

# Tabla de contenido

<b>I. Presentación del tema</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos . . . . .	3
1.2. Estructura del texto . . . . .	3
<b>2. Contexto para cuadricópteros en la actualidad</b>	<b>6</b>
2.1. Aplicaciones no militares para cuadricópteros . . . . .	6
2.2. Cuadricópteros en proyectos de investigación universitaria . . . . .	6
2.2.1. Trabajos de investigación relativos a estabilización del vuelo y realización de acrobacias . . . . .	7
2.2.2. Trabajos de investigación relativos a la navegación autónoma, al mapeo autónomo de terrenos y de estructuras 3D . . . . .	8
2.2.3. Trabajos de investigación relativos al trabajo cooperativo autónomo con otros robots . . . . .	9
<b>3. Descripción técnica del AR.Drone 2.0</b>	<b>10</b>
3.1. Estructura . . . . .	11
3.2. Movimientos . . . . .	12
3.3. Hardware . . . . .	12
3.4. Embedded Software (Firmware) . . . . .	13
3.5. Experimentos de uso . . . . .	15
<b>4. Comunicación con el AR.Drone 2.0 desde un dispositivo cliente</b>	<b>16</b>
4.1. Descripción de la red creada por el AR.Drone 2.0 . . . . .	16
4.2. Comunicación con el AR.Drone utilizando la Librería en C de Parrot . . . . .	17
4.2.1. Contenido y descripción de la Librería en C de Parrot . . . . .	18
4.2.2. Ciclo de vida de una aplicación creada utilizando la Librería en C de Parrot	21
4.2.3. Creación de una aplicación de ejemplo utilizando la Librería en C de Parrot	22
4.2.4. Resumen de funciones importantes de la Librería en C de Parrot para controlar el drone . . . . .	25
4.3. Comunicación con el AR.Drone sin utilizar la Librería en C de Parrot . . . . .	28
4.3.1. Consideraciones para envío de AT commands . . . . .	28
4.3.2. Consideraciones para la recepción de navdata . . . . .	29
4.3.3. Consideraciones para la recepción del stream de video . . . . .	30
<b>5. Live Robot Programming</b>	<b>33</b>
5.1. Diseño de LRP . . . . .	33
5.2. Sintaxis de LRP . . . . .	35
5.3. Puente entre LRP y la API del robot . . . . .	38
5.4. Pharo Smalltalk . . . . .	38

<b>II. Descripción de la Solución</b>	<b>40</b>
<b>6. API en Pharo para comunicación con el AR.Drone</b>	<b>43</b>
6.1. Diseño y arquitectura . . . . .	44
6.2. Observaciones y conceptos relevantes . . . . .	46
6.2.1. Observaciones sobre la configuración de los datos de navegación . . . . .	46
6.2.2. Observaciones sobre el envío de comandos . . . . .	47
<b>7. Descomposición de la API en Pharo según componentes</b>	<b>49</b>
7.1. Configuration variables . . . . .	49
7.2. Adapters . . . . .	49
7.3. Process Managers . . . . .	50
7.3.1. Connection Manager . . . . .	51
7.3.2. Navdata Manager . . . . .	53
7.3.3. Command Manager . . . . .	54
7.3.4. Configuration Manager . . . . .	57
7.4. Drone Internal State . . . . .	60
7.5. State Manager . . . . .	63
7.6. Drone Motion State . . . . .	63
7.7. Interfaces de usuario . . . . .	64
7.7.1. Interfaz ARDUIMotionState . . . . .	64
7.7.2. Interfaz ARDUIKeyboard . . . . .	64
<b>8. Descripción Funcional de la API en Pharo</b>	<b>68</b>
8.1. Resumen de mensajes públicos . . . . .	68
8.2. Excepciones asociadas a la API en Pharo (Exceptions de Smalltalk) . . . . .	68
8.3. Anuncios asociados a la API en Pharo (Announcements de Smalltalk) . . . . .	69
8.4. Indicaciones de uso y ejemplo demostrativo . . . . .	69
8.5. Disponibilidad y requisitos de la API en Pharo . . . . .	70
<b>9. Puente entre LRP y la API en Pharo para el AR.Drone</b>	<b>72</b>
9.1. Puentes implementados anteriormente . . . . .	72
9.1.1. Puente entre LRP y PhaROS . . . . .	72
9.1.2. Puente entre LRP y JetStorm . . . . .	75
9.2. Diseño e implementación del puente entre LRP y la API en Pharo . . . . .	77
9.2.1. Especificaciones sobre la implementación del puente . . . . .	77
9.2.2. Métodos de la API en Pharo accesibles desde LRP . . . . .	78
9.2.3. Diseño de la interfaz de usuario . . . . .	79
9.2.4. Visualización de video . . . . .	83
9.3. Programas de prueba . . . . .	84
9.3.1. Square path . . . . .	84
9.3.2. Tag detector . . . . .	86
9.4. Disponibilidad . . . . .	87

