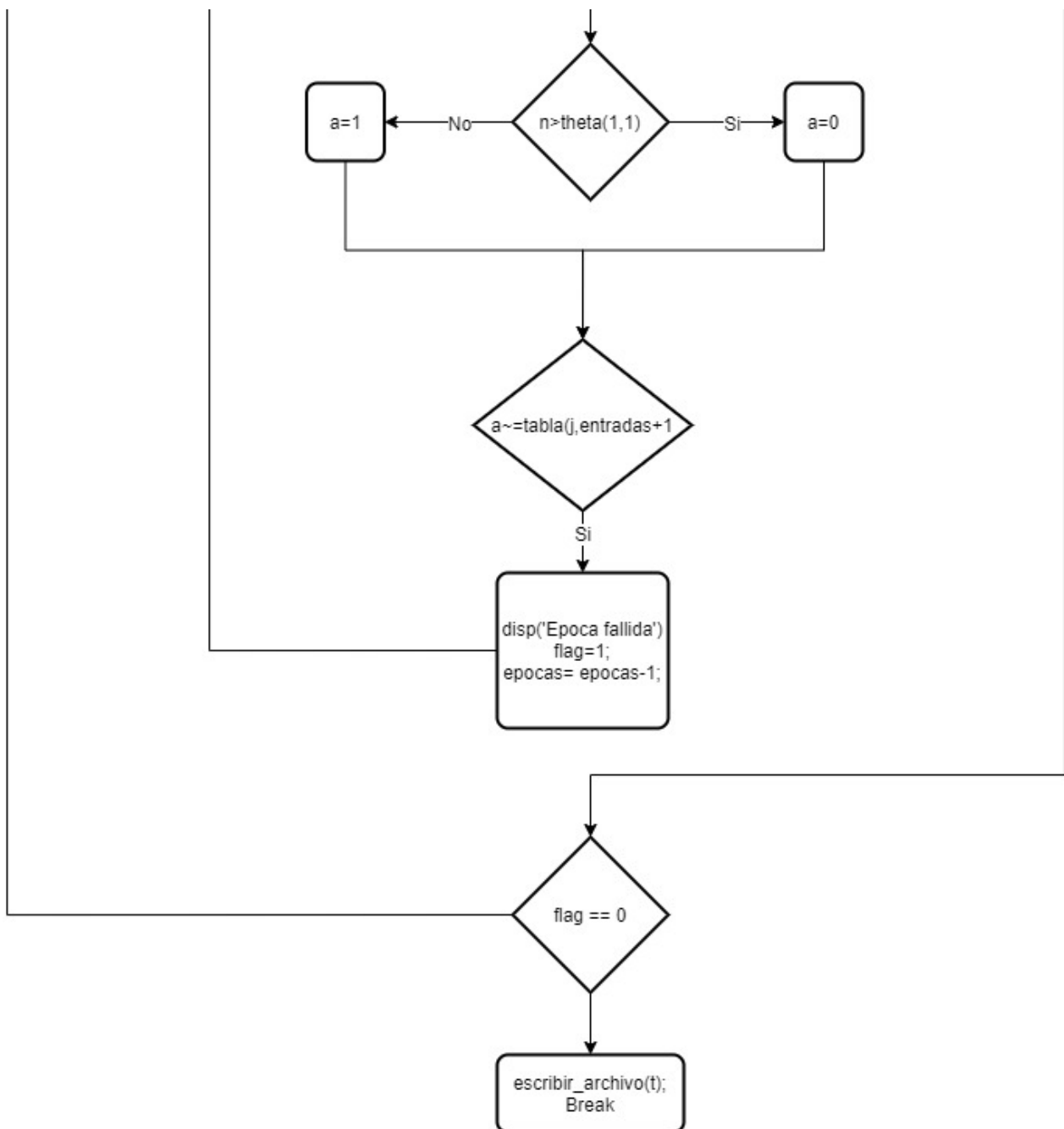
La función de activación que usa es:

$$s(u) = \begin{cases} 1, & u \geq 0 \\ 0, & u < 0. \end{cases}$$

Diagrama de Flujo:







Experimentos.

