



Universidad Nacional del Litoral
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Proyecto Final de Carrera
Ingeniería en informática

**Software para realizar
agricultura de precisión
aplicando procesamiento por
imágenes captadas por dron**

Alumno: Castello Facundo
Director: Martinez Cesar
Co-Director: Albornoz Enrique

Resumen

La necesidad de contar con datos confiables y en tiempo real, hace que la agricultura de precisión avance en el desarrollo de herramientas que ayuden a optimizar y a hacer más eficiente la producción, por lo tanto, es conveniente aprovechar los beneficios que ofrece la tecnología para implementar la agricultura de precisión como herramienta agrícola. La utilización de un dron equipado con los sensores necesarios para supervisar cultivos, permite al productor elaborar estrategias para hacer más eficiente el uso de insumos en el campo según las necesidades reales de cada cultivo. En este proyecto se busca implementar un software que mediante técnicas de procesamiento digital por imágenes, realice agricultura de precisión. Las imágenes a procesar, van a ser obtenidas por medio de recorridos de una parcela realizados por dron.

Palabras claves

Dron, agricultura de precisión, cámara multiespectral, orto-mosaico, procesamiento digital de imágenes.

1. Justificación

Una de las ramas económicas más importantes de la Argentina es la agricultura. No solo satisface la demanda interna sino que además sus productos se exportan al mundo. Desde la época de la colonia hasta el comienzo de este nuevo milenio, ha sufrido diversas transformaciones que le han permitido posicionarse como un modelo productivo global. Esto hace que sea de especial relevancia a la gestión de parcelas agrícolas sobre la base de la observación, la medida y la actuación frente a la variabilidad del cultivo. A esto último se le llama agricultura de precisión y se presenta como una excelente herramienta útil para maximizar rendimientos en los sitios donde sea económico hacerlo y minimizar los costos en áreas del lote con limitantes económicamente incorregibles, pero por sobre todas las cosas viene a vincular al productor con el concepto de sustentabilidad del medio ambiente. Concepto que durante décadas se dejó de lado y solo aparecía la rentabilidad por hectárea [1]. Se puede decir que el productor agropecuario se ve ampliamente beneficiado por la implementación de agricultura de precisión, ya que, al poder utilizar de forma más óptima los recursos, resultaría en mayores ganancias para este.

Como indicó el ingeniero agrónomo Raúl Andrade “Actualmente el ingeniero agrónomo se encarga de sacarle provecho al suelo al clima y al hombre, sin dañarlos. De esta manera genera alimentos que beneficiaran al desarrollo de la sociedad” [2]. Para gran parte de la realización de esto, se requiere de un arduo trabajo de campo con la finalidad de estar en condiciones de tomar una serie de decisiones que conlleven a un resultado óptimo. Este trabajo se encuentra limitado por las capacidades del ser humano en comparación con las de una máquina, ya que esta permite un procesamiento de datos a una velocidad que no tiene comparación con la del cerebro, además de que con la tecnología de hoy en día se pueden realizar acciones automatizadas que permiten que el personal pueda ocupar el tiempo en otras tareas de igual o mayor importancia. Por otro lado el trabajo que realiza el ingeniero agrónomo, además de ser muy amplio, requiere de mucho conocimiento y experiencia, por lo que no se puede reemplazar por una ‘máquina’ pero lo que sí se puede hacer es brindarle una serie de herramientas para optimizar y hacer más efectivas algunas de sus labores que debe llevar a cabo.

Utilizar las herramientas que la informática brinda para trabajos como este, tienen un gran impacto en varios ámbitos. En el caso particular del que se trata en este documento se puede nombrar varios medios que se van a ver positivamente afectados, como el económico, ya que se podrá dar un uso mucho más efectivo de los recursos con los que se cuenta, esto a la vez va a influir en el medio ambiente, debido a que al tener mayor conocimiento sobre el estado global actual de la zona observada, se minimizaría el efecto negativo que tienen mucho de los productos que se usan en este rubro. Por ejemplo, utilizando procesamiento digital de imágenes, se puede saber qué zonas de una parcela se encuentran contaminadas

por maleza y utilizar esta información para fumigar solo lugares específicos, minimizando la huella dejada en la tierra (impacto en el medio ambiente) y reduciendo los costos que realizar esto en toda una parcela conllevaría (impacto en la economía) [3]. Otra ventaja que es importante mencionar es que se minimizaría el trabajo de campo que el ingeniero agrónomo tiene que realizar, brindándole muchos de los datos que este requiere y permitiendo que concentre su tiempo en una realización óptima de otras tareas.

