

JORNADA SOBRE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN SOBRE LOS REGADÍOS

16 Y 17 OCTUBRE 2024 (GRANADA)

USO DE LOS DRONES EN LA GESTIÓN DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS

CARLOS ANTONIO PUIG MENGUAL

La agricultura y su importancia en España

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación publico la estimación de las principales cifras económicas del sector agrario. Según estos datos, la producción agrícola en 2023 se estimó en alrededor de 52.000 millones de euros.

El sector agrario en España se define como sector estratégico por la repercusión y calado que presenta desde el punto de vista económico, social y medioambiental. España tiene alrededor de 24 millones de hectáreas de superficie agrícola útil.

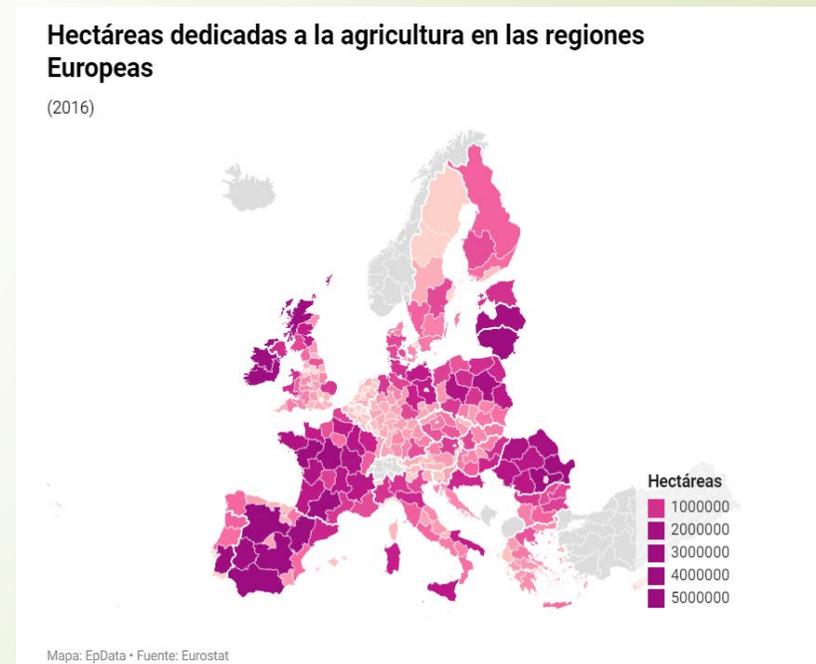
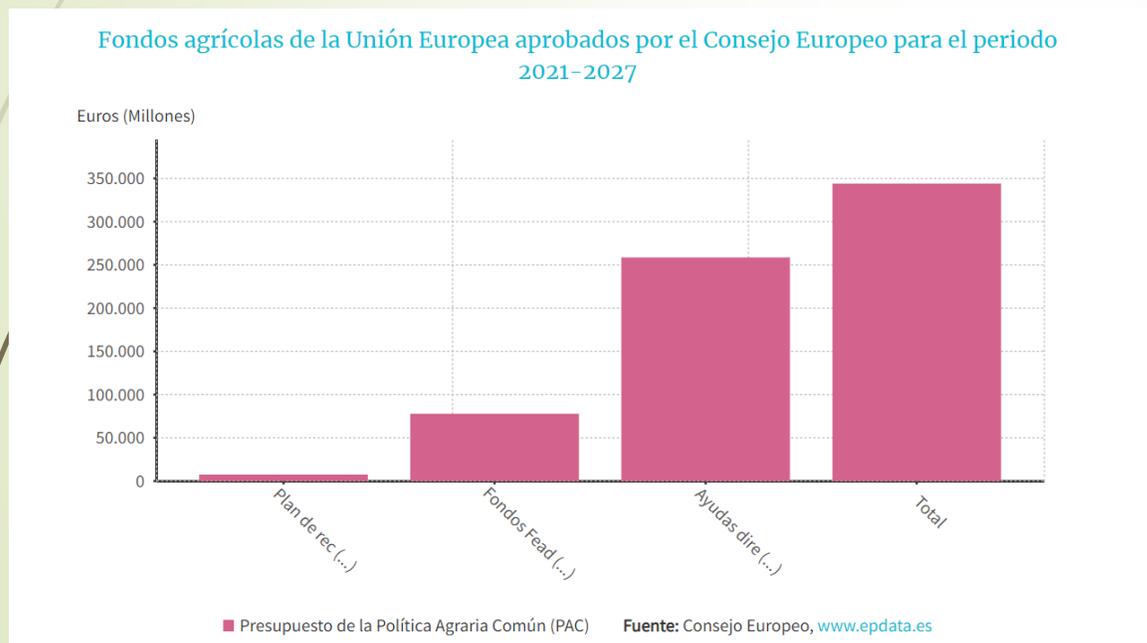
Además, la gran diversidad presente en las explotaciones agrícolas y su calidad junto con el grado de desarrollo, innovación y tecnificación de estas la convierte en un sector clave.



La agricultura y su importancia en España

En 2022, el sector primario empleó solo de forma directa a más de 790 mil personas, generando una producción vegetal de más de 36.459 M€ en ingresos, según fuentes del INE y Eurostat.

Además, España es uno de los países con mayor proporción de PIB agrario y con más diversidad agrícola de la Unión Europea.



Necesidades y características del cultivo de regadío

El cultivo de regadío requiere de importantes cantidades de agua continuadas en el tiempo para su correcto desarrollo.

Esta característica fundamental de este tipo de cultivo requiere la instalación de infraestructuras de transporte y diversos elementos tecnológicos, como acequias, canales de riego, aspersores o sistemas digitales de control de riego, entre otros.

Este hecho implica una gran inversión económica, por lo que un control y monitorización del desarrollo de las explotaciones agrícolas es necesario para ser competitivos y optimizar los recursos.

Necesidades y características del cultivo de regadío

La elección y explotación agrícola de un tipo de cultivos de regadío u otro debe tener en cuenta también diferentes aspectos como son:

- La **topografía del terreno**. Es decir, la existencia de pendientes, caminos, acequias, así como la longitud y anchura de la parcela.
- Las **características del suelo**, sobre todo su capacidad de retener el agua.
- El **cultivo** que se quiere desarrollar, y su **necesidad de agua** para desarrollarse.
- El **acceso** a la cantidad suficiente de **agua**, y a un **precio** razonable.
- La **calidad del agua**, que puede determinar incluso los componentes a usar en una instalación de riego y su coste final, tanto a nivel de instalación como de mantenimiento.
- El efecto en el **medio ambiente**, sobre todo en la posible erosión del suelo.

Elementos a controlar y monitorizar

La optimización de los procesos que se desarrollan en las explotaciones agrícolas y el control de la calidad y precisión de estos se basa en varios factores:

- El estudio morfológico y litológico del terreno a cultivar
- El control de la red de canalización y difusión del regadío en los cultivos
- La monitorización del estado vegetal y vigor vegetativo de la planta
- La caracterización de la presencia de posibles plagas o afecciones en la planta
- El abono y suministro de productos necesarios para el correcto desarrollo del cultivo
- El seguimiento y alarma derivado de posibles efectos de precipitaciones o heladas

Técnicas clásicas

Tradicionalmente a la hora de tener en cuenta y monitorizar los condicionantes más importantes de las explotaciones agrícolas se han empleado técnicas tales como:

- Levantamientos topográficos mediante técnicas clásicas y catas litológicas
- Pulverización masiva de productos fitosanitarios
- Inspección sobre el terreno de los cultivos
- Utilización de productos cartográficos obtenidos mediante vuelos de avión o satelitales

Nuevas tecnologías. Drones

Los drones se presentan como una herramienta versátil y multidisciplinar que permite ser integrada en diferentes flujos de trabajo aplicados a distintos ámbitos profesionales.

La capacidad de los drones de aerotransportar prácticamente cualquier tipo de sensor les confiere una gran potencia en la captura de información masiva.

La posibilidad de aprender y estar formado en metodologías y técnicas de captura y tratamiento de la información a partir de esta nueva disciplina abre un nuevo ámbito para la profesionalización de expertos en la materia

Normativa Actual

El organismo encargado de regular el uso de drones en nuestro país es la **Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)**. Además, se encarga de todo lo que concierne a Navegación y Transporte Aéreos, así como a la Seguridad Aeroportuaria.

La normativa en vigor en España en materia de drones son los **Reglamentos Europeos RE 2019/947 y RD 2019/945 (EASA)**. Además, en España contamos con el nuevo **Real Decreto 517/2024**, de 25 de junio, que actualiza el **RD 1036/2017**, de 15 de diciembre, y es el marco regulador de las actividades con drones en nuestro país.

Normativa Actual

- El dron, siempre al alcance visual del piloto (excepto en categoría específica bajo STS BVLOS).
- Nunca sobrepasar los 120 m de altura en vuelo.
- No volar en un mínimo de distancia de cualquier aeropuerto, aeródromo o espacio aéreo controlado sin los permisos y coordinaciones correspondientes.
- El piloto será el responsable de los posibles daños que cause la aeronave.
- El dron deberá llevar una placa identificativa fijada en la estructura que podrá contener datos como el nombre del fabricante, el modelo, número de serie (si corresponde) y los datos de contacto del piloto y obligatoriamente el número de operador.
- Proteger el derecho a la intimidad de los individuos que pudieran aparecer en las imágenes captadas por el dron, y tener especial cuidado con su divulgación pública para no vulnerar la Ley de Protección de Datos.

