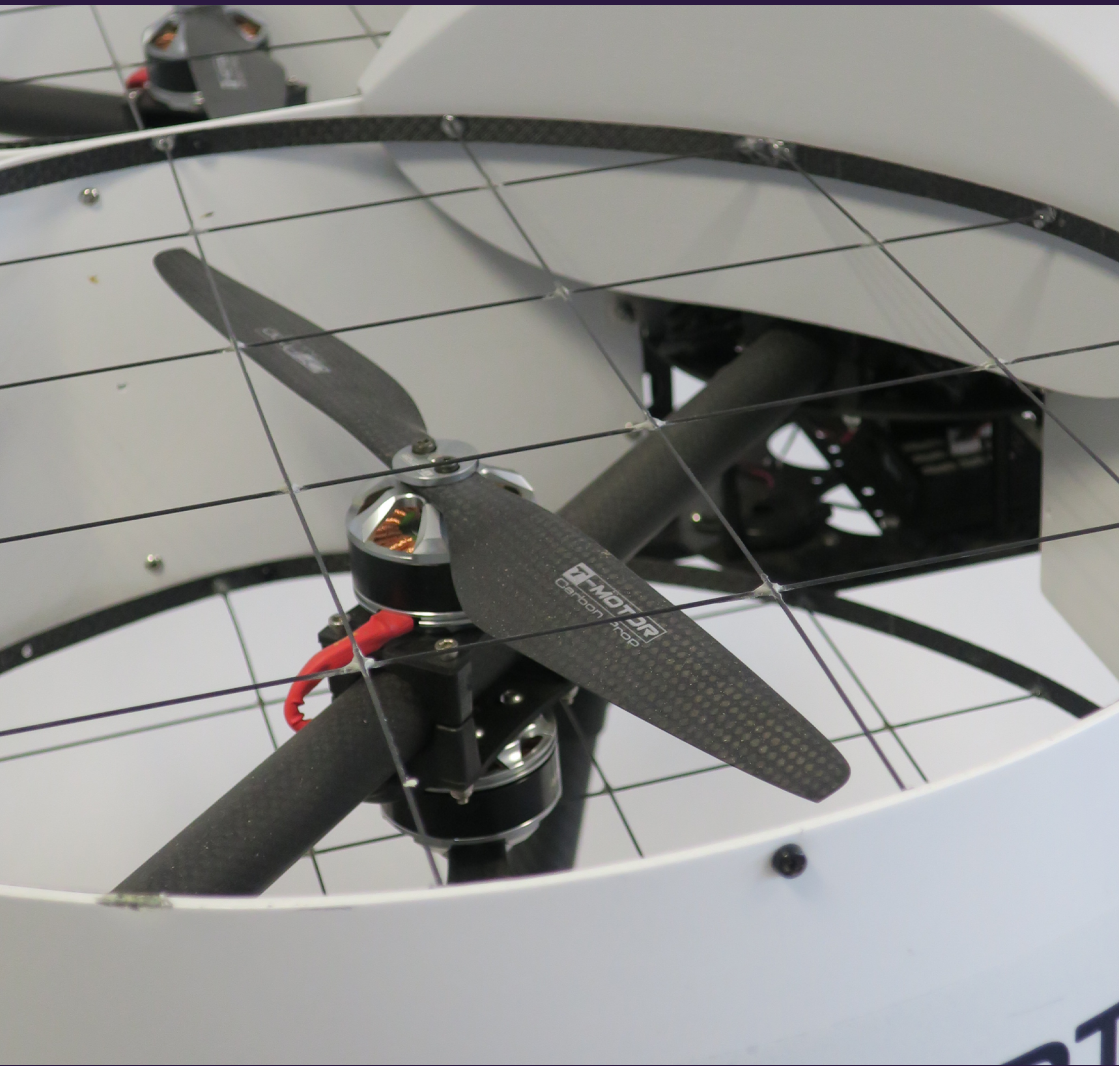


# USER GUIDE

---



**Coordinator:**

Virginia Santamarina-Campos, Universitat Politècnica de València

**Author:**

AiRT project

**Text:**

Ramón Mollá-Vayá (Universitat Politècnica de València),  
Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Francisco Abad-Cerdá (Universitat Politècnica de València),  
Jose-Luis Poza-Lujan (Universitat Politècnica de València)  
and Stephan Kröner (Universitat Politècnica de València).

**Developers:**

Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Francisco Vázquez-Palacios (Universitat Politècnica de València)  
and Adrián Carboneras-Mas (Universitat Politècnica de València).

**Ground Control System software:**

Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Francisco Abad-Cerdá (Universitat Politècnica de València),  
Virginia Santamarina-Campos, (Universitat Politècnica de València)  
and Ramón Mollá-Vayá (Universitat Politècnica de València).

**Graphical user interface:**

Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Virginia Santamarina-Campos, (Universitat Politècnica de València),  
M<sup>a</sup> Angeles Carabal-Montagud (Universitat Politècnica de València)  
and Sophie Carpenter (Clearhead).

**Design and layout:**

Sophie Carpenter, Clearhead

**WP n°: 5**

**Work package title:**

Integration, validation and demonstration

**Deliverable relative n°: 5.4**

**Deliverable n°: 17**

**Deliverable name: User Guide**

**Delivery date: March 31, 2018**

**ISBN 978-84-17098-45-2**



# INDEX

<b>AiRT system</b>	3
<b>What is AiRT software?</b>	7
<b>Working pipeline</b>	9
Autocalibration	11
Mapping	12
Planning	13
Recording	13
Flight plans	14
Drone plan	14
Gimbal plan	15
Camera plan	16
<b>General configuration</b>	17
Splash screen	18
Update reminders	19
Main window	19
Credits	21
Configuration	22
Flight settings	22
Pilot settings	23
<b>Auto calibration</b>	24
Anchor placement	25
Anchor discovery	26
Production planning icons	30
<b>Mapping</b>	32
Semi-automatic settings	34
Scanning the environment	35

<b>Flight plan</b>	41
Managing maps	42
Managing plans	45
Selecting plans	45
Adding a new plan	47
General parameters for a new plan	48
Drone plans	49
Adding key points	51
Determining the key point attributes	54
Gimbal	55
Recording camera	56
Selecting key points	56
Dragging key points	57
Edit time shift	58
Managing the time viewers	59
Managing the map viewers	59
Gimbal plans	60
Point of interest	60
Editing the position of a Pol	62
Camera plans	63
Virtual preview of the recording	64
<b>Recording</b>	66
<b>Emergency</b>	69
<b>Acronyms, nomenclature and definitions</b>	73
Safety areas	74
Forbidden areas	74
Safe landing points / areas	75
The map	75
Description of the main terms used in this manual	76



# AIRT SYSTEM

AiRT is composed of several devices connected to provide the whole service of recording video or photographs in indoor scenarios using RPAS. Principally, there are two main working areas (figure 1):

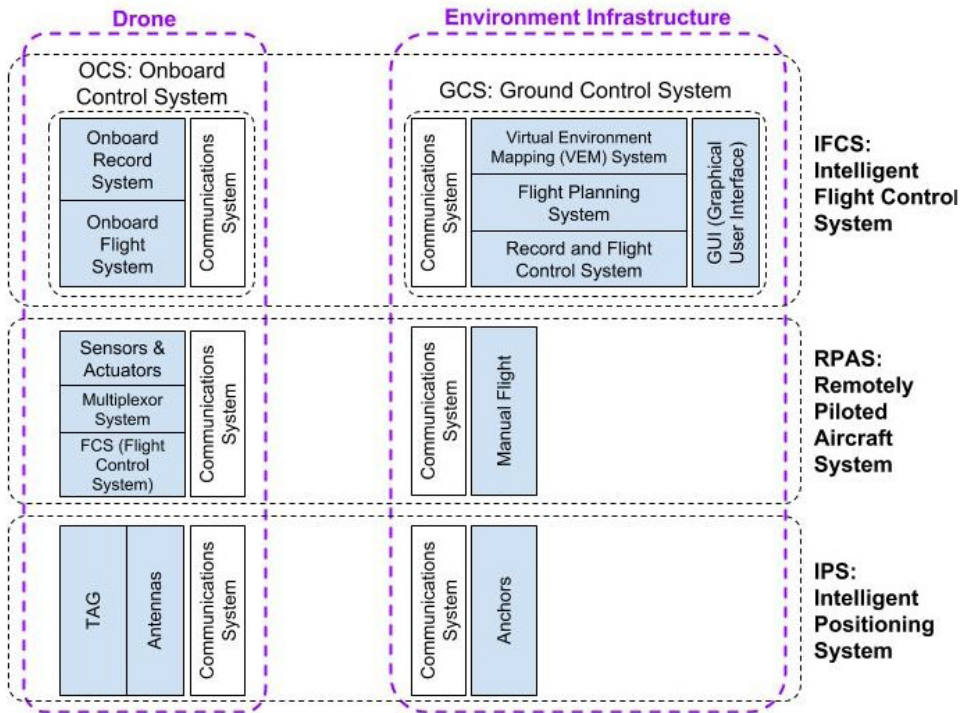


Figure 1. Components and subsystems of AiRT

**1. Environment infrastructure.** This is the ground-based system in charge of supporting drone operability. It is composed of several subsystems:

- a. Remote control via radio, with which a human pilot can control the flight manually, as for existing drones;
- b. Positioning system anchors: These are like radio beacons, and provide orientation and positioning to the drone when flying;
- c. Video sourcing for the pilot's FPV helmet/console and monitoring of the recording camera (named as RCam) for the director of photography. There are two video sources, one for the human pilot and another for the camera operator, which use two 5.8 GHz video channels;

d. GCS: This is in charge of receiving the entire cloud of points for the scene and surroundings from the virtual environment mapping (VEM) manager. The VEM manager is one module of the on-board control system (more information on this is given below). The GCS also allows an offline user to edit the path that will later be followed by the drone, create all flight plans, transfer them to the OCS and modify them in real time while flying, if necessary.

2. **Drone.** This is composed of five subsystems:

1. FCS: This is in charge of controlling all the parameters of the flight, including drone position and orientation, and can be controlled by a human pilot if necessary. It is a typical hardware/software combination used for commercial drones. This system is connected to the OCS;

2. Positioning system tags for sensing and processing: This system connects directly to the FCS and the OCS by means a multiplexer used to select the most safety source;

3. OCS: This also includes the VEM manager, and is in charge of detecting the cloud of points in front of the drone, sending them to the GCS, receiving the flight plan and transferring it to the FCS, and controlling the flight plan according to the operator's requirements;

4. Gimbal: This is in charge of orienting the RCam towards the correct point of interest, regardless of the position and orientation of the drone. It is controlled by the camera operator and the photography director. This device maintains a steady orientation of the camera, independently of the position and orientation of the drone;

5. RCam: This is in charge of recording a UHD video (4K) using professional parameters. It is controlled by the camera operator and the photography director;

6. VEM camera: This is a specially designed camera that provides the drone with a cloud of points representing the objects in front of it;

7. Gimbal: This can be controlled simultaneously by a human pilot via the FCS and by the OCS (automatic flight plan) or manually by the GCS. In this case, the human pilot sends commands in real time to the OCS, overriding the automatic flight plan while in manual mode;

8. RCam: This is directly controlled by the OCS, either using a flight plan or in real time, when performing a flight via the OCS that is controlled from the GCS.

# WHAT IS AIRT SOFTWARE?

AiRT is the name of the system control software. This manual provides a guide to using this software. Its main features are as follows:

- It is a graphical program with a very intuitive GUI;
- It generates a flight plan for a drone with an on-board camera, typically a quadcopter;
- It provides a virtual recreation of the indoor environment in which the drone is expected to fly;
- It allows the director of photography to select a realistic path for the drone to follow during recording, taking into account the behaviour of a real drone. It offers several predefined behaviours, in terms of:

**Continuity of the shot:**

- A sequence shot from the beginning to the end of the flight;
- A sequence of independent takes;
- Frame-by-frame shots.

**Control of the drone:**

- Fully automatic control;
- Mixed control;
- Completely manual control.

# WORKING PIPELINE

AiRT software has four modes of operation, each of which corresponds to:

- A given type of flight;
- A production phase.

The following flight modes are defined:

1. **Autocalibration.** This is the initial mode, and is engaged each time the anchors are moved or the drone is switched on;

2. **Mapping.** This is the manual flight mode, and is controlled by a human pilot. Since there is no information about the environment in which the drone is expected to fly, a scan of the environment needs to be performed manually before the drone can fly in automatic mode. It should be noted that it is not always necessary to perform a scan before designing a recording path, since the user can load a scan of the environment from any previously designed room if available, such as a repository access, previously scanned rooms or CAD design files.

3. **Planning.** The director of photography generates a path for the drone and an animation of the orientation of the camera during flight. The drone itself is not needed for this activity.

4. **Recording.** Once the flight plan has been defined and a number of trajectories have been specified, they must be tested. If the flight matches the photography director's expectations, the production team can then plan the final takes. If the obtained takes are not acceptable, the flight plan must be changed, edited and adapted. This is done in real time, and corrections are performed to the initial plan developed offline. Finally, the drone executes the flight plan and records the programmed shots. The production team can repeat this flight plan as many times as necessary.

Figure 2 shows a state transition diagram for the behaviour of the drone during these flights.



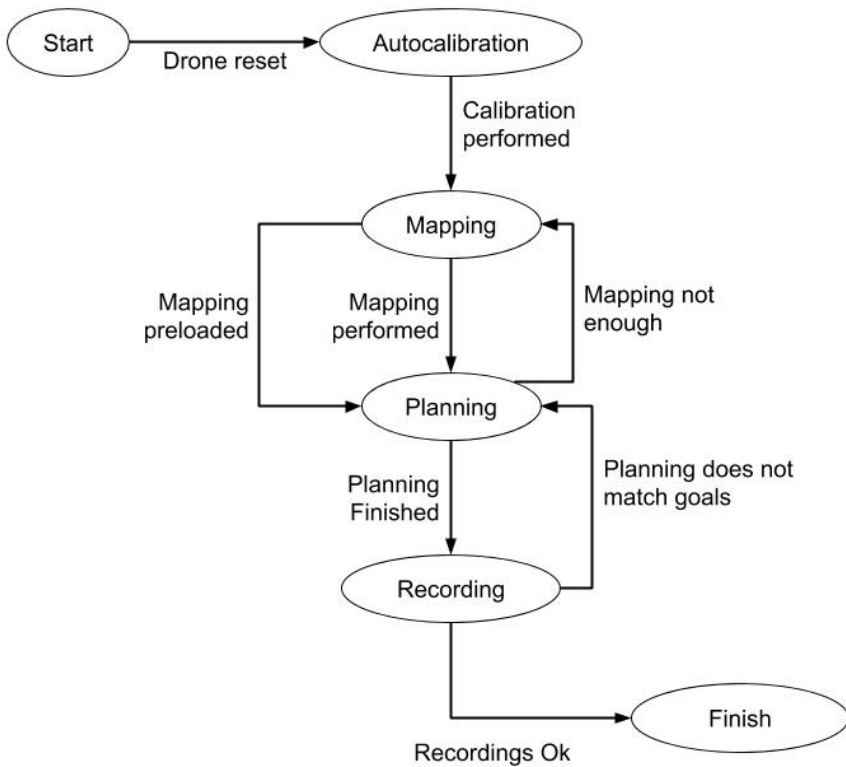


Figure 2. State transition diagram for the behaviour of the drone in different flight modes

## Autocalibration

Drone positioning assumes that the anchors are static; these act as ‘lighthouses’ for the drone.

Note: This system works with radio frequency signals that are available even in the absence of light. The system is therefore reliable enough to be used at night, under conditions of zero illumination.

However, this does not apply to the VEM phase; light is necessary to record the contours of the room in which the flight will take place, although it is not necessary to fly or position the drone.

Each time the positions of the anchors or the drone change, a new calibration needs to be performed to recalculate their new locations. This may occur because:

1. The drone is moved manually, since it must be switched off to allow the batteries to be changed;
2. New recordings are performed on different days, and the anchors are installed and removed at the end of each day.

There are several ways to reduce the amount of calibrations necessary:

1. Record all takes in a single session, without changing the batteries;
2. Attach anchor holders to the walls and leave them during different sessions. This allows operators to easily install and remove tags using exactly the same locations.

Note that although there is no need for a human operator after the calibration process has begun, since this is completely automatic, a human operator is still required to initiate the calibration process.

## Mapping

The aim of this is to capture the geometry of the environment in which the drone is expected to fly and the area that the camera will record. The drone can be controlled by a pilot using a radio frequency controller, or by instructions via the OCS/GCS.

In the first case, the operation requires a human drone pilot (using radio control) and an operator (monitoring the scanning operation through the GCS) to supervise the quality of the scanning. This operator tells the pilot where to go and what to view, in order to fill any gaps detected in the cloud. The operator and the pilot may be the same person.

In the second case, there is only a need for an operator, since the drone can be operated from the GCS. The operator who is overseeing the quality of the cloud of points can determine where to go and what to scan, depending on the requirements of the environment.

# Planning

This is an offline phase carried out with an AiRT client using GCS AiRT software®. This planning can be done in situ at the recording site or at any other location, and later transferred to the drone. Planning involves a set of virtual flights that can be edited in order to get incrementally closer to the final real flight that the drone will perform when recording. The flight plans are transferred to the drone before a recording flight is attempted.

# Recording

Once the flight plan has been adjusted, the operator needs to confirm that the flight plans correspond to what was planned; that is, the virtual flight must match the real take that is desired for the film or the spot. Once the flight is accepted, recording can start. This is the goal of the process of indoor recording, and produces the final product for the film.

The following table summarises the relationships between the different types of flights and the resources required for proper operation.

Resources	Autocalibration	Mapping	Planning	Recording
I.P.S.	Calibrating	Required	Not required	Required
3D map	Not available	Obtaining	Required	Required
Flight plan	Not required	Not required	Obtaining	Required
Pilot	Not required	Required	Not required	Not required
Operator	Not required	Required	Required	Required

Table 1. Relationship between flights and resources required

The following points describe the different stages of an operation plan and how AiRT software is used at each stage.

# Flight plans

From the client's perspective, a plan takes the form of a curve that defines marks at precise times and positions. This produces an animation curve, which evolves over time and forces the flight to conform to a certain point at a given instant of time. This is referred to as a keyframe, and may define several aspects of the drone's flight. In this project, there are three main plans that modify specific aspects of the drone's behaviour:

1. Drone plan: This determines the X, Y and Z coordinates of the drone and the pitch, yaw and roll of the drone;
2. Gimbal plan: This specifies the pitch, yaw and roll of the camera gimbal;
3. Camera plan: This modifies the optical aspects of the camera such as the diaphragm aperture (f number), focal distance, focus point, ISO and exposure time, if the camera allows control of these parameters.

These plans are explained below.

## Drone plans

The curve controlling the orientation of the drone is implicitly obtained from the position animation curve. When the user switches on the drone at a given moment and at a given position, the drone must move (changing its orientation) to the place selected by the user. This orientation animation curve depends on the type of drone used. The keyframe that compels the drone to be at a certain 3D point at a certain time implicitly controls the drone's speed and orientation, and the acceleration that is required to reach the point by that time.

In order to construct the position curve, the system provides a number of editing tools. For example, the user can precisely define the path inside of the scene captured by the drone during a previous flight. The client provides 2D and 3D tools for exploring the virtual map and specifying the curve via control points. Since the curve must be defined by points in the 3D space, and it is difficult to specify 3D points on a 2D screen, the system provides various coordinated views to allow the user to define the flight plan in stages.

In the flight planning (FP) phase, the user defines the path of travel on the GCS program. Before transferring the flight plan to the drone, the GCS needs to check the flight plan in order to verify that:

1. The predefined operational limitations of the drone (maximum speed, acceleration or maximum curvature of the trajectory) are matched;
2. The curve does not enter prohibited areas;
3. The curve respects the security limits of the drone, such as the minimum distance between the drone and walls, minimum and maximum allowable flight height, and duration of the flight according to the battery charge.

## **Gimbal plan**

The gimbal flight plan sets the configuration of the camera orientation for recording. The curve controlling the angular speed and angular acceleration of the gimbal is implicitly obtained from the orientation animation curve. The keyframe that constrains the gimbal to have a certain 3D orientation at a given time implicitly controls the angular speed and angular acceleration. When the user switches on the gimbal at a given moment and at a given orientation, the gimbal must change its current orientation to that selected by the user. The orientation animation curve depends on the type of gimbal used.

In order to construct the orientation curve, the system provides a number of editing tools. For example, the user can precisely define the point at which the camera views the inside of the scene. The client provides 2D and 3D tools for exploring the virtual map and for specifying the curve via control points. Since the curve is defined by points in the 3D space, and it is difficult to specify 3D points on a 2D screen, the system provides various coordinated views to allow the user to define the flight plan in steps.

In the FP phase, the user defines the orientation path of the gimbal. The GCS program checks the flight plan in order to verify whether the predefined operational limitations of the gimbal (maximum angular speed and acceleration) are matched.

## Camera plan

Typically, camera attributes are not changed in a given take. Nevertheless, there are some circumstances in which the light conditions compel a change to the f number, or it becomes necessary to change the focal distance in order to move closer to the action that is taking place.

Note: During a given flight, several takes may be required, and the camera conditions for each take may change. It is therefore necessary to establish a mechanism to change the camera attributes on board without intervention from the GCS. This requires the use of the animation curve mechanism for control of this aspect.

# GENERAL CONFIGURATION

When the AiRT software is switched on, a splash screen is displayed. During this period, the program creates the initial data structures.

## Splash screen

This is the welcome screen, and is the first screen seen by the user when the program is started. While this splash screen is displayed, the program tries to connect to the drone and initiate the internal data structures required for its correct functioning.

It should be noted that this program can work offline, and therefore does not need to be connected to a drone (and the drone does not need to be switched on) to allow the program to work. For instance, this program can be used by the production team to design the flight paths from a hotel room, away from the real recording area.



Figure 3. Splash screen



# Update reminders

During the initialisation phase, AiRT connects to the server in order to check whether there is a newer version of the software. If so, the software asks the user to perform an update before continuing to a normal session (see Figure 4a). If the user selects the OK option, the program will start to download the new version and install it. After installation, the user is requested to restart the program.

If there is no new upgrade for the program, the main window is immediately displayed on the screen (see below).

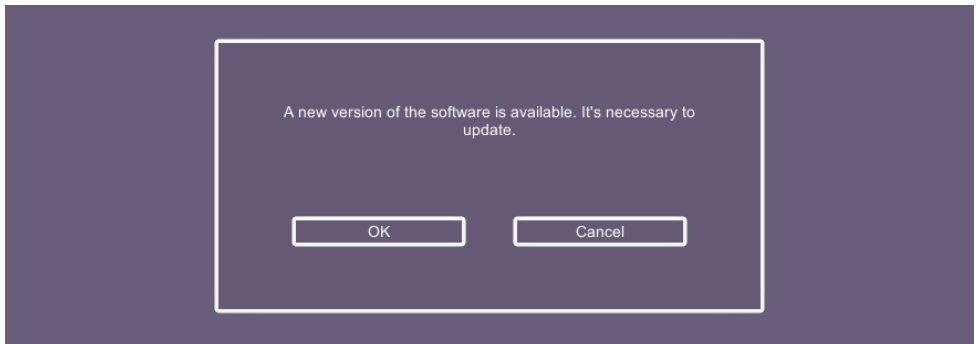


Figure 4a. Update reminder screen

# Main window

When initialisation is complete, the main window of the program is displayed (see Figure 4b). This window allows the user to select from several actions:

- Change the general settings. Click the gear icon at the bottom left-hand corner of the screen. For more details, see the section entitled **Configuration**;
- Manage flight plans. Click the Flight Plan button. For more details, see the section entitled **Flight Plans**. This option allows the user to:
  - Select a previously loaded plan for editing purposes;
  - Create a new flight plan. This takes the user to the scanning stage if no previous room information has been loaded into the AiRT software;

- Start recording takes according to a given predefined plan. Click the Flight Session button. For more details, see the section entitled **Recording**.

- Access the Credits window. Click the question mark button at the bottom left-hand corner of the screen (see next section).

It should be noted that the user cannot carry out the following actions:

1. Planning, if no scan is available;
2. Recording, if no plan has been designed;
3. Mapping, if there is no connection to the drone.

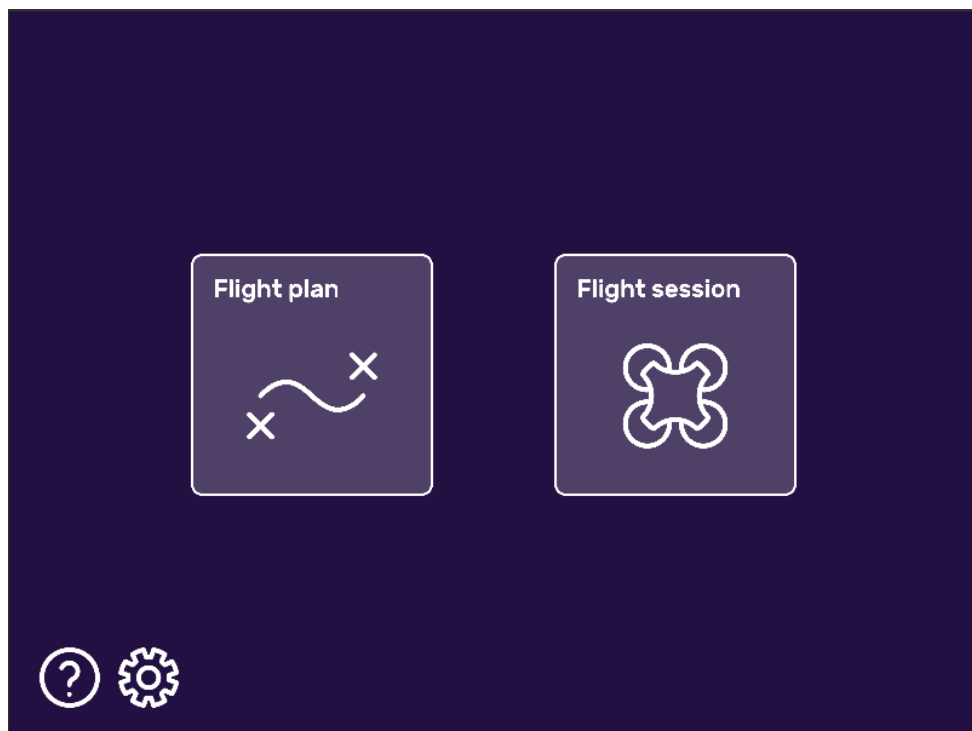


Figure 4b. Main window

# Credits

If the credits (question mark) button at the bottom left-hand corner of the screen is clicked, the following window appears on the screen.

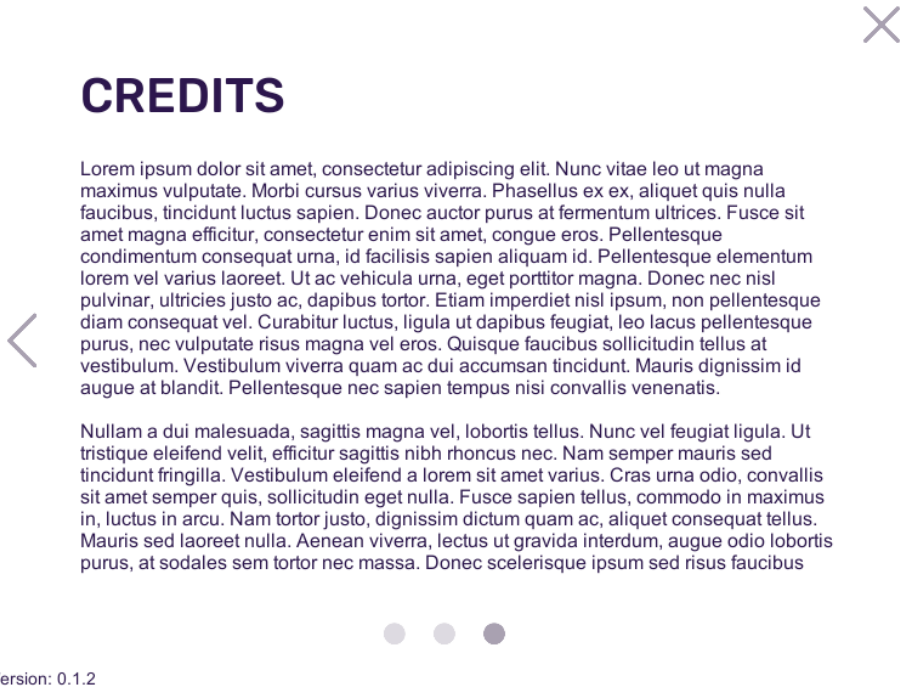


Figure 5. Credits window

Click the Close Window button (a cross at the top right-hand corner) to return to the main window. The user can move through the credits by clicking the arrows in the middle of the screen to the left (< icon) and the right (> icon).

# Configuration

If the general configuration (gear) icon at the bottom left-hand corner of the screen is clicked, two configuration windows will appear:

1. **Flight settings** (see Figure 6): This shows the restrictions on the drone manoeuvres while in automatic flight mode. These restrictions control the maximum vertical speed in metres per second and the maximum angular speed in degrees per second. Note that when the drone is flown in manual mode, these restrictions do not apply.

2. **Pilot settings** (see Figure 7). This shows the restrictions on the drone manoeuvres while in manual flight mode. These restrictions control the maximum flying height in metres and the maximum tilt angle. Note that when the drone is flown in automatic mode, these restrictions also apply.

## Flight settings

The security restriction parameters (maximum vertical speed and maximum angular speed) are controlled by two different sliders. These can be moved as necessary to set the corresponding values required for the current flight conditions.

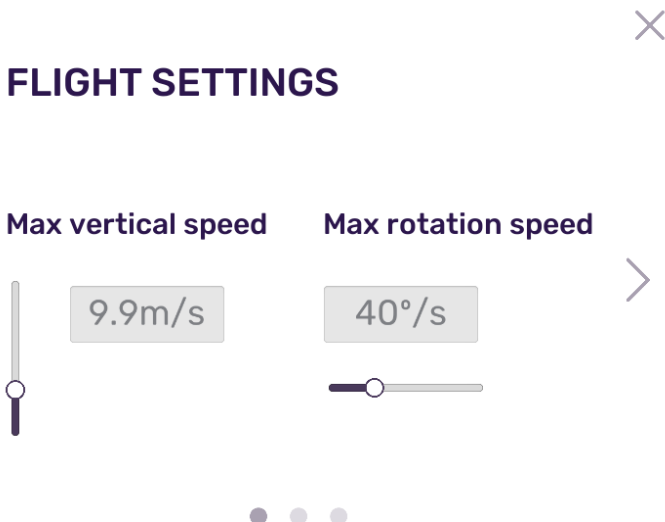


Figure 6. Flight settings windows

## Pilot settings

The security restriction parameters (maximum vertical altitude and maximum tilt angle) are controlled by two different sliders. These can be moved as necessary to set the corresponding values required for the current flight conditions.

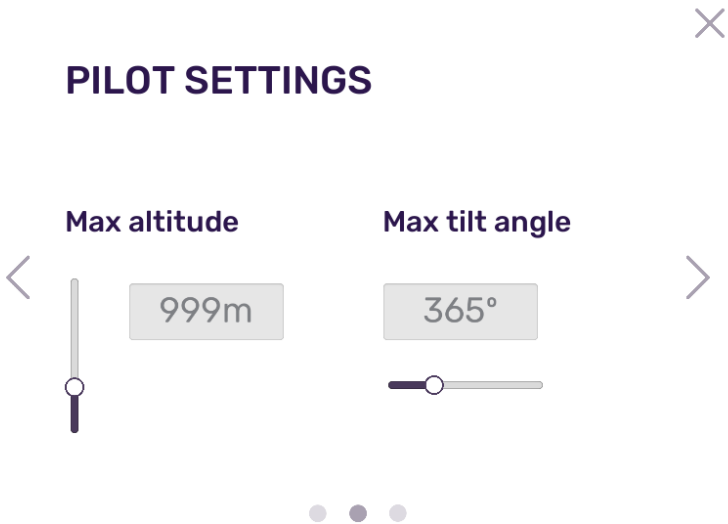


Figure 7. Pilot settings window

# AUTOCALIBRATION

As can be seen from the state transition diagram of flight modes (Figure 2), before beginning an environment scan or video recording, the drone needs to know exactly where the anchors are in order to identify its position accurately. This is mandatory for good point localisation, since the more accurately the position is established, the more precisely the points of the environment surfaces can be scanned.