<b>10. Validación y Lecciones Adquiridas</b>	<b>88</b>
10.1. Validación . . . . .	88
10.1.1. Programa Shell tag follower . . . . .	91
10.1.2. Programa Oriented roundel navigator . . . . .	96
10.2. Lecciones Adquiridas . . . . .	100
<b>III. Conclusión y Trabajo Futuro</b>	<b>102</b>
<b>11. Conclusión</b>	<b>103</b>
<b>12. Trabajo Futuro</b>	<b>105</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>106</b>
<b>Anexos</b>	<b>111</b>
<b>A. Resumen de mensajes públicos de la API en Pharo</b>	<b>111</b>
A.1. Instancia de la clase ARDrone y conexión con el drone . . . . .	111
A.2. Control de movimiento . . . . .	112
A.3. Animación de LEDs . . . . .	112
A.4. Consulta de datos de navegación . . . . .	113
A.5. Consulta y modificación de la configuración interna del drone . . . . .	114
A.6. Detección de tags . . . . .	115
A.7. Configuración de la API y captura de excepciones . . . . .	116

## Índice de tablas

1.	Resumen de los AT commands definidos por el firmware del AR.Drone 2.0 . . . .	29
2.	Estructura de un paquete de navdata . . . . .	30
3.	Extracto del archivo de configuración enviado por el drone . . . . .	58
4.	Controles del teclado para movimiento . . . . .	66
5.	Controles del teclado para Piruetas . . . . .	66
6.	Controles del teclado para animaciones LED . . . . .	66

## Índice de figuras

1.	AR.Drone 2.0 carcasa para vuelos en interiores . . . . .	10
2.	AR.Drone 2.0 carcasa para vuelos en el exterior . . . . .	11
3.	Exhibición de partes del AR.Drone 2.0 . . . . .	11
4.	Ejes de movimiento . . . . .	12
5.	Tags detectados por el AR.Drone 2.0. . . . .	14
6.	Arquitectura de un sistema que utilice el SDK de Parrot. . . . .	18
7.	Esquema de la Librería en C de Parrot . . . . .	20
8.	Ciclo de vida de una aplicación cliente que utiliza la librería en C de Parrot . . .	22
9.	Editor de LRP . . . . .	35
10.	Diagrama de la máquina follower generado por LRP . . . . .	36
11.	Diagrama de componentes de la solución . . . . .	42
12.	Diagrama de componentes de la API . . . . .	45
13.	Interfaz de usuario ARDUIMotionState reflejando inclinación hacia abajo de la nariz del drone . . . . .	64
14.	Distribución de comandos del teclado . . . . .	65
15.	Captura de video publicado en YouTube que muestra un vuelo de prueba contro- lado con teclado. . . . .	67
16.	Interfaz de usuario que muestra Publicadores y Subscriptores . . . . .	74
17.	Interfaz de usuario para crear nueva Suscripción . . . . .	74
18.	Imagen referencial del robot robuLAB . . . . .	75
19.	Imagen referencial del robot Ev3 Lego Mindstorms . . . . .	77
20.	Interfaz de usuario del puente entre LRP y la API del AR.Drone . . . . .	79
21.	Interfaces para el puente con LRP: Navdata . . . . .	82
22.	Interfaces para el puente con LRP: Configuration . . . . .	83
23.	Interfaces para el puente con LRP: Vision Detections . . . . .	83
24.	Diagrama de estados de la máquina anidada: flightpath . . . . .	86
25.	Diagrama de estados de la máquina: tagdetector . . . . .	86
26.	Demostración «Tag follower» versión simple, realizada en Colegio Saint George .	89
27.	Demostración «Oriented Roundel visitor» realizada en Colegio Saint George . . .	90
28.	Diagrama de estados de las máquinas tagFollower y followAlgo, versión simple . .	93
29.	Diagrama de estados de las máquinas tagFollower y followAlgo, versión compleja	95
30.	Diagrama de estados de las máquinas tagNavigator y lookAlgo . . . . .	98