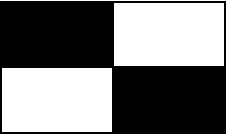
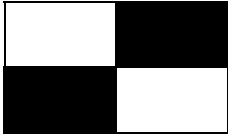
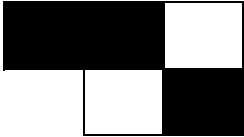
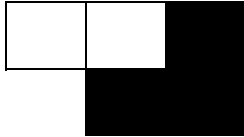
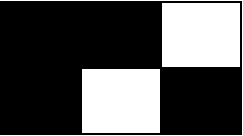
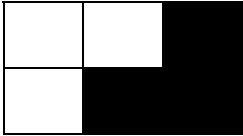


Modelo de Hopfield

01.- Realizar los cálculos de la obtención de la matriz de los pesos de la red de Hopfield, para el reconocimiento de las siguientes figuras. Considere que los cuadros negros son 1 y los blancos son -1

<p>01.1</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> E_1  </div> <div style="text-align: center;"> E_2  </div> </div>	<p>01.2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> E_1  </div> <div style="text-align: center;"> E_2  </div> </div>
<p>01.3</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> E_1  </div> <div style="text-align: center;"> E_2  </div> </div>	

Verificar la correcta respuesta de las redes ante los patrones de entrada.

<p style="text-align: center;">01.1</p> $W = \begin{bmatrix} 0 & -8 & -8 & 8 \\ -8 & 0 & 8 & -8 \\ -8 & 8 & 0 & -8 \\ 8 & -8 & -8 & 0 \end{bmatrix}$
<p style="text-align: center;">01.2</p> $W = \begin{bmatrix} 0 & 10 & -10 & -10 & 0 \\ 10 & 0 & -10 & -10 & 0 \\ -10 & -10 & 0 & 10 & 0 \\ -10 & -10 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

01.3

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 12 & -12 & 12 & -12 & 0 \\ 12 & 0 & -12 & 12 & -12 & 0 \\ -12 & -12 & 0 & -12 & 12 & 0 \\ 12 & 12 & -12 & 0 & -12 & 0 \\ -12 & -12 & 12 & -12 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Todos los ejemplos fueron testeados correctamente.

02.- Calcule la matriz de pesos de una red de Hopfield que pueda reconocer alguno de los siguientes patrones de entrada. Luego presente el patrón distorsionado (ed) y verifique en cuál de los patrones aprendidos se estabiliza (si se estabiliza en alguno).

02.1 $E1 = [1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1]$ $E2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1]$ $Ed = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]$	02.2 $E1 = [-1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1]$ $E2 = [-1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1]$ $Ed = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]$	02.3 $E1 = [1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1]$ $E2 = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]$ $Ed = [-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1]$
02.4 $E1 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]$ $E2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]$ $E3 = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$ $Ed = [-1 \ 1 \ -1 \ 1]$	02.5 $E1 = [1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1]$ $E2 = [1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1]$ $E3 = [1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1]$ $Ed = [1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1]$	02.6 $E1 = [1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1]$ $E2 = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]$ $E3 = [-1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1]$ $Ed = [-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1]$

Punto	Matriz de pesos	Se estabiliza en
02.1 $Ed = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]$	$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10 & 10 \\ -10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 10 & 0 & 10 & 0 \end{bmatrix}$	No se estabiliza, entra en un bucle
02.2 $Ed = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]$	$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -10 & 0 \\ 0 & 0 & 10 & 0 & -10 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & -10 \\ -10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -10 & -10 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	No se estabiliza, entra en un bucle

02.3 $E_d = [-1 -1 -1 -1 -1]$	$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10 & -10 \\ -10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & -10 & 0 & -10 & 0 \end{bmatrix}$	No se estabiliza, entra en un bucle
02.4 $E_d = [-1 1 -1 1]$	$W = \begin{bmatrix} 0 & 4 & -4 & 4 \\ 4 & 0 & 4 & 12 \\ -4 & 4 & 0 & 4 \\ 4 & 12 & 4 & 0 \end{bmatrix}$	$E_3 = [1 1 1 1]$
02.5 $E_d = [1 -1 1 1 1]$	$W = \begin{bmatrix} 0 & 15 & -5 & -5 & 5 \\ 15 & 0 & -5 & -5 & 5 \\ -5 & -5 & 0 & -5 & -15 \\ -5 & -5 & -5 & 0 & 5 \\ 5 & 5 & -15 & 5 & 0 \end{bmatrix}$	No se estabiliza, entra en un bucle
02.6 $E_d = [-1 -1 -1 -1 -1]$	$W = \begin{bmatrix} 0 & 5 & -5 & -5 & -5 \\ 5 & 0 & 5 & 5 & -15 \\ -5 & 5 & 0 & -5 & -5 \\ -5 & 5 & -5 & 0 & -5 \\ -5 & -15 & -5 & -5 & 0 \end{bmatrix}$	No se estabiliza, entra en un bucle