Ingrese

1. NOT

2. AND

3. OR

,

Iniciamos escogiendo la opción que nos interese para que nuestra red pueda aprender a base de prueba y error escogiendo una dimensión de 4 en cada uno de nuestros ejemplos excepto en el NOT ya que solo tenemos una entrada:

Opción: Not

Nuestra red falla en las primeras épocas que realiza el programa como se puede observar en la imagen de la derecha, el rango de valores de los pesos y de el umbral los buscará aleatoriamente de -10 a +10

Pero al ser un aprendizaje con una sola entrada en nuestra red, el experimento logra converger con menos de las 50 épocas que definimos en un inicio como se muestra en la figura de abajo

```
>> Practica1_MCPitts
Ingrese
1.NOT
2.AND
3.OR
1
¿Cuantas epocas quiere realizar? (min 50)
50
Epocas pendientes: 50

Valor de W[1]: 7
Valor del Umbral--: [9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 49

Valor de W[1]: -8
Valor del Umbral--: [9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 48

Valor de W[1]: 3
Valor del Umbral--: [-8]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 47

Valor de W[1]: -5
Valor del Umbral--: [1]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 46

Valor de W[1]: 10
Valor del Umbral--: [10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 45

Valor de W[1]: -7
Valor del Umbral--: [10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 44
```

Valor de $W[1]$: 10
Valor del Umbral--: [0]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 43

Valor de $W[1]$: 6
Valor del Umbral--: [-8]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 42

Valor de $W[1]$: -2
Valor del Umbral--: [9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 41

Valor de $W[1]$: 6
Valor del Umbral--: [10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 40

Valor de $W[1]$: 3
Valor del Umbral--: [-10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 39

Valor de $W[1]$: 7
Valor del Umbral--: [9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 38

Valor de $W[1]$: 4
Valor del Umbral--: [5]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 37

Valor de $W[1]$: 5
Valor del Umbral--: [-2]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 36

Valor de $W[1]$: 3
Valor del Umbral--: [-7]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 35

Valor de W[1]: 4
Valor del Umbral--: [-10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 34

Valor de W[1]: -5
Valor del Umbral--: [-10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 33

Valor de W[1]: -8
Valor del Umbral--: [7]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 32

Valor de W[1]: 4
Valor del Umbral--: [-4]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 31

Valor de W[1]: 9
Valor del Umbral--: [-10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 30

Valor de W[1]: -1
Valor del Umbral--: [-2]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 29

Valor de W[1]: 6
Valor del Umbral--: [6]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 28

Valor de W[1]: -7
Valor del Umbral--: [0]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 27

Valor de W[1]: -1
Valor del Umbral--: [3]
Epoca fallida

Epocas pendientes: 26

Valor de $W[1]$: 4

Valor del Umbral--: [5]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 25

Valor de $W[1]$: -5

Valor del Umbral--: [4]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 24

Valor de $W[1]$: 3

Valor del Umbral--: [-7]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 23

Valor de $W[1]$: -8

Valor del Umbral--: [0]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 22

Valor de $W[1]$: 10

Valor del Umbral--: [-3]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 21

Valor de $W[1]$: 2

Valor del Umbral--: [-6]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 20

Valor de $W[1]$: 5

Valor del Umbral--: [-5]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 19

Valor de $W[1]$: 0

Valor del Umbral--: [4]

Epoca fallida

Epocas pendientes: 18

Valor de $W[1]$: 8

Valor del Umbral--: [10]

Epoca fallida
Epocas pendientes: 17

Valor de W[1]: 1
Valor del Umbral--: [-8]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 16