Normativa Actual



Normativa Actual

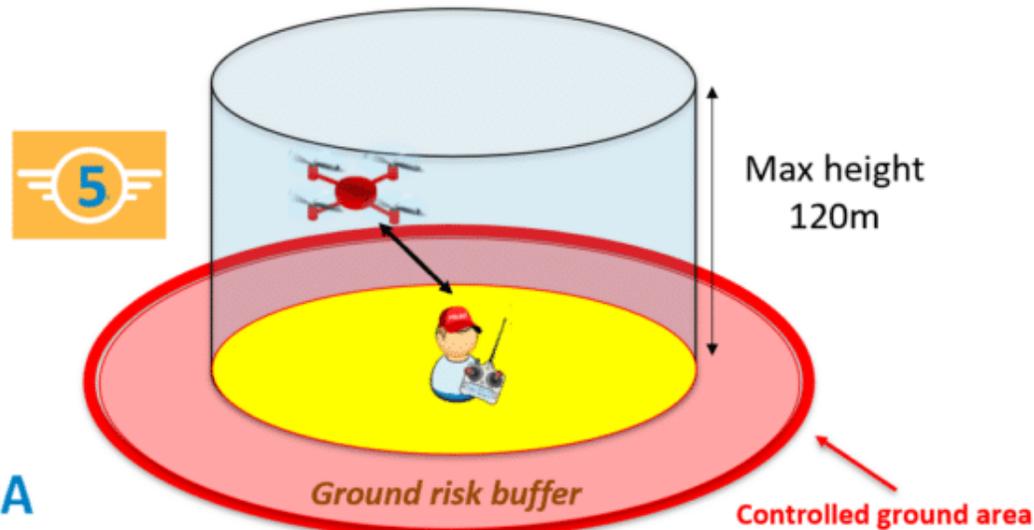
Principales requisitos a partir 1/1/2024					
Categoría abierta					
UAS			Operación		Formación
Clase	DRI	MTOM	Subcat.	Restricciones operacionales	Requisitos a pilotos
Construcción privada	✗	< 250 g	A1	<ul style="list-style-type: none"> No se recomienda volar por encima de personas No está permitido el vuelo sobre reuniones de personas 	Familiarización con el manual de usuario facilitado por el fabricante del UAS
Legacy < 250g	✗				
C0	✗				
C1	✓	< 900 g		<ul style="list-style-type: none"> No volar por encima de ninguna persona no participante No está permitido el vuelo sobre reuniones de personas 	<ul style="list-style-type: none"> Familiarización con el manual de usuario facilitado por el fabricante del UAS Prueba de superación de formación en línea
C2	✓	< 4 kg	A2	<ul style="list-style-type: none"> No volar por encima de ninguna persona no participante 30 m de cualquier persona no participante 5 m de distancia si dispone de modo de baja velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> Familiarización con el manual de usuario Prueba de superación de formación en línea Declaración de formación autopráctica Certificado de Competencia de Piloto a Distancia
C3	✓	< 25 kg	A3	<ul style="list-style-type: none"> No volar cerca de personas Distancia de 150 m respecto de: <ul style="list-style-type: none"> Zonas residenciales Zonas comerciales Zonas industriales Zonas recreativas 	<ul style="list-style-type: none"> Familiarización con el manual de usuario facilitado por el fabricante del UAS Prueba de superación de formación en línea
C4	✗				
Construcción privada	✗				
Legacy > 250g	✗				

Normativa Actual

European Standard Scenario STS - 01

Regulation 2019/947 – Appendix 1 – Chapter 1

- VLOS,
- below 120m (also in urban environment)
- with a UAS bearing a C5 Class identification label
- Ensure no involved person is present in the controlled ground area



EASA

NAA logo

Please write this in your own national language

REMIOTE PILOT CERTIFICATE OF THEORETICAL KNOWLEDGE FOR STS

First Name

Last Name

NNN-PP-123456789ABC

d6.mm.yyyy

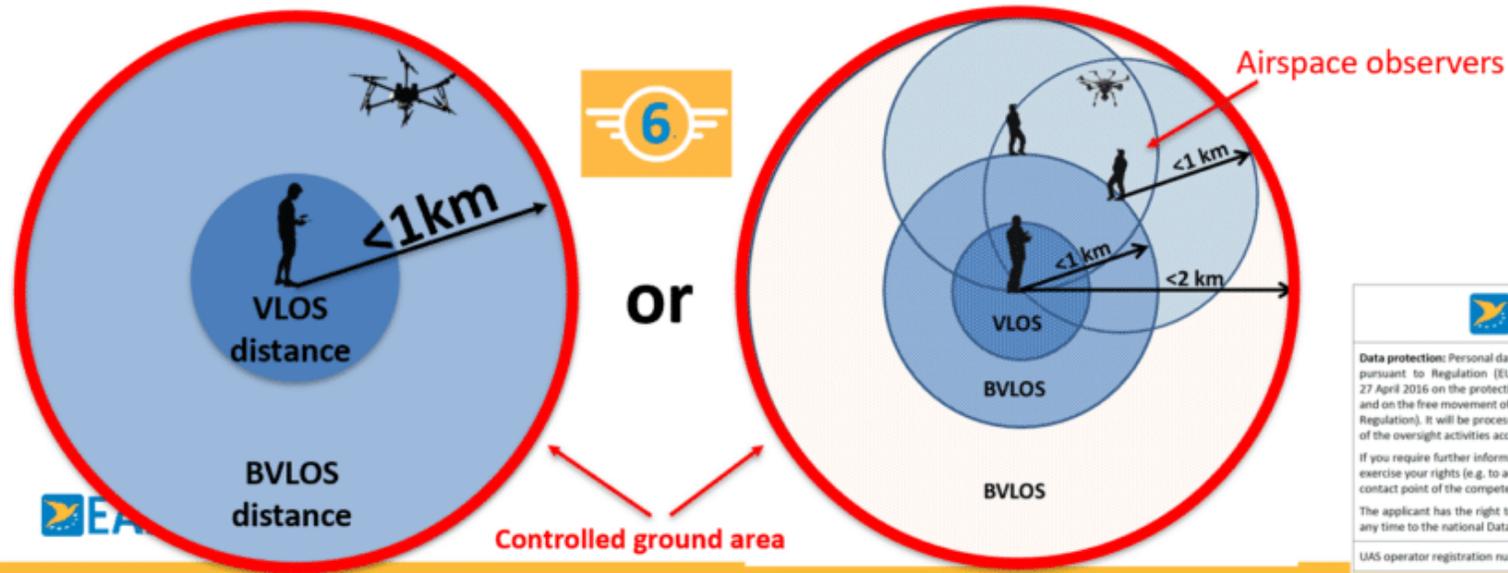
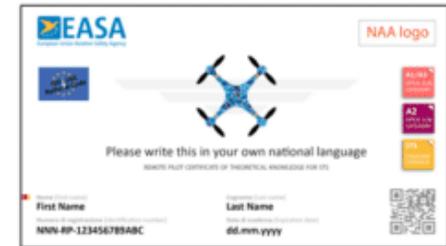
	Operational declaration
<p>Data protection: Personal data included in this declaration is processed by the competent authority pursuant to Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). It will be processed for the purposes of the performance, management and follow up of the oversight activities according to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947.</p> <p>If you require further information concerning the processing of your personal data or you wish to exercise your rights (e.g. to access or rectify any inaccurate or incomplete data), please refer to the contact point of the competent authority.</p> <p>The applicant has the right to make a complaint regarding the processing of the personal data at any time to the national Data Protection Supervisory Authority.</p>	
UAS operator registration number	

Normativa Actual

European Standard Scenario STS - 02

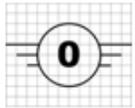
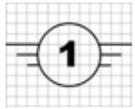
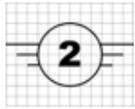
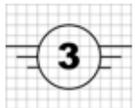
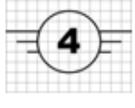
Regulation 2019/947 – Appendix 1 – Chapter 2

- BVLOS (up to 1km distance or 2 km if airspace observer is used),
- below 120m (not in urban environment)
- with a UAS bearing a C6 Class identification label
- Ensure no involved person is present in the controlled ground area

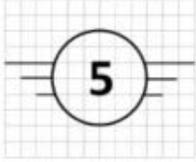
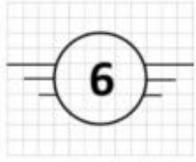


Operational declaration	
<p>Data protection: Personal data included in this declaration is processed by the competent authority pursuant to Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). It will be processed for the purposes of the performance, management and follow up of the oversight activities according to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947.</p> <p>If you require further information concerning the processing of your personal data or you wish to exercise your rights (e.g. to access or rectify any inaccurate or incomplete data), please refer to the contact point of the competent authority.</p> <p>The applicant has the right to make a complaint regarding the processing of the personal data at any time to the national Data Protection Supervisory Authority.</p>	
UAS operator registration number	