Thus, the first step in the production pipeline is to calibrate the position and orientation of the drone.

This phase controls the localisation of the drone within the area covered by the beacons (anchors). This phase can be subdivided into two stages:

1. **Anchor placement:** This is carried out in a previous sub-phase in which the operators decide where to place the anchors and how many to use;
2. **Autocalibration:** This is an automatic phase in which the drone detects how many anchors are available and where they are placed.

## Anchor placement

In this phase, operators must analyse the area in which the recording is to be performed. Based on the number of obstacles, the electromagnetic interference, the volume of the scene and its geometric complexity, the team must decide how many anchors they require.

The following suggestions should be noted in the calibration of the drone:

1. In the recording phase, the drone can be switched on in restricted areas, where it will later be prohibited from entering. The take off point may be some distance away from several of the anchors, although these anchors may be useful during the later recording phase, since the drone may fly close to them. In this case, the first anchors will be so far away that the link to them will be lost.
2. The anchors must be sited so that the drone does not lose the link while flying, and should preferably be on a direct line of sight. It does not matter if some anchors are not on a direct line of sight when taking off, since they guide the drone within different flight areas.
3. The heights of the anchors must be different, i.e. they must not be in the same horizontal plane, since they are also used for the height mapping of the drone.

The anchors are generally placed in a cubic distribution, with four anchors in the same plane (at the same height) near the floor, and another four at a higher level. The higher the anchors, the better the resolution and precision of the drone. Calibration must be done prior to the recording phase. This is the case for a scan downloaded from an internet server, or when permission is needed for working on different days due to access restrictions (for example other planned recordings, public use, security reasons, construction works). It is recommended to complete all the work within a single day if possible.

Once deployed, the anchors should not be moved. If this is not possible, the production team should remove the anchors or holders from their positions. This is critical for the correct alignment of the virtual mapping to the geometry of the real environment. Any displacement could be fatal for the final recording result and the security of the drone. In these cases, the anchor holders should be placed where they are not likely to be noticed or where they cannot be stolen. On the next recording day, the same anchors should be placed in the same positions of the holders. A map of the anchors is stored in the GCS, and this can be followed to site every anchor in its correct place. Each anchor has a serial number, and this number can be cross-referenced to the virtual map in the GCS.

## Anchor discovery

This is the first autocalibration window, and is used to start the procedure of identifying anchors within the range of the drone antennas. Firstly, the drone must determine how many anchors are within range, and it then performs an autocalibration to fix every anchor in its correct position. Depending on the deployment configuration, the drone changes the orientation of the axis of the coordinate system used for the trip or for scanning the environment.

Click the Discover button to start this procedure.



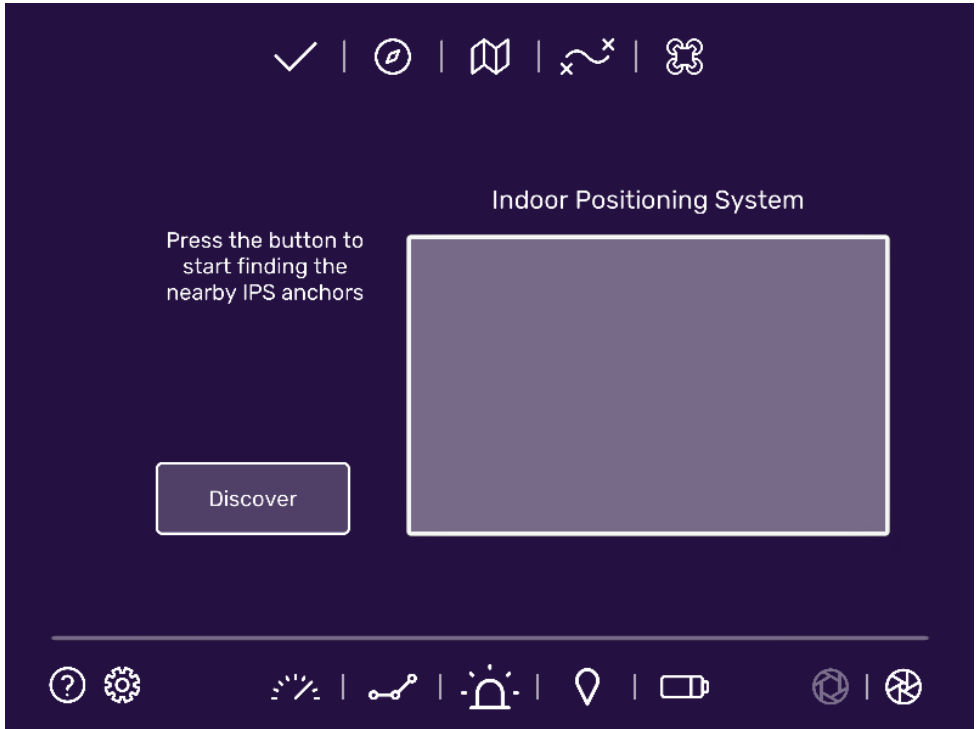


Figure 8. First step in discovering all available anchors within range of the drone

As the different anchors are identified, a list of identifiers (a combination of four numbers/letters) will appear on the screen, as shown in Figure 9.

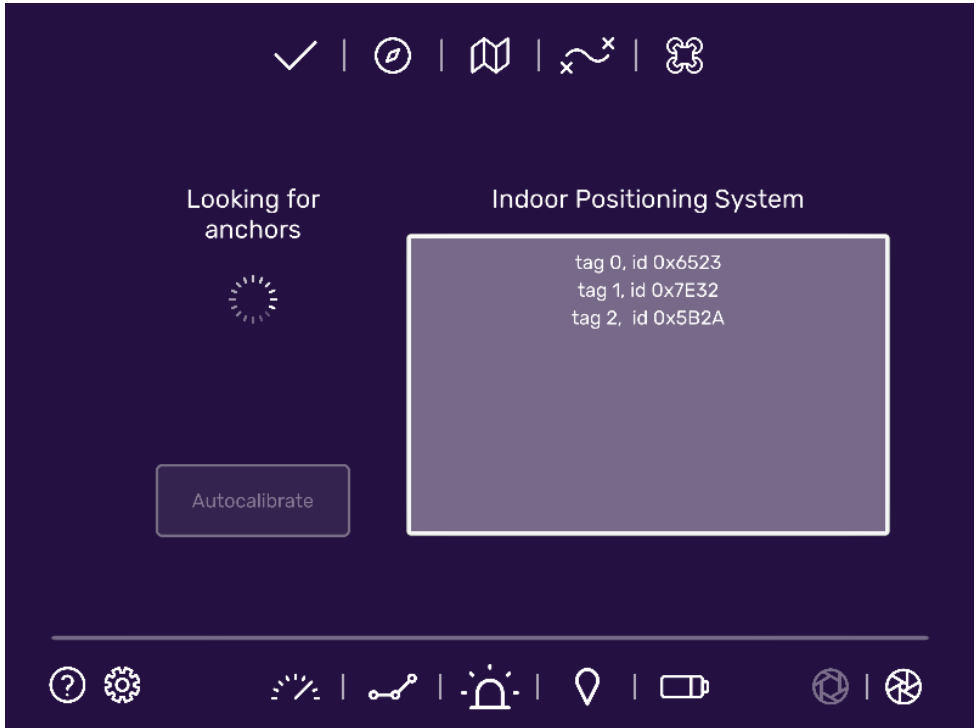


Figure 9. List of anchor identifiers recognised as being within range of the drone

Once the list is complete, the Autocalibrate button will appear. Click this to start an automatic calibration. A new window will appear showing a 3D visualisation of the position in space of every anchor, the origin of the coordinate system and its main axis, showing the positive X direction, the positive Y direction and the Z axis. This window also shows the position of the drone with respect to the origin of the coordinates, as shown in Figure 10.



Figure 10. Rendering of the position of each anchor and the position and orientation of the coordinate system

Each time a new calibration is performed, the old coordinate system is invalidated, and prior flight maps and environment scans are also no longer valid. Thus, the remaining step following calibration is to map the environment or to manually match a previous environment to the new coordinate system.

Note: The drone can fly in environments where there are no obstacles; for instance, in open fields or in a huge interior environment where there is no possibility of bumping into anything within the area of flight. In these cases, the mapping can be accepted immediately, without moving the drone, and the user can proceed to the planning or recording phase.

# Production planning icons

In the AiRT software, there are five icons at the top of the screen (see Figure 11).



Figure 11. Production planning icons

These five icons show the internal state of the production plan, which is divided into five different phases:

1. Connecting the GCS to the drone (the tick icon to the left);
2. Performing the autocalibration (a circle around a diamond icon, second from left);
3. Scanning the surroundings (the folded sheet icon in the centre);
4. Planning a recording (a spline with keyframes, second position from right);
5. Recording the video as planned (drone icon to the right).

The tick icon on the left-hand side provides information to the drone about the connectivity of the AiRT software:

- If the GCS is working offline (i.e. the drone is out of reach or switched off), this icon is disabled;
- When the drone is connecting to the GCS or vice versa, this icon blinks. This is the case when it travels out of range, when there is a bad connection due to electromagnetic interference, or during a system reset at the beginning of the recording procedure;
- If the drone is well configured and the connection is good, the icon is enabled.

When the drone is autocalibrating its sensors, detecting anchors or self-positioning, the second icon from the left blinks. As soon as the self-test is finished, this icon is enabled.

While performing a scan of the environment, the folded sheet icon is enabled.

When a flight plan is being created, even if the drone is switched off, the planning icon is enabled. In this case, the tick icon and the autocalibration or scanning icons may also be disabled.

For the last icon on the right (indicating recording) to be enabled, the remainder of the icons must also be enabled; this is because it is necessary to have a direct connection to the drone, autocalibration to be complete and a plan to have been selected and loaded onto the drone.

Note that while the user is working on a given phase or when the phase is complete, the corresponding icon is enabled. The current phase (for instance, if the user has gone back to repeat or edit a previously completed stage) is highlighted to show the user the current stage.

# MAPPING

This phase is used when no previous flight plan is available for the current flight environment, and the only solution is to scan the environment in order to detect potential threats to the flight.

As described above, this phase must be managed by a human pilot and/or operator, since the flight cannot be autonomous at this production step. It should be noted that the drone is not aware of any information about its environment, and the flight is therefore manually controlled by one or two human operators.

Before performing any kind of real flight (i.e. each time the drone needs to perform an environment mapping or a video recording), all subsystems must be tested in order to guarantee the safety of the service. This includes an autocalibration of the IPS, as described above. When the user is offered this option, the drone has been initialised, has performed an autocalibration, is switched on and is connected to the GCS.

When this option is selected, the following window appears (Figure 12).

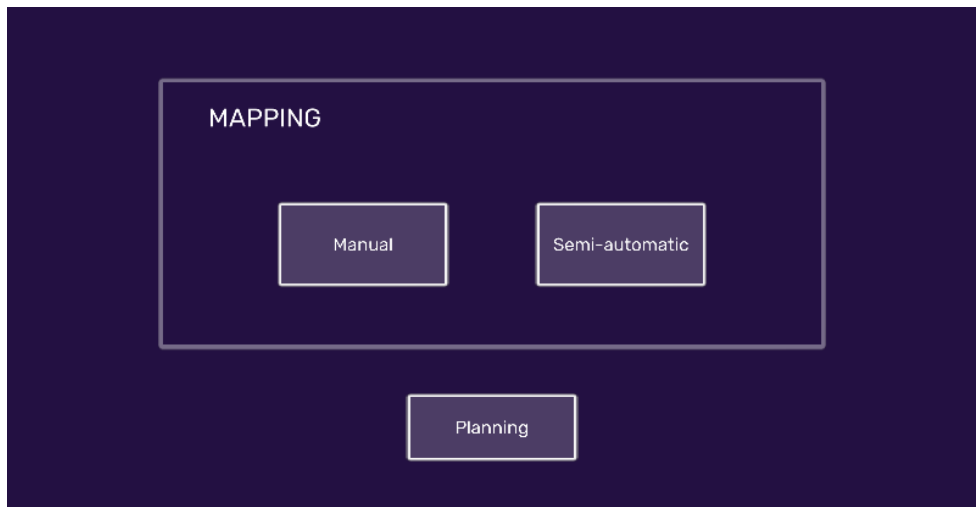


Figure 12. Selection of mapping type

Mapping starts when either the Manual or Semi-automatic mode is selected (these are described in the next section). The Planning button takes the user to the Planning phase, avoiding this scanning section completely.

# Semi-automatic settings

When the semi-automatic mapping choice is selected, the next window appears on the screen (Figure 13).

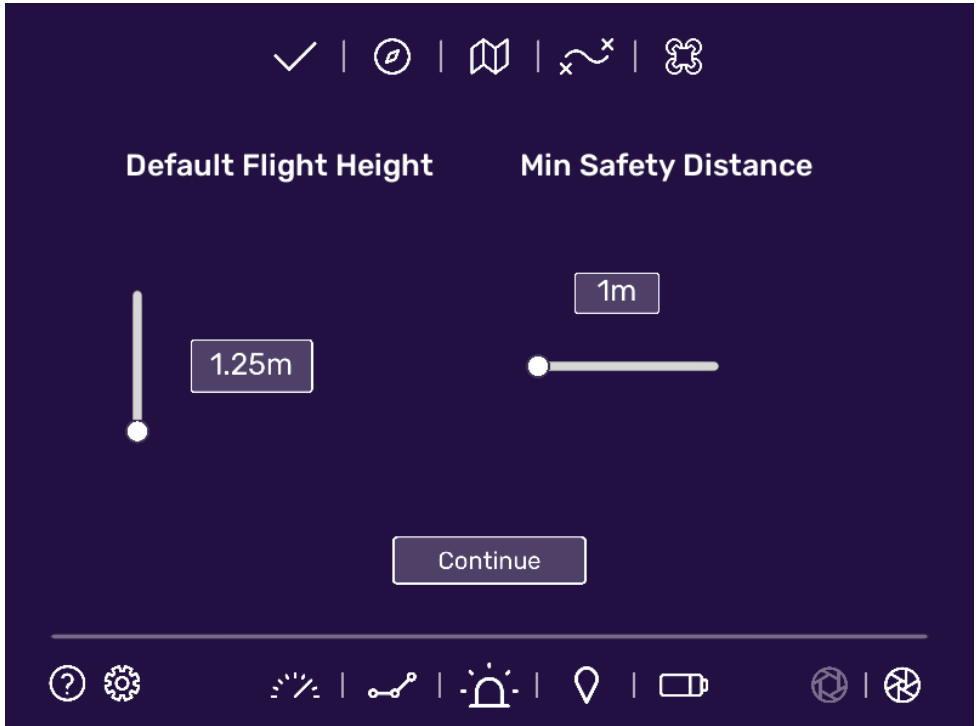


Figure 13. General settings before entering the mapping phase

The user can set two values by default:

1. The minimum safety distance between the drone and the scanned walls. This is used to avoid a collision between the drone and the mapped environment;
2. A default flight height: This is the height above the floor at which the drone should fly.

Click the Continue button to accept these values.



# Scanning the environment

This stage shows the different parts of the process of scanning the environment. The following window will appear after the Manual Mapping button shown in Figure 12 or the Continue button in Figure 13 is clicked.

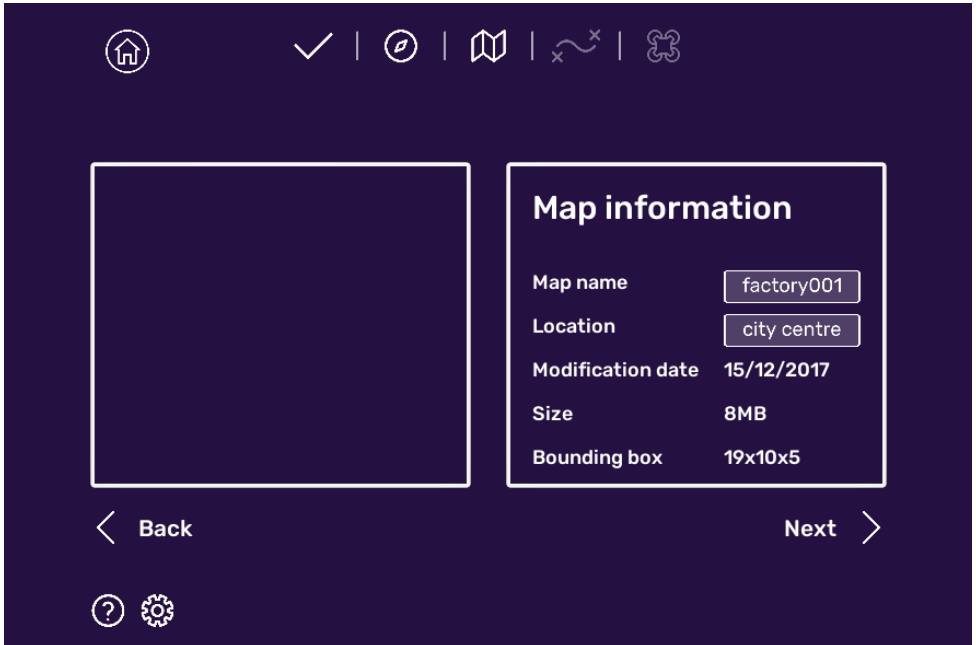


Figure 14. Map identification and metadata shown before registering the environment.

Enter the name of the mapping to perform and the location for future use, giving a name that is related to the scanned area or location, scene name, or date, according to the production plan. Click the Next button to move to the next window.

The scanning process may be interrupted if the environment is very complicated, the batteries run out in the middle of the scanning process, lighting conditions become so bad that there is no possibility of continuing the scan or security hazards oblige the drone to land. It is then necessary to land the drone, shut it down, change the batteries if necessary and restart it later at the point at which it finished previously. In this case, click the Select button and choose one of the maps listed on the screen to continue an interrupted scanning process.

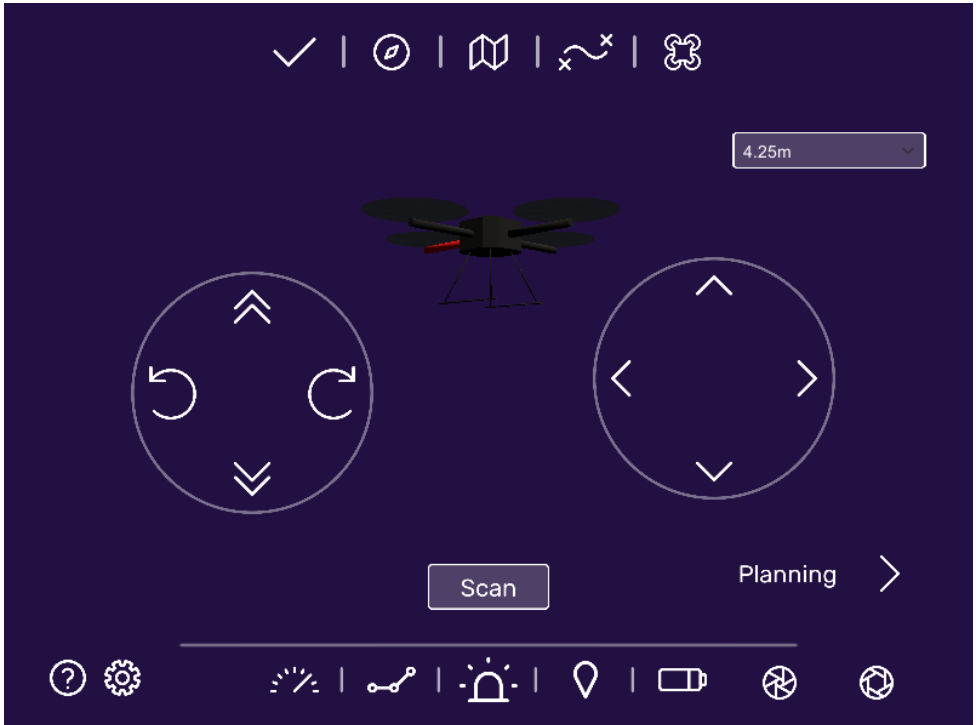


Figure 15. Default window for the scanning process

An icon of the scanning drone appears in the centre of the window. The phase indicator at the top of the window is set to Mapping mode.

There is a **height indicator** in the top right-hand corner. This is the default height the drone will use and maintain for mapping the environment during the whole of this phase. This can be changed to the height necessary for the current scan slice, and can be changed again once the first mapping floor (slice) is complete. Scan only the level(s) required to define the recording paths or the area that the drone will see, for a visual reference for the camera operator.

There is a circular controller to the left that allows the user to move the drone:

1. Up and down (a height movement);
2. To the left or right via a rotation (the yaw movement).

There is a circular controller to the right that allows the user to fly the drone:

1. Straight forward or backward;
2. Laterally to the left or right with no rotation around the vertical axis.

Notice that the controller on the right does not change the height, and moves the drone on a horizontal plane parallel to the ground. Only the height is changed. Notice also that drones do not receive pitch or roll commands from the GCS software, although the on-board avionics can change the pitch and roll as required by the flight plan movements.

There is a Scan icon at the centre bottom of the window that allows the user to start, pause or finish the scanning process:

- Hold this down for at least three seconds to start scanning the surroundings. The drone will show the take-off button. Press this and the drone will rise from its position until it arrives at the desired default height, as set on the **height indicator** in the top right-hand corner, at which point a warning window will appear (see Figure 16). Start moving the drone to perform a scan of the surrounding environment. The drone is now in scan mode.
- If the drone is in scan mode, pressing the button Scan again will pause the scanning although the pilot can move it to anywhere, but without scanning during the movement. The drone is Pausing mode.
- When the drone is in Pause mode, pressing the Scan button again will restart the scanning. The drone is now in Scan mode again.
- Hold down this button to land the drone at its current point. A confirmation pop-up window will appear, and the user should click Accept or Cancel.

The window will change to the following figure.

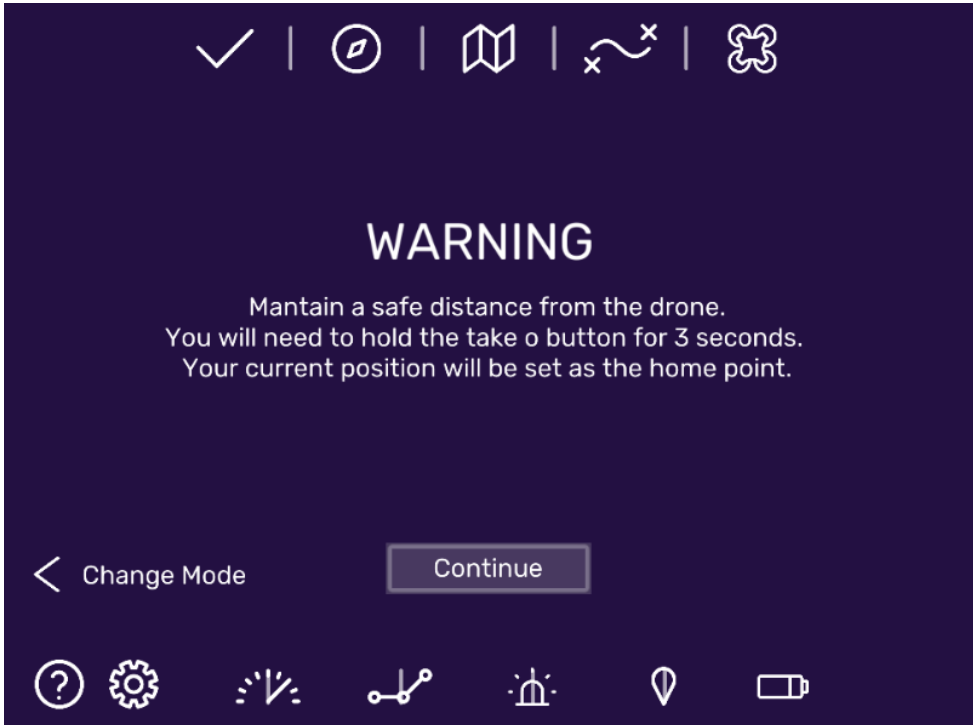


Figure 16. Window warning the user of take-off to start the scanning procedure

As a safety measure, the user needs to press and hold the Continue button for at least three seconds to cause the drone to take off. While the drone is rising to the default altitude (set in the default settings window), the user sees a launch icon on the screen. In this phase, the drone cannot be controlled through the GCS, and can only be controlled using the manual radio control.

As soon as the drone reaches the default altitude for scanning, the user can move the drone manually by using the controls of the drone on the GCS screen (see figure below).

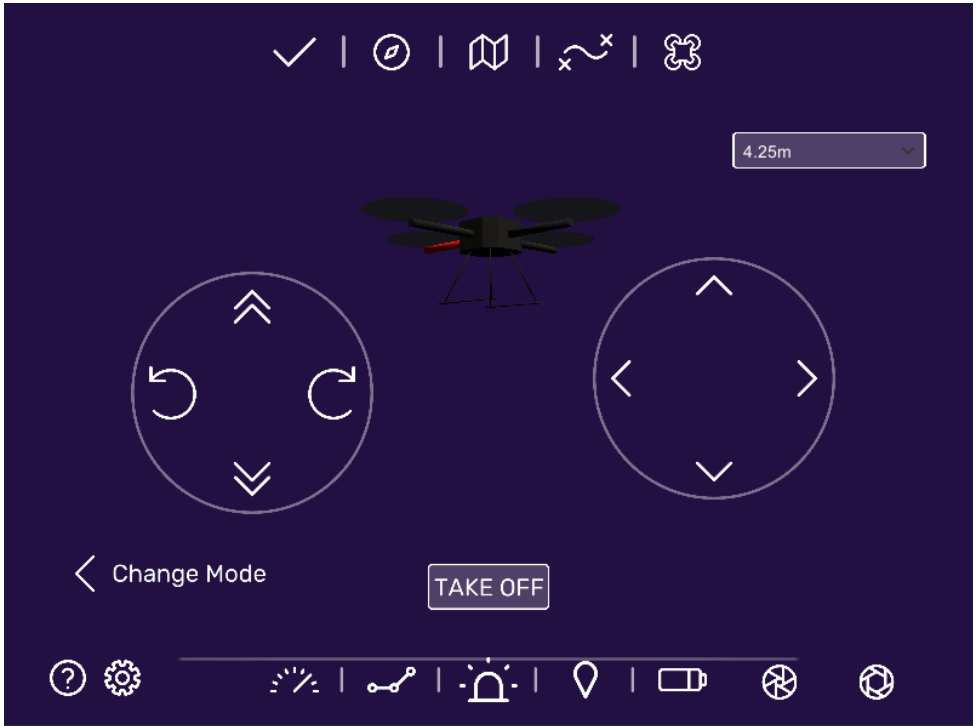


Figure 17. Take off window before the scanning phase

The drone can be moved using the controls. The drone may need to move laterally to allow the scanning camera to face towards the walls and objects that need to be registered. As the drone registers the cloud of points on the walls, it sends them to the AiRT software. The cloud of points is seen on the screen as the drone moves and registers the surfaces in the environment.



Figure 18. Sequence of a typical scanning session; the walls and environment appear on the screen as the drone moves around

The drone can be controlled from the ground, via either the AiRT software or a standard manual radio control. Only one system can be used at a time; do not use both simultaneously, or the drone could behave erroneously.

This flight mode is completely manual. As the drone moves, the walls appear on the screen.

When the drone lands, i.e. when the scanning session is finished or the batteries are empty, the window in Figure 16 appears once again. The user can plan another flight by pressing the Change Mode button at the lower left, which takes the user to the window in Figure 4b. Press the Flight Plan button to enter the next procedure.

# FLIGHT PLAN

A flight plan involves three main aspects:

1. The path for the drone to follow, i.e. the position and speed at every moment of the flight. This path includes the key points at which the drone must be located at certain times and its speed at these points;
2. The camera attributes (diaphragm, optical distance, focus point, exposure time etc.);
3. The point of interest to record (i.e. the point of interest on which the camera is focused). In this case, the flight plan needs to set the pitch, roll and yaw angles of the camera.

## Managing maps

When the planning option has been selected, a range of mappings and the flight plans associated with each mapping are shown on the screen. The available maps appear in the upper row of the screen. Note that a flight plan can only be scheduled if it has an associated mapping.

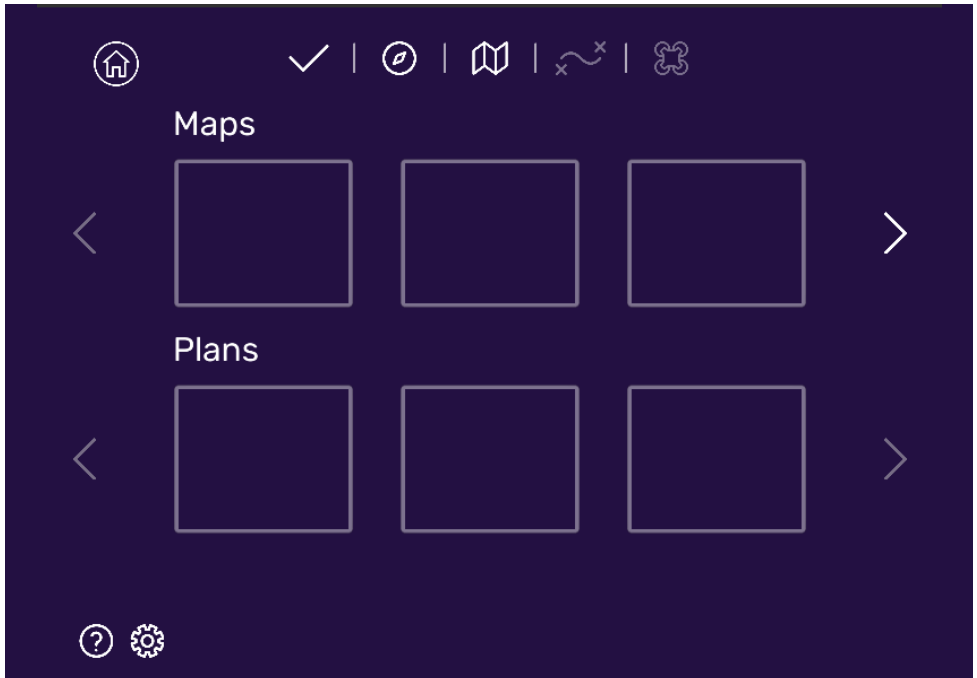


Figure 19. Select a mapping to see the associated plans



Both mappings and plans have properties that can be edited. Click the selected mapping and hold it down until a new window appears. Four options can be selected:

1. **Select** the current mapping. When this is selected, all plans associated with it can then be selected from the row below. The user can select a map by clicking on it directly.
2. **Info**. This shows the information associated with the mapping (see Figure 21).
3. **Download/Remove local**. Connect to the server and download this map. Overwrite it on the local memory.
4. **Delete from the server**. Remove this map from the server when it is no longer needed or if the anchor references are lost and cannot be used again.

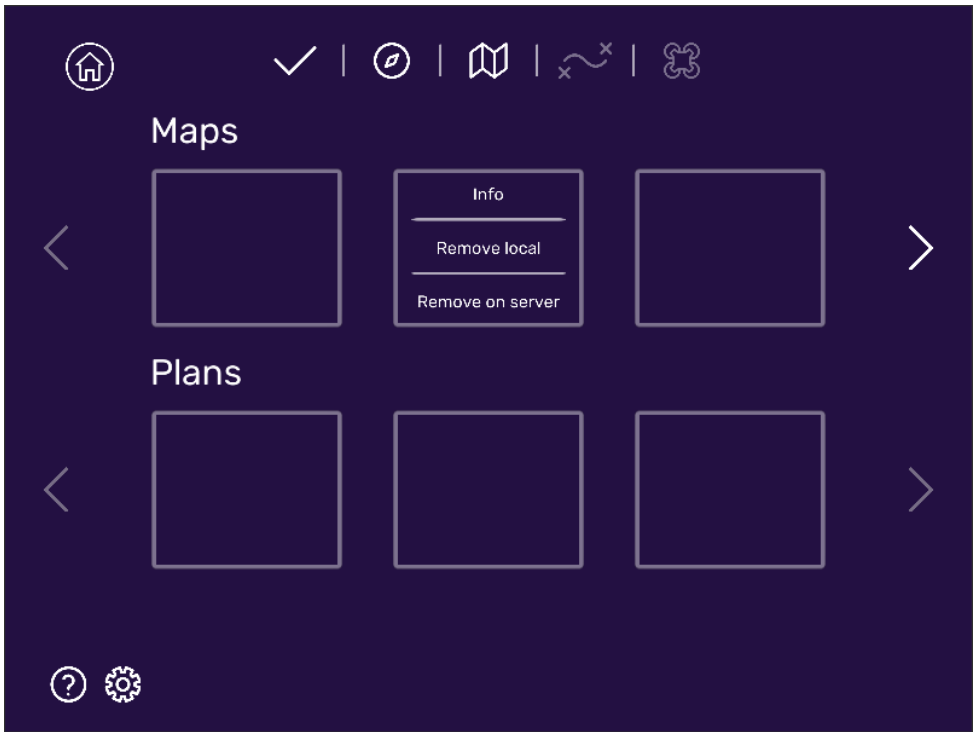


Figure 20. Secondary menu for mappings

Click outside the secondary window to return to the main window.

