

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Tabla de Contenidos</b>	<b>III</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>VIII</b>
<b>Resumen</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>X</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del Problema . . . . .	3
1.2. Objetivos . . . . .	4
1.2.1. Objetivo General . . . . .	4
1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	4
1.3. Alcance . . . . .	5
1.4. Limitaciones . . . . .	5
1.5. Resumen del Capítulo . . . . .	6
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción al Control Robótico . . . . .	7
2.2. Primeras Arquitecturas de Control . . . . .	8
2.2.1. Cibernética . . . . .	8
2.2.2. Enfoque Funcional . . . . .	9
2.3. Arquitecturas de Control Basadas en Comportamiento . . . . .	10
2.3.1. Subsumption Architecture . . . . .	12
2.3.2. Arquitectura Jerárquica . . . . .	16
2.3.3. Action-Selection . . . . .	17
2.3.4. Arquitectura de Colonia . . . . .	17

2.4.	Software de Control . . . . .	18
2.4.1.	CARMEN . . . . .	18
2.4.2.	The Player Project . . . . .	18
2.4.3.	El Lenguaje de Programación C . . . . .	18
2.4.4.	PicoC: Un interprete de C pequeño . . . . .	19
2.5.	Elección de Arquitectura y Software de Control . . . . .	19
2.6.	Vehículos Aéreos no Tripulados . . . . .	20
2.6.1.	YARB: Yet Another Robotic Blimp . . . . .	20
2.6.2.	Otros UAVs . . . . .	20
2.7.	Resumen del Capítulo . . . . .	21
<b>3.</b>	<b>Diseño</b>	<b>25</b>
3.1.	Estructura de la Arquitectura Diseñada . . . . .	26
3.1.1.	Capa de Estabilidad y Movimiento . . . . .	26
3.1.2.	Capa de Evasión de Obstáculos . . . . .	27
3.1.3.	Capa de Alcance de Objetivos . . . . .	28
3.1.4.	Capa de Monitor . . . . .	29
3.1.5.	Mensajes . . . . .	30
3.1.6.	Bus de Mensajes . . . . .	30
3.1.7.	Sobrescritura de Mensajes . . . . .	31
3.1.8.	Driver de Vehículo . . . . .	32
3.2.	Expansión del Diseño y Cambios de Capas . . . . .	34
3.3.	Resumen del Capítulo . . . . .	34
<b>4.</b>	<b>Implementación</b>	<b>35</b>
4.1.	Introducción . . . . .	35
4.1.1.	Funcionamiento del Algoritmo . . . . .	36
4.2.	Partes de la Implementación . . . . .	38
4.2.1.	Constantes y Enumeradores . . . . .	38
4.2.2.	Variables de Configuración . . . . .	40
4.2.3.	Mensajes . . . . .	40
4.2.4.	Bus . . . . .	44
4.2.5.	Implementación de la Capa de Estabilidad y Movimiento: Es- tabilidad . . . . .	46

4.2.6.	Implementación de la Capa de Obstáculos . . . . .	47
4.2.7.	Implementación de la Capa de Objetivos . . . . .	53
4.2.8.	Implementación de la Capa Monitor . . . . .	59
4.2.9.	Implementación de la Capa de Estabilidad y Movimiento: Mo- vimiento . . . . .	62
4.2.10.	Simulador . . . . .	63
4.3.	Requisitos de Hardware . . . . .	68
4.4.	Resumen del Capítulo . . . . .	69
<b>5.</b>	<b>Evaluación y Pruebas</b>	<b>70</b>
5.1.	Estabilidad y Movimiento . . . . .	71
5.2.	Estabilidad y Movimiento + Obstáculos . . . . .	72
5.3.	Estabilidad y Movimiento + Obstáculos + Objetivos . . . . .	75
5.4.	Estabilidad y Movimiento + Obstáculos + Objetivos + Monitor . . .	77
5.5.	Prueba en el Simulador Cartesiano con Ruido . . . . .	79
5.6.	Resumen del Capítulo . . . . .	80
<b>6.</b>	<b>Conclusión</b>	<b>81</b>
6.1.	Visión General del Trabajo Realizado . . . . .	81
6.2.	Cumplimiento de los Objetivos . . . . .	82
6.3.	Trabajo Futuro . . . . .	83
6.4.	Resumen del Capítulo . . . . .	83
	<b>Bibliografía</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Ciclo Sense-Think-Act. . . . .	9
2.2. Descomposición de tareas en <i>Subsumption Architecture</i> . . . . .	13
2.3. Comunicación de las capas en <i>Subsumption Architecture</i> . . . . .	14
2.4. Inclusión de nuevos comportamientos en <i>Subsumption Architecture</i> . . . . .	15
2.5. El YARB de Surveyor Corp. . . . .	21
2.6. El Predator de General Atomics. . . . .	22
2.7. El Altus. . . . .	22
2.8. El Global Hawk de Northrop Grumman. . . . .	23
2.9. El X-45A. . . . .	23
2.10. Dragon Warrior de Sikorksy. . . . .	24
2.11. Black Widow de AeroViroment. . . . .	24
3.1. Arquitectura del algoritmo de control basado en <i>Subsumption Architecture</i> . . . . .	25
3.2. Inclinaciones que debe manejar la capa de estabilidad y movimiento. . . . .	26
3.3. Dirección preferida por la capa de obstáculos. . . . .	27
3.4. Ejemplo de planteamiento de objetivos. . . . .	28
3.5. Ejemplo del bus borrando mensajes conflictivos. . . . .	31
3.6. Diseño completo de la arquitectura. . . . .	33
4.1. Ejemplo de error de altura. . . . .	46
4.2. Representación de las tolerancias. . . . .	47
4.3. Acción del UAV al encontrar un obstáculo al frente. . . . .	48
4.4. Acción del UAV al encontrar obstáculos en los costados. . . . .	49
4.5. El UAV, avanzando hacia una zona segura. . . . .	50
4.6. UAV pasando por un túnel. . . . .	51
4.7. Caso en que el UAV debe retroceder. . . . .	52
4.8. Numeración de los tramos en la lista de destinos. . . . .	56
4.9. Definición de waypoints . . . . .	56
4.10. Ejemplo de cálculo de distancia total al objetivo. . . . .	57
4.11. Definición de un polígono en el simulador. . . . .	65

4.12. Definición de áreas que representan al UAV. . . . .	66
5.1. Escenario de prueba para la capa de obstáculos . . . . .	72
5.2. Camino seguido por el UAV aleatoriamente en el simulador matricial.	73
5.3. Detección y respuesta a un obstáculo en la forma cartesiana del simulador. . . . .	74
5.4. Especificación de destinos. . . . .	75
5.5. Ruta seguida por el UAV a medida que pasaba por los destinos propuestos. . . . .	76
5.6. Alerta por continuidad de velocidad. . . . .	78
5.7. Alerta por continuidad de dirección. . . . .	78
5.8. El monitor determina que el UAV debe aterrizar. . . . .	78

## ÍNDICE DE TABLAS

	página
4.1. Constantes usadas en el algoritmo. . . . .	38
4.2. Enumeradores usados en el algoritmo. . . . .	39