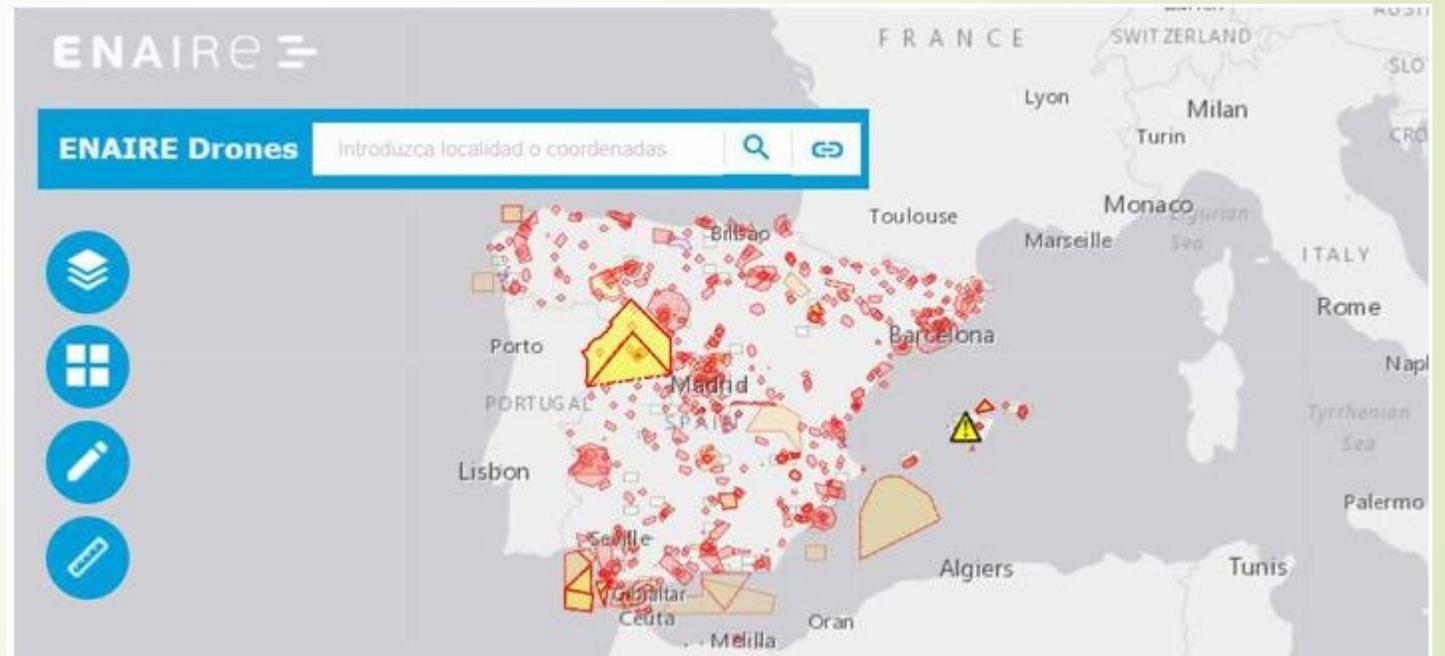
Normativa Actual

CLASE	REQUISITOS TÉCNICOS
	<ul style="list-style-type: none"> Tener una MTOM inferior a 250 g. Tener una velocidad máxima en vuelo horizontal de 19 m/s. Tener limitada la altura máxima desde el punto de despegue a 120 m. Estar alimentado con electricidad.
	<ul style="list-style-type: none"> Tener una MTOM inferior a 900 g o que su energía transmitida en caso de impacto sea inferior a 80 J. Tener una velocidad máxima en vuelo horizontal de 19 m/s. Tener limitada la altura máxima desde el punto de despegue a 120 m. Estar alimentado con electricidad. Tener un número de serie único. Tener un sistema de identificación a distancia directa. Tener equipado un sistema de geoconsciencia. Tener equipado un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS). Equipar luces para control de actitud y vuelo nocturno (luz verde intermitente).
	<ul style="list-style-type: none"> Tener una MTOM inferior a 4 kg. Tener limitada la altura máxima desde el punto de despegue a 120 m. Estar alimentado con electricidad. Estar equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control (C2). Salvo si es una UA de ala fija, estar equipado con un modo de baja velocidad seleccionable que limite la velocidad a 3 m/s como máximo. Tener un número de serie único. Tener un sistema de identificación a distancia directa. Tener equipado un sistema de geoconsciencia. Tener equipado un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS). Equipar luces para control de actitud y vuelo nocturno (luz verde intermitente).
	<ul style="list-style-type: none"> Tener una MTOM inferior a 25 kg y una dimensión característica máxima inferior a 3 m. Tener limitada la altura máxima desde el punto de despegue a 120 m. Estar alimentado con electricidad. Tener un número de serie único. Tener un sistema de identificación a distancia directa. Tener equipado un sistema de geoconsciencia. Tener equipado un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS). Equipar luces para control de actitud y vuelo nocturno (luz verde intermitente).
	<ul style="list-style-type: none"> Tener una MTOM inferior a 25 kg, incluida la carga útil. No disponer de modos de control automático, excepto para la asistencia a la estabilización del vuelo sin ningún efecto directo en la trayectoria y para la asistencia en caso de pérdida del enlace, siempre que se disponga de una posición fija predeterminada de los mandos de vuelo en caso de pérdida del enlace. Estar destinadas para la práctica del aerodelismo.

Normativa Actual

CLASE	REQUISITOS TÉCNICOS
	<ul style="list-style-type: none"> - Tener una MTOM inferior a 25 kg. - No ser una UA de ala fija, salvo si es una UA cautiva. - Tener un sistema que proporcione al piloto a distancia información clara y concisa sobre la altura de la UA. - Estar equipado con un modo de baja velocidad seleccionable que limite la velocidad a 5 m/s como máximo. - Ante una pérdida de enlace de datos (C2), contar con un método de recuperarlo o de terminar el vuelo de forma segura. - Tener un método de recuperación del enlace de mando y control (C2) o, en caso de fallo, un sistema de terminación segura del vuelo. - Estar equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control (C2). - Estar alimentado con electricidad. - Tener un número de serie único. - Tener un sistema de identificación a distancia directa. - Tener equipado un sistema de geoconsciencia. - Tener equipado un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS). - Equipar luces para control de actitud y vuelo nocturno. - Si la UA dispone de función de limitación de acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta deberá interoperable con el sistema de control del vuelo, y deberá informar al piloto a distancia cuando esta impida entrar a la UA a estas zonas o volúmenes del espacio aéreo. - Una UAS de clase C5 podrá consistir en una UAS de clase C3 que lleve instalado un kit de accesorios que convierta la UAS de clase C3 en una UAS de clase C5. - El kit de accesorios no incluirá cambios en el software del UAS de clase C3.
CLASE	REQUISITOS TÉCNICOS
	<ul style="list-style-type: none"> - Tener una MTOM inferior a 25 kg. - Tener un sistema que proporcione al piloto a distancia información clara y concisa sobre la altura de la UA, proporcionando medios que eviten que la UA supere los límites horizontales y verticales de un volumen operacional programable. - Tener una velocidad máxima respecto al suelo en vuelo horizontal de 50 m/s. - Ante una pérdida de enlace de datos (C2), contar con un método de recuperarlo o de terminar el vuelo de forma segura. - Tener un método de recuperación del enlace de mando y control (C2) o, en caso de fallo, un sistema de terminación segura del vuelo. - Estar equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control (C2). - Tener un número de serie único. - Tener un sistema de identificación a distancia directa. - Tener equipado un sistema de geoconsciencia. - Tener equipado un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS). - Si la UA dispone de función de limitación de acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta deberá interoperable con el sistema de control del vuelo, y deberá informar al piloto a distancia cuando esta impida entrar a la UA a estas zonas o volúmenes del espacio aéreo. - Equipar luces para control de actitud y vuelo nocturno.

Normativa Actual



Tipos de drones y sensores.

Drones de Ala fija. Son aeronaves que **poseen un perfil alar** que permite que la aeronave pueda moverse a través del aire y sea capaz de generar fuerzas sustentadoras para mantenerse en el aire. Este tipo de drones tienen una estética muy similar a los aeromodelos de radiocontrol.

La principal característica de este tipo de drones es la **gran autonomía que nos ofrecen** ya que pueden estar volando varias horas gracias a su eficiencia aerodinámica. Los drones de ala fija son **ideales para mapear grandes superficies de terreno** ya que con una única batería se cubren grandes extensiones de terreno. Por este motivo son drones muy utilizados en trabajos de agricultura de precisión y de fotogrametría para grandes extensiones a mapear.



Tipos de drones y sensores.

Drones de ala rotatoria/multirrotores. Son los **drones más extendidos y más utilizados** por los profesionales del sector.

La principal diferencia de los multirrotores con respecto a los drones de ala fija radica en la forma en la que consiguen mantenerse en el aire. Mientras que los drones de ala fija consiguen la sustentación a través de su perfil alar, los multirrotores **generan la sustentación a través de las fuerzas que generan las hélices de sus rotores.**



MATRICE 350 RTK

Dimensions Unfolded, propellers excluded, 810×670×430 mm (L×W×H)
Folded, propellers included, 430×420×430 mm (L×W×H)

Diagonal Wheelbase 895 mm

Weight (with single downward gimbal) Approx. 3.6 kg (without batteries)
Approx. 6.3 kg (with two TB60 batteries)

Max Payload 2.7 kg

Max Takeoff Weight 9 kg

Operating Frequency 2.4000-2.4835 GHz
5.725-5.850 GHz

EIRP 2.4000-2.4835 GHz:
29.5 dBm (FCC); 18.5dBm (CE)
18.5 dBm (SRR); 18.5dBm (MIC)

5.725-5.850 GHz:
28.5 dBm (FCC); 12.5dBm (CE)
28.5 dBm (SRR)