The information about the map currently selected can be seen in Figure 21. This typically includes the name of the map, the place and date it was recorded and technical details such as the amount of memory used or the volume covered (see figure below).

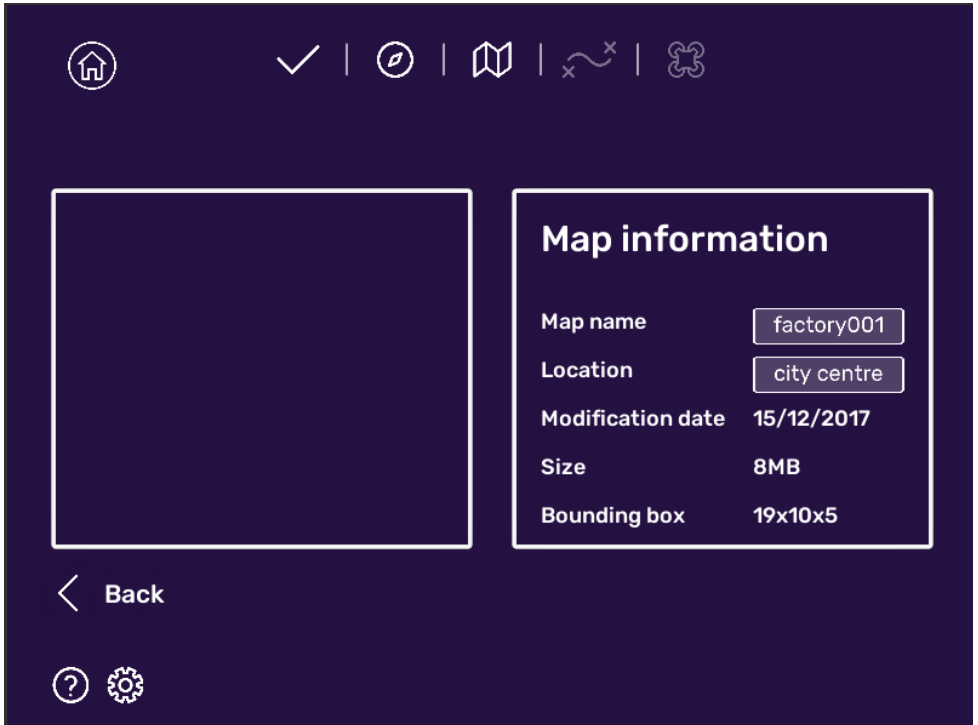


Figure 21. Map information window

# Managing plans

In this section, several options for the plans are presented. A plan can be selected, its key points edited, the properties of each key point can be managed, saved and loaded, etc.

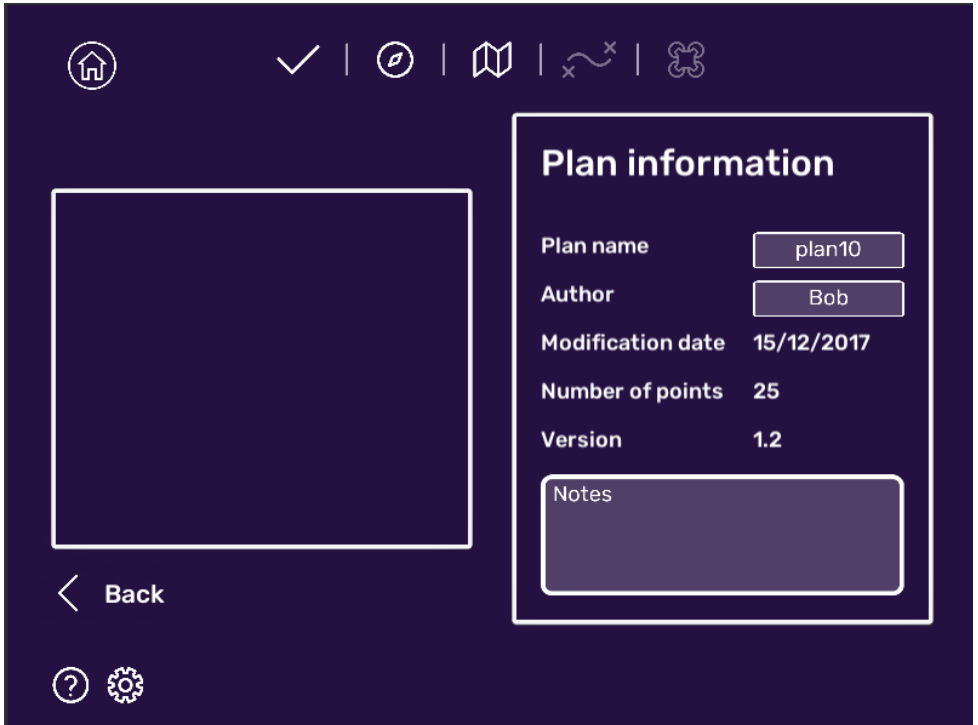


Figure 22. Plan information window

## Selecting plans

When a mapping is selected, the corresponding plans associated with it appear in the lower row. These can be moved to the left to view more plans available for that mapping. When all the plans have been shown, a blank slot appears with the label **New Plan**. Click this to create a new plan for the mapping (see the next figure).

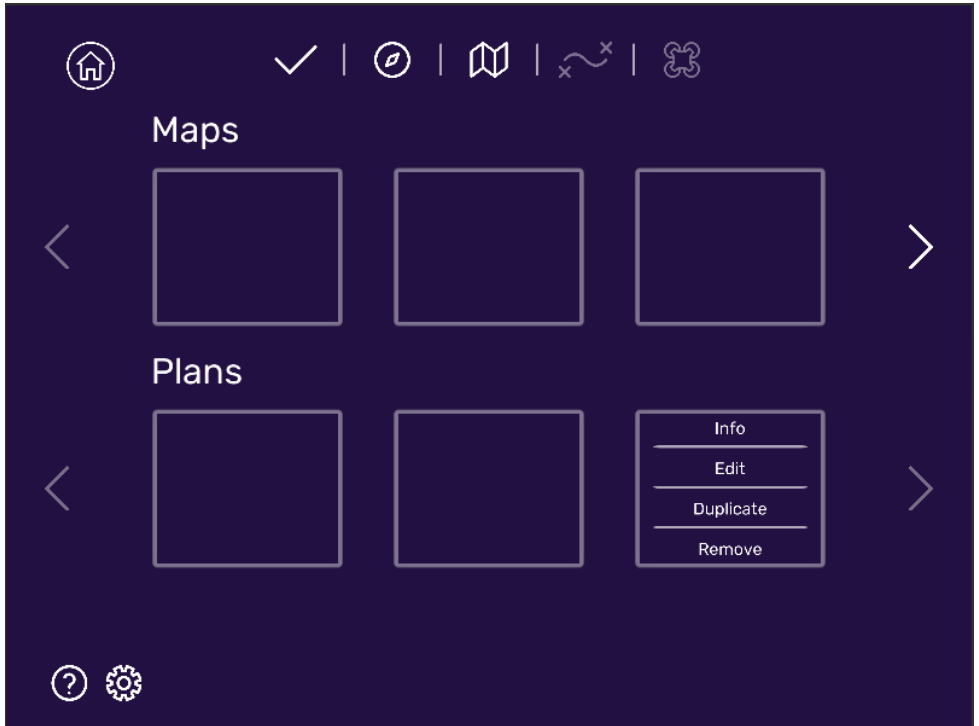


Figure 23. Selection of plans associated with a mapping

Plans have properties that can be edited. Click on the selected plan and hold until an secondary window appears. Five options can be selected:

1. **Info.** This shows the information associated with the plan (see Figure 22);
2. **Edit.** This connects to the server and downloads the map, overwriting it in local memory;
3. **Duplicate.** This creates a copy of the current flight plan linked to the current map.
4. **Remove from the server.** This deletes the map from the server when it is no longer needed or the anchor references are lost and cannot be used again.

Clicking outside of the secondary window causes it to close.

## Adding a new plan

When the New Plan button in the previous figure is clicked, the following window appears.

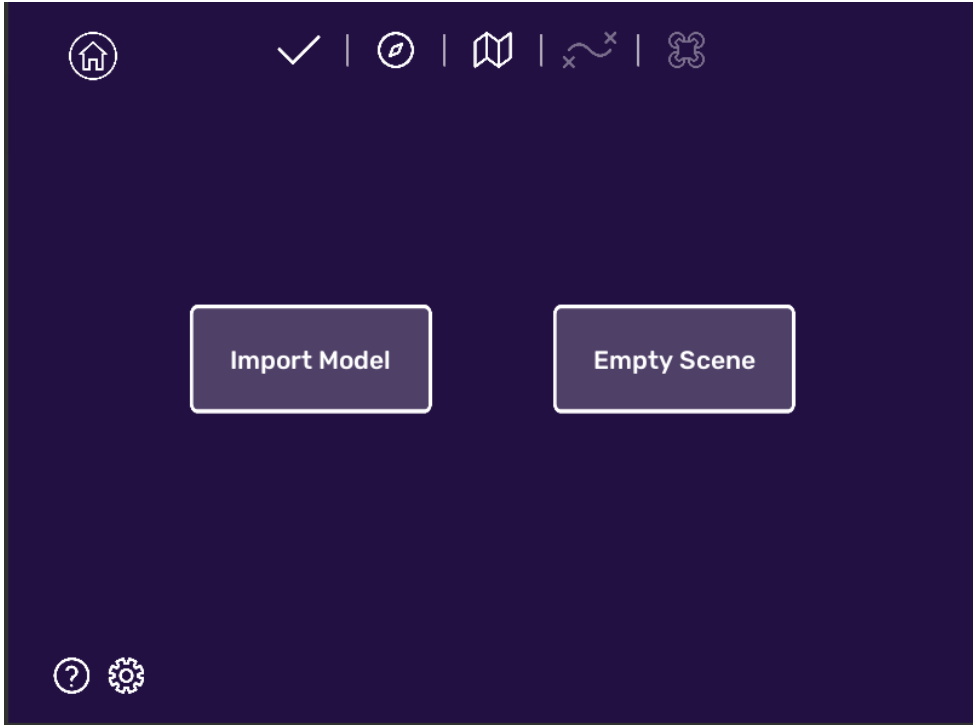


Figure 24. Model selection window. A model can be imported from a local or remote file or an empty scene can be created

## General parameters for a new plan

If an empty scene is selected, the next window requires the user to specify the dimensions (width, height and depth) of the room in which the drone will be operated.

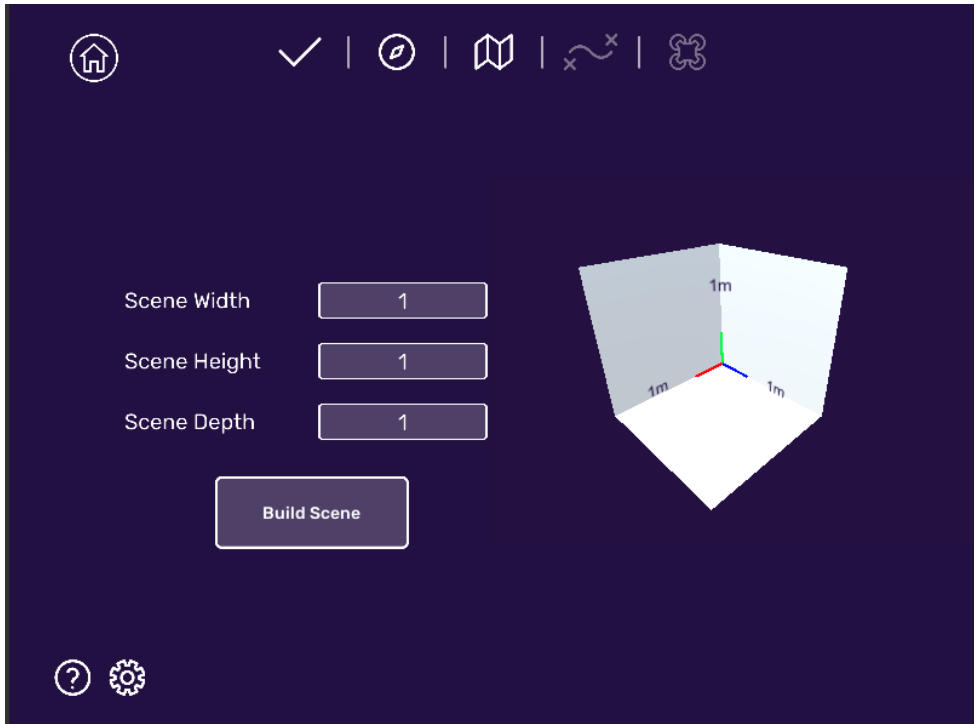


Figure 25. Setting dimensions for the empty room to scan

Click the Build Scene button and enter the map name and location of the scene to build (see Figure 21). Enter the name and author of the plan. Press the Continue button to move to the next configuration step in the general parameters window for the plan.

# Drone plans

This feature creates a new path to be followed by the drone. The path is constructed by inserting and editing consecutive key points, which generate a spline that is followed later by the drone. During the planning phase, there are several different tools that can be selected if required.

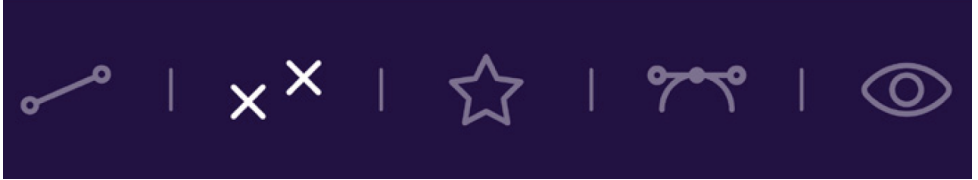


Figure 26. Tools available in the planning phase

There are six available tools (from left to right):



- Add or move the Key Points (KP) on the map. This allows the user to move the position of a KP, modify the wait values, change the gimbal orientation or modify the camera attributes.

If the user clicks outside of the active KP, the path will be extended from the current active KP to a new one, which is set at the point clicked on the map.

If the user clicks any KP, the path will not be extended, but the current active point is the KP clicked. The internal attributes of the KP are accessible and editable.



- Show all the information about the selected KP, without editing it.

If the user clicks outside of the active KP, the path will not be extended from the current active KP, but the current active point will be the KP clicked. The internal attributes of the KP are accessible but not editable.



- This tool is used to select a point of interest (PoI) that the gimbal will face from all the KPs.

Note that if a KP is assigned to a PoI, the direction of the gimbal will remain fixed until another KP sets a new direction by looking at a new PoI.



- This tool changes the slope of the path for a given KP. The position of the KP and its attributes are unchanged, and only the slope of the path varies.

Note that the path along which the drone travels is a curve with second order continuity, so that the input and output speed (tangent of the curve) of the drone when reaching a given KP is the same in terms of both magnitude (speed) and direction (orientation), i.e. both slopes are related. Moving the left-hand handle moves the right-hand one, and vice versa. Stretching one handle stretches the other by the same amount.



- This tool allows the user a virtual preview of the trip. More details on its operation are given in the section entitled **Virtual Preview of the Recording**.



## Adding Key Points

The basic procedure for managing a plan is to insert a KP. A KP is a way point within 3D space where the drone must be at a certain time.

The first step in a blank plan is to insert the start point. This is the point from which the drone begins its flight plan, and is represented on the screen by a house icon (see Figure 27). Note that this may not be the point at which recording starts, but is the point at which the flight starts.



Figure 27. The first point inserted is the start point

Note: This point has a certain height from which the trip is started. The drone can take off from anywhere, and will move from the take off point to this start point. The user should therefore verify that there is a free and safe straight line from the take off point to the start point.

The KP management window has two main points of view (Top and Side):

1. In the left-hand view (Top), the user can determine the X and Y ground coordinates on the map where the KP is set;
2. In the right-hand view one (Side), the user can determine the height from the ground at which the KP is set.

Each time a point is set on a map, the user can edit it using both graphical windows (see blue hand icon in Figure 28).

Notice that a selected KP can be deleted at any time by clicking on the trash can icon in the bottom right-hand corner.

The last KP entered by the user is the active point, which is always marked in red on the user interface. The next KP is always added after the current active point, and the current active point will be the new one. Thus, if the KP is

1. The last one, the line will be extended (see Figure 28);
2. Any internal point, a new KP is added along the path that the drone follows. The path is modified in order to pass through the newly added point.

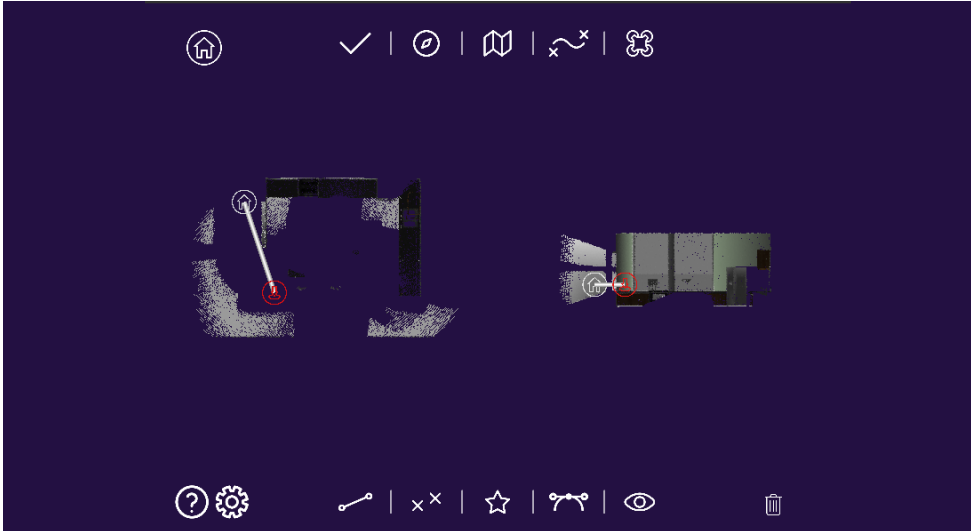


Figure 28. Adding the first key point to the environment map

When the drone reaches the last position of the trip, it lands, and a new icon appears on the screen indicating that this point is a landing point. The user must ensure that this point is within a safe area and that the drone can land without any danger either to itself or to bystanders (see Figure 29).



Figure 29. Adding the last key point (the landing point) to the environment map

## Determining the key point attributes

A KP can be used to manage various aspects of a flight plan. It can store information about:

1. The position of the drone at that control point and the time at which the drone must be at that point. The orientation of the drone is not selectable, since this depends on the aerodynamic characteristics of the drone and the local flying conditions (wind, turbulence etc.);
2. The type of KP. This determines the way in which the KP behaves. A KP may be a:
  - a. **Way Point:** This is an intermediate position. The drone must pass through this point at the time indicated by the user;
  - b. **Home Point:** The drone takes off from this point, and the mission starts when the drone is at this point. By default, this is the first way point;
  - c. **Landing Point:** The drone lands here, and the mission finishes when the drone arrives at this point. By default, this is the last way point;
  - d. **Stopping Point:** The drone does not move from this key point during an amount of time set by the user. If the Stop attribute is empty, the way point does not stop and follows the plan. This is a common way point. If the Stop attribute has a value, the drone stops at that way point for the amount of seconds indicated. See next Figure 30.
3. The absolute orientation of the gimbal, by indicating the target point on which the camera is focused;
4. The camera parameters such as the aperture of the diaphragm, focal distance, field depth, obturator speed, etc.

The user can select an aspect to manage by clicking on the Point, Gimbal or Cam tabs. Depending on the tab selected, the content of the square area below changes to show the associated control parameters.

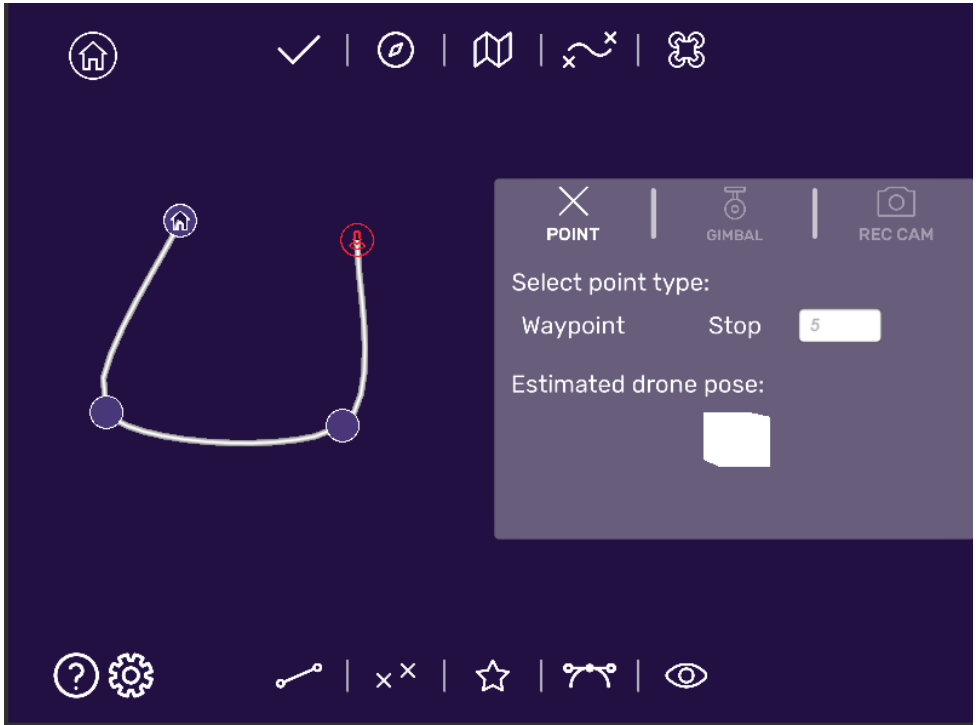


Figure 30. Editing a key point of the Stop Type (the Point tab is selected)

The position of the drone can be managed by selecting the way point and dragging it on the screen when on the 3D viewers.

The moment to pass through a way point can be managed by selecting the way point and dragging it on the screen when on the time viewers.

### Gimbal

A PoI is a point in 3D space on which the camera is focused. This point may change during a take, or may be the same for several KPs. The user can also select a fixed direction and maintain it for several KPs. A PoI can be located on the path of the drone or may be outside of this path. Depending on where the user sets the PoI, there are several different configurations or modes of operation:

1. **Follow the path:** In this case, the gimbal always points to the next/previous way point of the drone. It acts like a travelling tracker, where the virtual dolly railway is the 3D path the drone is following, and the camera is always looking at where the drone is going/coming from.

In this case, the user can select the PoI for the camera by checking a radio button indicating the **Next** or **Previous** way point

2. **External PoI:** The gimbal is always looking at a given PoI outside of the path of travel.

In this case, the user can select the position of the PoI by entering the XYZ coordinates or by manually inserting a PoI in the 3D viewer and connecting it to the corresponding way points (see section entitled **Gimbal Plans**).

## Recording Camera

The user can change every aspect of the camera, provided that the camera supports that functionality. See the **Camera plans** section for more details about the way to manage it.

## Selecting key points

Select any KP by simply touching it once. This highlights the point and causes it to become the active point.

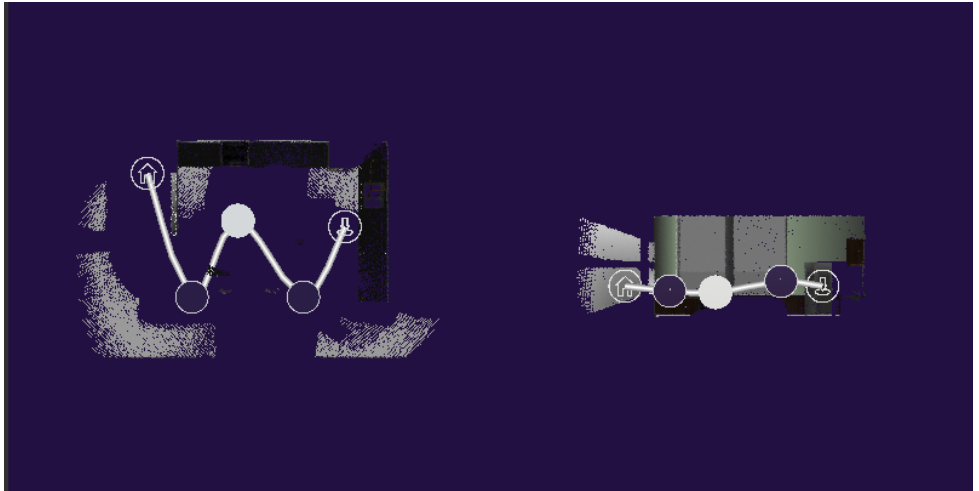


Figure 31. Selecting an intermediate key point by tapping directly on it

## Dragging Key Points

Once the KPs are set, the user can perform a visualisation of the recording in order to verify that the flight path is correct (i.e. that it will record the scene as intended). If it is incorrect, the user may have to correct the position of the drone.

To make a change to a KP, the following steps are required:

1. Click the key point to select it, as seen in the previous section. The key point changes colour when in the **Selected** state.
2. Click it again and hold it down while moving the finger on the screen.
3. The user can alternate between Top and Side views (see Figure 32).

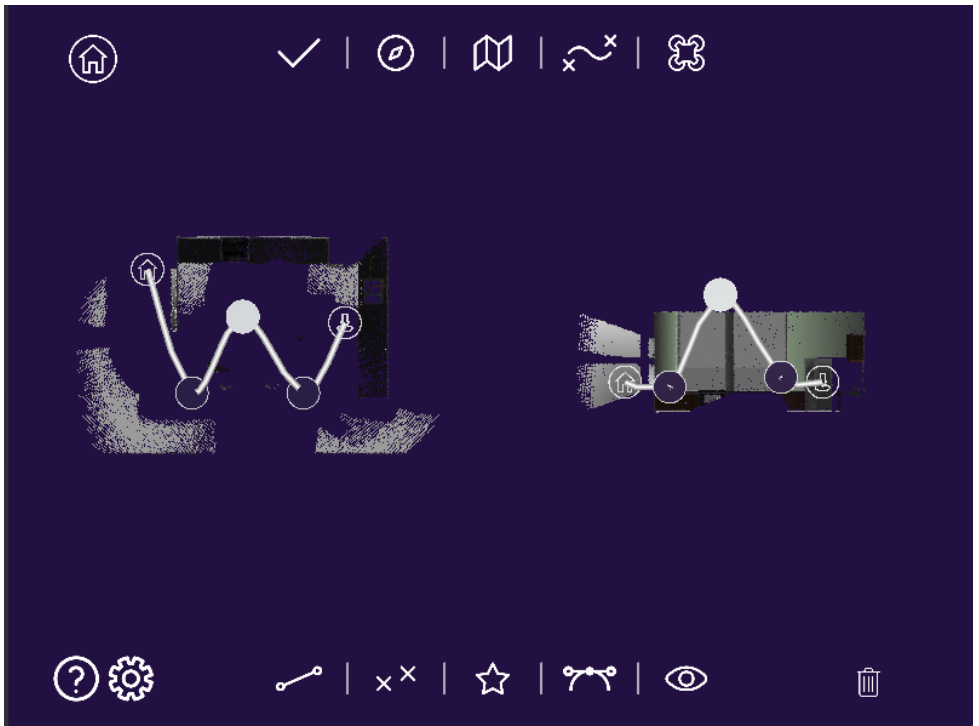


Figure 32. A key point is selected and dragged to another position

Once the position is set, another KP can be selected by tapping it.

## Edit time shift

The previous sections describe how to change physical parameters such as the position or type of the KP. This section describes how to change the time when the drone will be at that position.

Figure 33 shows how the user can move the KPs on a horizontal slider. This action changes the time at which the drone reaches each point. The horizontal scale represents time in seconds.

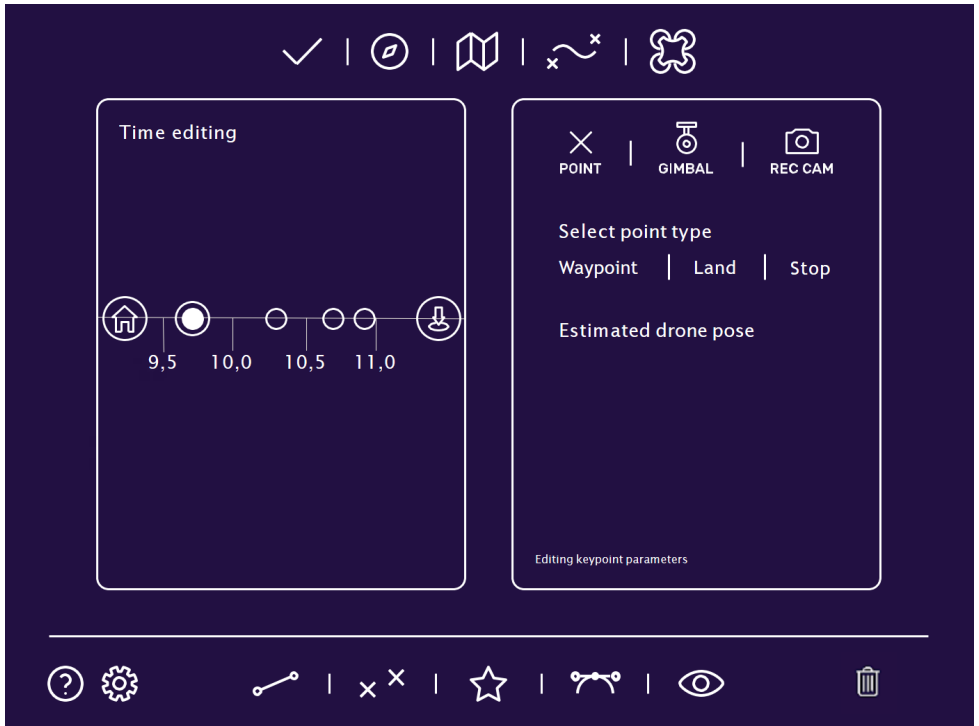


Figure 33. Editing the time of key points

Tap outside the KPs and drag on the screen to draw a selection area. All KPs inside the selection area will be selected. Click on one key point to select only that point.

Once the desired KPs are selected, click on them and drag them to the left or right. Use the trash can icon to delete the selected KPs.



## Managing the map viewers

There are several ways to change how a time sheet is viewed on the screen:

- **Reduced** (zoom out). Touch the time viewer with two separated fingers and drag them gently together. The time viewer will show more external key points that were previously outside the viewport.
- **Enlarged** (zoom in). Touch the time viewer with two fingers and drag them gently apart. The time viewer will show fewer key points.
- **Moved**. This is a **pan** move. Touch the time viewer with two separated fingers and move both fingers at the same time while touching the surface of the screen. The scale of the time viewer will remain the same, while some KPs that were outside the viewport will appear on the screen, and vice versa.

## Managing the map viewers

There are several ways to change how a map is viewed on the screen:

- **Reduced** (zoom out). Touch the map with two fingers and drag them gently together. The map will be seen at a smaller scale, while external KPs and parts of the map that were outside the viewport will appear on the screen.
- **Enlarged** (zoom in). Touch the map with two fingers and drag them gently apart. The map will be seen at a larger scale, and some KPs and parts of the map that were inside the viewport will disappear from the screen.
- **Moved**. This is a **pan** move. Touch the map with two fingers and move both fingers at the same time while touching the surface of the screen. The scale of the map will remain the same while parts of the map that were outside the viewport will appear on the screen and vice versa.
- **Rotated**. Touch the map with two separated fingers and rotate both fingers at the same time. The orientation of the map will change according to the angle of the fingers.