Valor de W[1]: -7
Valor del Umbral--: [-5]
Aprendizaje correcto

Si estos valores se sustituyen en su ecuación podremos ver que efectivamente nuestra red pudo aprender de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}n &= (-7)(1) = -7 \quad n > \theta \quad -7 > -5? \quad a = 0 \\a &= t? \quad 0 = 0? \quad \text{Si continuamos} \\n &= (-7)(0) = -5 \quad n > \theta \quad -5 > 5? \quad a = 1 \\a &= t? \quad 1 = 1? \quad \text{Si entonces la neurona aprendió}\end{aligned}$$

Opción: And

Ahora vamos con la segunda opción, en este caso lo podemos hacer para N dimensiones de entradas y en el primer experimento vamos a definir 50 épocas que es la cantidad mínima, pero desgraciadamente este experimento falló por lo cual asumiremos que necesitará un mayor número de épocas

<pre>>> Practica1_MCPitts Ingrese 1.NOT 2.AND 3.OR 2 Ingrese la dimensión de la compuerta 4 ¿Cuántas épocas quiere realizar? (min 50) 50 Epocas pendientes: 50 Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: 6</pre>	<pre>Epocas pendientes: 85234 Valor de W[1]: 2 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: 3 Valor de W[4]: 3 Valor del Umbral--: [10] Aprendizaje correcto >></pre>
--	--

<p> Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 49 </p> <p> Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: -2 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [-3] Epoca fallida Epocas pendientes: 48 </p> <p> Valor de W[1]: 2 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: -8 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 47 </p> <p> Valor de W[1]: 0 Valor de W[2]: 8 Valor de W[3]: 6 Valor de W[4]: 5 Valor del Umbral--: [-9] Epoca fallida Epocas pendientes: 46 </p> <p> Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: -9 Valor de W[3]: 6 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 45 </p> <p> Valor de W[1]: -8 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: -8 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [3] Epoca fallida Epocas pendientes: 44 </p>	
---	--

Valor de W[1]: -4
Valor de W[2]: 3
Valor de W[3]: 5
Valor de W[4]: 2
Valor del Umbral--: [5]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 43

Valor de W[1]: -6
Valor de W[2]: 5
Valor de W[3]: 10
Valor de W[4]: 8
Valor del Umbral--: [-9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 42

Valor de W[1]: -3
Valor de W[2]: -3
Valor de W[3]: 4
Valor de W[4]: 2
Valor del Umbral--: [6]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 41

Valor de W[1]: -3
Valor de W[2]: -6
Valor de W[3]: -9
Valor de W[4]: 6
Valor del Umbral--: [-6]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 40

Valor de W[1]: -2
Valor de W[2]: 1
Valor de W[3]: -6
Valor de W[4]: 3
Valor del Umbral--: [0]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 39

Valor de W[1]: -7
Valor de W[2]: 6
Valor de W[3]: -8

<p> Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 38 </p> <p> Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: -9 Valor de W[3]: -2 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 37 </p> <p> Valor de W[1]: 6 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: 2 Valor de W[4]: 10 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 36 </p> <p> Valor de W[1]: 4 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: -1 Valor de W[4]: 3 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 35 </p> <p> Valor de W[1]: 9 Valor de W[2]: -7 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 34 </p> <p> Valor de W[1]: 6 Valor de W[2]: -2 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 33 </p>	
--	--

Valor de W[1]: -1
Valor de W[2]: -1
Valor de W[3]: 2
Valor de W[4]: -9
Valor del Umbral--: [-4]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 32

Valor de W[1]: 6
Valor de W[2]: 4
Valor de W[3]: -8
Valor de W[4]: -8
Valor del Umbral--: [-9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 31

Valor de W[1]: -10
Valor de W[2]: -2
Valor de W[3]: 3
Valor de W[4]: 5
Valor del Umbral--: [1]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 30