Con la realización de este proyecto se busca la obtención y análisis de datos útiles acerca de cada etapa de un determinado proceso de cultivo que se esté llevando a cabo en una parcela. El ingeniero agrónomo utilizara estos como una ayuda para concretar algunas de sus tareas, entre las cuales cabe nombrar:

1) Tomar decisiones concernientes a la producción agrícola, el desarrollo sustentable y el aprovechamiento y manejo racional de los recursos naturales.

2) Proponer soluciones a los problemas técnicos y económicos.

3) Generar y transferir conocimientos y técnicas que optimicen la productividad agrónoma.

La obtención de los datos antes nombrados será mediante la utilización de un dron (vehículo aéreo no tripulado) y por medio del siguiente procedimiento. Utilizando el vehículo aéreo recientemente referenciado, se obtendrán imágenes de una parcela de la que se quiera adquirir información sobre su estado. Luego, con estas imágenes se realizara un mosaico panorámico de toda la estructura a analizar, sobre el cual se emplearan herramientas de procesamiento digital de imágenes para examinarlo y extraer automáticamente una serie de datos correspondientes al estado de los suelos y el cultivo.

Se encuentran disponibles investigaciones que tratan temas relacionado con lo que se va a realizar. Por ejemplo hay un artículo que informa algunas experiencias relacionadas con el análisis de cultivos de viñedos y tomates, implementando agricultura de precisión por medio de imágenes capturadas por dron [4]. También existen empresas nacionales que prestan el servicio de vigilancia de cultivos mediante imágenes satelitales, las cuales se obtienen cada 16 días, lo cual no permite tener una evaluación aceptable sobre el estado actual de la zona a observar [5]. También hay empresas fuera del país que prestan el servicio de vigilancia de cultivos mediante drones, incluso algunas venden el equipo que realiza esa función [6], pero, además de su elevado precio, estos son sistemas comerciales cerrados por lo cual no se pueden agregar funcionalidades, ni adaptarlas al caso de estudio.

En resumen, para suplir las limitaciones que el ingeniero agrónomo tiene por su condición de humano, es conveniente aprovechar los beneficios que ofrece la tecnología para implementar la agricultura de precisión como herramienta agrícola.

Por un lado, la utilización de un dron brinda la ventaja de ofrecer imágenes aéreas cubriendo grandes superficies por su capacidad de volar, por otro lado, el uso de una computadora para realizar análisis profundos en un tiempo relativamente corto, gracias a la velocidad de procesamiento que esta posee. Estos instrumentos permiten la gestión de parcelas agrícolas sobre la base de la observación y la medida frente a la variabilidad del cultivo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de captura y análisis de imágenes aéreas para la evaluación automática de parcelas en agricultura de precisión.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar la experimentación en campo con dron para obtención de imágenes, realizar pruebas, ajustes y correcciones al método.
- Diseñar y desarrollar técnicas de procesamiento de imágenes para la generación de mosaicos panorámicos y extracción de información útil.
- Implementar métodos para cálculo de diferentes parámetros que informen sobre el estado del campo: cobertura arbórea o área foliar, detección de malezas, u otra tarea relacionada sobre los datos disponibles.
- Calcular índices objetivos sobre el estado del campo y evaluar el sistema sobre casos de uso.
- Generar reportes de desempeño obtenido y redactar informes técnicos periódicos.

3. Alcance

En las limitaciones de este proyecto, es de importancia aclarar que el estudio a realizar será sobre la especie de planta cuyo proceso de cultivo se esté llevando a cabo en la parcela a observar. El motivo para esto es que el tiempo que se

dispone solo permite realizar los experimentos necesarios en un caso de estudio.

Cabe aclarar que el sistema a desarrollar se encargara de brindar los datos que pueden bien ser utilizados o no para el proceso de toma de decisiones y resolución de problemas, pero su influencia depende directamente del personal que se ocupe de estos procesos, es decir, el software no indicara que se requiera tomar algún cambio de dirección en cuanto a los procedimientos que se estén llevando a cabo, solo se limitara a proporcionar datos que puedan ayudar a concluir dicho requerimiento.

Por último, cabe señalar que este trabajo se limitara a la detección de plagas de origen vegetal (en caso de implementarse esta funcionalidad) y no se implementara la localización de plagas de origen animal, como por ejemplo Isocas.