# Gimbal plans

## Point of interest

A Pol is a 3D point in space on which the camera on the drone is focused. This point can lie along the drone's path or may be external to it.

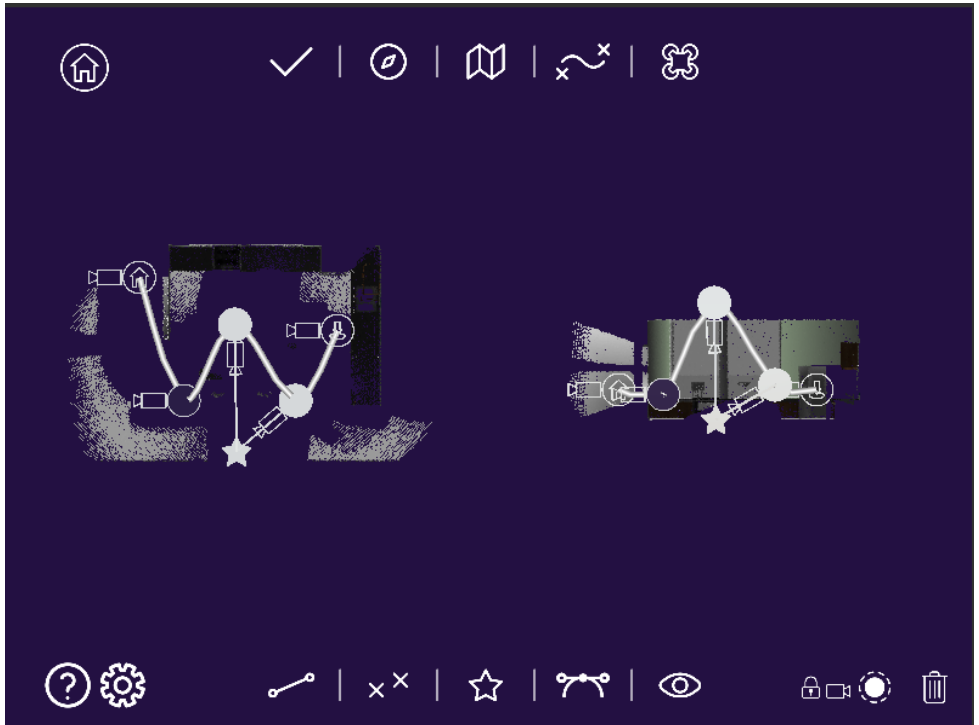


Figure 34. Selecting a point of interest for editing (where the camera is focused) from a path segment between two consecutive key points

The Pol is represented on the screen by a star. In order to add a new Pol, the user has to select at least one KP to assign the Pol to all the KP selected previously. If several KP are selected, the drone will focus on the Pol as it flies along the path between them, for example during a flight where the camera must always focus on a given point on the stage.

To insert a new Pol, click the star icon in the centre of the lower toolbox, and then click the location of the new Pol. The selected KPs will show a new camera icon that points directly to the star.

If one KP has a PoI, while the following ones do not have any information about a PoI or direction of interest, the gimbal is locked and will hold the same direction as set for the last KP with PoI information.

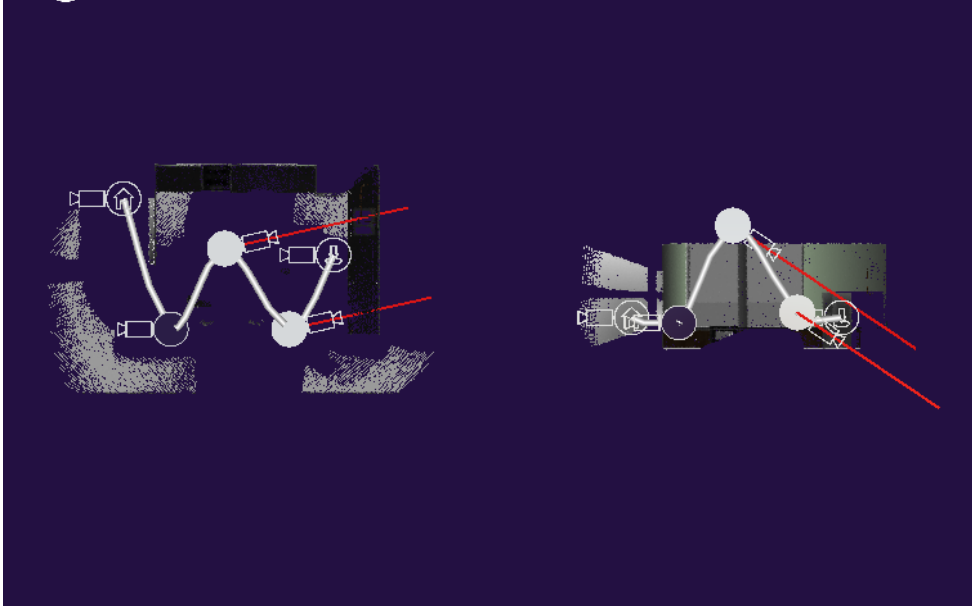


Figure 35. Locking the direction of a camera

If the small camera icon in the bottom toolbar is clicked, the gimbal is set to Directional mode. Tapping it again sets the gimbal to PoI mode. These modes are as follows:

- **Directional:** Any tap on the screen changes the direction of the gimbal for all the KPs selected (see Figure 35);
- **PoI:** Any tap on the screen sets a PoI at that position. All the KPs selected will have the gimbal focusing on the position of the PoI (see Figure 34).

Use the padlock to lock the editing or to allow changes.

The trash can icon does not delete the KP itself, but only the information about the gimbal's orientation at that KP.

## Editing the position of a PoI

Any movement of the PoI will change the framing of the scene recorded. As the user moves the PoI, the framing of the scene changes on the viewport.

Click the eye icon at the bottom of the window to start the virtual flight (see the section entitled **Virtual preview of the recording**).

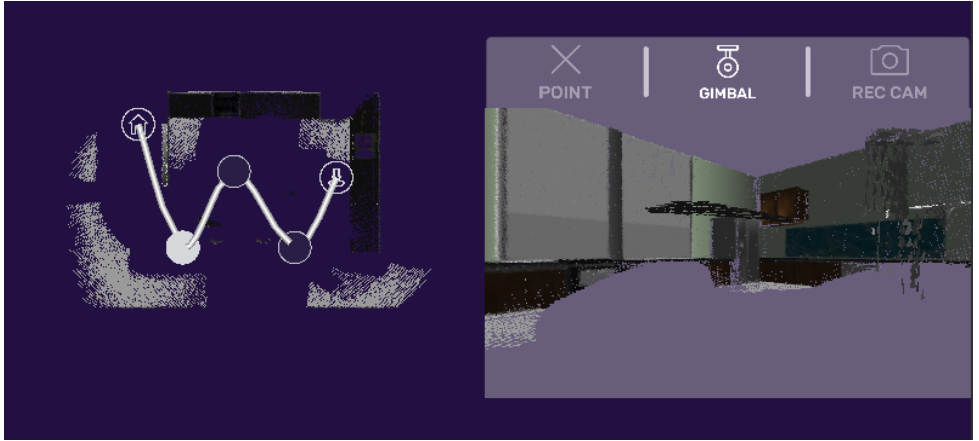


Figure 36. Virtual view of the scene to be rendered

An icon of a drone will be moved along the path on the left. This represents the current position of the virtual drone. The images recorded by the virtual camera can be seen in the right viewport. See Figure 37.

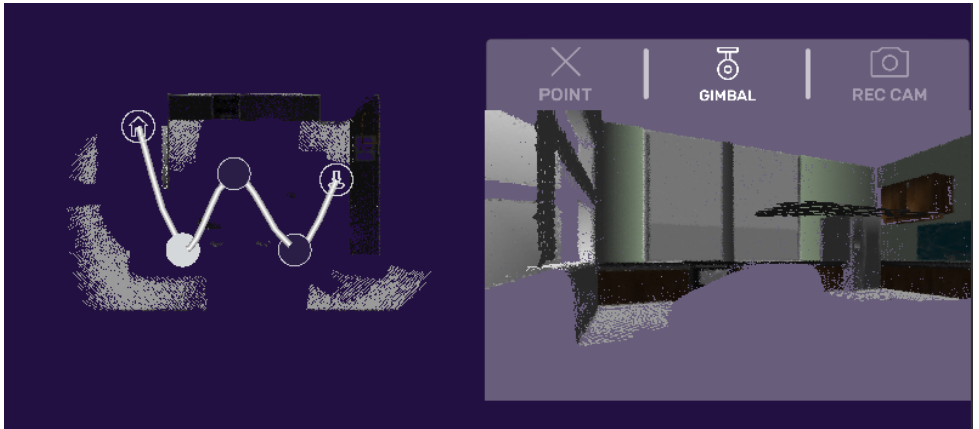


Figure 37. Changing the direction of the camera at a key point

# Camera plans

The camera plans change the attributes of the recording camera along the flight path of the drone. These typically affect the resolution of the recording (see Figure 38). This parameter cannot be changed during the recording but is a general value for the overall recording plan.

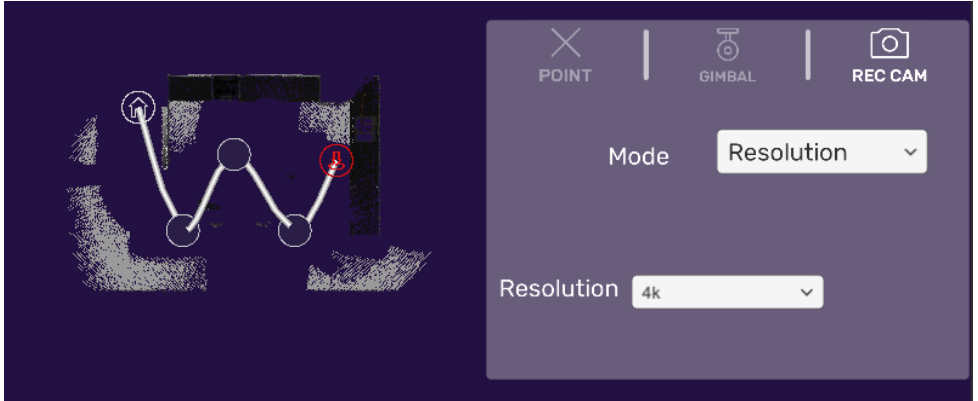


Figure 38. Attributes of the onboard camera that can be managed at a given key point. This example shows the resolution of the camera

Figure 39 shows a selection list of different modes. Another example of an attribute is Brightness (see Figure 40). The user can select camera attributes from the top list and enter the value in a text box below the list.



Figure 39. Interface for changing the Brightness parameter

## Virtual preview of the recording

Tap the eye icon at the bottom of the window to start the virtual flight. The viewport on the right will show a virtual preview of the recording in order to check that the flight path is fluid, and that the video frame is correct, for example. Figure 41 shows a virtual rendering of the scene as it will be recorded physically.

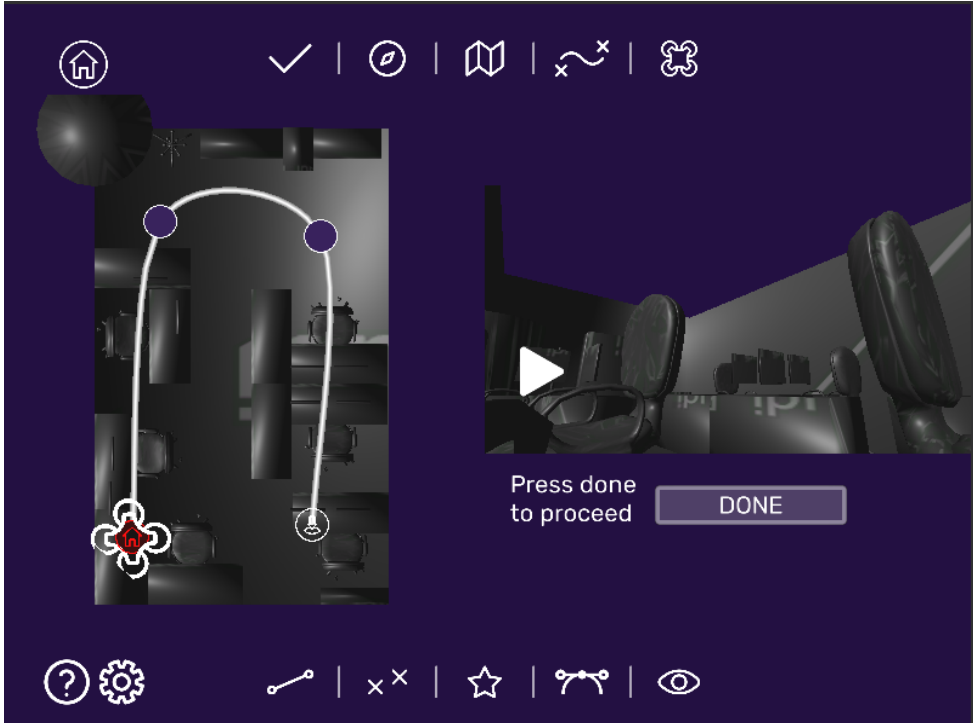


Figure 40. Position of the drone along the flight path and the image obtained by the renderer

Tap on the video viewport to the right to start the scene. A Pause icon is shown at the top of the live video preview (see Figure 41). Click this again to pause the rendering. A Play icon is shown at the top of the still video preview (see Figure 40). Repeat this procedure as desired.

The user can also click the drone icon and drag it along the flight path to see the changing images on the right.

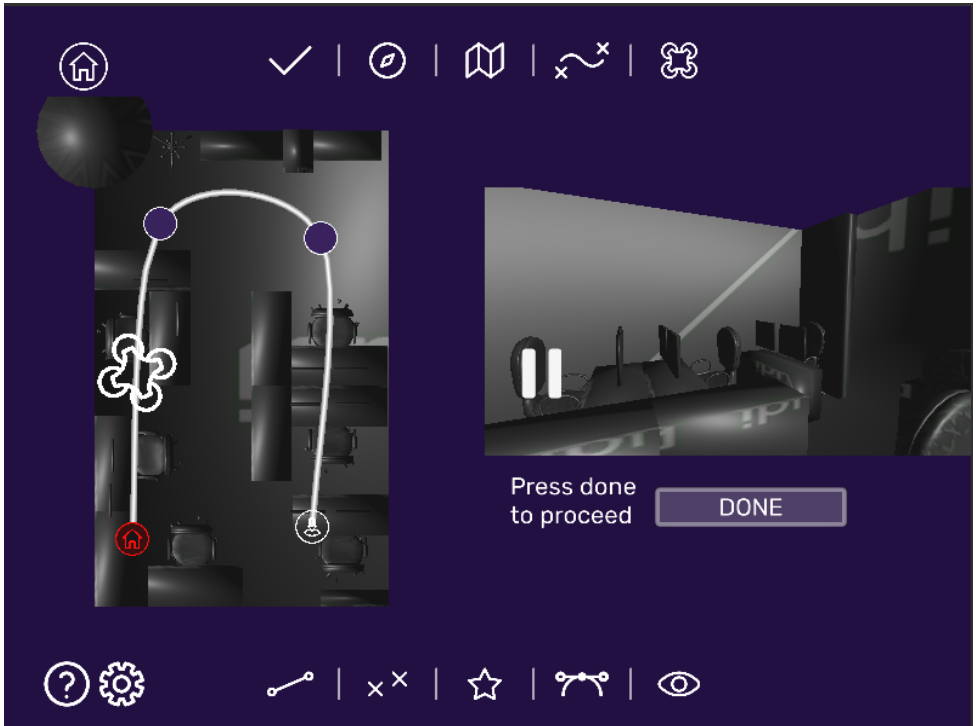


Figure 41. Virtual preview of the recording

Click the Done button to start the real recording using the real drone (see next section).

# RECORDING



This section controls the live recording of the real scene using the real drone.

When this procedure starts, the warning shown in Figure 42 appears on the screen. The user should ensure that bystanders are outside the range of the drone for safety reasons, according to the local laws or requirements within the country of use.

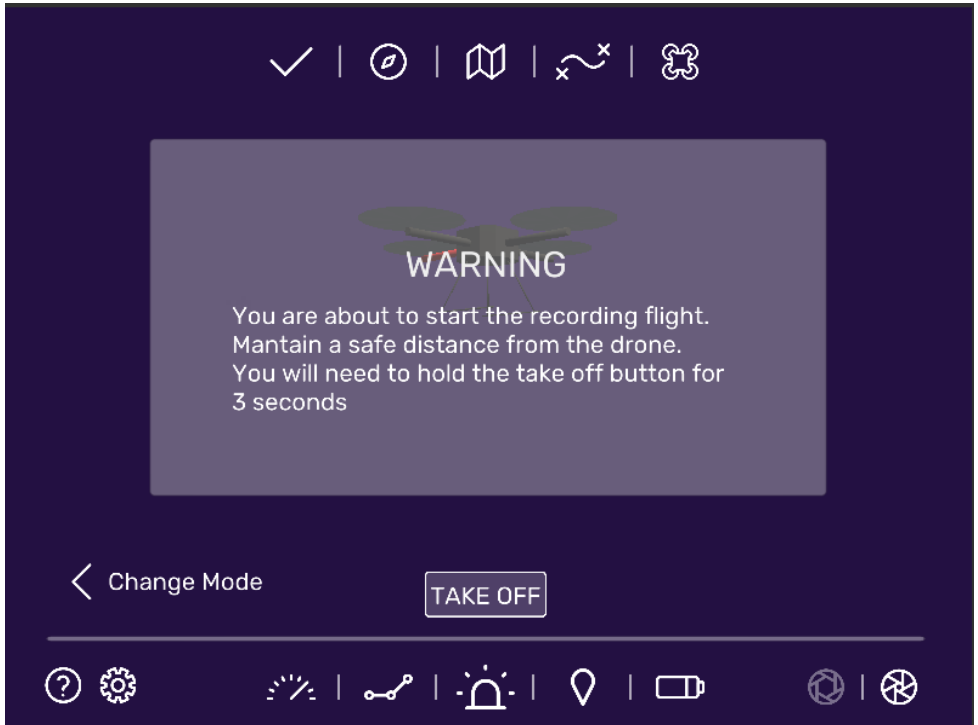


Figure 42. Warning before starting the recording

Hold down the Take Off button for at least three seconds to start the recording. While recording, a diagram of the path that the drone will follow and the current position of the drone on this path will be shown on the screen (see Figure 43).

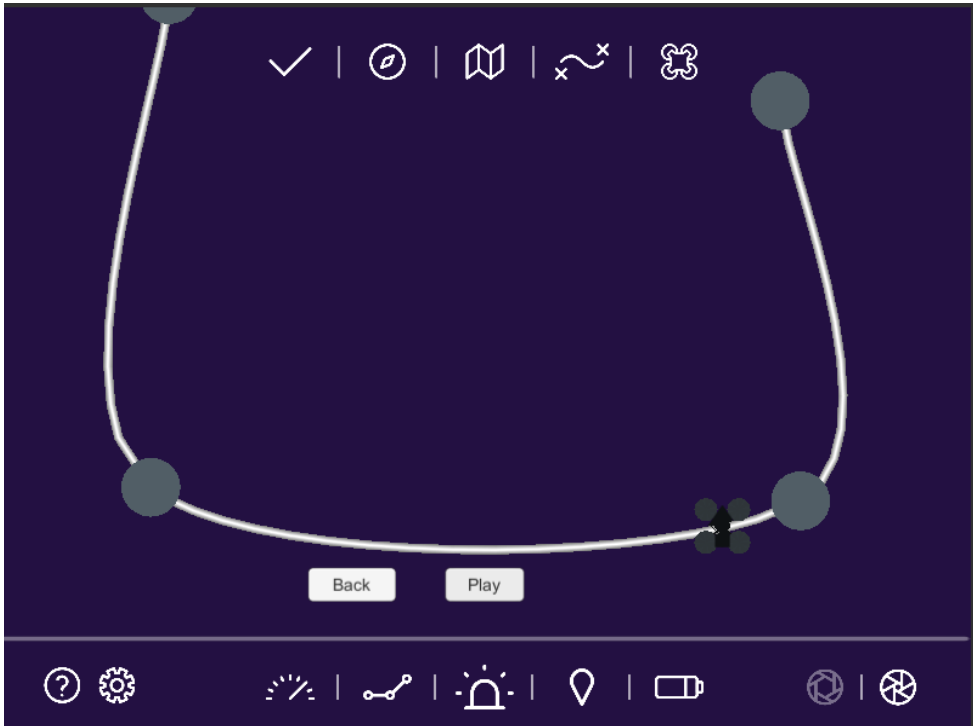


Figure 43. The drone follows the path above, indicating its current position, while performing the real recording

The user can force the drone to return home by travelling back along on the path or can stop the drone. The path acts as a virtual dolly, so the drone can move back and forward along the path when the user enters semi-automatic mode, in order to adapt the flight to the changing circumstances of a live concert, for instance.

When the drone reaches the landing point, the application informs the user that the drone has landed safely.

# EMERGENCY

In some cases, the drone may not work properly; for instance, the situation may require control by a human pilot. The user can change to completely manual control using the interface. Figure 44 shows the warning displayed to confirm this decision.

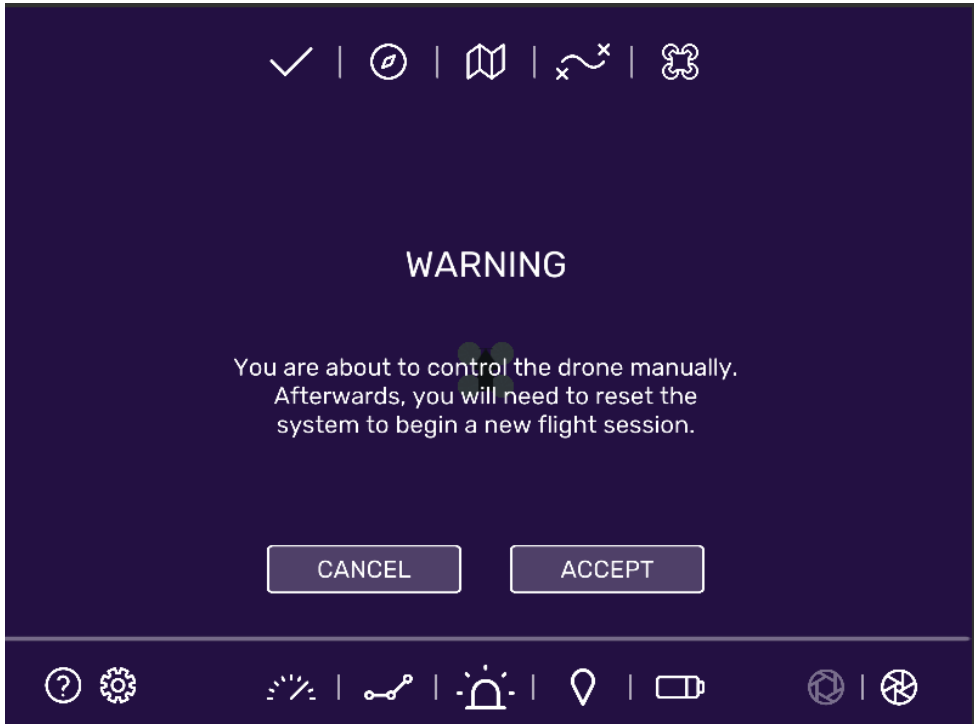


Figure 44. Warning before starting a manually controlled flight

If the situation is complex, it may be better to land the drone in a safe area before an accident occurs. The system can be managed directly by a human pilot at any time using the radio controls, and the drone can be manually landed at any time and in any location under the supervision of a human pilot.

The user can also land the drone automatically through the interface, which has an option for automatic landing. When this is selected, the following confirmation panel appears.

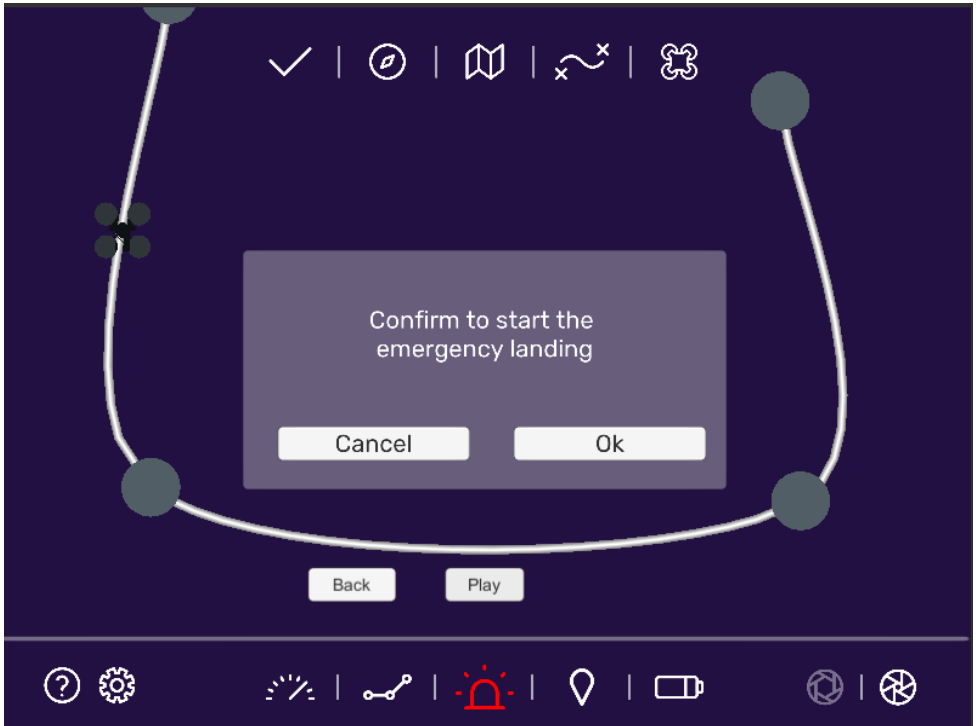


Figure 45. Automatic landing confirmation panel

If the Cancel button is clicked, no landing is performed. The drone follows the flight plan as expected.

If the OK button is clicked, the following window is shown.

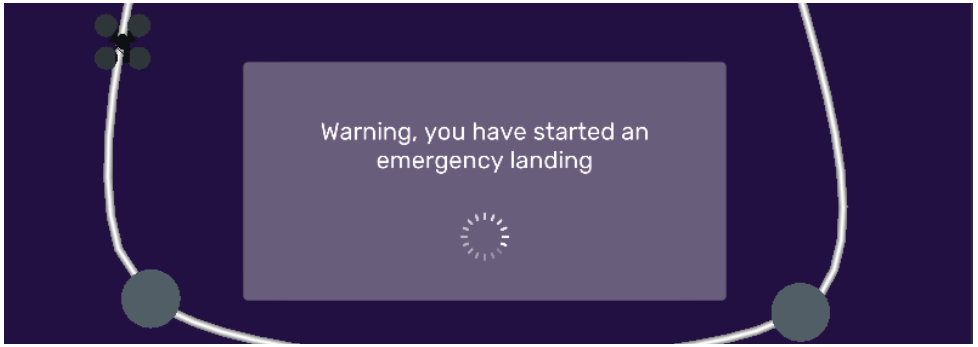


Figure 46. Automatic landing warning panel

This window will be displayed until the drone has landed.

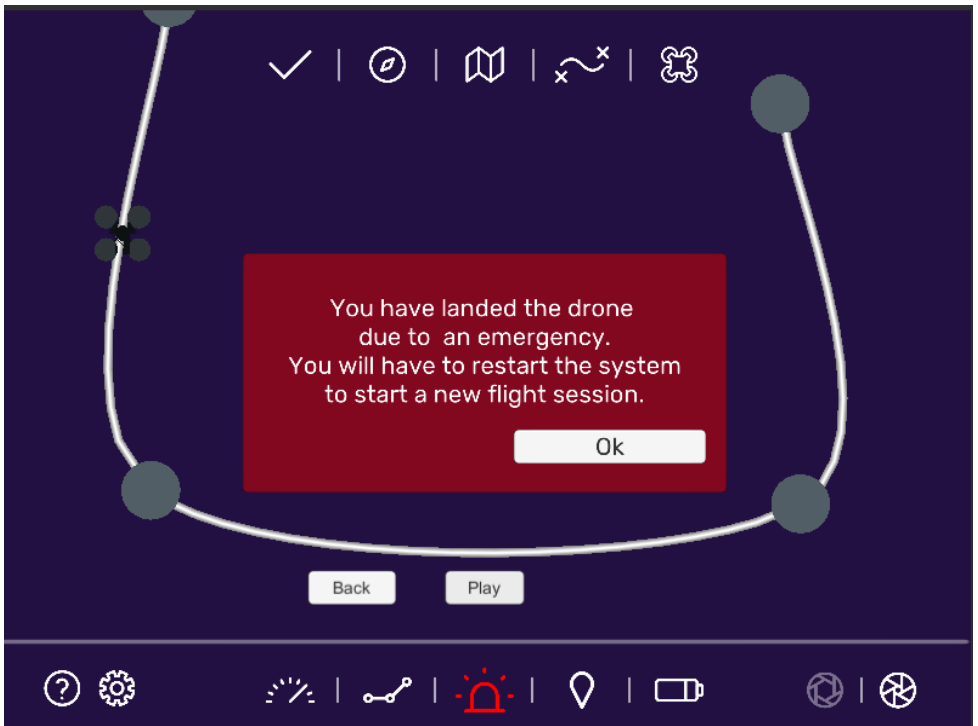


Figure 47. Information panel showing automatic landing complete

When the drone has landed, this is confirmed by the screen shown in Figure 47. The drone stops, but is not shut down. The trip is finished.

# **ACRONYMS, NOMENCLATURE AND DEFINITIONS**

# Safety areas

A safety area is a 3D volume of space in which:

1. The drone can fly securely without being damaged;
2. Nobody can be hurt by a malfunction of the drone.

Indoor drones can fly only in safety areas. For a completely autonomous flight, the drone must have a map of the environment via the FCS. The drone calculates its position via IPS and the position of static obstacles via this 3D internal map.

# Forbidden areas

The opposite of safety areas are forbidden areas, or no-flight zones. These high-risk flight zones involve known obstacles, the presence of people, hanging cables, valuable objects or low ceilings.

Forbidden areas are typically represented in the user interface as rectangles drawn on the orthographic floor view of the scene (scanned surroundings). These areas may include the audience area for a TV show, people dancing at a concert or sensitive devices or materials such as gas storage tanks, explosives or expensive devices.

The map of the environment only covers part of the safety requirements. During the flight, unpredictable moving obstacles may be encountered, for instance objects thrown by the public, people crossing the area, falling obstacles and so on. Drones must therefore be provided with mechanisms that can detect obstacles that are not included a priori in the map. These mechanisms typically include sensors such as Lidar and ultrasound detectors, or means for reducing damage in case of an accident, such as padded protective cases. In this case, drones use a 3D environment map obtained using a 3D scanner on the drone itself. This scanner can be used later during the recording as a 3D real-time sensor to verify whether transient obstacles are within the trajectory of the drone.



# Safe landing points/areas

A Safe Landing Point is a place on the map (point or area) at which the drone can take off and land, accomplishing the safety requirements of the mission. Typically, the flight path's start and end points are implicitly safe landing points. These may be the same point if the drone starts and ends the flight at the same position.

## The map

A virtual map, or map for short, represents data captured during VEM flights. The drone is used to capture the space in which the flight plan will be defined. A 3D camera generates a set of depth images, referenced with respect to the position and orientation of the 3D camera. The positioning system and its known relationship with the position of the camera allows each depth image to be referenced to the global coordinate system defined by the positioning system. Each depth image defines a cloud of points, i.e. a set of 3D points with a number of attributes. In this case, a point defines a position and a colour. Referencing all the individual point clouds to a common frame enables the creation of a map of the scene, even across multiple flights.