Valor de W[1]: -8
Valor de W[2]: 3
Valor de W[3]: -8
Valor de W[4]: -8
Valor del Umbral--: [-8]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 29

Valor de W[1]: -8
Valor de W[2]: -7
Valor de W[3]: -6
Valor de W[4]: -4
Valor del Umbral--: [-4]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 28

Valor de W[1]: -6
Valor de W[2]: -5
Valor de W[3]: 8

<p> Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 27 </p> <p> Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: -6 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 26 </p> <p> Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: -7 Valor de W[4]: 3 Valor del Umbral--: [10] Epoca fallida Epocas pendientes: 25 </p> <p> Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: -5 Valor de W[3]: -2 Valor de W[4]: -9 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 24 </p> <p> Valor de W[1]: -2 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: -2 Valor de W[4]: 3 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 23 </p> <p> Valor de W[1]: -2 Valor de W[2]: -7 Valor de W[3]: 5 Valor de W[4]: 8 Valor del Umbral--: [-3] Epoca fallida Epocas pendientes: 22 </p>	
--	--

Valor de W[1]: 4
Valor de W[2]: -4
Valor de W[3]: 1
Valor de W[4]: 7
Valor del Umbral--: [2]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 21

Valor de W[1]: -3
Valor de W[2]: -4
Valor de W[3]: -1
Valor de W[4]: -2
Valor del Umbral--: [-3]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 20

Valor de W[1]: 1
Valor de W[2]: 5
Valor de W[3]: -2
Valor de W[4]: -1
Valor del Umbral--: [-8]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 19

Valor de W[1]: -10
Valor de W[2]: -4
Valor de W[3]: -4
Valor de W[4]: 3
Valor del Umbral--: [10]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 18

Valor de W[1]: 9
Valor de W[2]: -1
Valor de W[3]: -5
Valor de W[4]: 6
Valor del Umbral--: [5]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 17

Valor de W[1]: 5
Valor de W[2]: 5
Valor de W[3]: -8

<p> Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 16 </p> <p> Valor de W[1]: -6 Valor de W[2]: -8 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: -7 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 15 </p> <p> Valor de W[1]: 3 Valor de W[2]: 8 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 14 </p> <p> Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: 1 Valor de W[3]: 4 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [6] Epoca fallida Epocas pendientes: 13 </p> <p> Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: -8 Valor de W[3]: 1 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 12 </p> <p> Valor de W[1]: -2 Valor de W[2]: -2 Valor de W[3]: -7 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [-10] Epoca fallida Epocas pendientes: 11 </p>	
--	--

Valor de W[1]: 9
Valor de W[2]: 3
Valor de W[3]: 9
Valor de W[4]: -7
Valor del Umbral--: [9]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 10

Valor de W[1]: 6
Valor de W[2]: 2
Valor de W[3]: -1
Valor de W[4]: -5
Valor del Umbral--: [5]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 9

Valor de W[1]: -6
Valor de W[2]: -9
Valor de W[3]: 6
Valor de W[4]: 4
Valor del Umbral--: [5]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 8

Valor de W[1]: 3
Valor de W[2]: -2
Valor de W[3]: -2
Valor de W[4]: 7
Valor del Umbral--: [-4]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 7

Valor de W[1]: 7
Valor de W[2]: 6
Valor de W[3]: 7
Valor de W[4]: 0
Valor del Umbral--: [3]
Epoca fallida
Epocas pendientes: 6

Valor de W[1]: 9
Valor de W[2]: -1
Valor de W[3]: -9

<p>Valor de W[4]: 8 Valor del Umbral--: [3] Epoca fallida Epocas pendientes: 5</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: -6 Valor de W[4]: 3 Valor del Umbral--: [2] Epoca fallida Epocas pendientes: 4</p> <p>Valor de W[1]: -2 Valor de W[2]: -8 Valor de W[3]: -10 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 3</p> <p>Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: -3 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: 5 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 2</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 1</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: -9 Valor de W[3]: 3 Valor de W[4]: -7 Valor del Umbral--: [-10] Epoca fallida Aprendisaje fallido :(</p>	
--	--