4. Metodología

Para el cumplimiento óptimo de los objetivos planteados en este proyecto, se va a implementar un modelo de proceso incremental, el cual aplica secuencias lineales en forma escalonada a medida que avanza el calendario de actividades. Cada secuencia lineal produce “incrementos” de software susceptibles de entregarse. Estos, son de naturaleza iterativa y producen con mucha rapidez versiones funcionales del software [7].

El motivo principal por el que implementare esta metodología, es que el proyecto a realizar tiene una estructura modular, donde la salida de cada módulo es utilizara como entrada para el que le sigue. La principal razón de esto es que los recursos, con el conjunto de habilidades necesarios, no se encuentran disponible en su totalidad al momento de implementar cada módulo, por ejemplo, para el diseño y desarrollo de técnicas para la generación de mosaicos panorámicos, no se tienen las imágenes usadas como base de datos para esto, por lo tanto previamente se va a requerir capturarlas por dron. Por otro lado, al acotar el tamaño en los incrementos, resulta menos dificultoso acomodar cambios.

Incremento 1: En esta primera instancia se requiere aprender a usar y configurar el dron de manera que recorra una parcela de una forma específica (cubriendo toda el área a analizar), y al mismo tiempo se realice la captura de fotos. La configuración será necesaria para que el dron saque imágenes a un intervalo de segundos a indicar, lo cual, a una velocidad constante, significará que sacara fotos cada una determinada distancia. Para lograr esto, se deben concretar las siguientes etapas:

- **Estudiar información sobre el dron:** Consiste en leer bibliografía que indique como usar y configurar el dron para el propósito previamente explicado.

- **Realizar recorrido y obtención de imágenes con el dron:** Consiste en programar el recorrido del dron y obtención de imágenes, para que realice un recorrido específico y que además realice capturas de fotos a un intervalo de tiempo que le sea indicado. Luego, se debe verificar que este recorrido se realice de la manera deseada, y en caso de que esto no ocurra, realizar las correcciones y ajustes necesarios.
- **Documentar:** Se documentará lo aprendido en este incremento, para que indicar, de forma sencilla y breve, como utilizar y configurar el dron para que concrete un recorrido específico.
- **Redactar el informe del incremento 1:** Por último se redactara el informe que plasmara lo concluido en este incremento.

Incremento 2: En esta instancia se desarrollara un software que, mediante una cierta cantidad de imágenes y aplicando técnicas del procesamiento de imágenes, arme un orto-mosaico. Para esto se requiere realizar trabajo de campo en la parcela en la cual se busca realizar el análisis, para capturar imágenes. Luego, se investigarán y desarrollarán las técnicas de procesamiento de imágenes para la generación de orto-mosaicos. Para lograr esto, se deben concretar las siguientes etapas:

- **Generar base de datos de imágenes:** En esta etapa se realizan varios recorridos del área a analizar con el dron previamente configurado, para generar una base de datos con las imágenes que se obtengan.
- **Software de generación de orto-mosaicos:** Se estudiarán técnicas de procesamiento digital de imágenes y de la biblioteca OTB. Luego, utilizando la base de datos de imágenes, las técnicas estudiadas y la biblioteca OTB, se diseñará e implementará el sistema de generación de orto-mosaicos. Por último se realizarán las pruebas que sean necesarias.
- **Redactar el informe del incremento 2:** Por último se redactara el informe que plasmara lo concluido en este incremento.

Incremento 3: Al software desarrollado en la etapa anterior, se le agregara la funcionalidad de brindar información útil sobre la imagen que éste genera y, con esta, generar una base de datos con datos del cultivo que más adelante se utilizarán. Un ejemplo de esto es, extraer de la imagen el NIR (infrarrojo cercano) y el rojo que luego serán necesarios para calcular el NDVI. Para lograr dicha funcionalidad, se investigaran y desarrollaran las técnicas de procesamiento de imágenes para la extracción de información útil. Para lograr esto, se deben concretar las siguientes etapas:

- **Agregar funcionalidad de extracción de información útil:** En esta etapa se realizarán revisiones bibliográficas sobre técnicas de procesamiento digital de imágenes para segmentación. Luego, utilizando las técnicas

estudiadas y la biblioteca OTB, se diseñara e implementará el sistema para extracción de información útil. Por último se realizaran las pruebas que sean necesarias.

- **Generar base de datos con información de los cultivos:** Haciendo uso del software para obtención de orto-mosaicos y extracción de información útil, se almacenara información y orto-mosaicos en la base de datos.
- **Redactar el informe del Incremento 3:** Por último se redactara el informe que plasmara lo concluido en este incremento.