DJI MAVIC 3M

Peso neto (con hélices y módulo RTK) ^[1]	951 g
Peso máx. de despegue	1050 g
Dimensiones (plegada/desplegada)	Plegada (sin hélices): 223 × 96.3 × 122.2 mm (largo × ancho × alto) Desplegada (sin hélices): 347.5 × 283 × 139.6 mm (largo × ancho × alto)
Longitud diagonal	Diagonal: 380.1 mm
Velocidad máx. de ascenso	6 m/s (modo Normal) 8 m/s (modo Sport)
Velocidad máx. de descenso	6 m/s (modo Normal) 6 m/s (modo Sport)
Velocidad máx. de vuelo (al nivel del mar, sin viento)	15 m/s (modo Normal) Volando hacia adelante: 21 m/s; volando hacia los lados: 20 m/s; volando hacia atrás: 19 m/s (modo Sport) ^[2]
Resistencia máx. al viento	12 m/s ^[3]
Altitud máx. de despegue sobre el nivel del mar	6000 m (sin carga útil)
Tiempo máx. de vuelo (sin viento)	43 minutos ^[4]
Tiempo máx. de vuelo estacionario (sin viento)	37 minutos ^[4]
Distancia máx. de vuelo	32 km ^[6]
Ángulo máx. de inclinación	30° (modo Normal) 35° (modo Sport)
Velocidad angular máx.	200°/s
GNSS	GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS (GLONASS solo es compatible cuando el módulo RTK está activado)



DJI AGRAS T40



Peso total	38 kg (sin batería) 50 kg (con batería)
Peso máx. de despegue^[1]	Peso máx. de despegue para rociar: 90 kg (a nivel del mar) Peso máx. de despegue para esparcir: 101 kg (a nivel del mar)
Distancia máxima diagonal entre ejes	2184 mm
Dimensiones	2800 mm × 3150 mm × 780 mm (brazos y hélices desplegados) 1590 mm × 1930 mm × 780 mm (brazos desplegados, hélices plegadas) 1125 mm × 750 mm × 850 mm (brazos plegados)
Rango de precisión en vuelo estacionario (con fuerte señal GNSS)	Posicionamiento RTK habilitado: ±10 cm horizontal, ±10 cm vertical Posición RTK deshabilitada: ±60 cm horizontal y ±30 cm vertical (radar habilitado: ±10 cm)
Frecuencia de funcionamiento RTK/GNSS	RTK: GPS L1/L2, GLONASS F1/F2, BeiDou B1/B2, Galileo E1/E5 GNSS: GPS L1, GLONASS F1, Galileo E1, BeiDou B1
Tiempo en vuelo estacionario^[2]	Vuelo estacionario sin carga: 18 min. (a 30 000 mAh y con un peso de despegue de 50 kg) Vuelo estacionario y rociado con carga completa: 7 min. (a 30 000 mAh y con un peso de despegue de 90 kg) Vuelo estacionario y esparcido con carga completa: 6 min. (a 30 000 mAh y con un peso de despegue de 101 kg)
Se puede establecer el radio de vuelo máximo	2000 m
Resistencia máx. al viento	6 m/s



VTOL WINGTRA



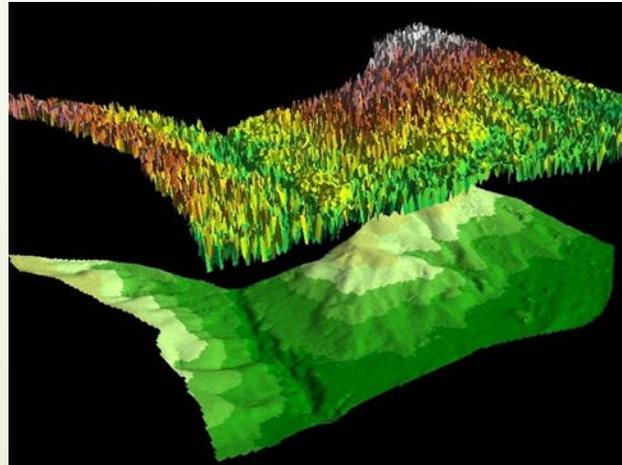
Drone type	Tailsitter VTOL (Vertical take-off and landing)
Max. take-off weight	4.5 kg (9.9 lb)
Weight (empty)	3.7 kg (8.1 lb)
Max. payload weight	800 g (1.8 lb)
Wingspan	125 cm (4.1 ft)
Dimensions of WingtraOne	125 × 68 × 12 cm (4.1 × 2.2 × 0.4 ft) (without middlestand)
Dimensions of Pilot Box	57 × 37 × 20 cm, 8.6 kg (1.8 × 1.2 × 1.0 ft, 19 lb)
Battery capacity	99 Wh (a pair of batteries required)
Battery type	Li-ion, Smart battery technology, UN compliant
Radio link	8 km (5 mi), bi-directional antennas for optimal range
Onboard GPS	Double redundancy, using GPS, Glonass and ready for Galileo and Beidou
Dimensions of travel hardcase (optional)	141 × 74 × 26 cm, 16 kg (4.6 × 2.4 × 0.9 ft, 35 lb)

Tipos de drones y sensores.

Cámaras RGB. Permiten el mapeado del terreno y la creación de nubes de puntos densas clasificadas de alta fiabilidad, modelos digitales de elevaciones y del terreno, ortomosaicos, etc.

A través de un vuelo planificado atendiendo a una serie de parámetros fotogramétricos es posible obtener colecciones de imágenes que permitirán la generación de productos derivados de elevada resolución temporal y espacial.

Los productos obtenidos a partir de estas cámaras nos facultaran la creación de modelos digitales con los que entender mejor el terreno y la fotointerpretación y delimitación dentro de un sistema de coordenadas global de elementos o superficies de interés.



Tipos de drones y sensores.

Cámaras Multiespectrales. Este tipo de sensores permiten recoger información mucho más precisa y detalla de la cubierta terrestre atendiendo a criterios y niveles de radiancia característicos de los elementos analizados según las regiones del espectro electromagnético empleados.

A partir de la información e imágenes de las distintas bandas del espectro será posible el estudio objetivo del estado de los cultivos empleando datos cuantitativos.

La combinación de bandas a partir de fórmulas matemáticas, índices de vegetación, será posible el estudio de las explotaciones agrícolas al detalle con gran resolución temporal y espacial en los productos generados.



ALTUM PT - MICASENSE

Especificaciones del sensor Altum-PT	
Peso	460 g (16,2 oz.) Altum-PT + DLS2
Dimensiones	11,0 x 8,0 x 6,9 cm (4,3 in x 3,1 in x 2,7 in)
Alimentación externa	7,0 V - 25,2 V
Entrada de alimentación	5,5/7,0/10W (reposo, promedio, pico)
Resolución del sensor	2064 x 1544 (3,2MP por banda MS) 4112 x 3008 (12MP por banda PAN) 320 x 256 infrarrojo térmico
Bandas espectrales	Azul 475(32), verde 560(27), rojo 668(14), red edge 717(12), IR cercano 842(57)
RGB	12,4 MP (obturador global, alineado con todas las bandas)
Sensor térmico	FLIR LWIR infrarrojo térmico 7.5-13.5um calibrado radiométricamente
GSD por banda multispectral	5,28 cm por pixel a 120 m
GSD térmico	33,5 cm por pixel a 120 m
GSD Panchro & Pansharpened	2,49 cm por pixel a 120 m
Velocidad de captura	2 capturas por segundo DNG sin procesar*
Interfaces	3 GPIO configurables: seleccione entre la entrada de disparo, la entrada PPS, la salida PPS y las señales de la parte superior del cuadro. Botón virtual de host. Puerto USB 2.0 para WiFi. Serial. Ethernet 10/100/1000. CFexpress para almacenamiento
Campo visual	50° HFOV x 38° VFOV (multispectral) 46° HFOV x 35° VFOV (pancromática) 48o x 39o (térmico)
Almacenamiento	Tarjeta CFexpress



Panel calibración - Micasense

Banda 1 – Azul (B): 480 nm

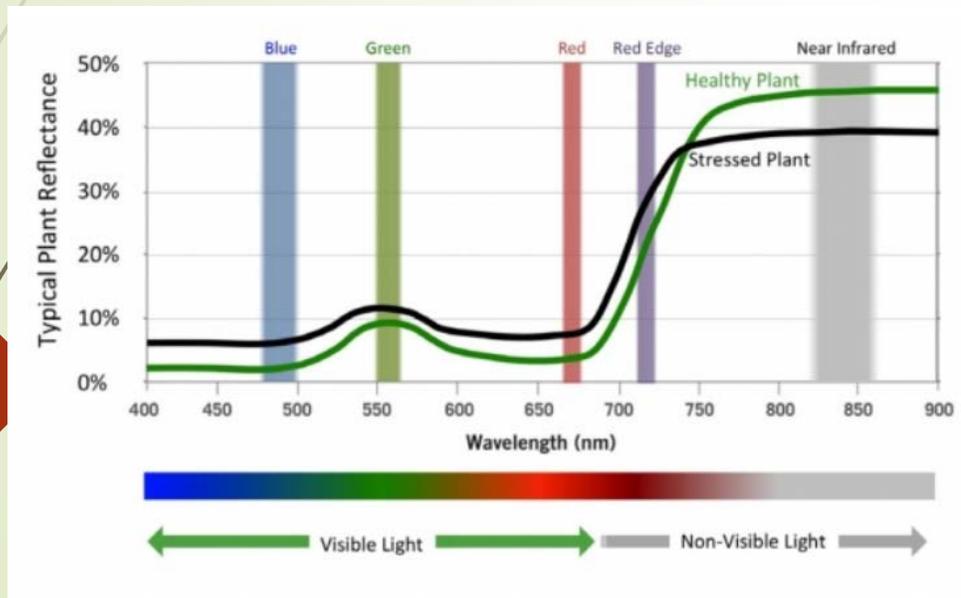
Banda 2 – Verde (G): 560 nm

Banda 3 – Rojo (R): 670 nm

Banda 4 – Red Edge: 720 nm

Banda 5 – Infrarrojo cercano (nIR): 840 nm

LWIR: thermal infrared 8-14um

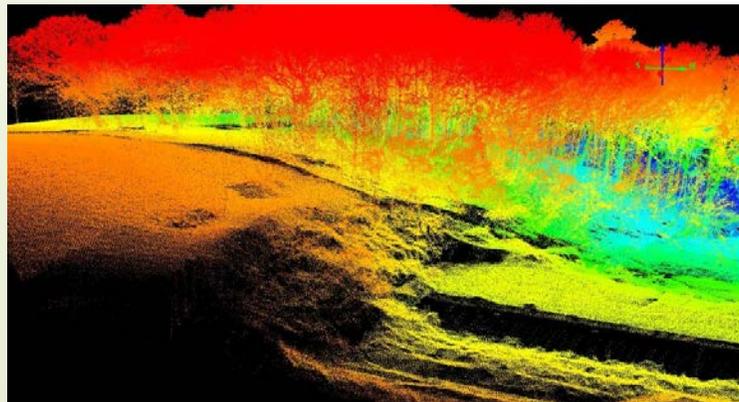


Tipos de drones y sensores.

Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR). Este sensor permite la obtención de nubes de puntos masivas georreferenciadas a partir de sus tres coordenadas (X,Y,Z). Además, cuenta con una cuarta coordenada asociada a la respuesta del pulso laser tras su rebote sobre los elementos presentes en la cubierta terrestre.

Uno de los grandes beneficios que plantea el uso del LIDAR, además de la captura masiva de información, es la capacidad del haz laser a generar varios ecos en cada pulso pudiendo atravesar superficies o elementos no demasiado consolidados.

A diferencia de las fotografías clásicas nos aporta información más allá de lo que podemos ver a simple vista, lo cual cambia el paradigma de la captura de información por completo.



Agricultura de precisión con drones

El uso e implementación de los drones, sensores y demás elementos que definen este flujo de trabajo planteado por esta nueva disciplina constituye un cambio a la hora de entender y estudiar el campo.

La agricultura de precisión basada en esta metodología teórica y práctica se posiciona como la alternativa de presente y futuro en el análisis, control y monitorización de las explotaciones agrícolas.

Los avances tecnológicos, la incorporación de nuevas herramientas y técnicas vaticina que este ámbito profesional estará en continua expansión y mejora, obteniendo día a día mejores resultados y optimizando los procesos.

Agricultura de precisión con drones

Algunas de las posibilidades que el uso de los drones plantea en el sector de la agricultura son:

- Análisis del posible estrés hídrico de los cultivos
- Control de las deficiencias nutricionales de las plantas
- Monitorización de la incidencia en los cultivos de plagas, enfermedades y malas hierbas
- Evaluación del estado de desarrollo y fenológico de las plantas
- Análisis de suelos
- Capacidad de sembrado
- Fertilización y fumigación de cultivos
- Mapeo y topografía de cultivos
- Monitorización y manejo del riego

Metodología

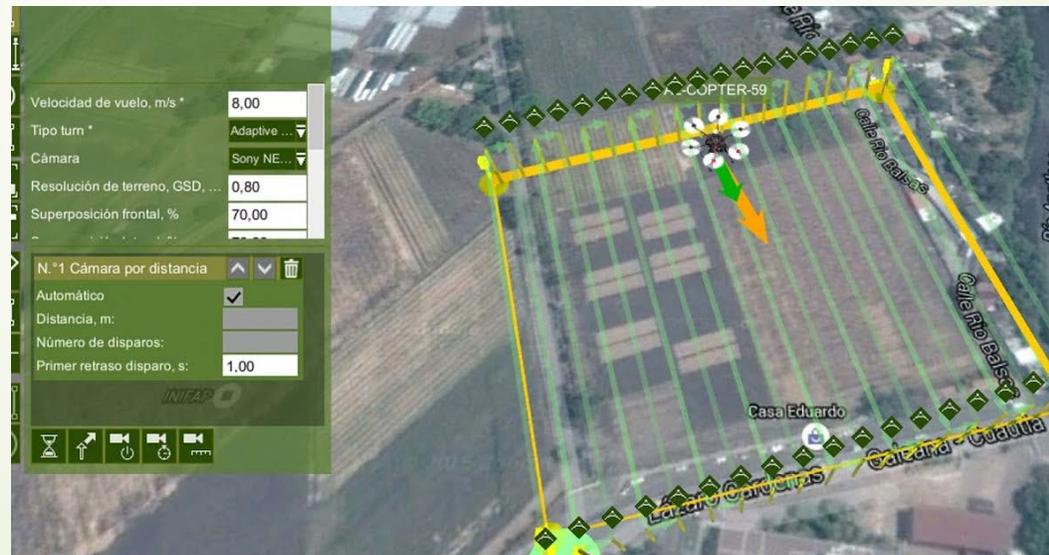
La primera fase del proceso es la recopilación de información sobre la explotación agrícola a analizar para poder concretar y definir mejor los instrumentos a emplear y cómo hacerlo de la manera más operativa recogiendo el mayor volumen de información con la mayor calidad y precisión



Metodología

La segunda fase es la definición de los parámetros fotogramétricos óptimos en función de los sensores y dron empleados. La correcta y precisa determinación de esta fase es clave para la obtención de los datos en crudos necesarios para las futuras fases de trabajo.

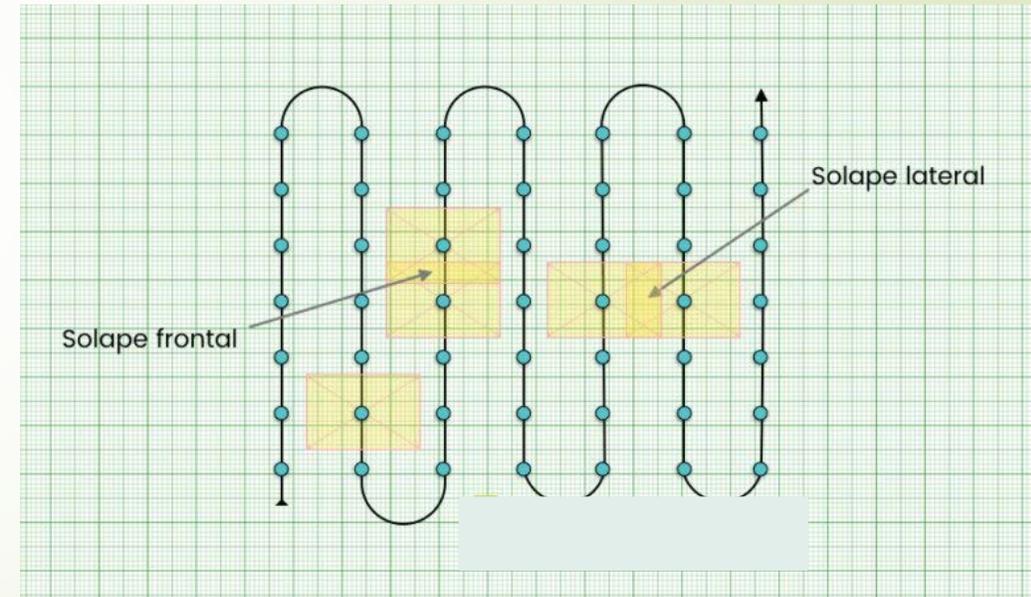
Una mala planificación del vuelo automático puede provocar que todo el trabajo sea errático y no tenga validez alguna.



Planificación y precauciones del vuelo fotogramétrico

Definir los parámetros fotogramétricos en los que se basará nuestro vuelo y posteriores imágenes.

- Solape transversal.
- Solape Longitudinal.
- Altura de vuelo.
- Tamaño de pixel.
- Orientación de las cámaras.
- Fin de operación.

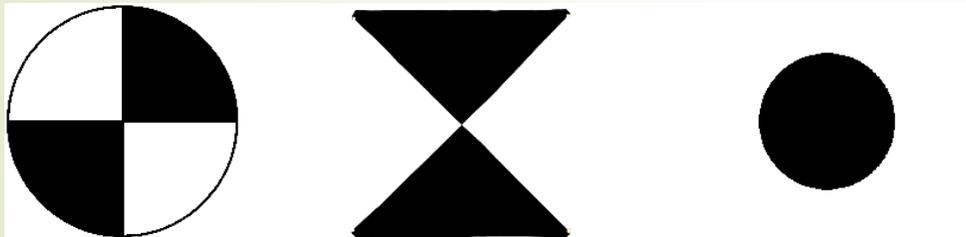


Metodología

La tercera fase, previa al vuelo, es la disposición de elementos adicionales que nos permita la calibración y corrección geométrica y radiométrica de las imágenes capturadas por el dron.

La colocación de marcas codificadas a lo largo del terreno de la explotación de estudio permite la correcta definición y georreferenciación de las imágenes capturadas.

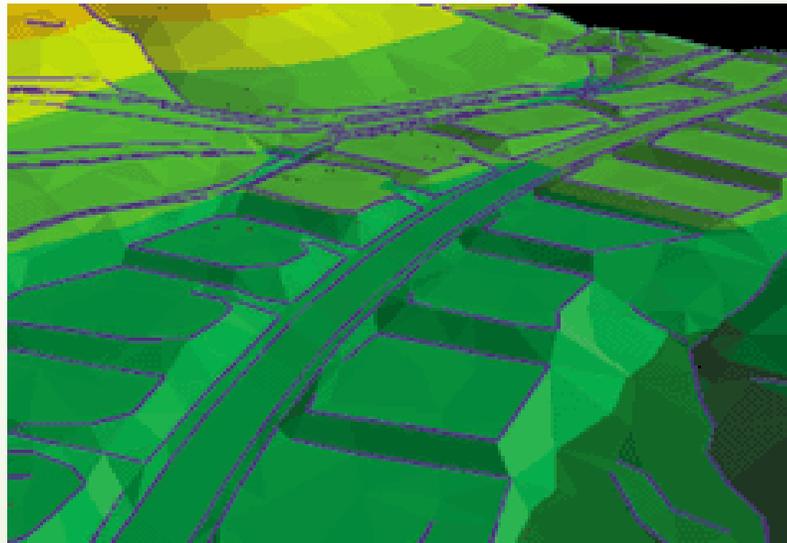
Así mismo la captura de imágenes multispectrales de patrones de calibración en la misma situación ambiental que el propio proyecto permite la calibración radiométrica del sensor multispectral y minimizar al máximo las interferencias atmosféricas.



Planificación y precauciones del vuelo fotogramétrico

Para conseguir productos cartográficos es recomendable contar con elementos auxiliares que permiten ser más precisos y exactos:

- Puntos de Apoyo (GCPs)
- Puntos de Control (CPs)
- Líneas de rotura (Breaklines).



Metodología

La cuarta fase sería el inicio propiamente del vuelo dron y registro de todos los datos e imágenes necesarias para las posteriores fases de trabajo.

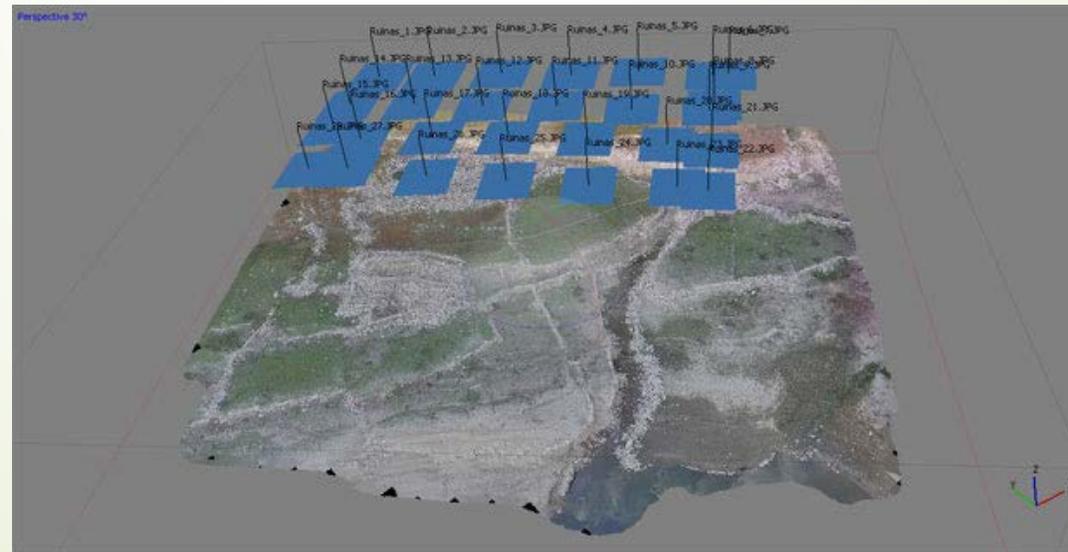
Es importante en esta fase estar atento de cualquier tipo de incidencia o anomalía que pudiese afectar a la información capturada para poder llevar a cabo labores de corrección o descartar esos datos para evitar errores en cadena y producir fallos en los modelos finales



Metodología

La quinta fase se corresponde con la descarga de las imágenes y su incorporación en software específico para su gestión, corrección y adecuación y la posterior creación de los productos finales.

Con este flujo de trabajo conseguiremos la obtención de ortomosaicos de imágenes RGB y multiespectrales, nubes de puntos densas clasificadas según los elementos a los que hacen referencia, modelos digitales del terreno, curvas de nivel, etc.



Ortomosaico multispectral

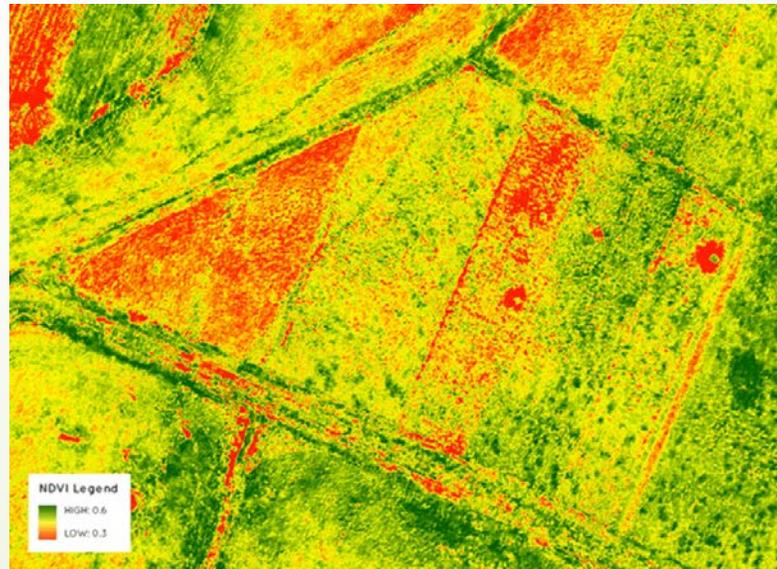
Un **ortomosaico** es un producto de imagen fotogramétricamente ortorrectificado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes, donde la distorsión geométrica se ha corregido y donde se ha realizado un balance de color de las imágenes para producir un dataset de mosaico continuo.



Metodología

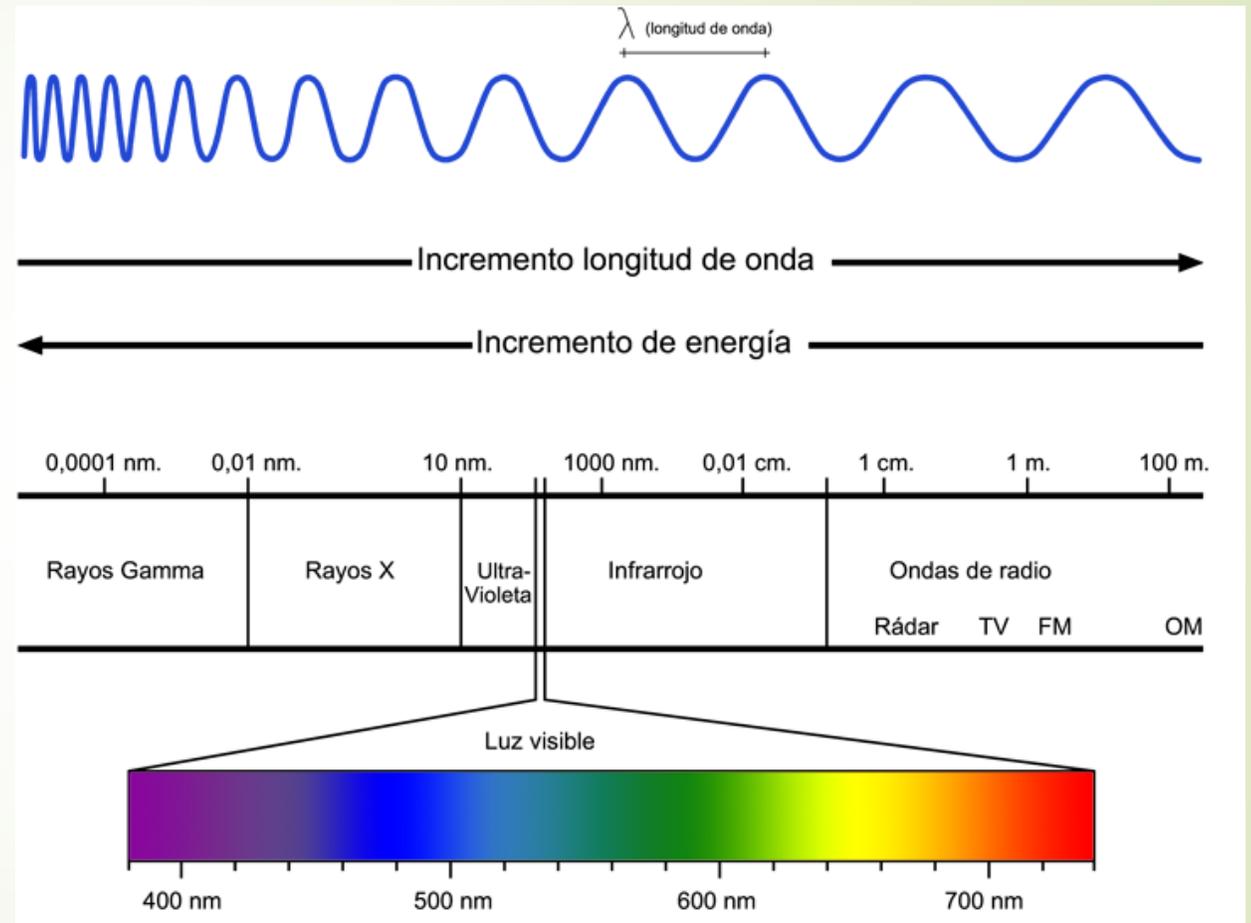
La obtención de distintas bandas multiespectrales nos permitirá calcular distintos índices de vegetación con los que obtener información de las variables y estado de la planta en los cultivos.

Algunos ejemplos muy comunes y empleados normalmente para el estudio de la vegetación son el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) empleado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación según su respuesta en las bandas del infrarrojo y el rojo.



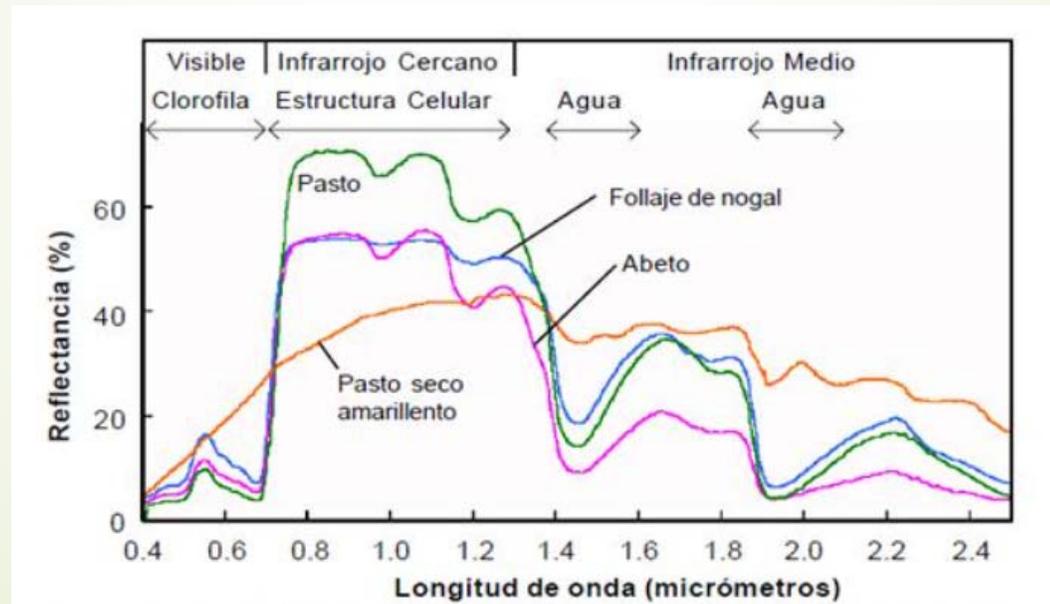
Espectro electromagnético

- Azul (475 nm, ± 32 nm)
- Verde (560 nm, ± 27 nm)
- Rojo (668 nm, ± 14 nm)
- Borde rojo (717 nm, ± 12 nm)
- IR cercano (842 nm, ± 57 nm)



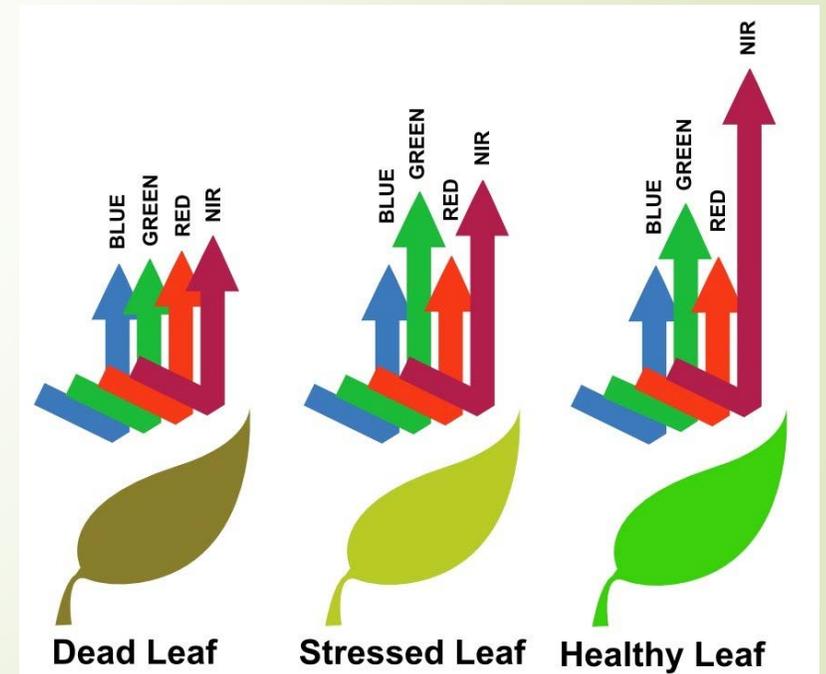
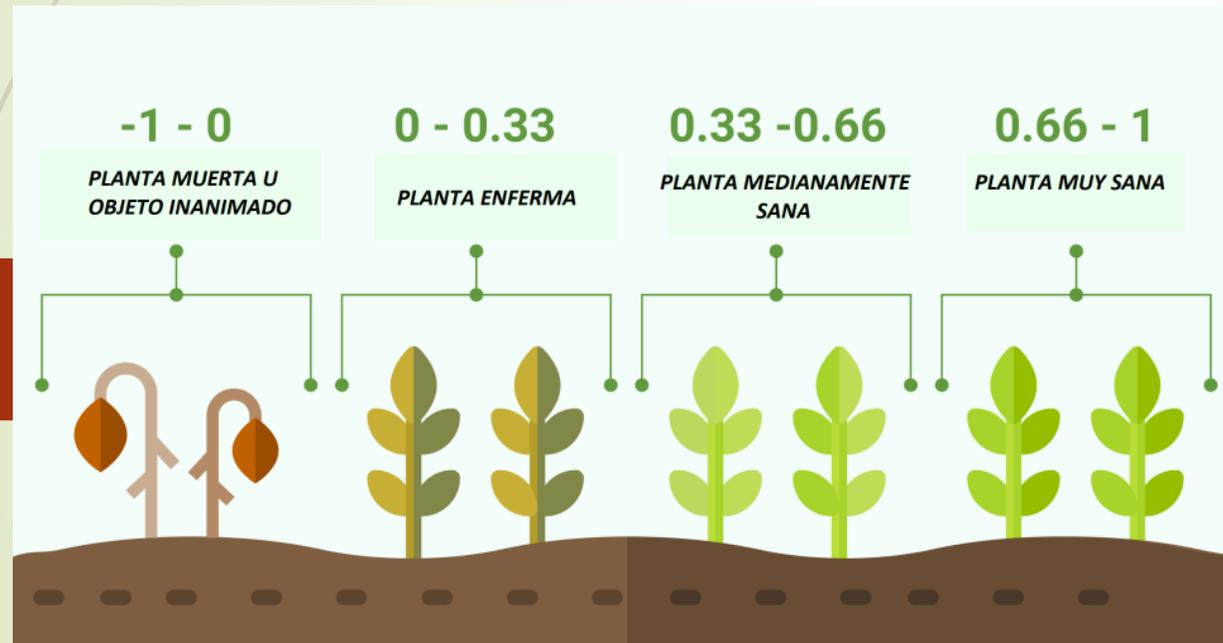
Firma espectral

Las firmas espectrales muestran la variación de la radiación reflejada por los objetos en función de la longitud de onda. Analizando canales de operación y sus niveles de reflectancia, podremos fotointerpretar y trabajar la base de la teledetección.



Análisis multispectral

Mediante el análisis **multiespectral - multitemporal** de imágenes, es posible hacer un seguimiento de la evolución de las diferentes comunidades vegetales y de los cultivos agrícolas. Los **Índices de Vegetación** son combinaciones de las bandas espectrales registradas, cuya función es realzar la cubierta vegetal en función de su respuesta espectral y atenuar los detalles de otros componentes como el suelo, la iluminación, etc.



Índices de vegetación

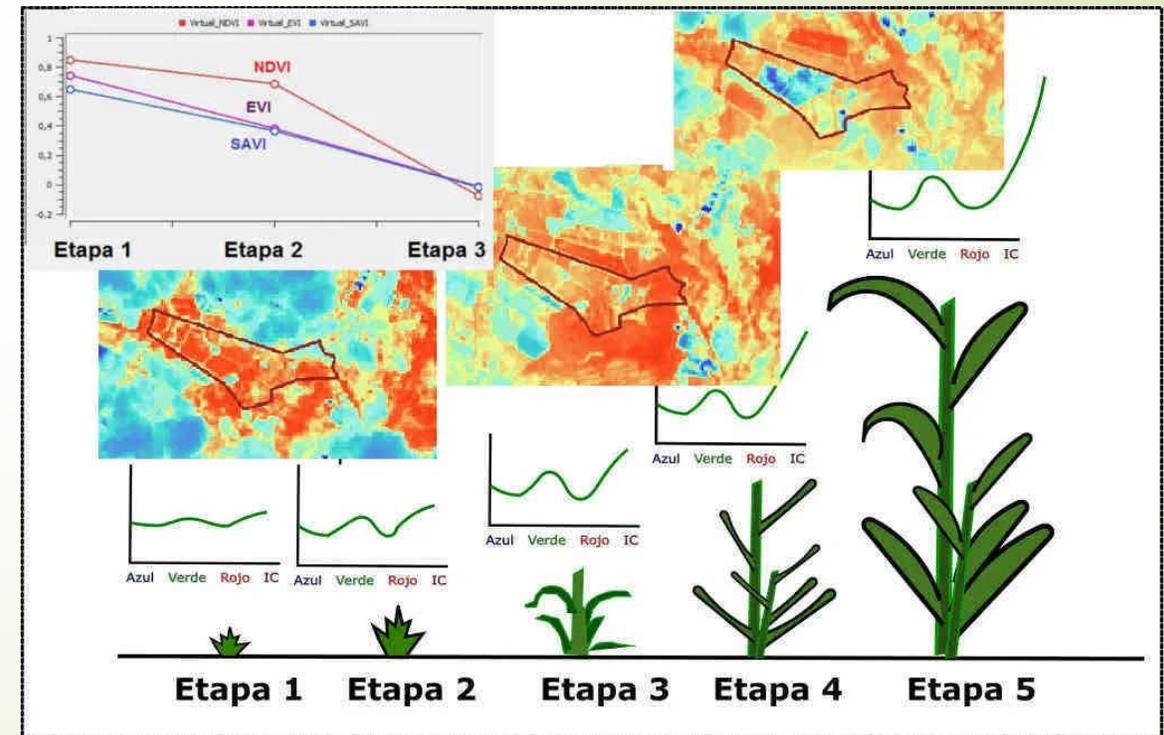
NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)

Es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

Para su cálculo es necesaria la información que se encuentra en las bandas roja e infrarroja de ese espectro electromagnético. Su valor además oscila entre -1 y 1.