## Description of the main terms used in this manual

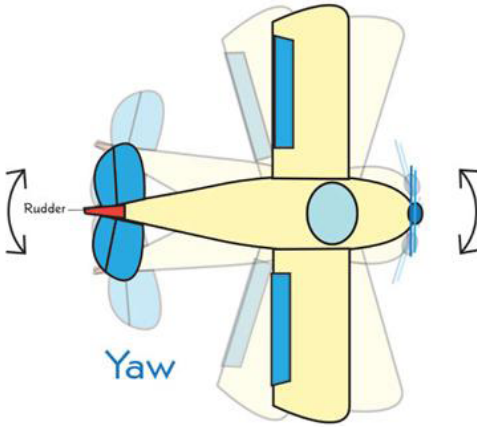
<b>AESA</b>	<b>Agencia Estatal de Seguridad Aérea</b> (Spain, Spanish Aviation Safety Agency)
<b>BLOS</b>	<b>Beyond (visual) Line Of Sight</b>
<b>CAA</b>	<b>Civil Aviation Authority</b> (UK)
<b>EASA</b>	<b>European Aviation Safety Agency</b>
<b>ESC</b>	<b>Electronic Speed Control</b>
<b>FAA</b>	<b>Federal Aviation Administration</b> (USA)
<b>FCS</b>	<b>Flight Control System</b>
<b>FPV</b>	<b>First Person View</b>
<b>GCS</b>	<b>Ground Control Station.</b> Land- or sea-based control centre providing facilities for the human control of a UAV
<b>GNSS</b>	<b>Global Navigation Satellite System</b>
<b>GPS</b>	<b>Global Positioning System</b>
<b>ICO</b>	<b>Information Commissioner's Office</b> (UK)
<b>IMU</b>	<b>Inertial Measurement Unit.</b> Electronic device that measures and reports a body's specific force, angular rate, and sometimes the magnetic field surrounding the body, using a combination of accelerometers and gyroscopes, sometimes also magnetometers  <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_measurement_unit">https://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_measurement_unit</a>
<b>IPS</b>	<b>Indoor Positioning System.</b> System for the location of objects or people inside a building using radio waves, magnetic fields, acoustic signals, or other sensory information collected by mobile devices

<b>LIDAR</b>	<b>L</b> aser <b>I</b> maging <b>D</b> etection <b>A</b> nd <b>R</b> anging. Device for determining the distance from a laser emitter to an object or surface using a pulsed laser beam to an object or surface using a pulsed laser beam.
<b>MTOW</b>	<p><b>M</b>aximum <b>T</b>ake-<b>O</b>ff <b>W</b>eight. Maximum weight at which the pilot is allowed to attempt to take off, due to structural or other limits. The analogous term for rockets is <b>gross lift-off mass</b>, or <b>GLOW</b></p> <p>MTOW = OEW+Pay Load+Usable Fuel</p> <p><a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_takeoff_weight">https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_takeoff_weight</a></p>
<b>OEW</b>	<p><b>O</b>perating <b>E</b>mpy <b>W</b>eight or <b>B</b>asic <b>O</b>perating <b>W</b>eight. The basic weight of an aircraft including the crew, all fluids necessary for operation such as engine oil, engine coolant, water, unusable fuel and all operator items and equipment required for flight but excluding usable fuel and the payload. Also included are certain standard items, personnel, equipment, and supplies necessary for full operations.</p> <p>This is basically the sum of the manufacturer's empty weight (MEW), standard items (SI) and operator items (OI)</p> <p>OEW = MEW + SI + OI</p>
<b>PCS</b>	<p><b>P</b>ayload <b>C</b>ontrol <b>S</b>ystem. This comprises two sub-systems:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The PCS Manager, the purpose of which is to <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Receive commands from base station. Perform on-board actions depending on the commands received;</li> <li>b. Send status/feedback information to the base station.</li> </ol> </li> <li>2. The PCS Modem. Interface to the ground station facilities and any other external interfaces.</li> </ol>
<b>RF</b>	<b>R</b> adio <b>F</b> requency
<b>RGBD</b>	<b>R</b> ed- <b>G</b> reen- <b>B</b> lue- <b>D</b> epth. Information stored for every pixel including visual and Z-depth information

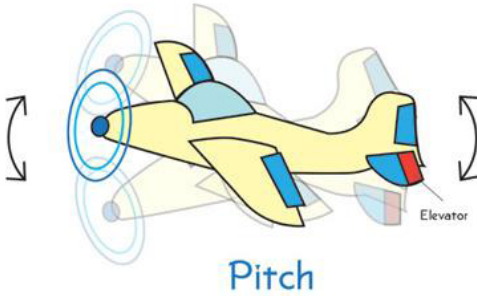
# Roll/Pitch/Yaw



Use the ailerons to control  
**Roll**



Use the rudder to control  
**Yaw**



Use the elevators to control  
**Pitch**

<b>RPAS</b>	<b>R</b> emotely <b>P</b> iloted <b>A</b> ircraft <b>S</b> ystem
<b>RTH</b>	<b>R</b> eturn <b>T</b> o <b>H</b> ome
<b>ToF</b>	<b>T</b> ime <b>o</b> f <b>F</b> light. Actions such as scanning and FCS that are done when flying the aircraft
<b>UAS</b>	<b>U</b> nmanned <b>A</b> ircraft <b>S</b> ystems
<b>UAV</b>	<b>U</b> nmanned <b>A</b> erial <b>V</b> ehicle (typically a drone)
<b>UWB</b>	<b>U</b> ltra- <b>W</b> ide <b>B</b> and
<b>OCS</b>	<b>O</b> n-board <b>C</b> ontrol <b>S</b> ystem
<b>iFCS</b>	<b>I</b> ntelligent (smart) <b>F</b> CS

AIRT.EU



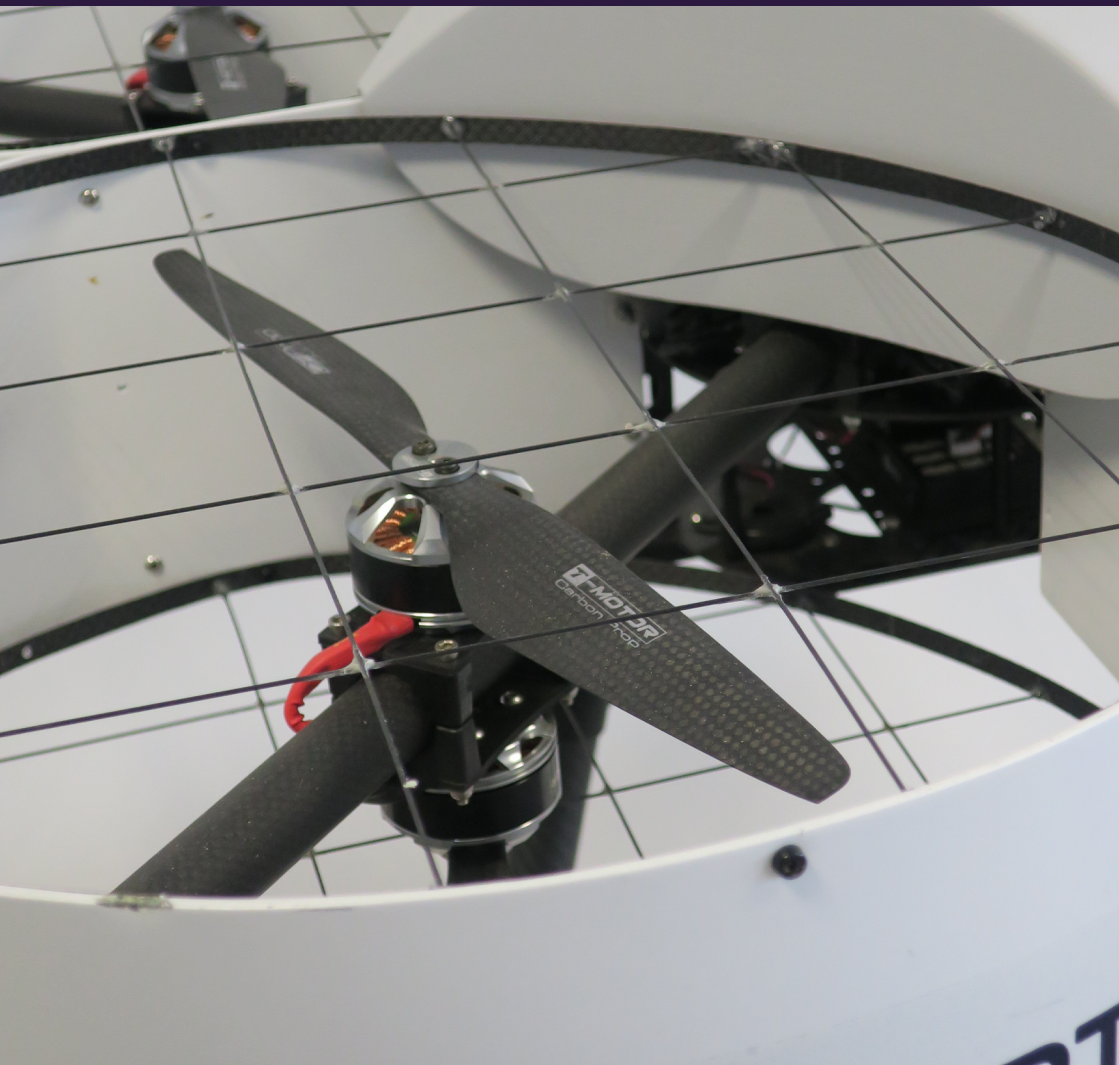
#AiRT



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 732433.

# GUÍA DEL USUARIO

---



AiRT

**Coordinator:**

Virginia Santamarina-Campos, Universitat Politècnica de València

**Author:**

AiRT project

**Text:**

Ramón Mollá-Vayá (Universitat Politècnica de València),  
Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Francisco Abad-Cerdá (Universitat Politècnica de València),  
Jose-Luis Poza-Lujan (Universitat Politècnica de València)  
and Stephan Kröner (Universitat Politècnica de València).

**Developers:**

Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Francisco Vázquez-Palacios (Universitat Politècnica de València)  
and Adrián Carboneras-Mas (Universitat Politècnica de València).

**Ground Control System software:**

Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Francisco Abad-Cerdá (Universitat Politècnica de València),  
Virginia Santamarina-Campos, (Universitat Politècnica de València)  
and Ramón Mollá-Vayá (Universitat Politècnica de València).

**Graphical user interface:**

Giovanny-Javier Tipantuña-Topanta (Universitat Politècnica de València),  
Virginia Santamarina-Campos, (Universitat Politècnica de València),  
M<sup>a</sup> Angeles Carabal-Montagud (Universitat Politècnica de València)  
and Sophie Carpenter (Clearhead).

**Design and layout:**

Sophie Carpenter, Clearhead

**WP n°: 5**

**Work package title:**

Integration, validation and demonstration

**Deliverable relative n°: 5.4**

**Deliverable n°: 17**

**Deliverable name: User Guide**

**Delivery date: March 31, 2018**

**ISBN 978-84-17098-46-9**





# ÍNDICE

<b>Sistema AiRT</b>	3
<b>Software AiRT</b>	7
<b>Secuencia de trabajo</b>	9
Calibración automática	11
Mapeado	12
Planificación	13
Grabación	13
Planes de vuelo	14
Plan del dron	14
Plan del Gimbal	15
Plan de la cámara	16
<b>Configuración general</b>	17
Pantalla de bienvenida	18
Actualización	19
Ventana principal	20
Créditos	22
Configuración	23
Configuración de vuelo	23
Configuración del piloto	24
<b>Autocalibración</b>	25
Configuración de balizas	26
Localizar balizas o anclajes	27
Iconos del plan de producción	31
<b>Escanear</b>	33
Ajustes semiautomáticos	35
Escanear el entorno	36

<b>Plan de vuelo</b>	42
Gestión de mapas	43
Gestión de planes	46
Selección de planes	46
Añadir un nuevo plan	48
Parámetros generales para un nuevo plan	49
Planes para un dron	50
Añadir puntos clave	52
Determinar los atributos del punto clave	55
Gimbal	56
Grabación de la cámara	57
Selección de puntos clave	57
Arrastrando Puntos Clave	58
Edición de tiempos	59
Gestión de la visualización del tiempo	60
Gestión de la visualización del mapa	60
Planes del gimbal	61
Punto de interés	61
Edición de la posición de un Pol	62
Planes de cámara	64
Vista previa de la grabación virtual	65
<b>Grabación</b>	67
<b>Emergencia</b>	70
<b>Acrónimos, nomenclaturas y definiciones</b>	74
Áreas seguras	75
Áreas no permitidas	75
Puntos/Áreas seguros de aterrizaje	76
El mapa	76
Descripción de los principales términos utilizados en este manual	77

# SISTEMA AIRT

Airt se compone de varios dispositivos conectados para proporcionar todo el servicio de grabación de vídeo o fotografías en escenarios interiores utilizando un RPAS. Principalmente, hay dos áreas de trabajo principales (figura 1):

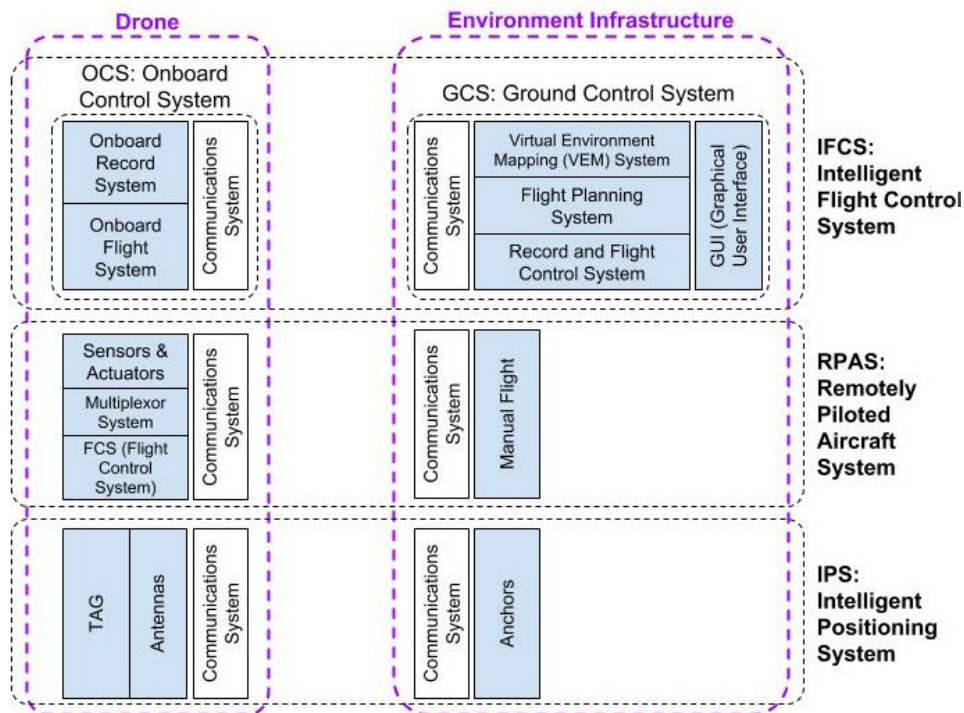


Figura 1. AiRT System components and subsystems

**1. Infraestructura de entorno.** Es el sistema de tierra encargado de apoyar la operatividad de un dron. Se compone de varios subsistemas:

a. El control remoto por radio desde donde el piloto humano puede controlar el vuelo de forma manual, tal y como se hace comúnmente en los drones actuales.

b. Balizas del Sistema de Posicionamiento. Son balizas de radio que proporcionan orientación y posicionamiento para el dron cuando vuela.

c. Sistema de vídeo. Hay dos flujos de vídeo:

i. Transmisión de una señal de FPV al casco FPV / consola del piloto humano.

ii. RCAM para el director de fotografía y el operador de cámara. Esta señal es la que está grabando la cámara de grabación UHD, no la de navegación FPV, que va destinada al piloto manual del dron. Se utilizan dos canales de vídeo de 5,8 GHz.

d. GCS. Es el Sistema de Control de Tierra. Es el encargado de recibir toda la nube de puntos de la escena y alrededores. Es decir, todo el Mapeado de Entorno Virtual (VEM o Virtual Environment Mapping). El controlador del VEM es un módulo automático que está a bordo del RPAS. Véase el siguiente punto 2. Dron, para más información. El GCS también permite al usuario editar sin conexión el camino a seguir por el dron más tarde, crea todos los planes de vuelo, los transfiere al sistema OCS y los modifica en tiempo real durante el vuelo, si es necesario.

**2. El dron** se compone de cinco subsistemas:

1. FCS. Sistema de control de vuelo. Se encarga de controlar todos los parámetros del vuelo: posición y orientación del dron. Puede ser controlado por un piloto humano si es necesario. Esta es la combinación de hardware / software típica utilizada para drones comerciales. Este sistema está conectado al OCS.

2. Detección y procesamiento de los sensores del sistema de posicionamiento que están a bordo. Este sistema se conecta directamente al FCS y el OCS.

3. Sistema de control a bordo OCS. También incluye el gestor de VEM. Se encarga de detectar la nube de puntos delante del dron, enviándolos de regreso a la GCS, recibir el plan de vuelo y transferirlo al FCS, controlar el plan de vuelo de acuerdo a los requerimientos del operador.

4. Gimbal. Se encarga de orientar la RCAM a su punto de interés independientemente de la posición y orientación del dron. El Gimbal puede ser controlado simultáneamente por un piloto humano a través del FCS, por el OCS (plan de vuelo automático) o por el GCS manualmente. En este caso, el operador de cámara o el director de fotografía pueden enviar comandos en tiempo real al sistema OCS evitando el plan de vuelo automático. Este dispositivo mantiene la orientación de la cámara estable independientemente de la posición y la orientación del dron.

5. Grabación de la cámara o RCAM. Se encarga de grabar un video UHD (4K) utilizando los parámetros profesionales. Está controlada directamente por el OCS utilizando un plan de vuelo. También se puede anular el plan de vuelo por defecto y pasar a control manual por el operador de cámara o el director de fotografía. Esto se realiza a través del GCS.

6. Cámara VEM. Es una cámara especial que obtiene la nube de puntos de los objetos que están en frente de ella.

# **SOFTWARE AIRT**

Software AiRT es el nombre del software de control del sistema AiRT. Este manual muestra cómo utilizar este software. Las principales características del software son las siguientes:

- Es un programa con una interfaz gráfica de usuario muy intuitiva.
- Genera el plan de vuelo para un dron con una cámara. Normalmente, un Quadróptero.
- Muestra una recreación virtual del ambiente interior, donde el dron tiene que hacer un recorrido de grabación.
- Permite al director de fotografía seleccionar una ruta realista que el dron tiene que seguir durante la grabación, teniendo en cuenta su comportamiento real.
- Tiene varios comportamientos predefinidos en función de la continuidad de la toma:
  - Secuencia de disparo desde el inicio del vuelo hasta el final del vuelo.
  - Secuencia de toma independiente.
  - Cuadro a cuadro.
- Tiene varios comportamientos predefinidos en función de control del dron:
  - Automático.
  - Mixto.
  - Manual.



# SECUENCIA DE TRABAJO

Software AiRT tiene cuatro modos de trabajo. Cada modo corresponde a:

- Un determinado tipo de vuelo.
- Una fase de producción.

los siguientes modos de vuelo:

**1. Autocalibración.** Debe realizarse cada vez que las balizas se mueven o el dron se activa.

**2. Mapeado.** Se trata de un vuelo manual controlado por un piloto humano. No hay información sobre el entorno en el que el dron va a volar. Por lo que una exploración previa del entorno tiene que ser realizada manualmente antes de volar en modo automático.

Tener en cuenta que no siempre es necesario realizar una exploración antes de diseño de una ruta de grabación. El usuario puede cargar la geometría de cualquier habitación diseñada previamente si está disponible: acceso al repositorio, habitaciones previamente escaneadas, archivos de diseño CAD.

**3. Planificación.** El director de fotografía genera una ruta para el dron, otra para la orientación de la cámara durante el vuelo y otra para las características de la cámara de grabación. Para este punto no se necesita el dron. Típicamente esta fase suele desarrollarse fuera de línea, con el dron apagado.

**4. Grabación.** Una vez que el plan de vuelo se ha definido, tiene que ser probado. Si el resultado del vuelo coincide con las expectativas de la Dirección de fotografía, a continuación, el equipo de producción realiza las tomas. Si las tomas no son como se esperaba, entonces el plan de vuelo tiene que ser cambiado, editado y adaptado. Estas correcciones se realizan sobre el plan de vuelo inicial fuera de línea. Finalmente, el dron ejecuta el plan de vuelo y graba las tomas programadas. El equipo de producción puede repetir este plan de vuelo tantas veces como sea necesario.

En la siguiente figura hay un diagrama de transición de estados según la manera en que el dron tiene que comportarse en estos vuelos.

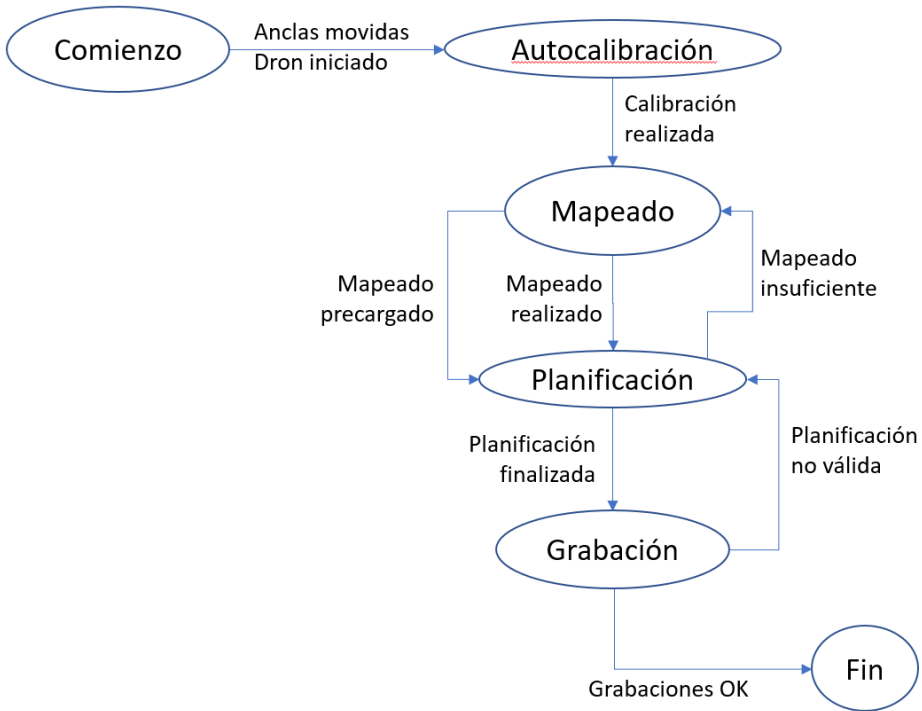


Figura 2. Diagrama de transición de estados del comportamiento del dron en diferentes modos de vuelo

## Calibración automática

El sistema de posicionamiento del dron asume que las balizas o anclajes son estáticos. Actúan como faros en la noche.

Observación. Tenga en cuenta que este sistema funciona con señales de radiofrecuencia que están disponibles incluso en ausencia de cualquier otro tipo de luz. Por lo tanto, el sistema es tan fiable que puede ser utilizado por la noche, con absoluta falta de iluminación. Esto no es aplicable para la fase VEM ya que es necesaria la presencia de la luz para la grabación de la superficie de la sala donde se va a realizar el vuelo.

Cada vez que se cambia la posición de los anclajes o el dron, se requiere una nueva calibración para volver a calcular sus nuevas ubicaciones. Esto puede suceder porque:

1. El dron se mueve manualmente porque tiene que apagarse para cambiar las baterías.
2. Nuevas grabaciones realizadas en diferentes días. Los anclajes se instalan y se retiran al final de cada día.

Hay varias maneras de reducir la cantidad de calibraciones a realizar:

1. Grabar todas las tomas en una sola sesión sin cambiar las baterías.
2. Fijar las balizas en las paredes y dejarlas durante las diferentes sesiones. Un soporte permite a los operadores instalar y quitar las balizas siempre en el mismo lugar con facilidad.

Tener en cuenta que a pesar de que no hay necesidad de un operador humano durante el proceso de calibración, ya que es completamente automático, se requiere un operador humano para iniciar el proceso de calibración. En cualquier caso, siempre existe la posibilidad de realizar una calibración asistida por el sistema o bien realizarla de forma completamente manual.

## Mapeado

El objetivo de este vuelo es capturar la geometría del entorno en el que el dron va a volar y la zona de la cámara que va a grabar. El dron puede ser controlado por un piloto usando un mando de radiofrecuencia o por instrucciones a través del sistema de control de a bordo / tierra; OCS/GCS.

Para el primer caso, la operación requiere de un piloto de dron humano (usando el mando de radiofrecuencia) y un operador (el control de la operación de exploración a través del GCS) para supervisar la calidad de la exploración. Este operador ordena al piloto a dónde ir y qué ver con el fin de completar los agujeros detectados en la nube si es necesario. El operador y el piloto puede ser la misma persona.

Para el segundo caso, sólo existe la necesidad de un operador ya que el dron puede ser operado desde el mismo GCS. En este caso, el propio operador que supervisa la calidad de la nube de puntos, puede establecer dónde ir y qué analizar dependiendo de los requisitos de la escena.

# Planificación

Esta es una fase fuera de línea realizada mediante un cliente Airt en la GCS Software AiRT®. Esta planificación se puede hacer in situ en el lugar de grabación o en cualquier otro lugar para, posteriormente, transferirlo al dron. Estos son un conjunto de vuelos virtuales editados para acercarse progresivamente al vuelo real final que el dron llevará a cabo en la fase de grabación. Los planes de vuelo serán transferidos al dron antes de intentar un vuelo grabación.

# Grabación

Una vez que el plan de vuelo se ha ajustado, el operador tiene que confirmar en la escena real que los planes de vuelo están funcionando de acuerdo a lo que se esperaba. Es decir, el vuelo virtual tiene que coincidir con la toma real que ha de registrarse, finalmente, para la película o el acto. Una vez que el vuelo es aceptado, la grabación puede empezar. Este es el objetivo a conseguir después de todo el proceso de grabación interior. Esta fase obtiene el producto final para la película.

La siguiente tabla resume la relación entre los diferentes tipos de vuelos y los recursos que necesitan para funcionar correctamente.

Recursos	Autocalibración	Mapeado	Planificación	Grabación
I.P.S.	Calibrando	Requerido	No requerido	Requerido
Mapa 3D	No disponible	Obteniendo	Requerido	Requerido
Plan de vuelo	No requerido	No requerido	Obteniendo	Requerido
Piloto	No requerido	Requerido	No requerido	No requerido
Operador	No requerido	Requerido	Requerido	Requerido

Tabla 1. Relación entre los vuelos y los recursos necesarios

Los siguientes puntos muestran las diferentes etapas de un plan de trabajo y la forma en que el Software AiRT se utiliza en cada situación.

# Planes de vuelo

Desde la perspectiva del cliente, un plan se establece mediante una curva con varias marcas de tiempo y posición concretas. Esto supone que la curva tiene que evolucionar temporalmente ajustándose a unos valores concretos especificados por el usuario en diferentes instantes de tiempo. A esto se le llama cuadro o fotograma clave. Esta curva depende de varios aspectos. Hay principalmente tres planes que modifican aspectos específicos del comportamiento del dron:

1. Plan del dron. Se determina la posición X, Y y Z del dron.
2. Plan del gimbal. Especifica el cabeceo, guiñada y balanceo del gimbal de la cámara.
3. Plan de la cámara. Modifica aspectos ópticos de la cámara como la apertura del diafragma (número f), la distancia focal, punto de enfoque, ISO, tiempo de exposición,... si la cámara permite el control de todos estos parámetros.

Estos planes se explican a continuación.

## Plan del dron

La curva para la orientación del dron se obtiene implícitamente a partir de la curva de la posición. Cuando el usuario establece el dron en un momento dado en una posición dada, el dron tiene que moverse (y cambiar la orientación) para alcanzar el lugar seleccionado por el usuario en el instante indicado. Esta curva de orientación depende del tipo de dron utilizado. El fotograma clave que obliga al dron para estar en un cierto punto en 3D en un momento dado, define implícitamente la velocidad de dron, la orientación y la aceleración necesaria para estar allí a tiempo.

Con el fin de construir la curva de posición, el sistema proporciona una serie de herramientas para la edición de la misma. Por ejemplo, el usuario es capaz de definir con precisión la trayectoria dentro de la escena capturada por el dron en un vuelo anterior. El cliente proporciona herramientas 2D y 3D para explorar el mapa virtual y para especificar la curva a través de los puntos de control. Dado que la curva tiene que ser definida por puntos en el espacio 3D, y es difícil especificar puntos 3D en una pantalla 2D, el sistema proporcionará diferentes puntos de vista coordinados para permitir al usuario definir el plan de vuelo en fases.

Estando en la fase de planificación de vuelo (FP), el usuario define la ruta en el Software AiRT en el GCS. Antes de transferir el plan de vuelo para el dron, el GCS tiene que comprobar el plan de vuelo con el fin de verificar si:

1. Las limitaciones operacionales predefinidas del dron seleccionado: velocidad máxima, aceleración o curvatura máxima de la trayectoria soportan la trayectoria indicada por el usuario.
2. La curva no toque las zonas no permitidas.
3. La curva respete los límites de seguridad del dron: distancia mínima entre el dron y las paredes, mínimo y máximo permitido en altura de vuelo, la duración del vuelo de acuerdo con la carga de las pilas.

## **Plan del Gimbal**

El plan de vuelo del Gimbal define la configuración de la orientación de la cámara para grabación. La curva para la velocidad angular y la aceleración angular del gimbal se obtienen implícitamente a partir de la curva de la orientación. El fotograma clave que impulsa el gimbal para estar en una cierta orientación 3D en un momento dado, fuerza implícitamente la velocidad angular y la aceleración angular del gimbal. Cuando el usuario establece el gimbal en un momento dado en una orientación dada, el gimbal tiene que cambiar su orientación actual a la seleccionada por el usuario. Esta curva de orientación depende del tipo de gimbal utilizado.

Con el fin de construir la curva de la orientación, el sistema proporcionará una serie de herramientas para la edición de la misma. Por ejemplo, el usuario será capaz de definir con precisión el punto en el que la cámara está mirando dentro de la escena. El cliente proporcionará herramientas 2D y 3D para explorar el mapa virtual y para especificar la curva a través de los puntos de control. Dado que la curva tiene que definirse por los puntos en el espacio 3D, y es difícil especificar puntos 3D en una pantalla 2D, el sistema proporcionará diferentes puntos de vista coordinados para permitir al usuario definir el plan de vuelo en fases.

Estando en la fase FP, el usuario define la ruta orientación del gimbal. El programa GCS comprueba el plan de vuelo con el fin de verificar si se hacen coincidir las limitaciones operacionales predefinidas del gimbal (velocidad máxima angular y aceleración).

## Plan de la cámara

Normalmente, los atributos de la cámara no se cambian en una toma determinada. Sin embargo, hay algunas circunstancias en que las condiciones de luz fuerzan cambiar el número  $f$  o es necesario cambiar la distancia focal con el fin de estar más cerca de la acción que está sucediendo en el escenario.

Observación. Nótese que, en un vuelo determinado, las condiciones de la cámara para cada toma pueden cambiar. Por lo tanto, es necesario contar con un mecanismo para cambiar los atributos de la cámara a bordo sin la intervención del GCS. Esto requiere utilizar el mecanismo de curva también para este control.



# CONFIGURACIÓN GENERAL

Tan pronto como el Software AiRT está activado, se abre una pantalla de inicio del programa. Mientras tanto, el programa configura estructuras de datos iniciales y ajusta la pantalla inicial.

## Pantalla de bienvenida

Esta es la pantalla de bienvenida, la primera pantalla que el usuario puede ver tan pronto como se inicia el programa. Mientras que esta pantalla de bienvenida está activada, el programa está intentando conectar con el dron y arrancar todas las estructuras de datos internas necesarias para su correcto funcionamiento.

Observe que este programa puede trabajar sin conexión. Por lo tanto, no requiere estar conectado a ningún dron para que el programa funcione. Por ejemplo, este programa puede ser utilizado para diseñar las rutas de vuelo en una habitación de hotel por el equipo de producción, lejos de la zona de grabación real.