03.- Calcular si se cumplen las condiciones de recuperabilidad (buena y perfecta) y la ortogonalidad en los patrones de los prácticos **01** y **02**

04.- Dados los siguientes patrones de entrada y las matrices obtenidas a partir de ellos, determine si el proceso de aprendizaje fue correcto, sino indique los errores cometidos y corríjalos. Luego, si E_d puede ser reconocido.

$$E_1 = [1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1]$$

$$E_2 = [1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1]$$

$$E_d = [1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1]$$

$W_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$W_2 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$
$W = W_1 + W_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -2 & -2 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 2 & 2 \\ -2 & 0 & 0 & -2 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & -2 & 0 & -2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 2 & -2 & 0 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & -2 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 2 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & -2 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 \end{bmatrix}$	
Aplicando el algoritmo con las entradas obtenemos la matriz de pesos siguiente	
$W = W_1 + W_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 18 & -18 & 18 & -18 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -18 & 18 & -18 \\ 18 & 0 & 0 & -18 & 18 & -18 & 0 & 0 & 0 \\ -18 & 0 & -18 & 0 & -18 & 18 & 0 & 0 & 0 \\ 18 & 0 & 18 & -18 & 0 & -18 & 0 & 0 & 0 \\ -18 & 0 & -18 & 18 & -18 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -18 & 18 \\ 0 & 18 & 0 & 0 & 0 & 0 & -18 & 0 & 18 \\ 0 & -18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 18 & -18 & 0 \end{bmatrix}$	
Luego de ejecutar el algoritmo con $E_d = [1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1]$ <u>Se estabiliza</u> en $E_2 = [1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1]$	

05.- Se sabe qué para qué llueva deben combinarse ciertas variables como Humedad Alta (HA), Vapor de Agua en la atmósfera (VA), Viento Norte (VN), Temperatura Elevada (TE). Los patrones construidos en base a esas cuatro variables determinan potenciales situaciones de precipitaciones como ser:

Probable Lluvia	HA=false	VA=true	VN=true	TE=true
Sin Lluvia	HA=false	VA=false	VN=true	TE=false

Lluvia	HA=true	VA=true	VN=false	TE=true
--------	---------	---------	----------	---------

En estos momentos está la ciudad con VN=true y TE=true, determinar, con una red de Hopfield, qué situación se asemeja más a las tres descritas (considere true = 1 y false = -1 para los cálculos).

Para este caso se consideró que las demás variables omitidas en la consigna son igual a false (-1), con lo cual el los patrones son los siguientes

Patrones	Codificación
Probable Lluvia	[-1 1 1 1]
Sin Lluvia	[-1 -1 1 -1]
Lluvia	[1 1 -1 1]
Distorsionado	[-1 -1 1 1]

Luego del entrenamiento obtenemos la siguiente matriz de pesos

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 4 & -12 & 4 \\ 4 & 0 & -4 & 12 \\ -12 & -4 & 0 & -4 \\ 4 & 12 & -4 & 0 \end{bmatrix}$$

Al testear el patrón distorsionado el algoritmo entra en un bucle, con lo cual no se estabiliza en ningún patrón aprendido.

Conclusiones

Después de correr el algoritmo varias veces podemos notar qué la matriz de pesos siempre posee valores máximos igual a la siguiente fórmula

$$\exists w_{\max} \exists w_{\min} \in W / w_{\min} = -w_{\max} = N * E$$

N = neuronas

E = ejemplares de entrenamiento

Es decir qué podemos saber de antemano los valores máximos y mínimos que tendrán las conexiones de la red neuronal para un conjunto determinado de ejemplares de entrenamiento.