¿Quieres intentarlo de nuevo? 1 - si otro-no	
--	--

Ya que fallamos en el experimento incrementemos el número de épocas en el siguiente intento:

Podemos ver que convergió cuando todavía quedaban **85234** épocas pendientes y como era de esperar en este caso tardó un mayor número de épocas en converger nuestra red neuronal pero principalmente podemos decir que para una dimensión de 3 entradas los valores de los pesos y de umbral son:

$$W[1] = 3, W[2] = 3, W[3] = 3 \quad W[4] = 3$$

$$\text{Umbral} = 10$$

Opción: Or

Pasemos al último caso de estudio, la compuerta OR. En esta ocasión primero intentaremos con la cantidad por default que son 50 épocas para ver si la red logra converger a algún valor.

Fallido	Correcto
>> Practica1_MCPitts Ingrese 1.NOT 2.AND 3.OR 3 Ingrese la dimensión de la compuerta 4 ¿Cuántas épocas quiere realizar? (min 50) 50 Epocas pendientes: 50 Valor de W[1]: 3 Valor de W[2]: -3 Valor de W[3]: -3 Valor de W[4]: -9 Valor del Umbral--: [-10] Epoca fallida Epocas pendientes: 49 Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: -1	>> Practica1_MCPitts Ingrese 1.NOT 2.AND 3.OR 3 Ingrese la dimensión de la compuerta 4 ¿Cuántas épocas quiere realizar? (min 50) 50 Epocas pendientes: 50 Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: 2 Valor de W[3]: -3 Valor de W[4]: -3 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 49 Valor de W[1]: 4 Valor de W[2]: -9

<p>Valor de W[3]: 4 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-5] Epoca fallida Epocas pendientes: 48</p> <p>Valor de W[1]: 0 Valor de W[2]: -7 Valor de W[3]: 10 Valor de W[4]: -6 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 47</p> <p>Valor de W[1]: -5 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: 10 Valor de W[4]: 0 Valor del Umbral--: [7] Epoca fallida Epocas pendientes: 46</p> <p>Valor de W[1]: -1 Valor de W[2]: -9 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [8] Epoca fallida Epocas pendientes: 45</p> <p>Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: -5 Valor de W[3]: -3 Valor de W[4]: 7 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 44</p> <p>Valor de W[1]: 7 Valor de W[2]: -1 Valor de W[3]: -3 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida</p>	<p>Valor de W[3]: -3 Valor de W[4]: -3 Valor del Umbral--: [-3] Epoca fallida Epocas pendientes: 48</p> <p>Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: 6 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 47</p> <p>Valor de W[1]: -5 Valor de W[2]: -10 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 2 Valor del Umbral--: [7] Epoca fallida Epocas pendientes: 46</p> <p>Valor de W[1]: 9 Valor de W[2]: 8 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [10] Epoca fallida Epocas pendientes: 45</p> <p>Valor de W[1]: -4 Valor de W[2]: 0 Valor de W[3]: 9 Valor de W[4]: -7 Valor del Umbral--: [7] Epoca fallida Epocas pendientes: 44</p> <p>Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: 9 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: 5 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida</p>
---	--