Figura 3. Pantalla de bienvenida

## Actualización

Durante la fase de inicialización, Software AiRT se conecta al servidor con el fin de comprobar si hay una nueva versión del software. Si lo encuentra, Software AiRT pide al usuario que realice una actualización antes de continuar con la sesión de trabajo. Véase la Figura 4a. Si el usuario selecciona la opción "Aceptar", el programa comenzará a descargar la nueva versión e instalarla. Después de la instalación, por favor, vuelva a iniciar el programa.

Si no hay una nueva actualización para el programa, la ventana principal aparecerá directamente en la pantalla. Véase el punto siguiente.

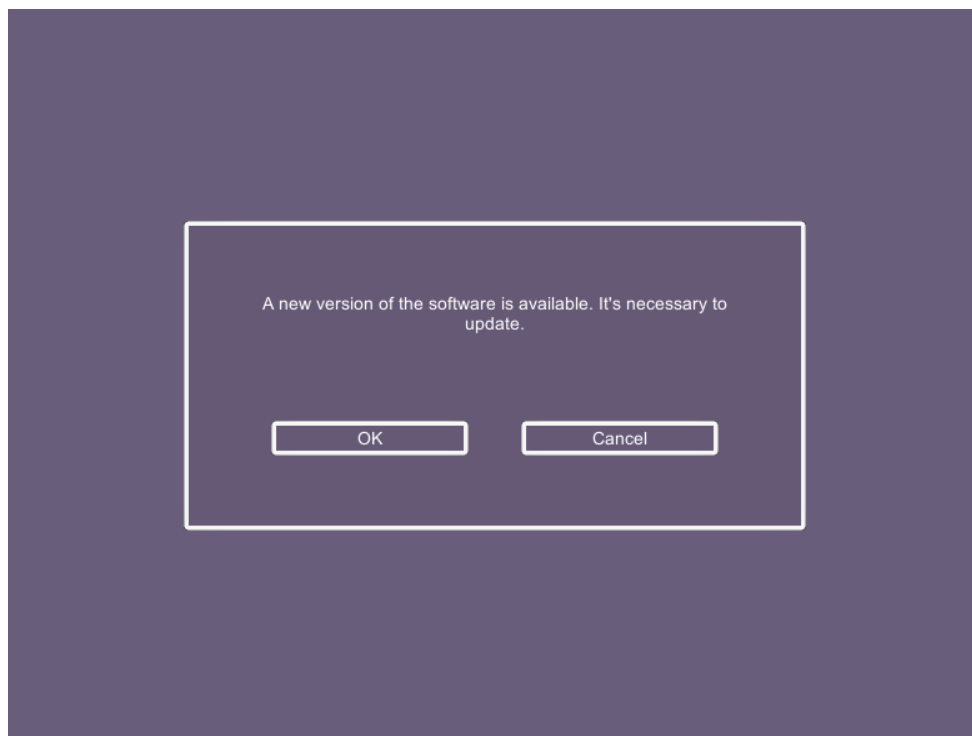


Figura 4a. Ventana de actualización

# Ventana principal

Cuando la inicialización ha terminado, se muestra la ventana principal del programa. Véase la Figura 4b. Esta ventana permite al usuario seleccionar qué hacer:

- Realizar algunos ajustes generales. Apriete el icono de engranaje en la esquina inferior izquierda de la pantalla. Para ver esta configuración, por favor, vaya al capítulo **Configuración** dentro de esta sección.
- Gestionar planes de vuelo. Presione el botón de plan de vuelo. Para ver esta sección, por favor vaya al capítulo **Planes de vuelo**. Esta opción permite:
  - Seleccionar un plan previamente cargado. Para fines de edición.
  - Crear un nuevo plan de vuelo. Esto lleva implícitamente al usuario a una fase de exploración si no hay previamente información cargada en el Software AiRT.
- Empezar a grabar unas tomas de acuerdo con un plan predefinido dado. Presione el botón de Vuelo Sesión. Para ver esta sección, por favor, vaya al capítulo de **Grabación**.
- Acceder a la ventana de créditos. Presione el botón de signo de interrogación en la esquina inferior izquierda de la pantalla. Véase la sección siguiente.

Tenga en cuenta que el usuario no puede realizar:

1. Una planificación de una ruta si no hay un escaneado de entorno disponible en dónde poder hacerlo.
2. Cualquier grabación si no hay un plan diseñado.
3. Cualquier asignación si no hay conexión con el dron.

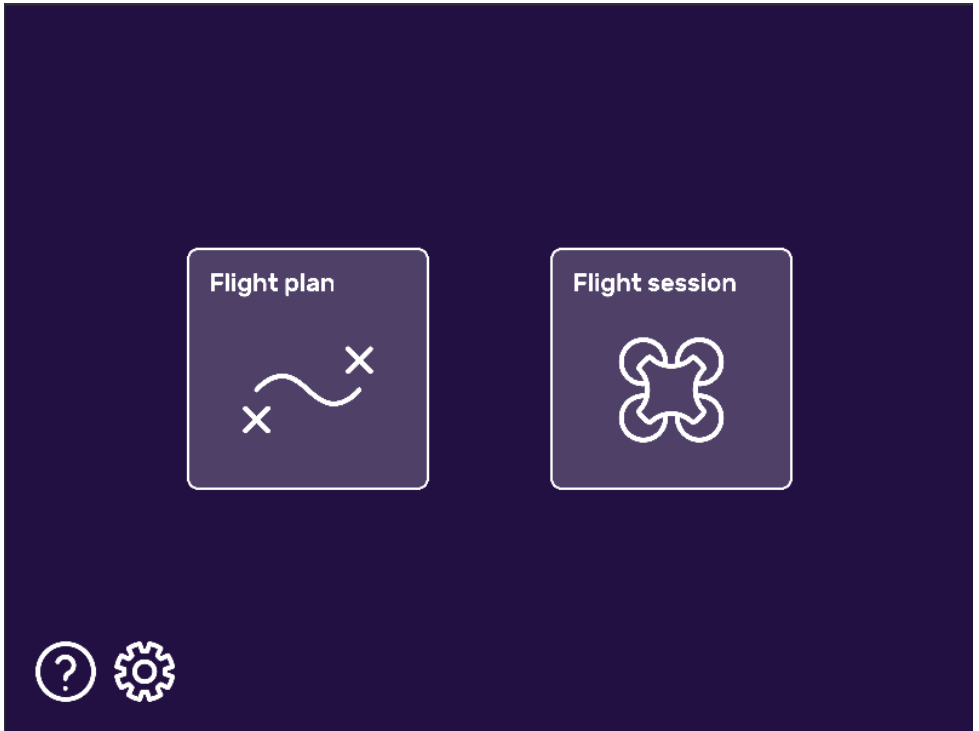
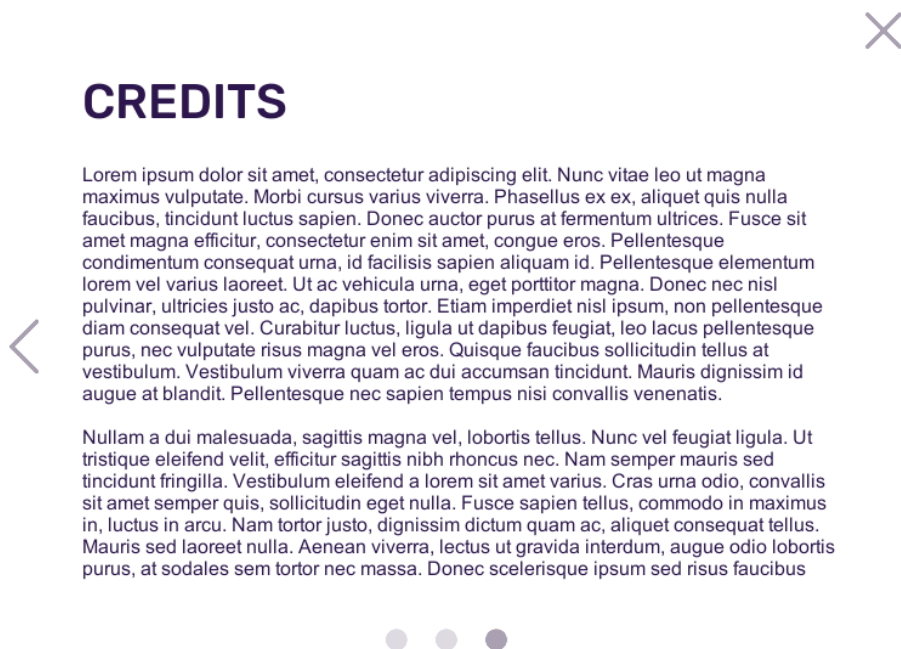


Figura 4b. Main window

# Créditos

Si se pulsa el botón de los créditos (signo de interrogación) en la esquina inferior izquierda de la pantalla, aparece la siguiente ventana “créditos” en la pantalla.



Version: 0.1.2

Figura 5. ventana Créditos.

Presione el botón de cierre de la ventana (el aspa en la esquina superior derecha) para volver a la ventana principal. Puede moverse a través de los créditos presionando los iconos de izquierda o derecha en el medio de la pantalla de la izquierda (icono <) y en la parte derecha (icono >).

# Configuración

Si se pulsa el icono de configuración general (engranaje) en la esquina inferior izquierda de la pantalla, aparecerán dos ventanas de configuración:

1. **Configuración de vuelo.** Véase la Figura 6. Muestra las restricciones de las maniobras del dron en el modo de vuelo automático. Estas restricciones se encargan de la velocidad vertical máxima en metros por segundo y la velocidad angular máxima en grados por segundo. Observe que cuando el dron se acciona en el modo manual, no se aplican estas restricciones.

2. **Configuración del piloto.** Véase la Figura 7. Muestra las restricciones de las maniobras del dron en el modo de vuelo manual. Estas restricciones se encargan de la altura de vuelo máxima, en metros, y el ángulo de inclinación máxima, en segundos. Observe que cuando el dron es conducido en modo automático, también se aplican estas restricciones.

## Configuración de vuelo

Ambos parámetros de seguridad, la velocidad vertical máxima y la velocidad angular máxima, son controlados por dos deslizadores diferentes. Moverlos si es necesario para establecer el valor correspondiente requerido para las condiciones de vuelo actuales.

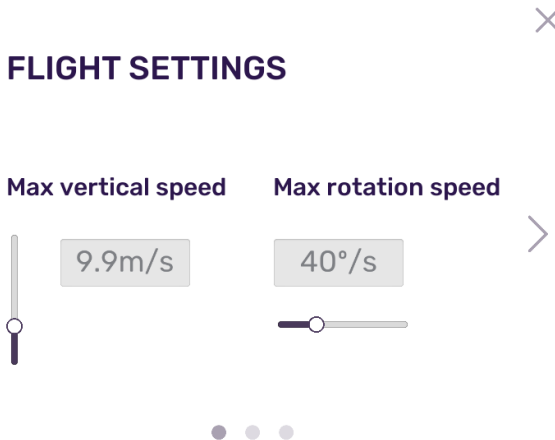


Figura 6. Configuración del vuelo

## Configuración del piloto

Ambos parámetros de seguridad, la altura vertical máxima y el ángulo de inclinación máximo, son controlados por dos deslizadores diferentes. Moverlos si es necesario para establecer el valor correspondiente requerido para las condiciones de vuelo actuales.

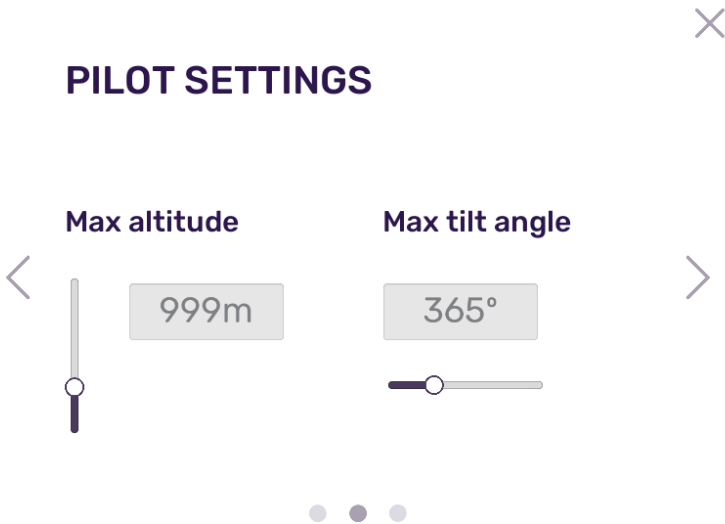


Figura 7. Configuración del piloto



# AUTOCALIBRACIÓN

Como se ve en el diagrama de transición de estado de los modos de vuelo en la Figura 2, antes de iniciar el análisis del entorno o de una grabación de vídeo, el dron tiene que saber perfectamente donde se fijan los anclajes para conocer con precisión dónde está. Es obligatorio para una buena localización del dron. Cuanto más precisa sea la posición que se establece, con mayor precisión se escanearán los puntos de las superficies del entorno.

Este es el primer paso en la línea de producción: calibrar la posición y orientación del dron.

Esta fase está a cargo de la localización del dron en toda el área cubierta por las balizas (anclajes). Esta fase puede subdividirse en dos:

1. **Colocación de anclajes o balizas.** Es una fase anterior, donde los operadores tienen que decidir dónde colocar los anclajes y el número de anclajes para poner.
2. **Calibración automática.** Una fase automática donde el dron detecta el número de anclajes y dónde se encuentran.

## Configuración de balizas

En esta fase, los operadores tienen que analizar la zona donde se va a realizar la grabación. Dependiendo de la cantidad de obstáculos, las interferencias radioeléctricas, el volumen de la escena, su complejidad geométrica; el equipo tiene que decidir el número de balizas (anclajes) que requieren.

Tener en cuenta estas sugerencias para la calibración del dron:

1. El dron se puede establecer áreas restringidas donde no pueda ir más tarde, en la fase de grabación. Esto es así porque el punto de despegue podría estar lejos de algunos anclajes, aunque estos podrían ser útiles más adelante durante la fase de grabación debido a que el dron podría llegar cerca de ellos. En ese caso, los primeros anclajes estarían lo suficiente lejos como para perder el enlace con ellos.
2. Los anclajes tienen que ser puestos en lugares donde el dron no puede perder el enlace durante el vuelo. Preferiblemente a la vista. No importa si todos los anclajes están a la vista al despegar ya que tienen que guiar el dron en diferentes zonas de vuelo.
3. La altura de la posición de los anclajes tiene que ser diferente. Eso significa que no se tienen que poner en el mismo plano horizontal ya que se utilizan también para el cálculo de la altura del dron.

Típicamente se fijan los anclajes en una distribución cúbica: cuatro anclajes en el mismo plano (altura) cerca del suelo y otros cuatro más altos. Cuanto más altos sean los anclajes mejor será la resolución y la precisión de la localización del dron. La calibración tiene que realizarse con anterioridad a la fase de grabación. Este es el caso de un escaneo descargado de un servidor de Internet, el permiso para trabajar en diferentes días debido a la restricción de acceso (otras grabaciones, de uso público, razones de seguridad, obras de construcción...). La recomendación es hacer todo el trabajo en el mismo día, si es posible.

Trate de no mover las balizas, una vez que se despliegan. Si no es posible, el equipo de producción tiene que quitar las balizas e incluso los soportes de las balizas de sus posiciones. Esto es crítico para la correcta alineación de la asignación virtual a la geometría del entorno real. Cualquier desplazamiento podría ser fatal para el resultado final de grabación y la seguridad del dron. En estos casos, se sugiere poner los soportes de las balizas donde no se noten o no se puedan sustraer. El siguiente día de grabación situar de nuevo las balizas en la misma posición establecida por sus soportes. El mapa de los anclajes se almacena en el GCS y puede ser seguido para establecer de nuevo cada anclaje en su lugar correcto. Cada anclaje tiene un número de serie. Asignar este número al mapa virtual en el GCS.

## **Localizar balizas o anclajes**

Esta es la primera ventana de calibración automática. Se utiliza para iniciar el procedimiento de identificación de los anclajes dentro del alcance de las antenas del dron. En primer lugar, el dron tiene que tener en cuenta el número de anclajes disponibles a partir de su posición y posteriormente realizar una calibración automática para configurar cada anclaje en su posición correcta. Dependiendo de la configuración de despliegue, el dron cambia la orientación del eje del sistema de coordenadas utilizado para realizar el viaje o para escanear el entorno.

Presione el botón Discover para empezar el procedimiento.

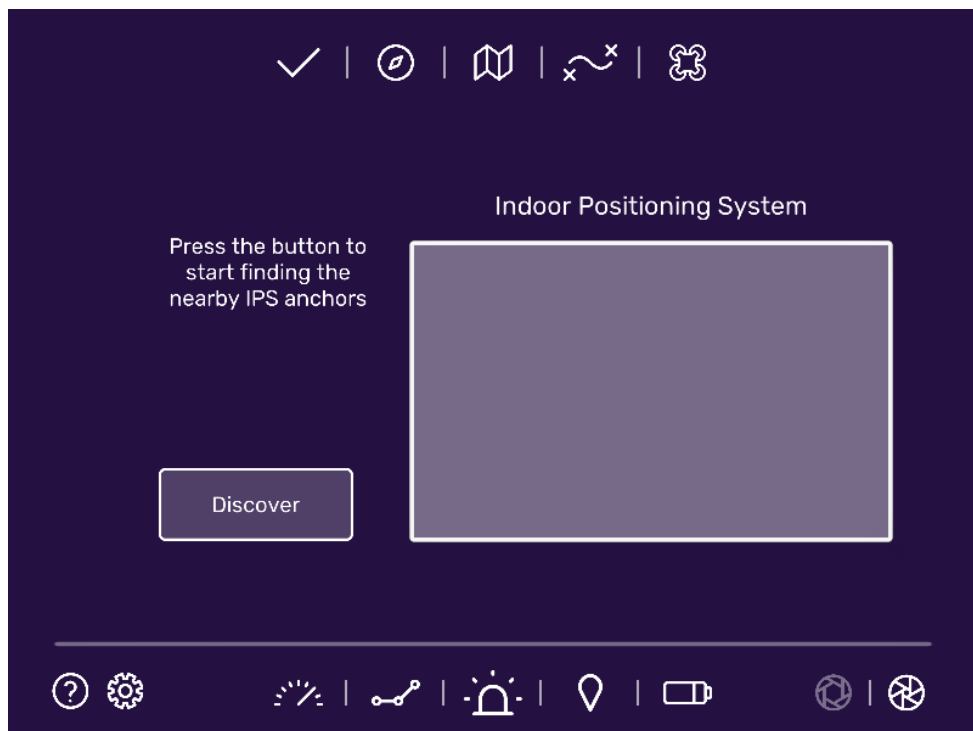


Figura 8.- El primer paso para descubrir todos los anclajes disponibles dentro del alcance del dron

Como están siendo identificados los diferentes anclajes, la lista de identificadores (una combinación de cuatro números / letras) aparecerá en la pantalla como se puede ver en la siguiente ventana.

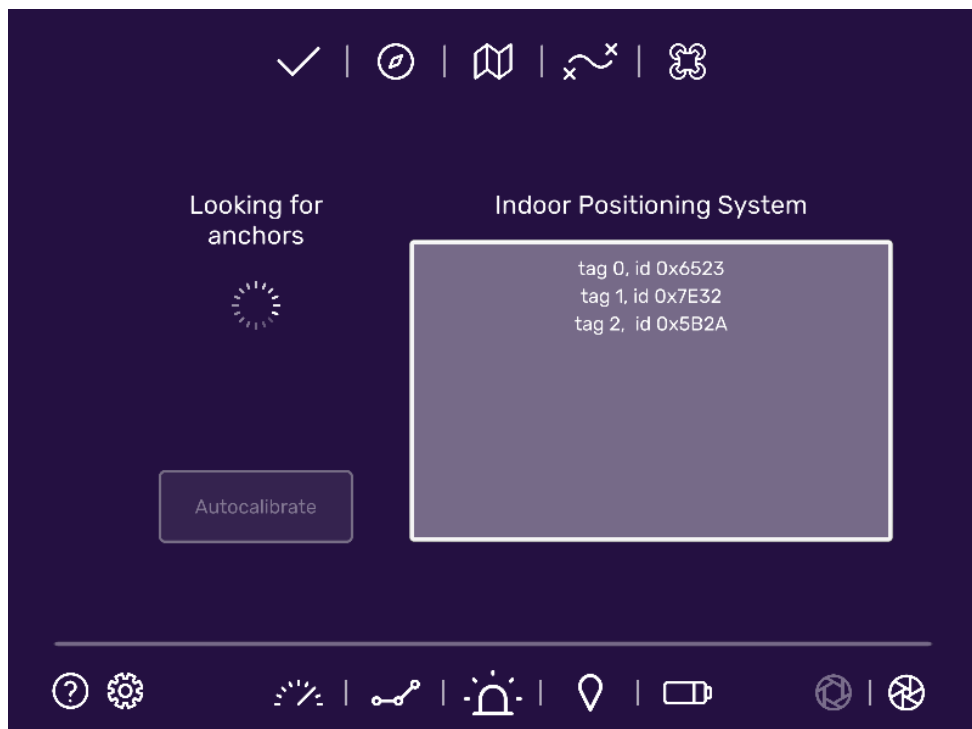


Figura 9. Lista de identificadores de anclajes reconocidos dentro del alcance del dron

Una vez que se ha completado la lista, aparecerá el botón Autocalibrate. Pulsarlo para iniciar la calibración automática. Una ventana nueva aparecerá. Esta ventana muestra una visualización 3D de la posición en el espacio de cada anclaje, el origen del sistema de coordenadas y su eje principal que muestra la dirección X positiva, la dirección Y positiva y la Z. Esta ventana también muestra la posición del dron respecto al origen de coordenadas. Véase la siguiente ventana.

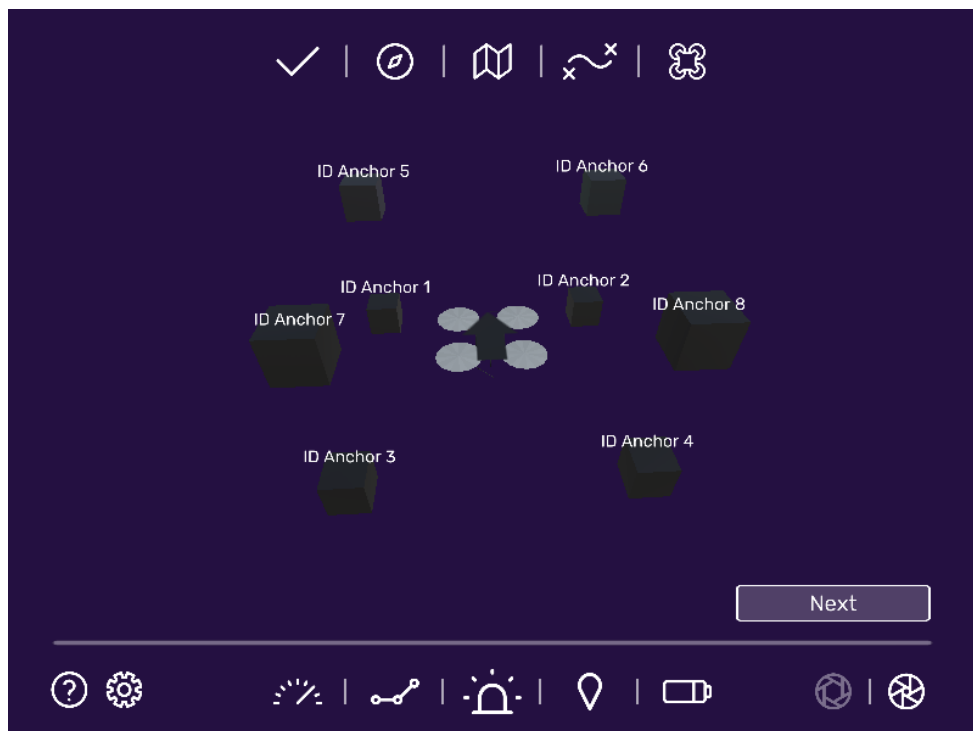


Figura 10. Mostrando la posición de cada anclaje y la posición y orientación del sistema de coordenadas

Cada vez que una nueva calibración se lleva a cabo, el anterior sistema de coordenadas no es válido y todos los mapas de vuelo o escaneos del entorno ya no son válidos. Por lo tanto, el único paso a realizar a partir de una nueva calibración es escanear el entorno o hacer coincidir a mano un entorno previo sobre el nuevo sistema de coordenadas.

Observación. Observe que el dron puede volar en entornos en los que no hay obstáculos; por ejemplo, en campos abiertos o en un gran ambiente interior donde no hay posibilidad de chocar con nada en la zona de vuelo. En estos casos, directamente aceptar el mapeo sin mover siquiera el dron y pasar a la fase de planificación o la fase grabación.

# Iconos del plan de producción

En varias ventanas del software AiRT, hay cinco iconos en la parte superior de la pantalla. Vea la Figura 11.



Figura 11. Iconos de plan de producción

Estos cinco iconos muestran el estado interno del plan de producción. El plan de producción se divide en cinco fases diferentes:

1. Conexión del GCS con el dron. El icono de comprobación de la izquierda.
2. Realización de la calibración automática. El círculo alrededor de un icono de la hélice. El segundo a la izquierda.
3. La exploración de entorno. El icono de la hoja doblada en el medio.
4. La planificación de un plan de grabación. La curva con fotogramas clave en la segunda posición a la derecha.
5. Grabar el vídeo como estaba previsto. El icono de dron a la derecha.

El icono de comprobación en el lado izquierdo informa acerca de la conectividad del Software AiRT con el dron:

- Si el GCS está trabajando fuera de línea, es decir, el dron está fuera de alcance o se cierra, este icono está desactivado.
- Si el dron se conecta al GCS o viceversa, este icono parpadea. Este es el caso de una ruta fuera de su alcance, una mala conexión debido a las interferencias electromagnéticas, o simplemente un restablecimiento del sistema al inicio del procedimiento de grabación.
- Si el dron está bien establecido y la conexión es buena, el icono está activo y estable.

Si el dron autocalibra sus sensores, detecta anclajes, auto posicionamiento, el segundo icono de la izquierda parpadea. Tan pronto como la autocomprobación ha terminado, este icono se habilita.

Durante la realización de una exploración del entorno, el icono de la hoja doblada está activado.

Cuando se realiza un plan de vuelo, incluso si el dron está apagado, el icono de la planificación está activado. En este caso, el icono de comprobación e incluso el icono de calibración automática o exploración podrían ser desactivados.

Para el último icono de la derecha, el de la grabación, es necesario que el resto de los iconos estén porque se requiere tener conexión directa con el dron; es necesario haber realizado la calibración automática y un plan tiene que ser seleccionado y cargado en el dron.

Tenga en cuenta que cada vez que el usuario está trabajando en una fase determinada o la fase está completamente terminada, el icono correspondiente se activa. La fase en la que el usuario está trabajando ahora, por ejemplo, el usuario ha vuelto a repetir o editar algo hecho anteriormente, esta fase es resaltada con el fin de permitir al usuario saber dónde está.



**ESCANEAR**

Esta fase se alcanza cuando no hay un plan de vuelo anterior disponible para el entorno de vuelo actual. Por lo tanto, la única solución es escanear el entorno con el fin de detectar las amenazas potenciales para el vuelo. Este es el objetivo de esta sección del manual.

Como se ha comentado en la sección de vuelos anterior, esta fase tiene que ser manejada por un piloto humano y / o un operador ya que el vuelo no puede ser autónomo en esta etapa de producción. Tener en cuenta que el dron no sabe nada sobre el entorno que lo rodea. Por lo tanto, el vuelo es controlado manualmente bajo la inspección de uno o dos operarios humanos.

Antes de realizar cualquier tipo de vuelo real; es decir, cada vez que el dron tiene que realizar un mapeo del entorno o una grabación de vídeo, todos los subsistemas tienen que ser probados con el fin de garantizar un servicio de seguridad. Eso incluye una calibración automática del IPS como se ha visto en el punto anterior. Cuando el usuario llega a esta opción, el dron se ha inicializado. Se ha realizado una calibración automática, está encendido y conectado a la GCS.

Tan pronto como se selecciona esta sección, aparece la siguiente ventana.

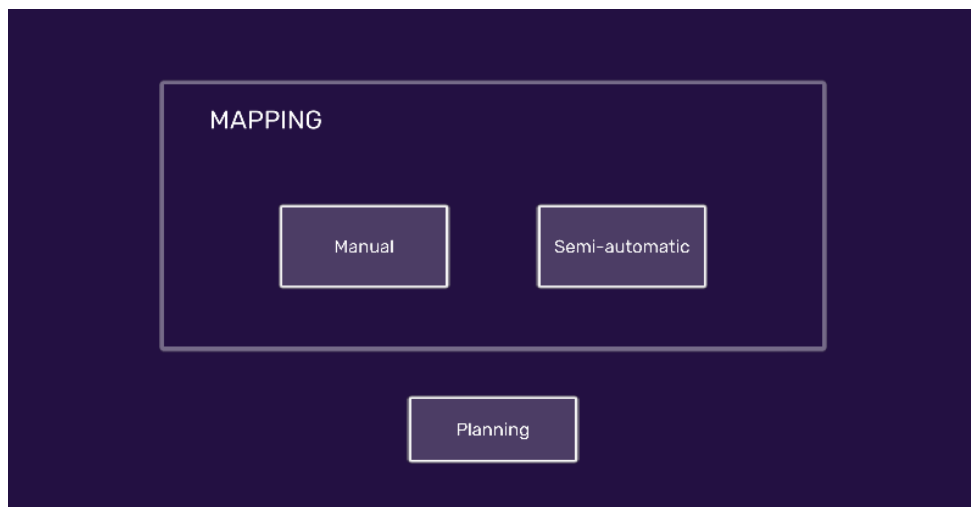


Figura 12. Ventana para seleccionar el tipo de mapeo

El mapeo se inicia cuando se seleccionan los modos manual o semi-automático. Véase la sección siguiente. El botón Planificación enviará al usuario a la fase de planificación evitando por completo esta sección de escaneado. Vea la sección de Planificación.

## Ajustes semiautomáticos

Una vez que se selecciona la opción de mapeo semi-automático aparece esta ventana en la pantalla.

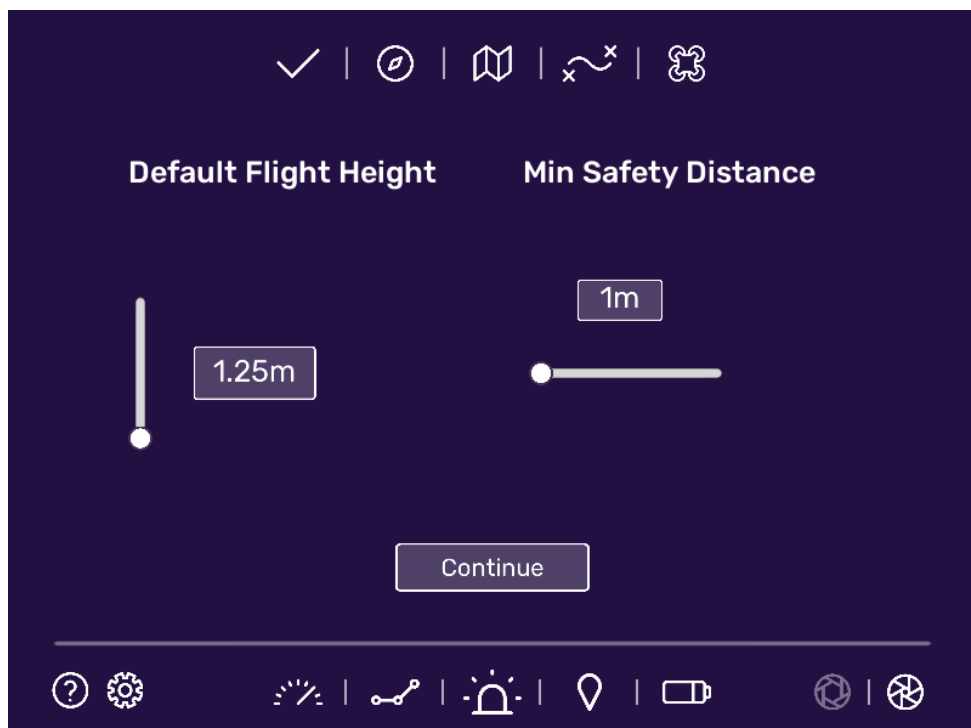


Figura 13. Configuración general antes de que comience la fase de mapeo

Hay dos valores que el usuario puede configurar por defecto:

1. La mínima distancia de seguridad entre el dron y las paredes escaneadas. Se trata de un valor de seguridad a fin de evitar una colisión entre el dron y el entorno escaneado.
2. La altura de vuelo predeterminada. Esta es la altura predeterminada por encima del suelo para volar si el usuario no ordena nada diferente.