Incremento 4: En esta última instancia, utilizando los datos generados anteriormente, se calcularán índices objetivos sobre el estado del campo y se evaluarán sobre el sistema. La información recolectada y calculada puede ser empleada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar la cantidad adecuada de fertilizantes o de otros insumos necesarios, y predecir con más exactitud el rendimiento y la producción de los cultivos. Por otro lado, se le implementará una función al software para que genere reportes de desempeño obtenido y redacte informes técnicos periódicos. Para lograr esto, se deben concretar las siguientes etapas:

- **Agregar funcionalidad para calcular índices objetivos sobre el estado del campo:** En esta etapa se realizaran revisiones bibliográficas sobre el cálculo de índices de vegetación que sean de utilidad para indicar el estado del campo. Luego, utilizando las técnicas estudiadas y la base de datos con la información extraída de las imágenes, se diseñara e implementará el sistema para extracción de información útil. Por último se realizaran las pruebas que sean necesarias.
- **Agregar funcionalidad de generación de reporte de desempeño:** Con todos los datos generados por las distintas funcionalidades del software, se diseñara e implementara una función para la generación de reporte de desempeño. Por último se realizaran las pruebas que sean necesarias.
- **Agregar funcionalidad de redacción de informes técnicos periódicos:** La ultima funcionalidad a implementar en este software será la de, mediante todos los datos generados, redactar informes técnicos periódicos que indiquen el estado actual del campo. Luego de que este sea diseñado e implementado, se realizaran las pruebas que sean necesarias.
- **Redactar el informe del incremento 4:** Por último se redactara el informe que plasmara lo concluido en este incremento.

Para cada incremento, habrá entregables que deben ser aprobados por el Director de Proyecto para la validación, y que servirán como entradas para la etapa siguiente. En el **incremento 1** se tendrá el primer entregable el cual va a ser el dron ya modificado y una descripción de cómo se usa y como configurarlo

para obtener las imágenes. La finalización del **incremento 2** producirá un software que, teniendo como entrada las imágenes de la parcela a analizar, su salida será el orto-mosaico. En el **incremento 3** al software se le agrega la funcionalidad de extraer información útil generar una base de datos con datos del cultivo. Finalmente, con la terminación del **incremento 4**, se tendrá el software final que, además de realizar todo lo antes nombrado, calculará diferentes parámetros que informen sobre el estado del campo, generará reportes de desempeño obtenido y redactará informes técnicos periódicos.

5. Plan de tareas

1 Incremento 1 (85 horas).

- 1.1 Estudiar información sobre el dron (20 horas)
 - 1.1.1 Revisar bibliografía de uso de dron (10 horas).
 - 1.1.2 Revisar bibliografía de configuración de dron (10 horas).
- 1.2 Realizar recorrido y obtención de imágenes con el dron (35 horas).
 - 1.2.1 Programación de recorrido y obtención de imágenes con el dron (5 horas).
 - 1.2.2 Pruebas de recorrido y obtención de imágenes con el dron (20 horas)
 - 1.2.3 Correcciones y ajustes del recorrido y obtención de imágenes con el Dron (10 horas).
- 1.3 Documentar (20 horas).
 - 1.3.1 Documentar guía de uso (10 horas).
 - 1.3.2 Documentar guía para configuración del dron (10 horas).
- 1.4 Redactar el informe del incremento 1 (10 horas).

2 Incremento 2 (145 horas).

- 2.1 Generar base de datos de imágenes (15 horas).
 - 2.1.1 Recorrer con dron (13 horas).
 - 2.1.2 Almacenar imágenes (2 horas).
- 2.2 Software de generación de orto-mosaicos (115 horas).
 - 2.2.1 Elicitar requerimientos (5 horas).
 - 2.2.2 Estudiar técnicas de procesamiento digital de imágenes (30 horas).
 - 2.2.2.1 Revisión bibliográfica de biblioteca OTB (15 horas).
 - 2.2.2.2 Revisión bibliográfica de técnicas disponibles (15 horas).
 - 2.2.3 Diseño.(30 horas)
 - 2.2.3.1 Diseñar arquitectura de software (10 horas).
 - 2.2.3.1 Diseñar técnica para generación de orto-mosaico (20 horas).

- 2.2.4 Implementar técnicas para generación de orto-mosaico (30 horas).
- 2.2.5 Realizar pruebas de técnicas para generación de orto-mosaico (20 horas).
- 2.3 Redactar el informe del incremento 2 (15 horas).

