Los ingenieros agrónomos utilizan campos experimentales divididos en parcelas para estudiar el crecimiento de cultivos bajo distintos tratamientos de interés biológico en cada parcela. Para cuantificar el desarrollo de estos experimentos, deben desplazarse asiduamente por el campo experimental tomando mediciones manuales relacionadas con el crecimiento del cultivo.

Este trabajo desarrolló un conjunto de técnicas que serán útiles aumentar el grado de automatización del proceso de adquisición y análisis de datos en estos experimentos, facilitando el proceso de medición tedioso antes mencionado. Para esto, se utilizó un drone que voló sobre el campo experimental adquiriendo imágenes del mismo durante los distintos estadios del crecimiento.

Se desarrollaron los siguientes temas:

**Corrección de distorsiones introducidas por la cámara del drone:** Para poder realizar mediciones precisas es necesario que la cámara del drone no introduzca distorsiones. En el capítulo 2, las distorsiones de la cámara fueron corregidas a través del ajuste de un modelo matemático. Con esta información puede simularse una cámara plana tradicional (modelo pin-hole). Una vez calibrada la cámara, podemos predecir a qué altura mínima tenemos que volar para poder observar los objetos de interés (por ejemplo malezas pequeñas), con la resolución deseada.

**Determinación de la altura y velocidad del vuelo para lograr imágenes de calidad:** Otro factor que influye notablemente la calidad de la imagen para vuelos a baja altura es el problema de borroneo (blur en ingles). En el capítulo 3 estudió este efecto a través de distintas metodologías. Utilizando el análisis de borroneo de patrones circulares, se pudo mostrar que un modelo geométrico simple puede predecir el efecto conjunto de los parámetros intrínsecos y extrínsecos relacionados con la cámara y el vuelo.

Por lo tanto, se sugiere que el operador debe definir primero dos parámetros: 1) cuál es el borroneo máximo que acepta para la imagen y 2) el valor shutter speed en función de la luminosidad del ambiente de vuelo. Una vez definido estos dos parámetros, y conocidas la distancia focal (por calibración) y la altura de vuelo (por restricciones sobre resolución), se puede calcular la velocidad de vuelo con la ecuación XX.

**Flight Record:** Una herramienta fundamental para los distintos análisis es el Flight record. En todos los vuelos es necesario conocer las coordenadas geográficas, orientación del drone y cámara, etc. En el capitulo XX se estudió este punto en detalle y se desarrollaron distintas librerías y protocolos para extraer esta información.

**Detección automática de plantas y parcelas:** En el Capitulo 5 se estudiaron distintos métodos para la detección y clasificación automáticas de parcelas. Esto sirve para poder identificar cada parcela en imágenes del campo experimental tomadas desde gran altura. Una vez identificada cada parcela (en relación al diseño general del experimento del Ingeniero Agrónomo), se pueden correlacionar variables ópticas (obtenidas de la imagen) con los tratamientos biológicos aplicados a cada parcela. En este momento, el único sensor utilizado es la cámara del drone. Sin embargo planeamos a futuro introducir otros sensores que nos permitan correlacionar otras variables de interés.

**La georeferenciación de la información adquirida durante distintos días con el objetivo de tener un registro detallado del crecimiento:** Este problema fue estudiado en el capitulo XX. Se desarrollaron estas técnicas porque resulta importante tener geolocalizadas todas las mediciones. Esto nos permitirá a futuro fusionar información adquirida desde el aire con el drone, con información adquirida desde tierra con otros sensores. Para esto se desarrolló un método de calibración que permite relacionar la posición de un pixel en la imagen con sus coordenadas geográficas. También (utilizando modelos de la geometría terreste) se pudo traducir las coordenadas geográficas (lat, long) en dimensiones en metros.

**Algoritmo de Control de crecimiento (Cap. 8).** Con este algoritmo puede elegir cualquier punto de su campo y referenciarlo. Esto da una gran utilidad ya que si se adquieren imagenes del campo con cierta frecuencia, se puede utilizar este algoritmo para tener informacion de cómo fue creciendo el cultivo y a partir de esto tomar las decisiones pertinentes sobre este.

En experimentos en campos experimentales, la aplicación mas interesante relacionada con el mapeo entre coordenadas de la imagen a gran altura y coordenadas geográficas se estudió en el capitulo XX. En este caso el drone toma una imagen del campo experimental a gran altura (XX metros) y luego vuela a baja altura (XX metros) para observar el campo en alta resolución. Esto genera una base de datos con imágenes de cada parcela en distintos estadios de crecimiento. Luego un operador puede indicar en la imagen a gran altura una parcela de interés en un día determinado y el algoritmo que utiliza los (Log Files de vuelo) busca todas la imágenes de ese sector.

Como se sabe el GPS tiene un error de 5 metros, por lo tanto las imágenes a distintos días no están alineadas. Para resolver este problema, se aplicó un algoritmo de stitching que pega las imágenes cercanas al punto de interés aumentando la región de observación. Luego, se intentó desarrollar un esquema totalmente automático (basado en el método de descriptores SURF) para la alineación de imágenes de parcelas tomadas a distintos días. Este proceso automático de alineación no funcionó, así que la solución desarrollada al momento requiere de una pequeña ayuda del operar que consiste sólo en el ingreso de 4 puntos correspondientes en ambas imágenes. Esta solución es robusta.

En resumen, en este trabajo se desarrollaron un conjunto de técnicas que serán de gran utilidad para la automatización de procesos de adquisición de información en capos experimentales y productivos.

Un conjunto de problemas interesantes para estudiar a futuro son:

- Mejorar la alineación automática de imágenes en alta resolución en campos experimentales utilizando el mínimo número posible de códigos QR.

- Desarrollar un sistema de adquisición de datos de bajo peso (cámara infrarroja, range-finder, sensores espectrales, etc.) que pueda adosarse al drone permitiendo adquirir otra información de interés durante los vuelos.

- Estimar altura y dimensión de hojas del cultivo a partir del procesamiento de imágenes.

- Estudiar estrategias de fusión de información de pose (obtenida con el drone) y la información obtenida de las imágenes. Esto permitirá corregir el drift de las técnicas de stitching cuando el drone recorra distancias en campos productivos (distancia mayores a 1Km).