<p>Epocas pendientes: 43</p> <p>Valor de W[1]: 0 Valor de W[2]: -10 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: 5 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 42</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: -6 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [6] Epoca fallida Epocas pendientes: 41</p> <p>Valor de W[1]: -10 Valor de W[2]: -9 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 40</p> <p>Valor de W[1]: 2 Valor de W[2]: -3 Valor de W[3]: 3 Valor de W[4]: 1 Valor del Umbral--: [8] Epoca fallida Epocas pendientes: 39</p> <p>Valor de W[1]: -6 Valor de W[2]: -5 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 7 Valor del Umbral--: [2] Epoca fallida Epocas pendientes: 38</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: 8</p>	<p>Epocas pendientes: 43</p> <p>Valor de W[1]: -5 Valor de W[2]: -1 Valor de W[3]: -8 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 42</p> <p>Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: -5 Valor de W[3]: -1 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 41</p> <p>Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: 2 Valor de W[4]: 0 Valor del Umbral--: [5] Epoca fallida Epocas pendientes: 40</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 39</p> <p>Valor de W[1]: -4 Valor de W[2]: 7 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [-9] Epoca fallida Epocas pendientes: 38</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: -7</p>
---	--

<p>Valor de W[3]: 5 Valor de W[4]: 10 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 37</p> <p>Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: 1 Valor de W[3]: -7 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [3] Epoca fallida Epocas pendientes: 36</p> <p>Valor de W[1]: 0 Valor de W[2]: -7 Valor de W[3]: 8 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 35</p> <p>Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: 2 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [-2] Epoca fallida Epocas pendientes: 34</p> <p>Valor de W[1]: -8 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: -1 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 33</p> <p>Valor de W[1]: -1 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -8 Valor del Umbral--: [5] Epoca fallida</p>	<p>Valor de W[3]: -8 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-9] Epoca fallida Epocas pendientes: 37</p> <p>Valor de W[1]: -8 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -9 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 36</p> <p>Valor de W[1]: 4 Valor de W[2]: 6 Valor de W[3]: -2 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [8] Epoca fallida Epocas pendientes: 35</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: 5 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [8] Epoca fallida Epocas pendientes: 34</p> <p>Valor de W[1]: -6 Valor de W[2]: -5 Valor de W[3]: 5 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 33</p> <p>Valor de W[1]: 3 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: -9 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida</p>
--	--

<p>Epocas pendientes: 32</p> <p>Valor de W[1]: -10 Valor de W[2]: 9 Valor de W[3]: 5 Valor de W[4]: -3 Valor del Umbral--: [-4] Epoca fallida Epocas pendientes: 31</p> <p>Valor de W[1]: 9 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [-3] Epoca fallida Epocas pendientes: 30</p> <p>Valor de W[1]: 7 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: 6 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 29</p> <p>Valor de W[1]: -10 Valor de W[2]: 2 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -6 Valor del Umbral--: [-5] Epoca fallida Epocas pendientes: 28</p> <p>Valor de W[1]: 7 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: 6 Valor de W[4]: -6 Valor del Umbral--: [10] Epoca fallida Epocas pendientes: 27</p> <p>Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: 1</p>	<p>Epocas pendientes: 32</p> <p>Valor de W[1]: -10 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: 1 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 31</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: 1 Valor de W[3]: -6 Valor de W[4]: -1 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 30</p> <p>Valor de W[1]: -8 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: 9 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 29</p> <p>Valor de W[1]: -4 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: 3 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [6] Epoca fallida Epocas pendientes: 28</p> <p>Valor de W[1]: -6 Valor de W[2]: 8 Valor de W[3]: -4 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [-10] Epoca fallida Epocas pendientes: 27</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: -7</p>
--	--