3. Incremento 3 (120 horas).

- 3.1 Agregar funcionalidad de extracción de información útil (90 horas).
 - 3.1.1 Elicitar requerimientos.
 - 3.1.2 Revisar bibliográfica de técnicas de procesamiento digital de imágenes para segmentación (10 horas).
 - 3.1.3 Diseño (30 horas).
 - 3.1.3.1 Diseñar arquitectura de software (10 horas).
 - 3.1.3.2 Diseñar técnicas de procesamiento digital de imágenes para segmentación (20 horas).
 - 3.1.4 Desarrollar técnicas de procesamiento digital de imágenes para segmentación (35 horas).
 - 3.1.5 Probar técnicas de procesamiento digital de imágenes para segmentación (15 horas).
- 3.2 Generar base de datos con información de los cultivos (15 horas).
 - 3.2.1 Utilizar el software obtener orto-mosaicos (5 horas).
 - 3.2.2 Utilizar el software extraer información útil (5 horas).
 - 3.2.3 Almacenar información y orto-mosaicos en base de datos (5 horas).
- 3.3 Redactar el informe del Incremento 3 (15 horas).

4 Incremento 4 (145 horas).

- 4.1 Agregar funcionalidad para calcular índices objetivos sobre el estado del campo (50 horas).
 - 4.1.1 Revisar bibliografía de índices objetivos sobre el estado del campo (10 horas).
 - 4.1.2 Diseñar la arquitectura de la funcionalidad de cálculo de índices objetivos sobre el estado del campo (15 horas).
 - 4.1.3 Desarrollar la funcionalidad de cálculo de índices objetivos sobre el estado del campo (15 horas).
 - 4.1.4 Probar la funcionalidad de cálculo de índices objetivos sobre el estado del campo (10 horas).

4.2 Agregar funcionalidad de generación de reporte de desempeño (40 horas).

4.2.1 Diseñar la arquitectura de la funcionalidad de generación de reporte de desempeño (15 horas).

4.2.2 Desarrollar la funcionalidad de generación de reporte de desempeño (15 horas).

4.2.3 Probar la funcionalidad de generación de reporte de desempeño (10 horas).

4.3 Agregar funcionalidad de redacción de informes técnicos periódicos (40 horas)

4.3.1 Diseñar la arquitectura de la funcionalidad de redacción de informes técnicos periódicos (15 horas).

4.3.2 Desarrollar la funcionalidad de redacción de informes técnicos periódicos (15 horas).

4.3.3 Probar la funcionalidad de redacción de informes técnicos periódicos (10 horas).

4.4 Redactar el informe del incremento 4 (15 horas).

Total de horas: 495 hs/hombre

6. Cronograma

Para la realización del cronograma se tomó como fecha de inicio del proyecto, el día 16/01/2017. Esta fecha se debe a que en ese momento el cultivo va a estar apto para ser analizado. Estimando 5 horas de trabajo diarias, 5 días a la semana, la fecha de finalización del proyecto será el 01/06/2017. Imagen del cronograma se adjunta en páginas 12, 13 y 14.

7. Puntos de control y entregables

Los puntos de control considerados para este proyecto, coinciden con las fechas de presentación de los entregables. La fecha y descripción de cada entregable quedan definidas a continuación:

Entregable 1: Guía para uso del dron, Guía para configuración del dron e Informe del incremento 1.

Fecha de entrega: 07/02/2017

Descripción: Informes en los que se detallara como usar el dron para que recorra una parcela, como configurarlo para la captura de imágenes, de manera que estas puedan ser utilizadas más adelante en el software, y por último, un documento que detallara información relevante sobre el primer incremento.

Entregable 2: Software para la generación de orto-mosaicos e Informe del incremento 2.

Fecha de entrega: 20/03/2017

Descripción: Por un lado se tiene el software que, teniendo como entrada las imágenes capturadas de la manera indicada en la 'Guía de configuración del dron' de la parcela a analizar, su salida será el orto-mosaico. Por otro lado, también se entrega el informe que detalla información relevante sobre el segundo incremento.

Entregable 3: Actualización de software e Informe del incremento 3.

Fecha de entrega: 21/04/2017

Descripción: Al software previamente entregado, se le agrega la funcionalidad de extraer información útil. También se entrega el Informe que detalla información relevante sobre el tercer incremento.

