

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

#### 6.1 Conclusiones

Se ha demostrado que se puede implementar una aproximación eficiente de la transformada de distancia con un perceptrón multicapa. Con esta implementación se lograron muy buenos resultados en el reconocimiento de objetos al diferenciarlos con una aproximación de su transformada de distancia. También se demostró la rapidez que ofrecen las redes neuronales, más que nada en la etapa de reconocimiento, que a fin de cuentas es la que cuenta para aplicaciones prácticas.

La transformada de distancia con métrica euclidiana es una muy buena opción para clasificar imágenes binarias que por lo regular constan de contornos provenientes de imágenes *grayscale* o RGB. Al presentar decimales en las distancias, es más rápida la convergencia del MSE en la etapa de entrenamiento debido a que se obtienen menores diferencias entre dos cantidades con características similares, en este caso con decimales.

Para el diseño de la red neuronal, más que nada se requiere experimentar con diferentes configuraciones, y si se trata de un problema donde se cuenta con mucha información, y por lo tanto se requiere de gran cantidad de *patterns* para obtener buenos resultados, entonces es mejor el considerar dos capas ocultas con un número no muy pequeño de neuronas ocultas. Experimentalmente se obtuvieron mejores resultados al tener

diferente número de neuronas en cada capa oculta.

La arquitectura presentada del perceptrón multicapa resultó ser una configuración que presenta muy buenos resultados en el aprendizaje de las transformadas de distancia, así como en el reconocimiento de las imágenes. No obstante que el porcentaje de confiabilidad es alto, se puede mejorar al incrementar la base de datos con aproximaciones de las transformadas de distancia de los mismos objetos pero en diferente posición y tamaño, e incluso en distintas representaciones, en el caso de las letras, en distintas fuentes.

Los resultados obtenidos indican una eficiencia un tanto pobre en cuanto al reconocimiento de objetos que no son planos, como la caja y el cilindro, lo que posiblemente se deba a que es mejor trabajar con ellos en tercera dimensión y no en planos.

Muchas investigaciones se han llevado a cabo sobre redes neuronales multicapa como herramienta de reconocimiento de imágenes, la mayoría usando la red como clasificador al tener muchas neuronas de entrada que definen el valor de un píxel. Con estas arquitecturas se tiene como ventaja el que sólo se requiere una red entrenada para cada set de entradas, pero se vuelve ineficiente cuando se trata de reconocer imágenes de miles de píxeles, ya que no es práctica una arquitectura con miles de neuronas de entrada, principalmente por la memoria requerida. Es por esto que la arquitectura propuesta, y en si el trabajo propuesto es relevante a pesar de requerirse una red neuronal para cada objeto que se quiera tener en la base de datos. En primera instancia porque ya no se trata de una red clasificadora, sino que aproxima una función, y por otro lado sólo requiere de dos neuronas de entrada.

## 6.2 Trabajo Futuro

Aún se requiere de investigaciones posteriores en cuanto al reconocimiento de imágenes por medio de la transformada de distancia implementada con redes neuronales. Puntos clave pueden ser otra arquitectura, así como otro tipo de red neuronal multicapa, todo con el fin de obtener una aproximación de la transformada de distancia eficiente y en menor tiempo, al igual que un menor tiempo en el proceso de reconocimiento, y que se pueda extender el reconocimiento a imágenes más complejas, incluso en tercera dimensión.

Otro posible caso de investigación podría ser la inclusión de números negativos en las transformadas de distancia, como los podrían ser aquellos píxeles dentro del área que forman los contornos, es decir, el área perteneciente a los objetos de interés de las imágenes.

Este trabajo fue enfocado principalmente al estudio de la transformada de distancia de imágenes pequeñas implementada con redes neuronales. Aún se requiere trabajar con imágenes de mayor resolución, donde posiblemente se obtengan mejores resultados al poder incluir más características en los contornos de los objetos.

La inteligencia artificial, incluyendo las redes neuronales artificiales son temas de investigación realmente interesantes debido a su potencialidad demostrada aquí, principalmente en el reconocimiento de imágenes que puede aprovecharse en áreas donde se beneficie principalmente al ser humano, ya sea para ahorrar tiempo, esfuerzo y dinero, o para ayudar en otro tipo de investigaciones científicas.