



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: “ATERRIZAJE AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO  
AÉREO NO TRIPULADO BASADO EN SEGUIMIENTO DE  
PUNTOS DE INTERÉS PARA SUPERFICIES MÓVILES”**

**AUTOR:**

**SALCEDO PEÑA, VINICIO STALIN**

**DIRECTOR: DR. AGUILAR CASTILLO, WILBERT G.**

**SANGOLQUÍ**

**2018**

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación aborda un sistema para el aterrizaje automático de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) en una plataforma terrestre en movimiento, los algoritmos de control son implementados en una estación en tierra que se comunica de manera remota con el UAV, el sistema tiene como principal recurso la información visual proporcionada por una cámara a bordo del UAV. Las imágenes obtenidas son procesadas mediante la caracterización de imágenes donde se realiza la detección, descripción y emparejamiento de puntos de interés con el fin de discriminar la plataforma móvil y realizar el seguimiento de la misma. En el desarrollo del proyecto se realiza la comparación de tres de los algoritmos más conocidos en la caracterización de imágenes SIFT, SURF y ORB para determinar el de mejor desempeño en la aplicación, posteriormente se describe la propuesta de seguimiento visual de un objetivo mediante las transformaciones geométricas aplicadas a la caracterización de fotogramas consecutivos con un ciclo de refrescamiento, logrando mayor exactitud en la localización del objetivo y disminución de las incertidumbres en la detección por cambios de visualización inter-fotograma y condiciones ambientales. Se realiza la estimación del modelo dinámico de movimiento del drone con base en la estimación de los parámetros de movimiento inter-fotograma obtenidos en post procesamiento para presentar finalmente la propuesta de seguimiento y aterrizaje automático en la plataforma móvil. El sistema ha sido sometido a pruebas experimentales en tres escenarios de diferentes características presentando un correcto desempeño a pesar de las perturbaciones del ambiente.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **CARACTERIZACIÓN**
- **TRANSFORMACIÓN GEOMÉTRICA**
- **ESTIMACIÓN DE MOVIMIENTO**
- **SISTEMA DE CONTROL**
- **ATERRIZAJE AUTOMÁTICO**

## **ABSTRACT**

This research thesis is focused on development of an automatic landing system for unmanned aerial vehicles (UAV) on a ground motion platform, the control algorithms are implemented in a ground station communicated with the UAV. The main input data of the system is visual information from the on-board camera of the UAV. The acquired frames are processed by image characterization where the feature points detection, description and matching is necessary for mobile platform tracking. Three widely used algorithms for detection and description (SIFT, SURF and ORB) were compared in order to determine highest performance for the application. The target tracking proposal is based on geometric transforms between frame and frame with a refresh cycle, increasing the accuracy in target localization and decreasing detection uncertainties due to inter-frame warping and environment conditions. UAV motion dynamic model estimation is obtained by frame to frame motion estimation parameters, and used for automatic tracking and landing control system on the mobile platform. The system has tested in three different scenarios, and shows a high performance despite environment disturbances.

### **KEYWORDS:**

- **IMAGE FEATURE**
- **GEOMETRIC TRANSFORM**
- **MOTION ESTIMATION**
- **CONTROL SYSTEM**
- **AUTOMATIC LANDING**