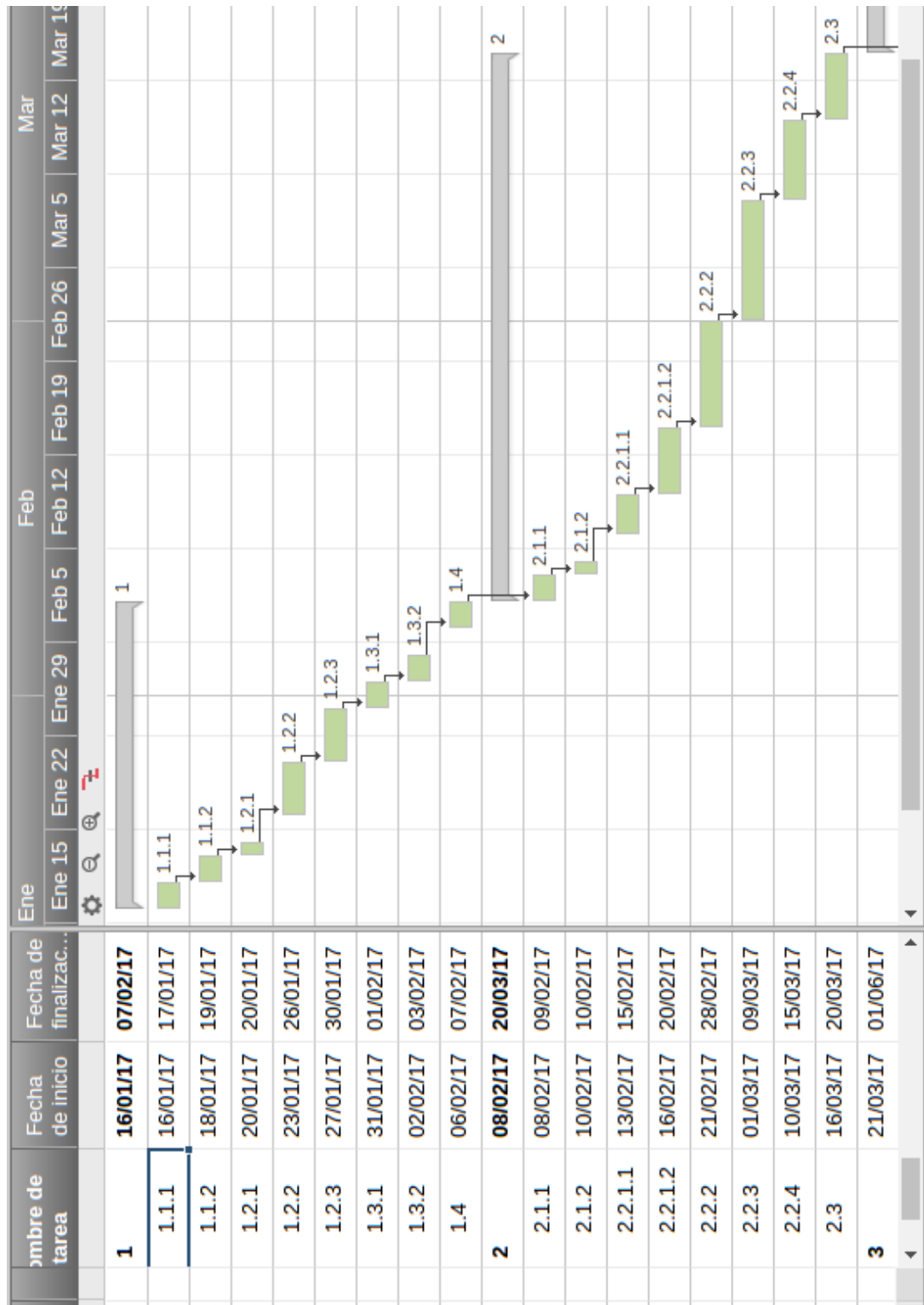
Entregable 4: Actualización del software e Informe de incremento 4.