<p>Valor de W[3]: 5 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 26</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: 7 Valor de W[3]: -8 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 25</p> <p>Valor de W[1]: 6 Valor de W[2]: -8 Valor de W[3]: -6 Valor de W[4]: -7 Valor del Umbral--: [-9] Epoca fallida Epocas pendientes: 24</p> <p>Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: -1 Valor de W[3]: -1 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-3] Epoca fallida Epocas pendientes: 23</p> <p>Valor de W[1]: 4 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: 10 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [6] Epoca fallida Epocas pendientes: 22</p> <p>Valor de W[1]: 7 Valor de W[2]: -5 Valor de W[3]: 6 Valor de W[4]: 10 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida</p>	<p>Valor de W[3]: 8 Valor de W[4]: 7 Valor del Umbral--: [6] Epoca fallida Epocas pendientes: 26</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: 1 Valor de W[3]: 0 Valor de W[4]: 0 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 25</p> <p>Valor de W[1]: 9 Valor de W[2]: -7 Valor de W[3]: -3 Valor de W[4]: -1 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 24</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: 1 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [-10] Epoca fallida Epocas pendientes: 23</p> <p>Valor de W[1]: -10 Valor de W[2]: -3 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: 1 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 22</p> <p>Valor de W[1]: -4 Valor de W[2]: -3 Valor de W[3]: 9 Valor de W[4]: -3 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida</p>
--	---

<p>Epocas pendientes: 21</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 20</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: -2 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [5] Epoca fallida Epocas pendientes: 19</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 18</p> <p>Valor de W[1]: 0 Valor de W[2]: 6 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [7] Epoca fallida Epocas pendientes: 17</p> <p>Valor de W[1]: -2 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: 2 Valor de W[4]: 3 Valor del Umbral--: [-3] Epoca fallida Epocas pendientes: 16</p> <p>Valor de W[1]: -4 Valor de W[2]: -7</p>	<p>Epocas pendientes: 21</p> <p>Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: -1 Valor del Umbral--: [-9] Epoca fallida Epocas pendientes: 20</p> <p>Valor de W[1]: 10 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: 6 Valor de W[4]: 0 Valor del Umbral--: [3] Epoca fallida Epocas pendientes: 19</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: 8 Valor de W[4]: -3 Valor del Umbral--: [7] Epoca fallida Epocas pendientes: 18</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: -8 Valor de W[3]: 3 Valor de W[4]: -1 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 17</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: 10 Valor de W[3]: 1 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 16</p> <p>Valor de W[1]: 6 Valor de W[2]: -9</p>
---	--

<p>Valor de W[3]: 1 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [-1] Epoca fallida Epocas pendientes: 15</p> <p>Valor de W[1]: 2 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: 10 Valor de W[4]: -4 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 14</p> <p>Valor de W[1]: 8 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: 7 Valor de W[4]: -3 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 13</p> <p>Valor de W[1]: 0 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -2 Valor del Umbral--: [-5] Epoca fallida Epocas pendientes: 12</p> <p>Valor de W[1]: 2 Valor de W[2]: -10 Valor de W[3]: -8 Valor de W[4]: 10 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Epocas pendientes: 11</p> <p>Valor de W[1]: -4 Valor de W[2]: -2 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: 9 Valor del Umbral--: [8] Epoca fallida</p>	<p>Valor de W[3]: 9 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [9] Epoca fallida Epocas pendientes: 15</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: 2 Valor de W[3]: 2 Valor de W[4]: -6 Valor del Umbral--: [4] Epoca fallida Epocas pendientes: 14</p> <p>Valor de W[1]: 9 Valor de W[2]: 6 Valor de W[3]: 1 Valor de W[4]: -6 Valor del Umbral--: [9] Epoca fallida Epocas pendientes: 13</p> <p>Valor de W[1]: 4 Valor de W[2]: -2 Valor de W[3]: 8 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-8] Epoca fallida Epocas pendientes: 12</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: 2 Valor de W[3]: -4 Valor de W[4]: 1 Valor del Umbral--: [10] Epoca fallida Epocas pendientes: 11</p> <p>Valor de W[1]: 5 Valor de W[2]: 3 Valor de W[3]: 2 Valor de W[4]: 2 Valor del Umbral--: [1] Aprendizaje correcto</p>
---	--

