

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	2
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Metodología	3
1.5. Aporte	4
1.6. Contenido de la tesis	4
2. Antecedentes	6
2.1. Conceptos básicos	6
2.2. Herramientas disponibles	10
2.2.1. Sistema Operativo Robótico	10
2.2.2. Gazebo	11
2.2.3. Métodos de optimización de SciPy	11
2.2.4. Filtro extendido de Kalman	13
2.2.5. Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID)	13
2.2.6. Triangulación de Delaunay	14
2.3. Revisión del estado del arte	15
3. Análisis del problema y diseño	17
3.1. Requerimientos funcionales del sistema	17
3.2. Diseño de los módulos	17
3.3. Arquitectura del sistema	18
3.4. Odometría	20
3.4.1. Sensores internos	20
3.4.2. Odometría visual	21
3.4.3. Unión de odometría	22
3.5. Controlador	23
3.6. Servidor de <i>waypoints</i>	23
3.7. Optimizador	25
3.8. Definición y almacenado del mapa	26
3.8.1. Cono de visión del dron	27
3.8.2. Recomendación de pose por la nube	28
4. Implementación	30
4.1. Odometría	30

4.1.1.	Odometría por velocidades	30
4.1.2.	Odometría con códigos de rápida respuesta	31
4.1.3.	Unión de odometría	31
4.2.	Controlador del dron	33
4.2.1.	Controlador Proporcional, Integral y Derivativo	34
4.2.2.	Ajuste de parámetros del Controlador Proporcional, Integral y Derivativo	34
4.2.3.	Determinación de constantes y experimentación	35
4.2.4.	Control del dron y determinación del arribo de él a la pose objetivo	46
4.3.	Ciclo de cálculo de pose óptima y actualización de la incertidumbre	50
4.4.	Mapa	53
4.4.1.	Constructor del objeto mapa	54
4.4.2.	Definición y construcción de la geometría del espacio	55
4.4.3.	Exploración del espacio que recorre el dron	58
4.4.4.	Pose recomendada que contiene la mayor cantidad de puntos sin revisar en el mundo	61
5.	Mediciones y análisis	65
5.1.	Ambiente de pruebas	65
5.2.	Diseño del mapa	65
5.2.1.	Mapa cuadrado	65
5.2.2.	Mapa en forma de L	68
5.2.3.	Mapa en forma de H	69
5.3.	Resultados en los diferentes mapas	70
5.3.1.	Mapa cuadrado	70
5.3.2.	Mapa en forma de esquina	70
5.3.3.	Mapa con forma de H	70
5.4.	Análisis y Discusión	71
6.	Conclusión y Trabajo Futuro	75
6.1.	Resultados Obtenidos	76
6.2.	Trabajo futuro	76
	Bibliografía	78
A.	Anexo	80
A.1.	Gráficos de mapa cuadrado	80
A.2.	Gráficos de mapa con forma de L	81
A.3.	Gráficos de mapa con forma de H	83

Índice de Tablas

4.1.	Tabla con datos que se usa para determinar la constante proporcional del eje x producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	36
4.2.	Tabla con datos que se usa para la determinar la constante integral del eje x producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	37
4.3.	Tabla con datos que se usa para la determinar la constante derivada del eje x producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	38
4.4.	Tabla con datos que se usan para la determinar la constante proporcional del eje y producidos experimentalmente. Se presentan los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	39
4.5.	Tabla con datos que se usan para determinar la constante integral del eje y producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	39
4.6.	Tabla con datos que se usa para determinar de la constante diferencial del eje y producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	40
4.7.	Tabla con datos que se usa para determinar la constante proporcional del eje z producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	41
4.8.	Tabla con datos que se usan para determinar la constante integral del eje z producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	42
4.9.	Tabla con datos que se usa para determinar la constante derivada del eje z producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	43

4.10.	Tabla con datos que se usan para determinar la constante proporcional de la variable <i>yaw</i> producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	44
4.11.	Tabla con datos que se usa para determinar la constante integral de la variable <i>yaw</i> producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	44
4.12.	Tabla con datos que se usa para determinar la constante diferencial de la variable <i>yaw</i> producidos experimentalmente. Se presenta los valores promedio y desviación estándar (σ) del tiempo en segundos y la cantidad de ciclos que toma en llegar a la pose objetivo. La fila destacada con gris es el valor elegido como constante.	45
4.13.	Valores de las constantes del los PIDs de cada eje escogidas empíricamente	45
5.1.	Cantidad de iteraciones por método, en el mapa cuadrado, para lograr el porcentaje señalado de puntos del mapa	70
5.2.	Cantidad de iteraciones por método, en el mapa L, para lograr el porcentaje señalado de puntos del mapa	70
5.3.	Cantidad de iteraciones por método, en el mapa H, para lograr el porcentaje señalado de puntos del mapa	71

Índice de Ilustraciones

2.1.	AR.Drone 2.0 [3]	7
2.2.	Ángulos de Euler [15]	8
2.3.	Un código de respuesta rápida que contiene: (0.0.0)	9
2.4.	Modelo de un controlador PID [4]	14
2.5.	Ejemplo de una triangulación de Delaunay [1]	15
2.6.	Ejemplo de una triangulación [1]	15
3.1.	UML básico de las componentes	19
3.2.	Descomposición geométrica de velocidades para el cambio de sistema de referencia	20
3.3.	Fases de planeación de vuelo	25
3.4.	Ejemplo de cono de visión del dron, donde los puntos verdes representan los puntos vistos válidos, los puntos azules son puntos dentro de cono de visión, pero con un ángulo mayor a 90 entre la normal y la orientación del dron, y los puntos rojos están contenidos en el cono de visión del dron. Una flecha muestra la orientación del dron y el dron es representado por un cubo verde.	28
4.1.	Representación de los ángulos de navegación en un dron y su correspondiente eje [2].	34
5.1.	Ejemplo de espacio vista frontal	66
5.2.	Ejemplo de mapa con vista superior	67
5.3.	Ejemplo de mapa con forma de L, con vista superior	68
5.4.	Ejemplo de mapa con forma de H, con vista superior	69
5.5.	Gráfico comparativo de método Powell en los tres mapas cantidad de ciclos contra porcentajes	71
5.6.	Secuencia de poses con el método Powell	73
5.7.	Secuencia de poses con el método Nelder–Mead	74