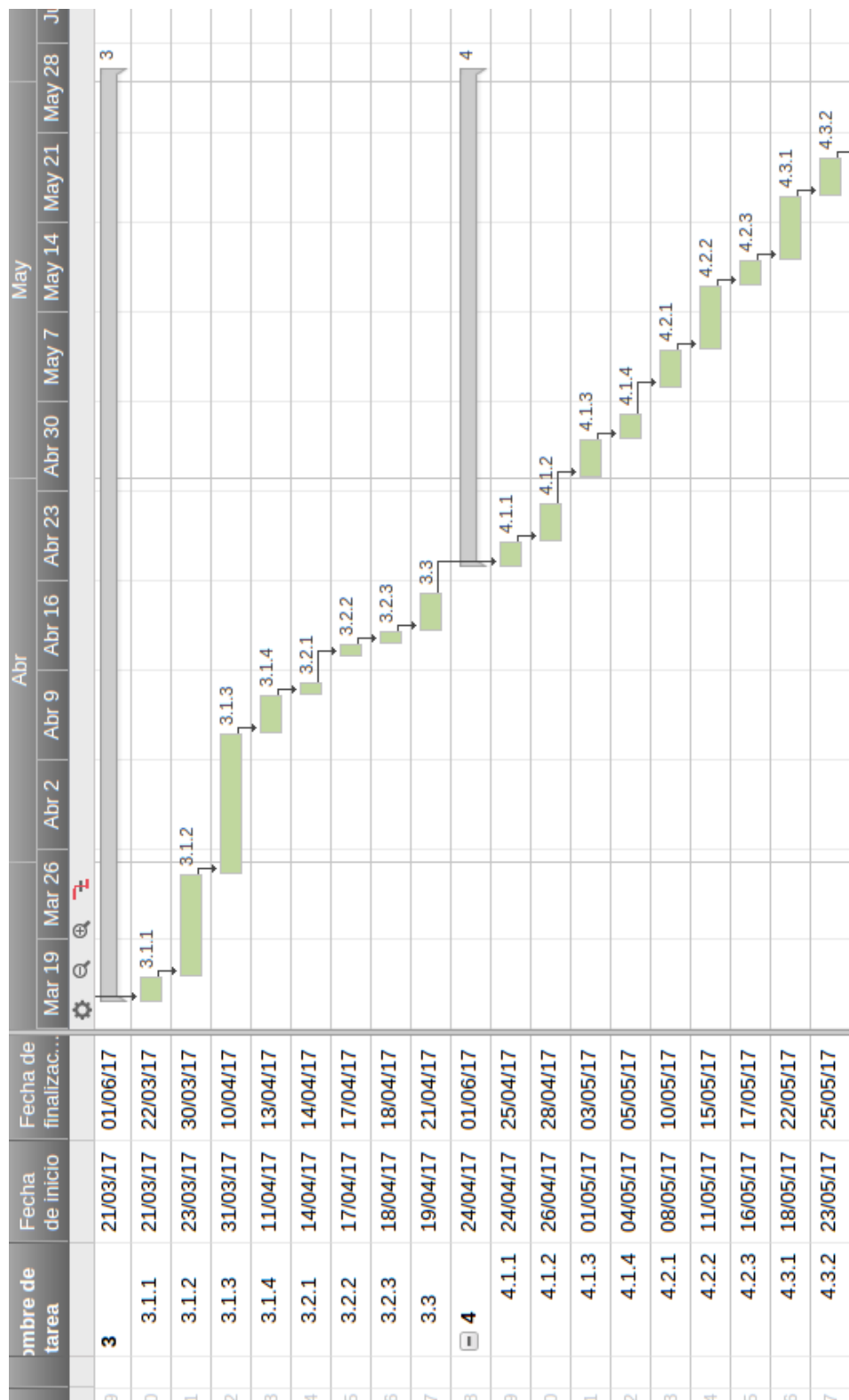
Fecha de entrega: 01/06/2017

Descripción: Al software se le agregan las funcionalidades para calcular índices objetivos sobre el estado del campo, generar reporte de desempeño y redactar informes técnicos periódicos. Por último, se entrega el Informe que detallara información relevante sobre el cuarto incremento.

8. Criterios de aceptación

Además del cumplimiento de los objetivos especificados en el documento anterior, su aceptación va a estar ligada a la corrección del informe final por parte de los directores del proyecto.







9. Riesgos

□ Equipo de trabajo:

Falta de disponibilidad del director

Descripción: Que debido a situaciones personales o laborales, el director no esté disponible en algún momento del proyecto.

Probabilidad: Baja.

Impacto: Medio.

Mitigación: Realizar varias consultas que demanden poco tiempo, en lugar de pocas que demanden mucho tiempo.

Contingencia: Consultar al co-director.

□ Recursos:

Insumos defectuosos

Descripción: Que los insumos obtenidos tengan algún defecto en su fabricación.

Probabilidad: Baja.

Impacto: Alto.

Mitigación: Comprar insumos a proveedores reconocidos y confiables.

Contingencia: Utilizar la garantía de los insumos para obtener otros sin defectos.

Falta de disponibilidad del dron

Descripción: No tener el dron disponible para realizar las diferentes tareas del proyecto. Esto puede ser por algún defecto de fábrica, o por cualquier imprevisto.