<p>Epocas pendientes: 10</p> <p>Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: 8 Valor de W[4]: -6 Valor del Umbral--: [2] Epoca fallida Epocas pendientes: 9</p> <p>Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: -4 Valor de W[3]: -4 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [1] Epoca fallida Epocas pendientes: 8</p> <p>Valor de W[1]: -1 Valor de W[2]: -6 Valor de W[3]: -7 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 7</p> <p>Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: -6 Valor de W[3]: 10 Valor de W[4]: 5 Valor del Umbral--: [5] Epoca fallida Epocas pendientes: 6</p> <p>Valor de W[1]: -3 Valor de W[2]: -2 Valor de W[3]: -4 Valor de W[4]: 8 Valor del Umbral--: [-9] Epoca fallida Epocas pendientes: 5</p> <p>Valor de W[1]: 1 Valor de W[2]: 9</p>	
--	--

<p> Valor de W[3]: -4 Valor de W[4]: 4 Valor del Umbral--: [-7] Epoca fallida Epocas pendientes: 4 </p> <p> Valor de W[1]: 4 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: 9 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [7] Epoca fallida Epocas pendientes: 3 </p> <p> Valor de W[1]: -9 Valor de W[2]: 4 Valor de W[3]: -5 Valor de W[4]: -10 Valor del Umbral--: [2] Epoca fallida Epocas pendientes: 2 </p> <p> Valor de W[1]: -7 Valor de W[2]: 5 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: 6 Valor del Umbral--: [-6] Epoca fallida Epocas pendientes: 1 </p> <p> Valor de W[1]: -1 Valor de W[2]: 6 Valor de W[3]: -9 Valor de W[4]: -5 Valor del Umbral--: [0] Epoca fallida Aprendisaje fallido :(¿Quieres intentarlo de nuevo? 1 - si otro-no </p>	
---	--

Por último en la fase de experimentación enlistaré los valores de los pesos para una dimensión de $n = 4$ con los cuales nuestra red pudo converger:

$$W[1] = 5, W[2] = 3, W[3] = 2 \quad W[4] = 2$$

$$\text{Umbral} = 1$$

Discusión:

Hace mucha lógica que entre mayor sea la dimensión de entrada en nuestra neurona mucho más tardará en converger a algún valor, como pudimos observar en los ejemplos anteriores la compuerta NOT la cual fue la que menos entradas puede tener, fue la que más rápido convergió con respecto a la AND y OR. Ahora, en las 2 últimas compuertas entre más dimensiones se le añadían, necesitábamos de un número mayor de épocas.

En el caso de los casos de dimensionalidad $N=4$ que solicitaron en la práctica pude observar que la compuerta OR converge mucho más fácil que la AND pero al final cada una tiene que enfrentarse a una dimensionalidad bastante grande por lo cual el número de intentos aumentó en cada caso, afortunadamente logramos que nuestras neuronas convergieran a los valores esperados y lograron aprender las compuertas. Me siento satisfecho por los resultados y espero que esta práctica sea el inicio de un aprendizaje mas profundo a las redes neuronales.

Conclusiones

Las redes neuronales pueden realizar funciones que no cualquier programa basado en algoritmos podría ejecutar, se ha leído de simuladores de vuelo, traductores de lenguaje, IA's para videojuegos y predictores ya sea de clima o la bolsa de valores.

Las redes neuronales llegaron para quedarse y apenas están comenzando a desarrollarse de manera óptima por lo que es importante conocer sus orígenes y los sucesores de dichas primeras redes neuronales.

Ésta práctica sirvió para darse una idea de lo que se avecina y como se podrá aplicar una neurona con su respecta arquitectura, en especial me gustó investigar de esta neurona y como han ido evolucionando a través de la historia.

Bibliografía

Podberezski, V. (06 de Noviembre de 2017). *Inside the trash can*. Obtenido de <http://inside-the-trash-can.blogspot.com/2017/11/draft-la-neurona-artificial-de.html>

R. Prieto, A. H. (s.f.). *medicinaycomplejidad.org*. Obtenido de <http://medicinaycomplejidad.org/pdf/reciente/r31459.pdf>