Presenta limitaciones:

- Saturación.
- Efectos del suelo.
- Interferencia atmosférica.



Índices de vegetación

EVI (Índice de Vegetación Mejorado)

El Enhanced Vegetation Index (EVI) o Índice de Vegetación Mejorado intenta expresar los efectos atmosféricos calculando la diferencia de radiancia entre las bandas del Azul y Rojo y nos permite monitorizar el estado de la vegetación en caso de altas densidades de biomasa.

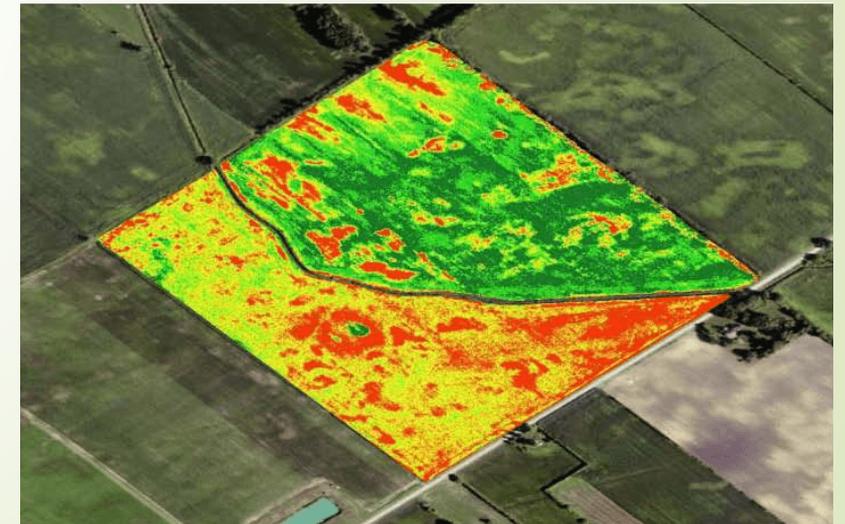
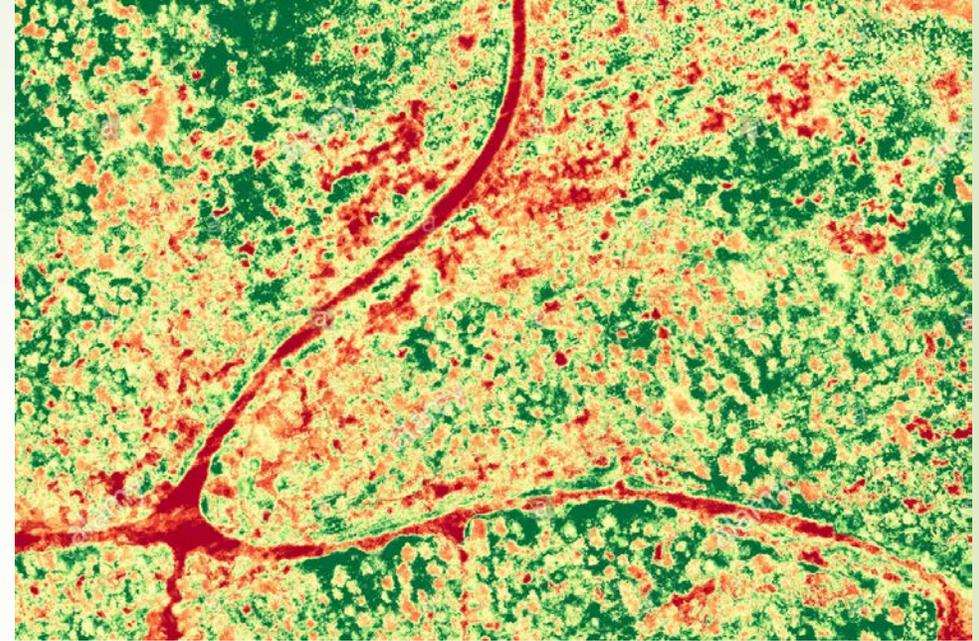
SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo)

El Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) fue diseñado para minimizar las influencias del brillo del suelo. Se agregó un factor de ajuste del suelo a la ecuación del NDVI para corregir los efectos del ruido del suelo (color del suelo, humedad del suelo, variabilidad del suelo a través de la región, etc.), que tienden a afectar a los resultados.

Lamentablemente, no existen normas establecidas para los valores de NDVI u otros, para diferentes tipos de cultivos porque cada campo es único y las lecturas dependen de una combinación de varios factores (clima, tipo de suelo, prácticas de gestión agrícola). Recomendamos tomar datos de satélite a lo largo de varias estaciones y generar series temporales del NDVI para identificar pautas de crecimiento y los valores normales de su propio campo.

Índices de vegetación

- ARVI (Índice de Vegetación Resistente a la Atmósfera)
- GCI (Índice de Clorofila Verde)
- SIPI (Índice de Pigmentación Insensible a la Estructura)
- NBR (Índice de Calcinación Normalizado)
- dNBR (Diferencia Índice de Calcinación Normalizado)
- GNDVI (Vegetación de Diferencia Normalizada Verde)
- NDRE (Índice De Diferencia Normalizada De Borde Rojo)
- TSAVI (Índice de vegetación ajustado del suelo transformado)
- MSAVI (Índice De Vegetación Ajustado Al Suelo Modificado)
- VARI (Índice de resistencia atmosférica visible)
- Muchos más.....



SOFTWARE PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO



SOFTWARE RECONSTRUCCIÓN DE MODELOS 3D Y ORTOMOSAICOS



SOFTWARE ANÁLISIS Y USO PRODUCTIVO DE LOS MODELOS GENERADOS



Aplicaciones

- Monitorización del estado y salud de cualquier tipo de cultivo, mejoras en resoluciones espacial, temporal y radiométrica.
- Sectorización y selección cuantitativa y cualitativa del terreno para la pulverización y aplicación de productos fitosanitarios
- Modelación y cálculo del volumen de copa, altura de cultivo, intensidad productiva y cantidad de producto por individuo para la estimación de producción y logística



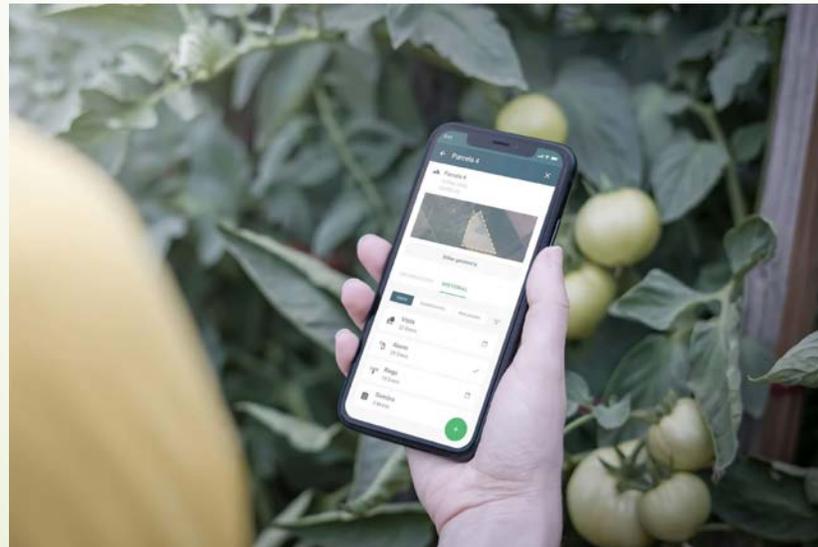
Aplicaciones

- Control del estrés hídrico del suelo y monitorización de los sistemas de riego verificando excesos o defectos en su funcionamiento
- Estudio topográfico del terreno y posibilidad de proyectar futuros emplazamientos para las explotaciones agrícolas maximizando la producción y atendiendo a factores meteorológicos y naturales
- Cuantificar y disponer de información objetiva para el peritaje y valoración de daños tras sucesos adversos



Aplicaciones

- El **Cuaderno Digital de Explotación Agrícola (CUE)** tiene la finalidad de incorporar y mantener los datos de detalle de la gestión de la explotación agraria, de manera integrada con el nuevo Registro Autonómico de Explotaciones Agrícolas (REA).
- Permite la grabación y actualización por parte del titular de la explotación de los datos de las actividades en la explotación en lo referente a las actuaciones fitosanitarias, la aplicación de fertilizantes, los riegos practicados, así como otras prácticas agrarias y no agrarias, e información indispensable relativa a la gestión de las explotaciones.



Conclusiones

- La agricultura se presenta como un sector clave en la sociedad española con multitud de implicaciones y relaciones desde el punto de vista económico, social y medio ambiental
- La necesidad de mejorar y automatizar los procesos de producción y las técnicas de explotación agrícola es una necesidad con vistas a seguir siendo productivo en el mapa mundial de productores
- La introducción de técnicas y metodologías basadas en la agricultura de precisión donde el uso drones y los distintos tipos de sensores que podemos emplear es el actor principal es una necesidad y cada día lo será más en el control y monitorización de los cultivos
- La formación continua, el aprendizaje y la capacidad de integrar esta disciplina por parte del profesional se convierte en la mejor manera para dedicarse y dar cabida a resultados óptimos y con garantías dentro de este sector