Probabilidad: Baja.

Impacto: Alto.

Mitigación: Aprender a usar el dron en lugares seguros donde el daño de cualquier impacto sea mínimo.

Contingencia: Conseguir los insumos para reparar el dron.

□ Factores externos:

Retraso en la entrega de insumos

Descripción: Que la entrega de insumos no se realice en el tiempo esperado, por lo que no se podrá comenzar con ciertas etapas del proyecto a tiempo.

Probabilidad: Media.

Impacto: Alto.

Mitigación: Comprar los insumos a proveedores confiables.

Contingencia: Contar con insumos alternativos de procedencia nacional.

Restricciones en las importaciones

Descripción: Algunos de los recursos necesarios para realizar el proyecto, deben ser importados. Por su elevado costo, esto puede ser un problema por las restricciones en las importaciones.

Probabilidad: Media.

Impacto: Alto.

Mitigación: Conseguir los permisos necesarios para poder concretar las importaciones sin inconvenientes.

Contingencia: Conseguir un producto similar dentro del país, que cumpla con los requisitos necesarios.

□ Información/Conocimiento:

Falta de fiabilidad del material

Descripción: Por el uso de sitios web como parte de los recursos bibliográficos, pueden presentarse inconsistencias en la bibliografía.

Probabilidad: Baja.

Impacto: Medio.

Mitigación: Utilizar fuentes bibliográficas confiables.

Contingencia: Si llegara a darse que algún error no fue eludido mediante la estrategia de mitigación, y paso a formar parte de la estructura de conocimiento, esto será detectado en alguna de las dos etapas siguientes, y en ese caso deberá procederse a una nueva revisión bibliográfica.

10. Costos

COSTO	CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
Bienes de capital:			
Notebook (amortización)	5 meses	316	1580
Herramientas varias			800
Consultorías			
Consulta sobre vuelo de dron	4h	125	500
Asesoramiento de miembros del sinc(i)	15h	200	3000
Materiales e insumos			
Dron (adquisición)	1	10766	10766
Cámara multiespectral (adquisición)	1	5600	5600
Kit accesorios para cámara (adquisición)	1	450	450
RRHH			
Horas de programador	500h	148	74000
Horas de director	20h	204	4080
Horas de co-director	20h	204	4080
Viajes y viáticos			
Transporte (Santa Fe – Campo, Campo – Santa Fe)	20	400	8000
Otros			
Acceso a internet	5 meses	200	1000
Energía Eléctrica	(0.525kw/h)*300h=157,5kw	0,913	143,7975
Impresión y anillado de informe final	3	250	750
Impresión entregables	6	40	240
TOTAL			114989,7975

11. Recursos

□ Recursos existentes:

Hardware:

-Notebook Banghó Max Intel Core I7, 8gb RAM, 1tb Disco Rígido, 15.6" Pantalla.

Software:

- Entorno de desarrollo: Zinjai, Eclipse.
- Sistema Operativo: Linux y Windows 10.
- Entorno para redacción de informes: LibreOffice 5.1.2.2.

Recursos Humanos:

- Alumno que realiza el proyecto.
- Director y co-director del proyecto.

Insumos y servicios:

- Insumos de oficina: lapicera, hojas, etc.
- Infraestructura necesaria para desarrollar el proyecto.
- Servicio de internet.
- Servicio de electricidad.

☐ Recursos necesarios:

- Dron 3DR Solo.
- Cámara multiespectral Survey2.
- Kit de accesorios para cámara.

12. Referencias

- [1] Marote, M. L. Agricultura de precisión. *Ciencia y Tecnología*, 10.
- [2] Portal PQS. ¿Qué hace un ingeniero agrónomo? Perfiles de carrera. Recuperado de: <http://www.pqs.pe/actualidad/noticias/que-hace-un-ingeniero-agronomo-perfiles-de-carrera>
- [3] González, R. C. and Woods, R. E. [2002]. Digital Image Processing, 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [4] Candiago, S., Remondino, F., De Giglio, M., Dubbini, M., & Gattelli, M. [2015]. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sensing*, 7(4), 4026-4047.
- [5] GeoAgro by Tek [2015]. Solución SAT. Recuperado de: <http://site.geoagro.com/es/producto/soluci%C3%B3n-sat>
- [6] ATyges [2016]. Topodron. *Recuperado de:* <http://www.atyges.es/drones/sistemas/5/topodron>
- [7] Roger S [2010]. Presman. Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico.