

TABLA DE CONTENIDOS

	página
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Tabla de Contenidos	III
Índice de Figuras	VI
Índice de Tablas	VIII
Índice de Algoritmos	IX
Resumen	x
1. Introducción	11
1.1. Descripción del contexto	11
1.2. Definición del problema	12
1.3. Trabajo relacionado	13
1.4. Propuesta de solución	16
1.5. Objetivos	16
1.5.1. Objetivo general	17
1.5.2. Objetivos específicos	17
1.6. Alcances	17
2. Marco teórico	19
2.1. Vehículo aéreo no tripulado	19
2.2. Visión por Computador	21
2.3. Flujo óptico	22
2.4. OpenCV	26
2.5. Redes neuronales	27
2.6. Robot omnidireccional	34
2.7. Microcontrolador	36
2.8. Controlador para motores	38

2.9. Sensor óptico de movimiento	40
3. Implementación	43
3.1. Flujo óptico	43
3.1.1. Captura de flujo óptico	44
3.2. Red neuronal	48
3.2.1. Funcionamiento	48
3.2.2. Entrenamiento	50
3.3. Conducción autónoma	52
3.4. Procesamiento de datos	53
3.5. Robot omnidireccional	54
3.5.1. Diseño del robot	54
3.5.2. Control de las ruedas	62
3.5.3. Enlace de radio	65
3.5.4. Movimiento	67
4. Pruebas y Resultados	72
4.1. Pruebas	72
4.2. Obtención de datos	74
4.3. Resultados	75
4.3.1. Evasión de bordes	75
4.3.2. Evasión de obstáculos	79
4.4. Conducción autónoma	83
4.5. Análisis	83
5. Conclusión	88
5.1. Objetivos	88
5.2. Trabajo realizado	90
5.3. Trabajo futuro	92
Glosario	94
Bibliografía	96
Anexos	

A: Resultados entrenamiento de redes neuronales	100
A.1. Red.1.A	100
A.2. Red.1.B	101
A.3. Red.2.A	102
A.4. Red.2.B	103
B: Arduino UNO rev 2	105
C: Configuración impresora 3D	106

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Proyección de un punto sobre la imagen.	23
2.2. Captura de flujo óptico.	24
2.3. Representación de un perceptrón.	28
2.4. Representación de una red neuronal.	29
2.5. Función sigmoide.	31
2.6. Función escalonada.	31
2.7. Movimiento rueda omnidireccional.	34
2.8. Movimiento hacia adelante y atrás del robot omnidireccional.	35
2.9. Movimiento hacia la derecha e izquierda del robot omnidireccional.	35
2.10. Movimiento en 45° y 120° del robot omnidireccional	36
2.11. Funcionamiento de un puente H.	39
2.12. Control lógico del controlador L298	40
3.1. Captura flujo óptico.	45
3.2. Captura flujo óptico frente a obstáculo.	46
3.3. Captura del flujo óptico de un <i>frame</i>	47
3.4. Rueda omnidireccional.	55
3.5. Acople entre la rueda y la caja reductora.	55
3.6. Extensión para unir los motores.	56
3.7. Cuerpo principal robot omnidireccional.	57
3.8. Compartimiento de baterías.	57
3.9. Soporte sensor óptico.	58
3.10. Soporte cámara digital.	59
3.11. Ensamble robot omnidireccional.	60
3.12. Robot omnidireccional completo.	61
3.13. Motor con caja reductora del robot omnidireccional.	62
3.14. Control de de los motores.	64
3.15. Ciclo de trabajo de señal <i>PWM</i>	65
3.16. Señal <i>PWM</i> de los canales de radio.	66
3.17. Vector formado por las entradas de radio	67
3.18. Desplazamiento del robot sobre el plano <i>XY</i>	68

3.19. Movimiento de las ruedas del robot omnidireccional.	69
3.20. Suma de los vectores que dan la dirección del robot.	69
3.21. Proyección del vector \vec{d} sobre el eje X e Y	70
4.1. Entrenamiento primera etapa Red.1.A.	76
4.2. Entrenamiento primera etapa Red.1.B.	77
4.3. Efectividad de Red.1.A vs Red.1.B.	78
4.4. Entrenamiento segunda etapa Red.2.A.	80
4.5. Entrenamiento segunda etapa Red.2.A.	81
4.6. Efectividad de Red.2.A vs Red.2.B.	82
4.7. Histograma movimiento robot en el eje X	84
4.8. Histograma movimiento robot entrenamiento v/s validación	85
4.9. Histograma movimiento robot en eje Y	86

ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Paquete de datos de movimiento <i>mouse</i> PS/2.	42
3.1. Datos de entrenamiento y validación	51
3.2. Comportamiento de las salidas del controlador L298.	64
4.1. Datos comparativos del entrenamiento en Red.1.A y Red.1.B	78
4.2. Datos comparativos del entrenamiento en Red.2.A y Red.2.B	82
A.1. Datos del entrenamiento realizado a la Red.1.A.	100
A.2. Datos del entrenamiento realizado a la Red.1.B.	101
A.3. Datos del entrenamiento realizado a la Red.2.A.	102
A.4. Datos del entrenamiento realizado a la Red.2.B.	103
B.1. Especificaciones Arduino UNO.	105

ÍNDICE DE ALGORITMOS

	página
1. Calculo Flujo Óptico	44
2. Captura de datos	47
3. Red neuronal	49
4. Entrenamiento	51
5. Conducción autónoma	53