Presione el botón Continuar para aceptar los valores.

## Escanear el entorno

Este punto muestra las diferentes partes del proceso de escanear el entorno. La siguiente ventana aparecerá después de que se presione el botón de Mapeo manual de la Figura 12 o el botón Continuar de la figura 13.

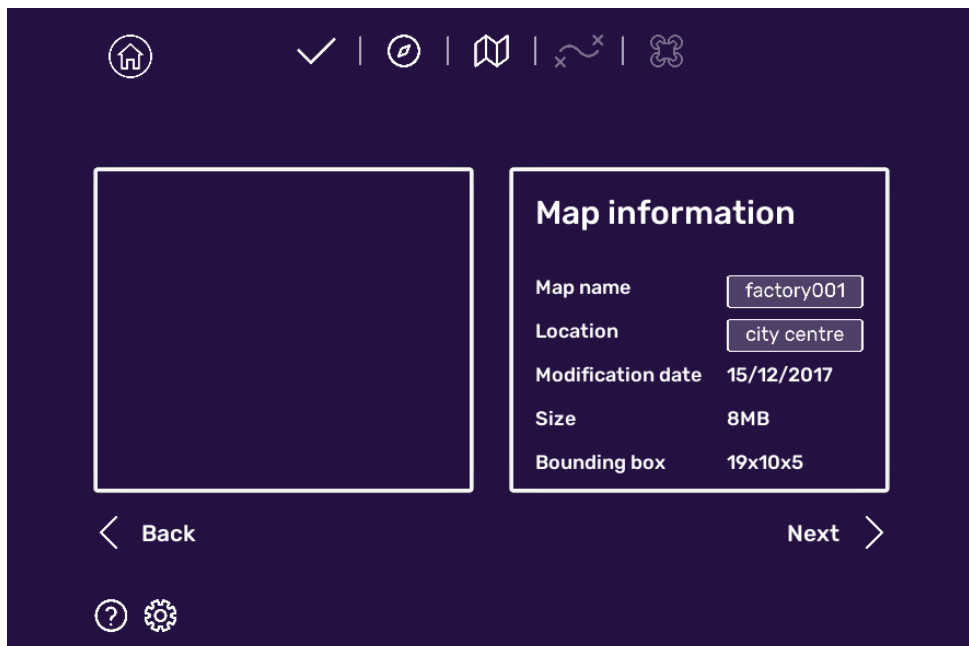


Figura 14. Mapa identificación y de metadatos antes de comenzar a registrar el entorno

Por favor, introduzca el nombre del mapeo o escaneado a realizar y la ubicación para futuros usos. Dar un nombre en relación con el área escaneada o ubicación, nombre de la escena, fecha, ... de acuerdo con el plan de producción. Pulse el botón Next para pasar a la siguiente ventana.

A veces, el proceso de digitalización puede ser interrumpido debido a que el entorno es muy complicado, las baterías se agotan justo en el medio del proceso de escaneo, las condiciones de iluminación han llegado a ser tan malas que no hay posibilidades para hacer la exploración o al peligrar la seguridad se ha obligado a aterrizar el dron. Por lo que es necesario aterrizar el dron, apagarlo, cambiar las pilas y reiniciar de nuevo en el punto en que se terminó con anterioridad. En este caso, pulse el botón Seleccionar y elija uno de los mapas que aparecen en la pantalla para continuar con la digitalización a partir de donde se interrumpió.

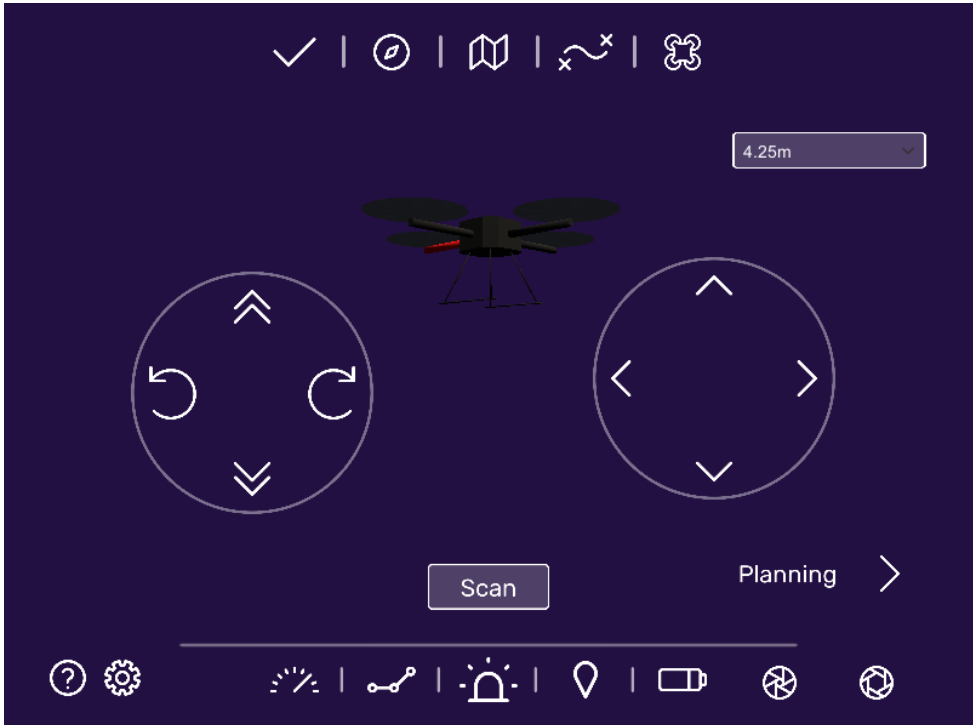


Figura 15. Ventana por defecto del proceso de escaneado

Hay un icono del dron de exploración en el centro de la ventana. El indicador de fase en la parte superior de la ventana se establece en modo de escaneo o mapeo.

Hay un indicador de altura en la esquina superior derecha. Esta es la altura por defecto que el dron va a usar y mantener para mapear el entorno durante toda esta fase. Cambiarla a la necesaria para la exploración actual y cambiarla de nuevo una vez que el primer mapeado se haya completado. Analizar sólo ese nivel o los niveles requeridos para establecer las rutas de grabación o el área que el dron va a ver para una referencia visual del operador de cámara.

Hay un comando circular a la izquierda que permite mover el dron:

1. Arriba y abajo, es decir, un movimiento de altura.
2. Girar sobre el eje vertical hacia la izquierda o hacia la derecha. Este es el movimiento de guiñada.

Hay un comando circular ala derecha que permite mover el dron:

1. Recto hacia adelante o hacia atrás.
2. Lateralmente hacia la izquierda o hacia la derecha sin ninguna rotación en el eje vertical.

Observe que el comando de la derecha no cambia su altura en cualquier momento. Se mueve en un plano horizontal paralelo al plano de la tierra. Sólo se cambia la altura. Nótese también que los drones no tienen controles de cabeceo ni balanceo desde el software GCS aunque la aviónica a bordo cambia el cabeceo y balanceo según sea requerido por los movimientos del plan de vuelo.

Hay un icono de escaneo en la parte inferior central de la ventana que permite iniciar, pausar o terminar el proceso de escaneo:

- Sostenga durante al menos tres segundos si desea iniciar la exploración de los alrededores. El dron mostrará el botón despegar. Pulsarlo y el dron despegará de su posición hasta que llegue a la altura deseada por defecto fijada en el indicador de altura en la esquina superior derecha. Aparecerá una ventana de advertencia. Ver Figura 16. Se inicia el movimiento del dron para realizar una exploración del entorno que lo rodea. El dron está en modo de exploración.
- Si el dron está en modo de exploración, al pulsar el botón Escanear de nuevo se detendrá el escaneo aunque el piloto puede moverlo a cualquier lugar, pero sin la exploración durante el movimiento. El dron está en modo de pausa.
- Si el dron está en modo de pausa, al pulsar el botón Escanear de nuevo se reiniciará el escaneo. El dron está en modo de exploración.
- Manténgalo pulsado para aterrizar el dron en el lugar donde está. Aparecerá una ventana emergente de confirmación. Acepte o cáncélela.

La ventana cambiará a la siguiente figura.

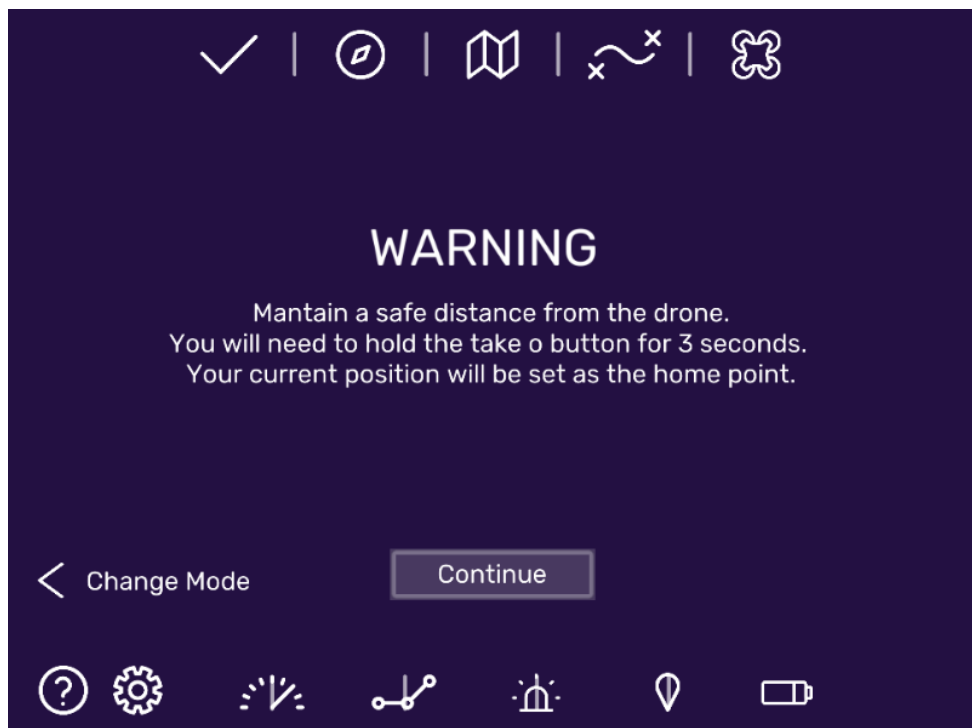


Figura 16. Ventana de advertencia al usuario que el dron va a despegar para iniciar el procedimiento de exploración/escaneo o mapeado

Como medida de seguridad, pulse y mantenga pulsado el botón Continuar durante al menos tres segundos para proceder al despegue del dron. Mientras que el dron está subiendo a la altura predeterminada (esto se determinó en la ventana de configuración por defecto), el usuario puede ver un icono de inicio en la pantalla. Mientras que en esta fase el usuario no puede controlar el dron a través del GCS, puede hacerlo mediante el uso del radiocontrol manual.

Tan pronto como el dron alcanza la altitud predeterminada para el escaneo, el usuario puede mover el dron de forma manual mediante el uso de los controles del dron en la pantalla GCS. Véase la siguiente figura.

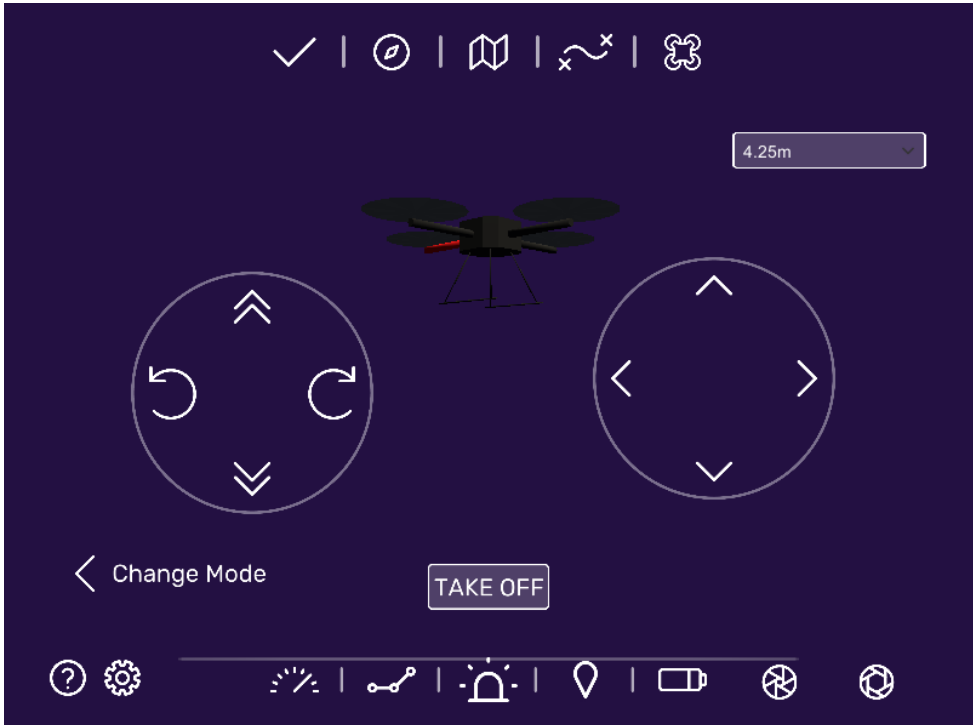


Figura 17. Ventana de despegue antes de comenzar la fase de exploración

Mover el dron con los mandos de control. Tener en cuenta que hay que mover el dron lateralmente para permitir que la cámara de exploración enfoque de frente a las paredes y los objetos que tienen que ser registrados. A medida que el dron registra la nube de puntos de las paredes, las envía al Software AiRT. La nube de puntos será vista en la pantalla mientras el dron se mueve y registra más y más superficies.





Figura 18. Secuencia de una sesión típica de exploración. Las paredes y el entorno están apareciendo progresivamente en la pantalla mientras el dron se mueve alrededor.

El dron se puede mover desde la tierra, tanto desde el Software AiRT como desde el radiocontrol manual. Por favor, use un solo sistema a la vez, no use ambos al mismo tiempo o el dron podría comportarse de forma errónea.

Este modo de vuelo es completamente manual. A medida que el dron está en movimiento, las paredes van a ir apareciendo en la pantalla de forma progresiva.

Cuando, finalmente, el dron aterriza debido a que la sesión de exploración ha acabado o las baterías están vacías la ventana de la figura 16 aparecerá de nuevo. Puede volver a planificar un vuelo pulsando el botón de "Cambiar modo" en la posición inferior izquierda. Esto llevará a la ventana de la Figura 4b. Pulse el botón Plan de Vuelo para entrar en la siguiente sección del procedimiento.

# PLAN DE VUELO

Un plan de vuelo se centra principalmente en tres aspectos:

1. La ruta que el dron tiene que seguir; es decir, la posición para cada momento del vuelo. Esta ruta incluye puntos clave donde el dron tiene que estar en un momento dado.
2. Los atributos de la cámara (diafragma, distancia óptica, punto de enfoque, tiempo de exposición, ...)
3. El punto de interés a grabar. Es decir, el punto de interés al que la cámara está mirando. En este caso, el plan de vuelo tiene que establecer los ángulos de los ejes de inclinación y giro de la cámara.

## Gestión de mapas

Una vez seleccionada la opción de planificación, una batería de mapeado y planes de vuelo asociados a un mapeado se muestra en pantalla. Los mapas disponibles se presentan en la fila superior de la pantalla. Se debe tener en cuenta que un plan de vuelo sólo puede ser programado si hay un mapeado asociado dónde hacerlo.

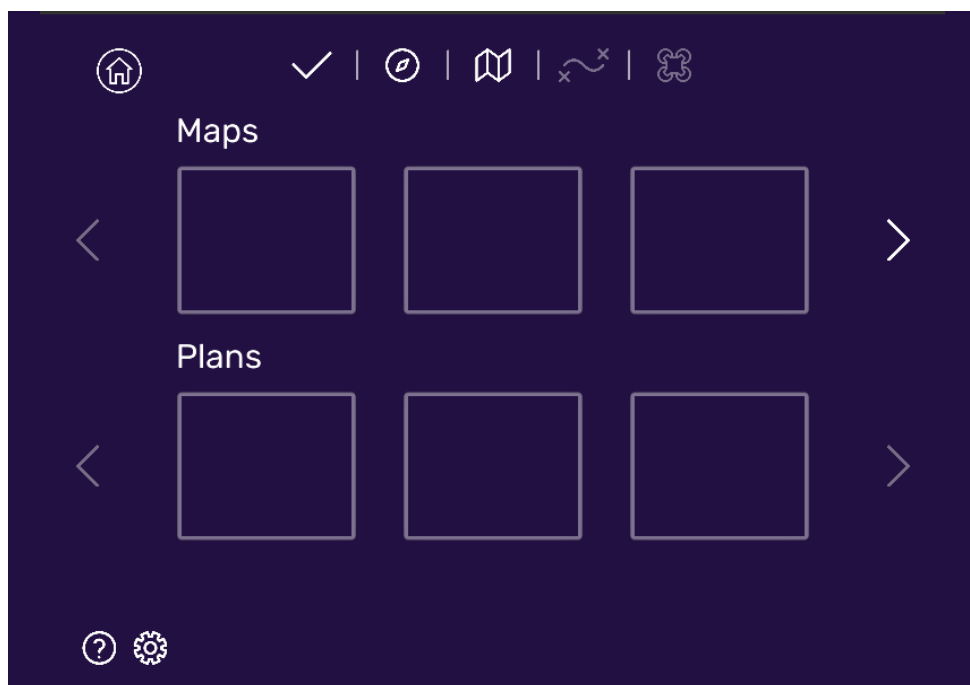


Figura 19. Selección del mapeado para ver los planes asociados

Ambos mapeados y planes tienen propiedades que se pueden editar. Pulsar sobre el mapeado seleccionado y mantenerlo hasta que aparezca una ventana emergente. Se pueden seleccionar cuatro opciones:

1. **Seleccionar el mapeado actual.** Tan pronto como se selecciona, todos los planes asociados también se pueden seleccionar en la fila inferior. El usuario puede seleccionar también el mapa pulsando sobre el mismo directamente.
2. **Info.** Se muestra la información asociada al mapeado. Ver Figura 21.
3. **Descargar / Eliminar local.** Conectarse al servidor y descargar el mapa. Sobrescribirlo en la memoria local.
4. **Eliminar en el servidor.** Eliminar este mapa en el servidor. Ya no es necesario o se han perdido las referencias de los anclajes y no se pueden utilizar más.

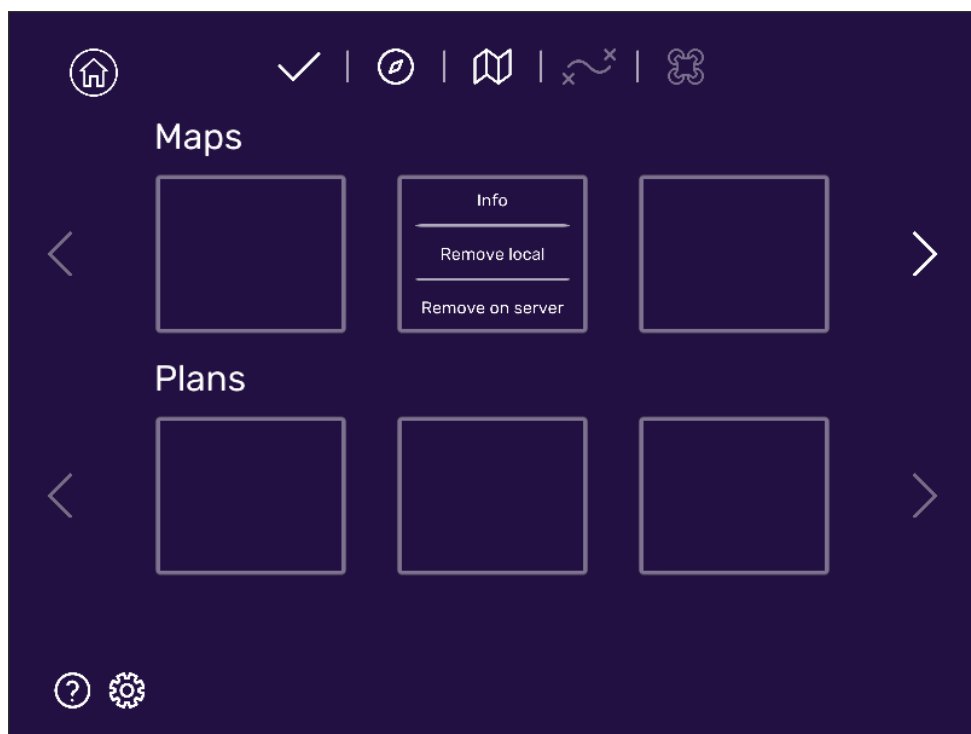


Figura 20. Menú emergente para los mapas

Tocar fuera de la ventana emergente para volver a la ventana principal. La información sobre el mapa actual seleccionado puede verse en la figura 21. Por ejemplo, el nombre del mapa, el lugar en que se registró, la fecha en que se registró y algunos detalles técnicos como la cantidad de memoria usada o el volumen cubierto.

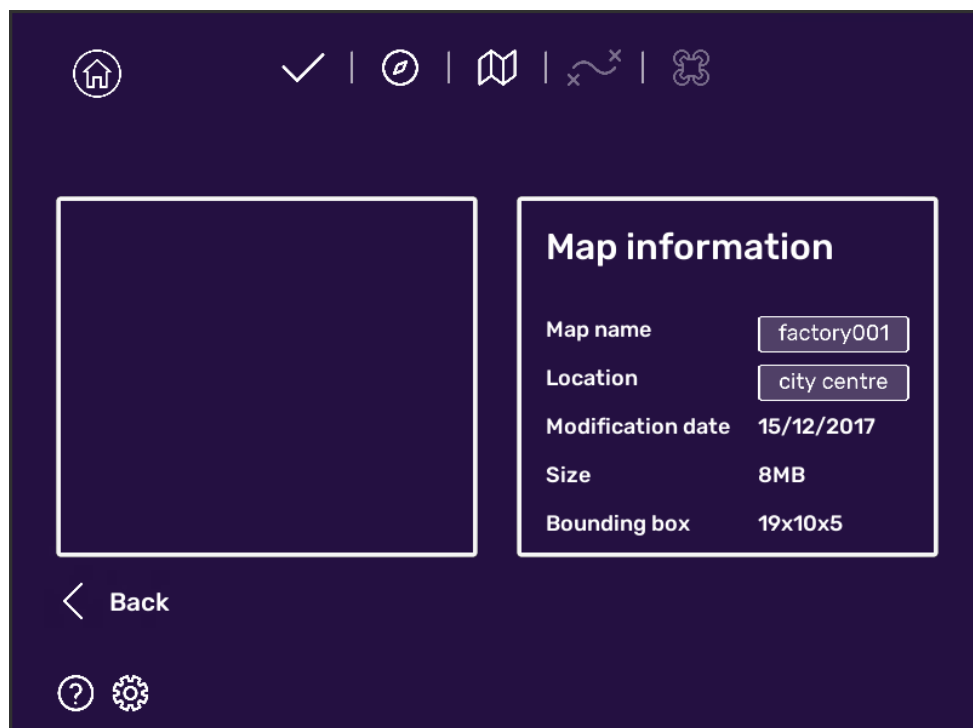


Figura 21. Ventana de información del mapa

## Gestión de planes

Esta sección presenta varias opciones para los planes. Un plan se puede seleccionar, editar sus puntos clave, gestionar las propiedades de cada punto clave, guardar y cargar un plan,...

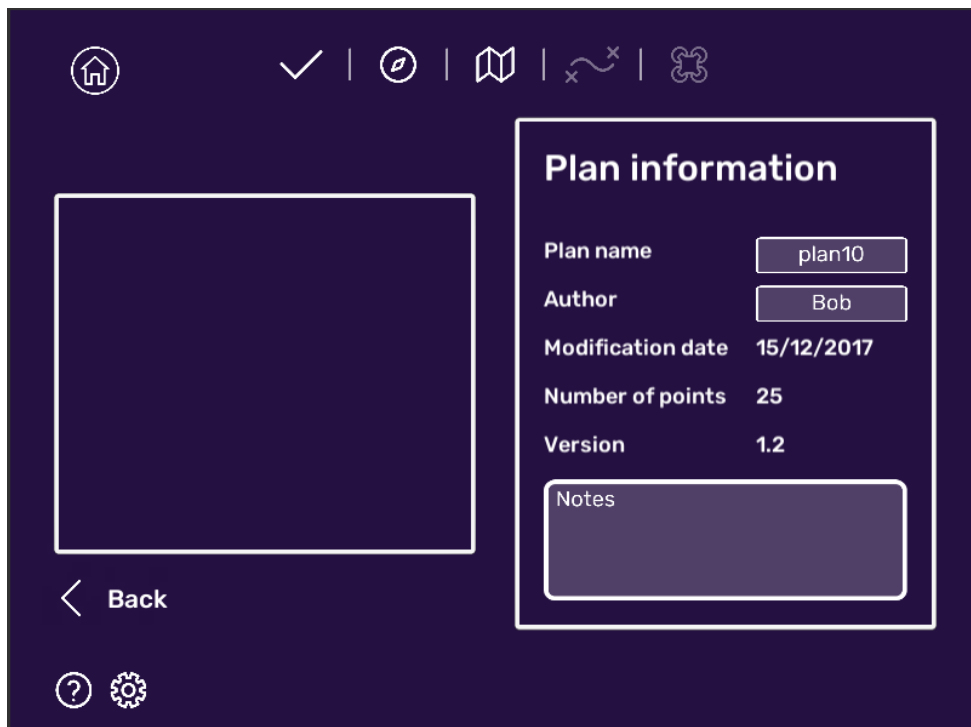


Figura 22. Ventana de información de un plan.

### Selección de planes

Una vez que el mapeado ha sido seleccionado, los planes asociados aparecen en la fila inferior. Moverlos a la izquierda para ver más planes disponibles para dicho mapeado. Si se han mostrado todos los planes, una ranura en blanco aparece mostrando la etiqueta **Plan Nuevo**. Presionarlo si se desea crear un nuevo plan para dicho mapeado. Véase la siguiente figura.

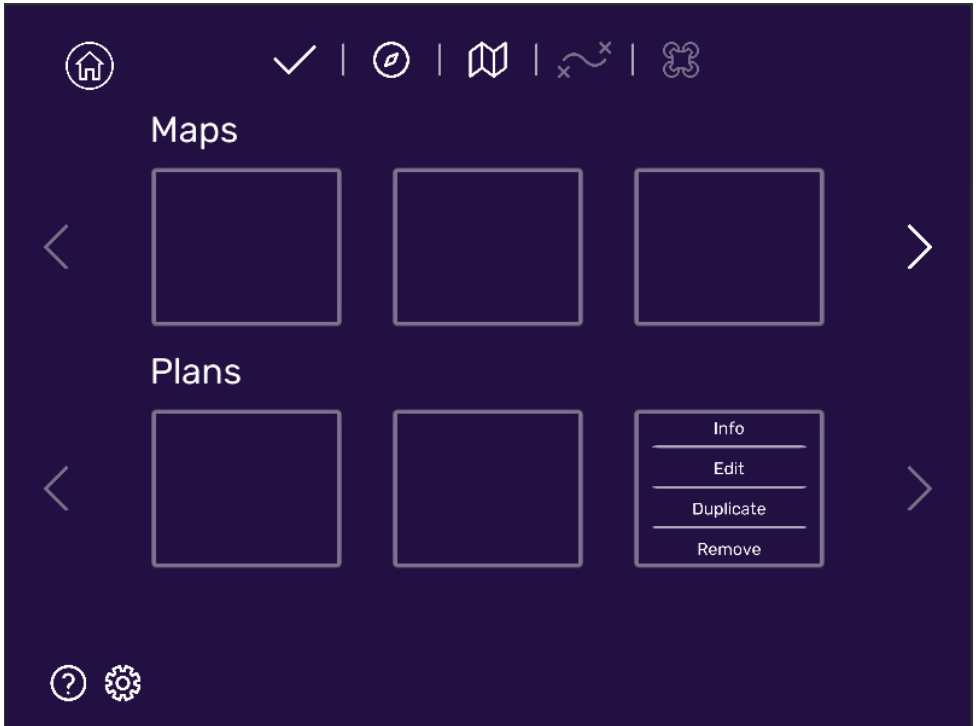


Figura 23. Selección de los planes asociados a un mapeado dado.

Los planes tienen propiedades que se pueden editar. Pulse en el plan seleccionado y mantenerlo presionado hasta que aparezca una ventana emergente. Se pueden seleccionar cinco opciones:

1. **Info.** Se muestra la información asociada al plan. Véase la figura 22.
2. **Editar.** Conectarse al servidor y descargar el mapa. Sobrescribirlo en la memoria local.
3. **Duplicar.** Hace una copia del plan de vuelo actual relacionado con el mapa actual.
4. **Eliminar del servidor.** Eliminar este mapa en el servidor. Ya no es necesario o se han perdido las referencias de los anclajes y no se pueden utilizar más.

Tocar fuera de la ventana emergente y se cerrará.

## Añadir un nuevo plan

Si el botón Plan Nuevo de la figura anterior se ha presionado, aparece la siguiente ventana.

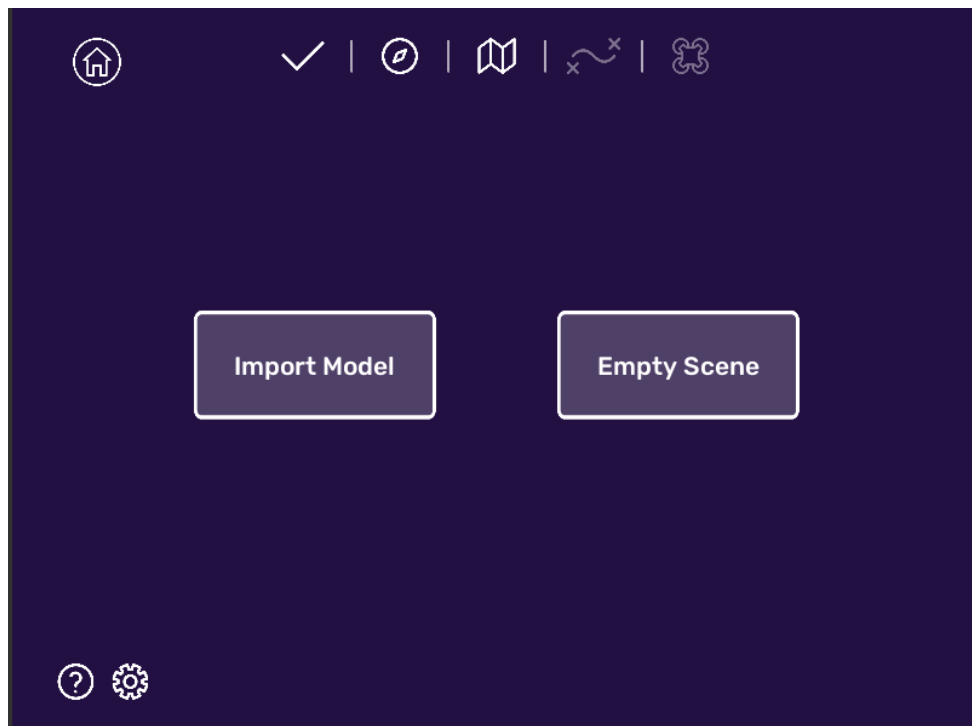


Figura 24. Ventana de selección del modelo. Importar desde un archivo, local o remoto o crear una escena vacía



## Parámetros generales para un nuevo plan

Si se selecciona una escena vacía, la siguiente ventana requiere especificar las dimensiones de la habitación en la que se operará. Por favor, establecer el ancho, altura y profundidad.

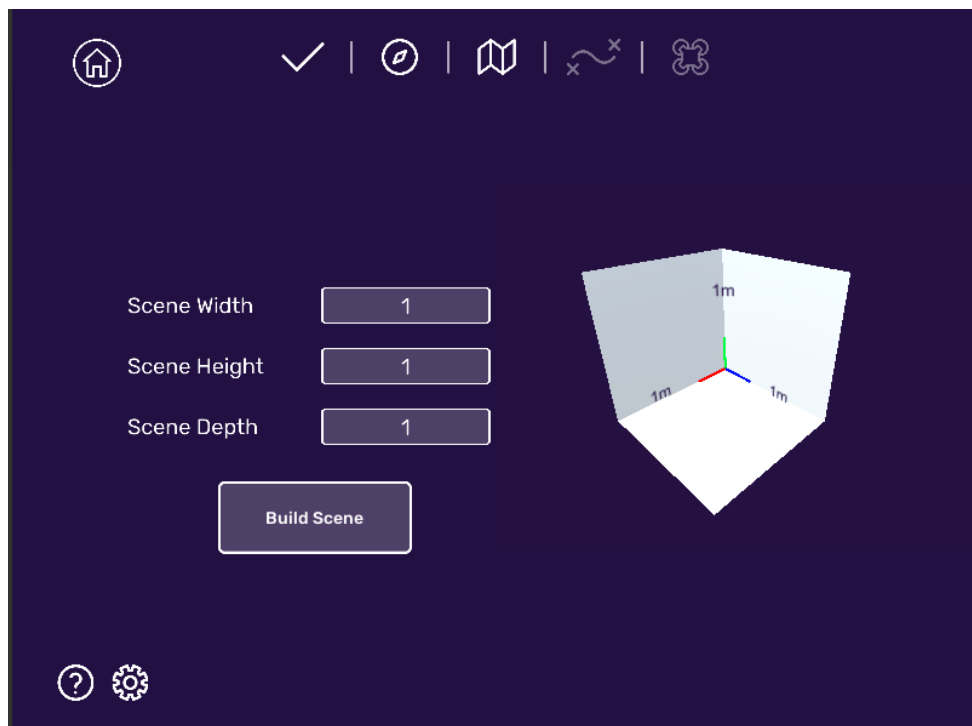


Figura 25. Configuración de las dimensiones de una sala vacía dónde escanear

Presionar sobre el botón Build Scene y fijar el nombre del mapa y la ubicación de la escena a construir. Ver Figura 21. Introducir el nombre del plan y el autor del plan. Presionar el botón Continuar para pasar al siguiente paso en la ventana de parámetros generales para un plan.

# Planes para un dron

Esta función establece una nueva ruta a seguir por el dron. La ruta se construye mediante la inserción y edición de puntos clave consecutivos que generan una línea curva que posteriormente seguirá el dron.

Durante toda la fase de planificación, siempre hay en la parte inferior de la pantalla diferentes herramientas que se pueden seleccionar cada vez que el usuario lo requiera.



Figura 26. Herramientas disponibles en la fase de planificación

Esta caja de herramientas ofrece seis posibilidades de izquierda a derecha:



- Agregar o mover los Puntos Clave (PC) en el mapa. Mueve la posición del punto clave, modifica los valores de espera, cambia la orientación del gimbal o modifica los atributos de la cámara.

Si el usuario toca fuera del PC activo, la ruta se extenderá desde el punto clave activo actual al nuevo punto añadido en el mapa.

Si el usuario toca sobre cualquier PC, la ruta no extenderá, pero el punto activo actual será el presionado. Los atributos internos del PC serán accesibles y editables.



- Mostrar toda la información sobre el PC seleccionado, pero sin modificarlo.

Si el usuario toca fuera del PC activo, la ruta no se extenderá desde el PC activo, pero el punto activo actual será el presionado. Los atributos internos del PC serán accesibles, pero no se podrán editar.



- Seleccione esta herramienta cada vez que necesite poner un punto de interés (PoI) al que el gimbal mirará desde todos los puntos clave seleccionados.

Se debe tener en cuenta que si se asigna un punto clave a un PoI, la dirección del gimbal se mantendrá fija hasta que otro PC establezca una nueva dirección que mire a un nuevo punto de interés.



- Esta herramienta cambia la pendiente de la ruta en un PC dado. La posición del PC no se cambia, así como cualquiera de sus atributos. Sólo la pendiente de la ruta varía.

Tener en cuenta que la trayectoria del dron es una curva que presenta una continuidad de segundo orden, por lo que la velocidad de entrada y de salida (tangente de la curva) del dron al alcanzar un determinado PC es la misma tanto en magnitud (módulo de la velocidad) y la dirección (orientación de la velocidad). Es decir, las dos pendientes están vinculadas. Mover el mando izquierdo mueve el derecho y viceversa. Estirar un mando, estira el otro en la misma cantidad.



- Esta herramienta permite que el usuario pueda realizar una vista previa virtual del viaje. Se puede ver la forma en que funciona mirando la sección **Vista previa de la grabación virtual**.

## Añadir puntos clave

El procedimiento básico para gestionar un plan es insertar un punto clave. Un punto clave es un punto en el espacio tridimensional en el que el dron tiene que estar en un momento dado. Es un punto de paso, un punto en el que la ruta del dron tiene que pasar.

La primera opción en un plan vacío es insertar el punto de inicio. Éste es el punto desde donde el dron tiene que empezar su plan de vuelo. Este punto se representa en la pantalla como un icono de casa. Ver Figura 27. Tener en cuenta que, tal vez, no es el punto desde dónde iniciar la grabación, pero es el primer punto desde dónde iniciar el viaje.

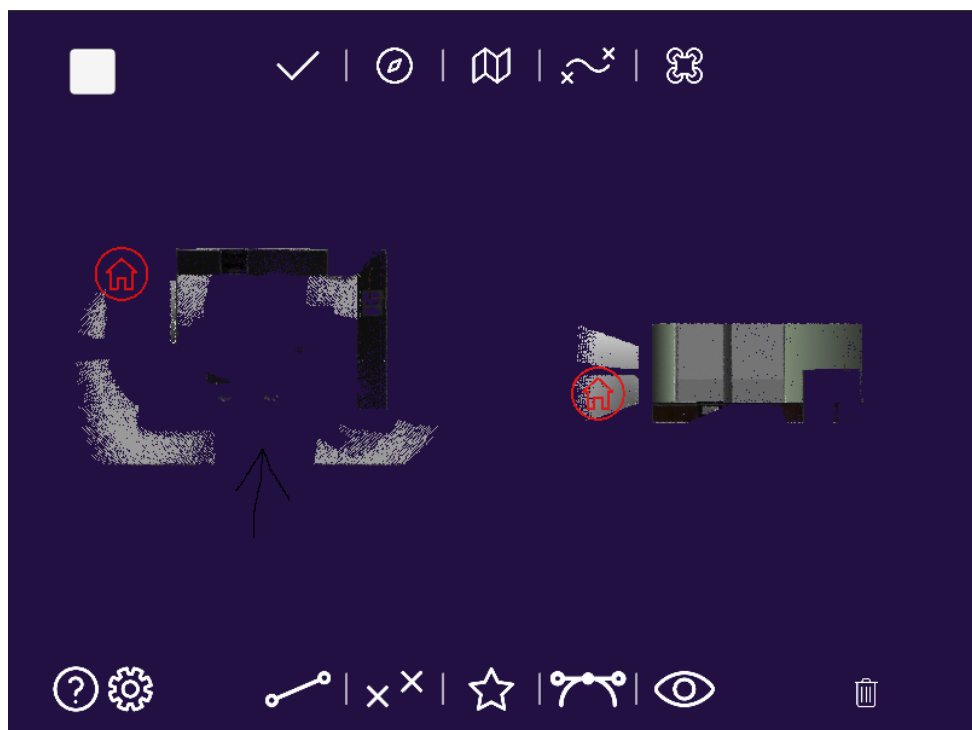


Figura 27. El primer punto introducido es siempre el punto de inicio

Observación. Tener en cuenta que este punto tiene una altura dada desde donde iniciar el viaje. Por lo tanto, se puede poner el dron en cualquier lugar y el dron irá desde el punto de despegue a este punto inicial. Compruebe que hay una línea recta libre y segura desde el punto de despegue al punto de partida.

La ventana para gestionar los puntos clave tiene dos puntos de vista; Superior y lateral:

1. En el de la izquierda (punto de vista Superior), el usuario puede determinar la posición X e Y en el mapa donde se coloca el punto clave.
2. En el de la derecha (punto de vista lateral), el usuario puede determinar la altura desde el suelo donde se coloca el punto clave.

Cada vez que un punto se coloca en el mapa, el usuario lo puede editar en ambas ventanas gráficas. Tener en cuenta que cualquiera de los Puntos Clave seleccionados se puede eliminar en cualquier momento tocando sobre el icono de papelera en la esquina inferior derecha.

El último punto clave introducido por el usuario es el punto activo. Siempre se marca como un punto rojo en la interfaz de usuario. El siguiente punto siempre se añade después del punto clave activo actual. Así que el punto activo actual será el nuevo insertado. Así que si el punto clave es:

1. El último, se extenderá la línea. Véase la Figura 28.
2. Cualquier punto interno. Se añade un nuevo punto clave a la trayectoria que tiene que seguir el dron. La ruta será modificada con el fin de pasar a través del nuevo punto añadido.

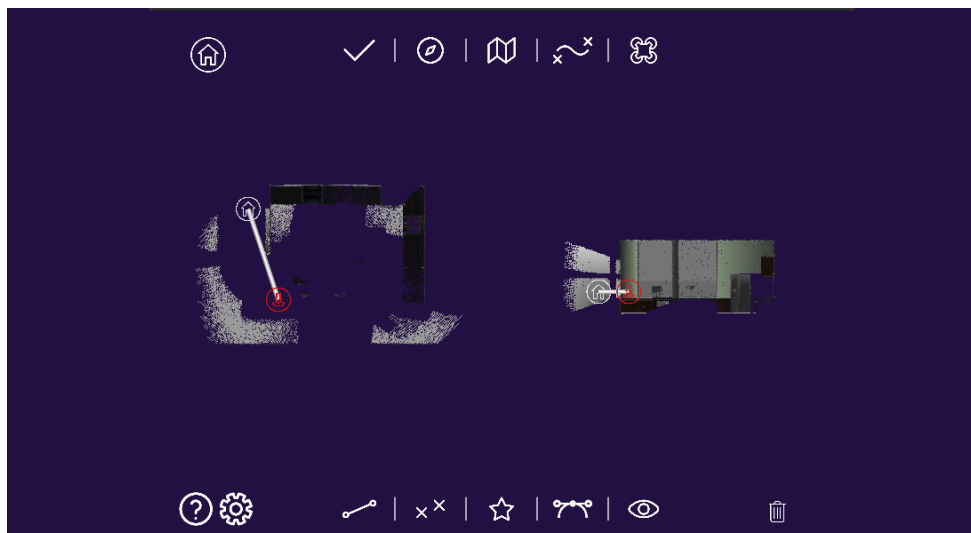


Figura 28. Poner el primer punto clave en el mapa del entorno

Una vez que el dron ha llegado a la última posición del viaje, tiene que aterrizar allí. Por lo tanto, aparece un nuevo icono en la pantalla indicando que ese punto es un punto de aterrizaje. Asegúrese de que el punto pertenece a un área segura y que puede aterrizar sin ningún daño, tanto para sí mismo como para las personas. Ver la Figura 29.



Figura 29. Poner el último punto clave en el mapa del entorno. Éste es el punto de aterrizaje.

## Determinar los atributos del punto clave

Un punto clave puede gestionar diferentes aspectos de un plan de vuelo. Puede contener información sobre:

1. La posición del dron en ese punto de control y el instante en que el dron tiene que estar en ese punto. La orientación del dron no puede ser seleccionable, ya que depende de los valores aerodinámicos del dron y la situación local en ese momento durante el vuelo: viento, turbulencias, ...
2. El tipo de punto clave. Determina la forma en que este punto clave se va a comportar. Un punto clave puede ser un:
  - a. **Punto de paso.** Es una posición intermedia. El dron tiene la obligación de pasar a través de ese punto en el momento indicado por el usuario.
  - b. **Punto de Inicio.** El dron despegue desde este punto. La misión siempre comienza cuando el dron está en este punto. Normalmente, éste es el primer punto de paso por defecto.
  - c. **Punto de aterrizaje.** El dron aterriza allí en el suelo. La misión siempre termina cuando el dron llega a este punto. Normalmente, éste es el último punto de paso por defecto.
  - d. **Punto de detención.** El dron no se mueve de ese punto clave durante una cantidad de tiempo establecido por el usuario. Si el atributo Stop está vacío, el dron no se detiene y sigue con el plan. Éste es un punto común. Si el atributo Stop tiene un valor, el dron se detiene en ese punto durante la cantidad de segundos indicados. Véase la siguiente figura 30.
3. La orientación absoluta del gimbal indicando el punto objetivo al que la cámara tiene que mirar.
4. Los parámetros de la cámara, tales como la apertura del diafragma, distancia focal, profundidad de campo, velocidad de obturación, ...

El usuario puede seleccionar todos los aspectos a gestionar pulsando sobre cualquiera de los puntos, gimbal y pestañas de la cámara. Dependiendo de la pestaña seleccionada, el contenido de área cuadrada cambia con el fin de mostrar los parámetros de control asociados.

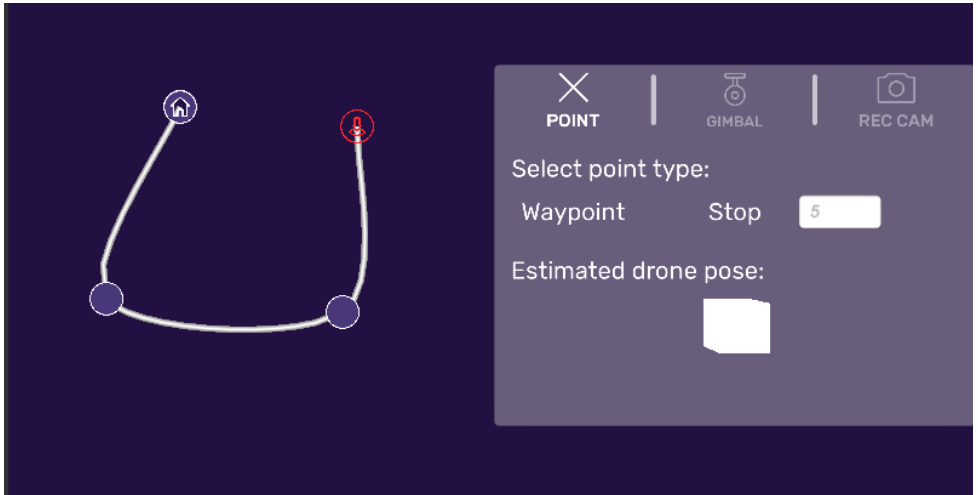


Figura 30. Edición de un punto clave de tipo Stop. La pestaña Point también se selecciona.

La posición del dron puede gestionarse mediante la selección del punto de paso y arrastrándolo en la pantalla de las vistas 3D.

El momento de pasar a través de un punto de paso se puede gestionar mediante la selección del punto de paso y arrastrándolo en la pantalla de la vista del tiempo.

## Gimbal

Un punto de interés (PoI) es un punto del espacio 3D hacia donde la cámara está mirando. Este punto puede cambiar durante una toma o puede ser el mismo para varios puntos clave. Además, el usuario puede seleccionar una dirección fija y mantenerla durante varios puntos clave. Un PoI puede pertenecer a la trayectoria del dron o puede estar fuera de dicha ruta. Dependiendo de donde el usuario establece este PoI, hay diferentes configuraciones o modos de trabajo:

- 1. Seguir la ruta.** En este caso, el gimbal siempre apunta al siguiente/previo punto de paso al que el dron va o viene. Es como un desplazamiento de seguimiento en el que la cámara siempre está apuntando hacia el siguiente punto hacia dónde el dron va o desde donde viene. En este caso, el usuario puede seleccionar el punto de interés al que mirar seleccionando un botón radio e indicando Punto Siguiente o Punto Anterior.



2. **Pol externo.** El gimbal siempre está apuntando a un Pol determinado fuera de la trayectoria. En este caso, el usuario puede seleccionar la posición del Pol a la que apuntar mediante la introducción de los valores XYZ a los que mirar o insertando de forma manual un Pol en las vistas 3D y conectándolo a los correspondientes puntos de paso. Véase la sección Planes del gimbal.

## Grabación de la cámara

El usuario puede cambiar todos los aspectos de la cámara siempre que la cámara sea compatible con esa funcionalidad. Ver sección de planes cámara para obtener más detalles acerca de la forma de manejarlo.

## Selección de puntos clave

Seleccionar cualquier punto clave con sólo tocarlo una vez. Esto ilumina el punto y se convierte en el punto activo, ya que es el último seleccionado.

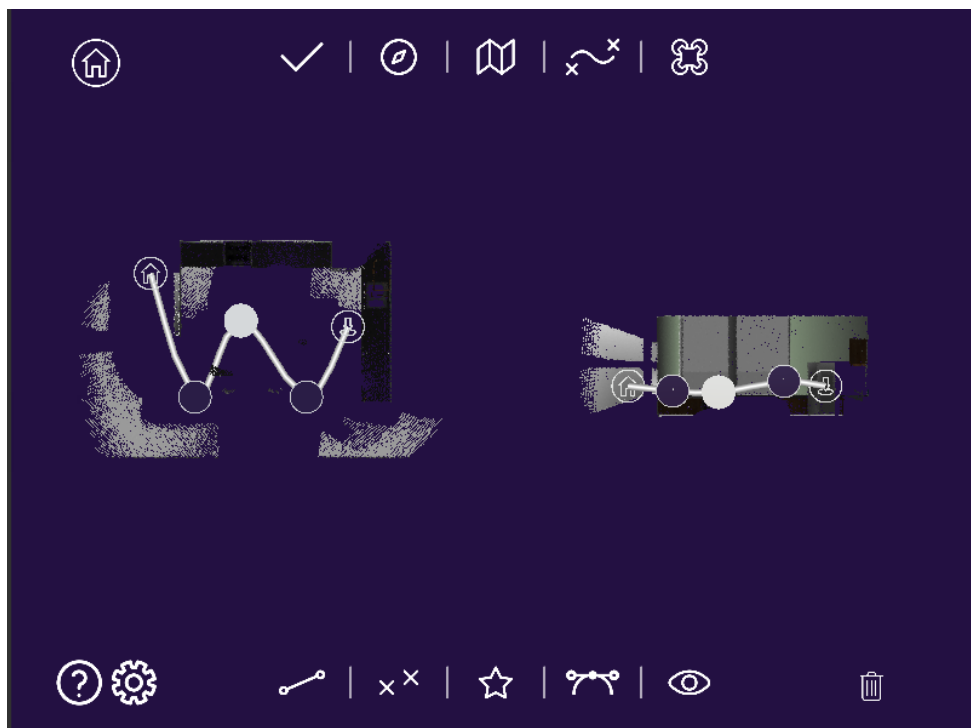


Figura 31. Selección de un punto clave intermedio tocando directamente sobre él

## Arrastrando Puntos Clave

Una vez que se establecen los puntos clave, el usuario puede realizar una visualización de la grabación con el fin de verificar si la trayectoria de vuelo es correcta; se graba la escena como el usuario desee. Si no coincide, tal vez el usuario tiene que corregir la posición del dron.

Para realizar un cambio en un punto clave, siga los pasos siguientes:

1. Tocar el punto clave para seleccionarlo como se ha visto en la sección anterior. El punto clave cambia al color y estado **Seleccionado**.
2. Tocar de nuevo y mantener la presión mientras se mueve el dedo sobre la pantalla.
3. El usuario puede alternar ambas vistas: Superior y Lateral. Ver la Figura 32.

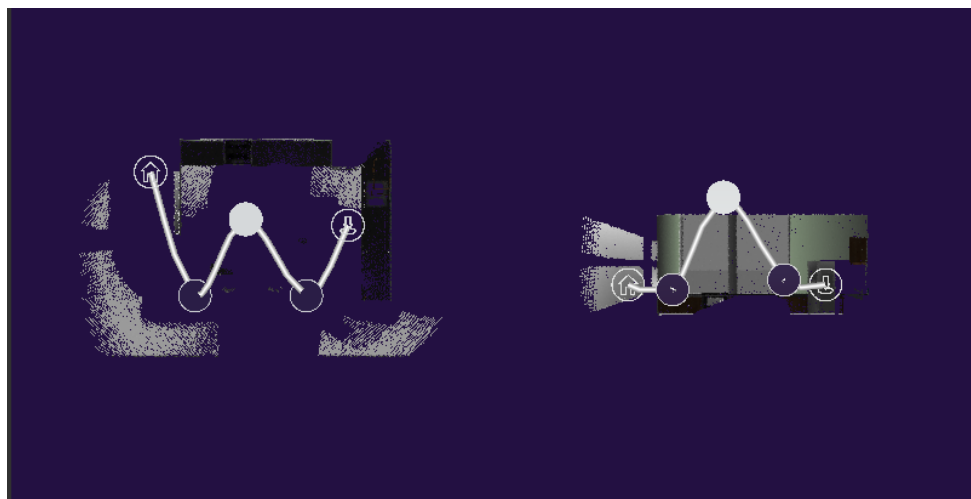


Figura 32. Se selecciona un punto clave y se arrastra a otra posición

Una vez que se establece la posición, cambiar a otro punto clave pulsando sobre él directamente.

## Edición de tiempos

En las secciones anteriores, el usuario podía cambiar los parámetros físicos como la posición del punto clave o tipo. En esta sección, el usuario puede cambiar el momento en el que el dron estará en esa posición.

En la Figura 33, el usuario puede mover los puntos clave sólo en dirección horizontal. Esto cambia el momento en que ocurrirá ese evento. La escala horizontal es el tiempo en segundos.

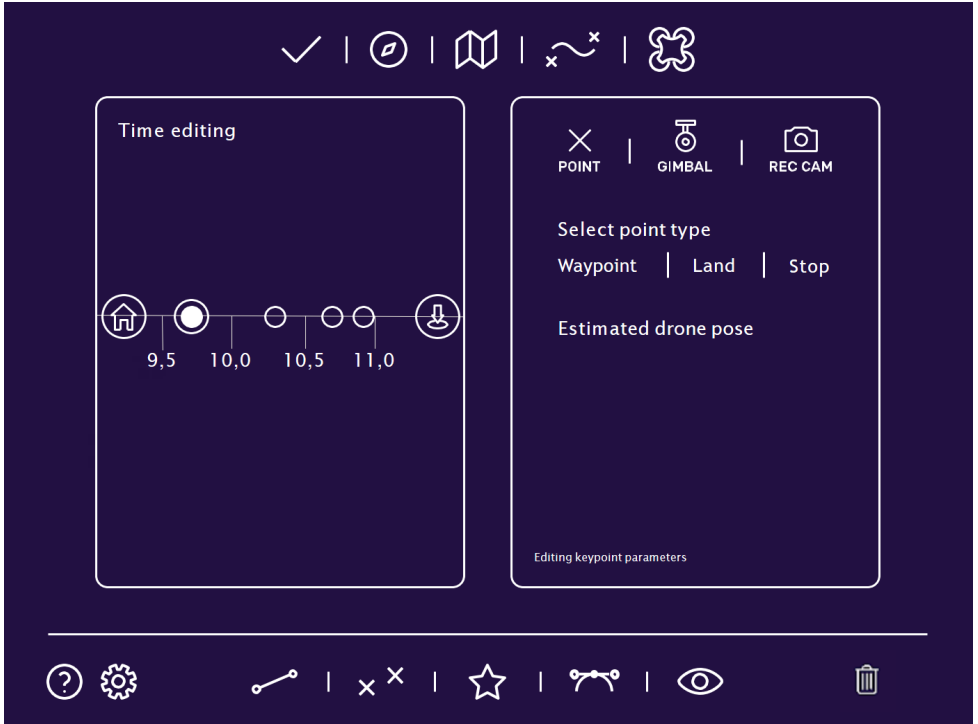


Figura 33. Edición del tiempo de cada punto clave.

Tocar fuera de los puntos clave y arrastrar en la pantalla. Se dibujará un área de selección. Todos los puntos clave dentro del área de selección serán seleccionados. Tocar sobre un solo punto clave y sólo se seleccionará ese punto.

Una vez que los puntos clave se hayan seleccionado pulsar sobre ellos y arrastrarlos hacia la izquierda o hacia la derecha. Utilizar el icono de papelera para eliminar los puntos clave seleccionados.

## Gestión de la visualización del tiempo

Hay varias posibilidades en la forma en la que una hoja de tiempo se visualiza en la pantalla. Puede ser:

- **Reducida** (alejar). Tocar con dos dedos separados en la vista del tiempo y mientras se toca la superficie de la pantalla, unirlos suavemente. La vista del tiempo tendrá más puntos claves externos de los que estaban fuera de la ventana gráfica.
- **Ampliada** (acercar). Tocar con dos dedos cerca de la vista del tiempo y mientras se toca la superficie de la pantalla, abrir suavemente. La vista del tiempo tendrá un menor número de puntos clave de los que estaban dentro de la ventana.
- **Movida**. Se trata de un movimiento panorámico. Tocar con dos dedos separados en la vista del tiempo y mientras se toca la superficie de la pantalla mover ambos dedos al mismo tiempo en la misma dirección. La escala de la vista del tiempo seguirá siendo la misma, mientras que algunos puntos clave de la vista del tiempo de los que quedaban fuera de la ventana, aparecerán en la pantalla y viceversa.

## Gestión de la visualización del mapa

Hay varias posibilidades en la forma en la que un mapa se visualiza en la pantalla. Puede ser:

- **Reducida** (alejar). Tocar con dos dedos separados en el mapa y mientras se toca la superficie de la pantalla, unirlos suavemente. El mapa se verá más pequeño, mientras que los puntos clave externos y partes del mapa que quedaban fuera de la ventana gráfica, aparecerán en la pantalla.
- **Ampliada** (acercar). Tocar con dos dedos en el mapa y mientras se toca la superficie de la pantalla, abrir suavemente. El mapa se verá más grande, mientras que algunos puntos clave y partes del mapa que se veían dentro de la ventana, desaparecerán.
- **Movida**. Se trata de un movimiento panorámico. Tocar con dos dedos separados en el mapa y mientras se toca la superficie de la pantalla mover dos dedos al mismo tiempo en la misma dirección. La escala del mapa seguirá siendo la misma, mientras que partes del mapa que quedaban fuera de la ventana, aparecerán en la pantalla y viceversa.

- **Girada.** Tocar con dos dedos separados en el mapa y mientras se toca la superficie de la pantalla girar ambos dedos al mismo tiempo. El mapa cambiará su orientación en función del ángulo de los dedos.

## Planes del gimbal

### Punto de interés

El punto de interés (PoI) es un punto en tres dimensiones en el espacio a donde la cámara está mirando desde el dron. Este punto puede pertenecer a la ruta del dron o existir externamente a la ruta del dron.

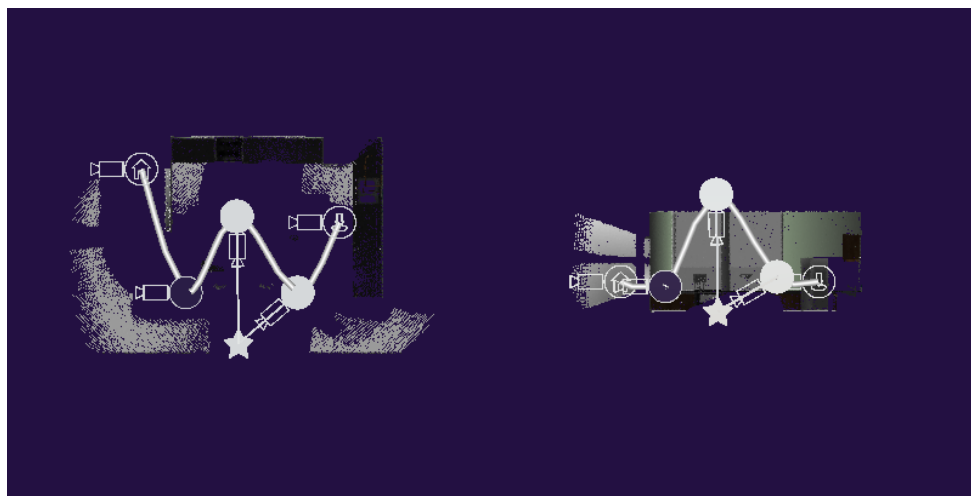


Figura 34. Selección para editar un punto de interés (PoI) al que la cámara está mirando a partir de una ruta trazada entre dos puntos clave consecutivos

El PoI se representa en la pantalla como una estrella. Con el fin de añadir un nuevo punto de interés, el usuario tiene que seleccionar por lo menos un punto clave (PC) para asignar el punto de interés a todos los PC seleccionados anteriormente. Si se seleccionan varios PC, todos ellos mirarán al PoI a través de todo el camino entre ellos. Este sería el caso de un viaje en el que la cámara tiene que mirar siempre a un punto dado en el escenario.

Para insertar un nuevo punto de interés, presionar el icono de la estrella en la caja de herramientas inferior-central y presionar en el lugar donde ubicar el nuevo PoI. Los PCs seleccionados serán modificados por un nuevo icono de cámara que apuntará directamente a la estrella.

Si un PC tiene un punto de interés y los siguientes no tienen ninguna información sobre puntos de interés o dirección de interés, entonces el gimbal se bloqueará y mantendrá la misma dirección, como se indicó en el último PC con información de Pol.

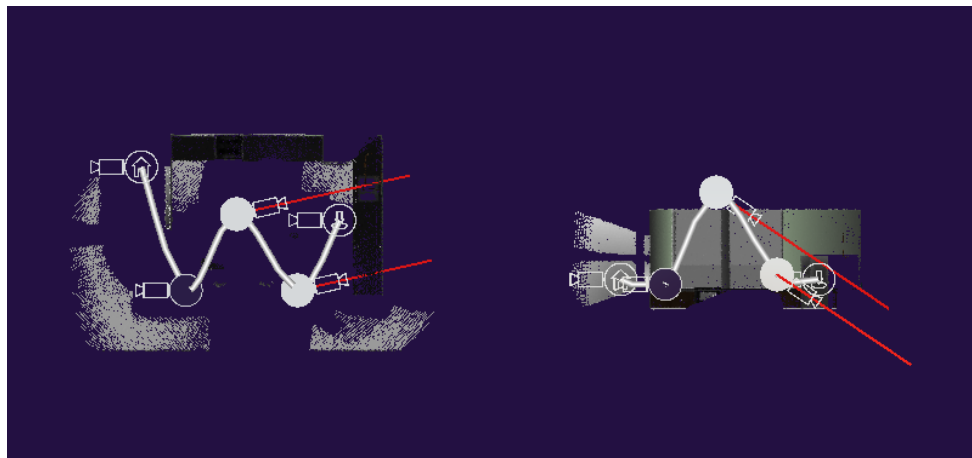


Figura 35. Bloqueo de la dirección de una cámara

Si se pulsa el icono de la cámara en la parte inferior derecha, el gimbal se fija en Modo Direccional. Si se toca de nuevo, el gimbal se fija en modo punto de interés. En modo:

- **Direccional:** cualquier toque en la pantalla cambia la dirección del gimbal para todos los PC seleccionados. Ver Figura 35.
- **Pol:** cualquier toque en la pantalla fija un Pol en esa posición. Por lo tanto, todos los PC seleccionados harán que el gimbal apunte a la posición del punto de interés. Ver Figura 34.

Usar el candado para bloquear la edición o permitir cambios. En este modo de edición, el icono de la papelera no elimina el PC sino la información sobre la orientación del gimbal en el PC.

### Edición de la posición de un Pol

Cualquier movimiento del punto de interés cambiará el encuadre de la escena grabada. A medida que el usuario mueve el Pol, el encuadre de la escena cambia en la vista de la derecha.

Presionar el icono del ojo en la parte inferior de la ventana y el viaje virtual se iniciará. Véase la sección **Vista previa de la grabación virtual**.

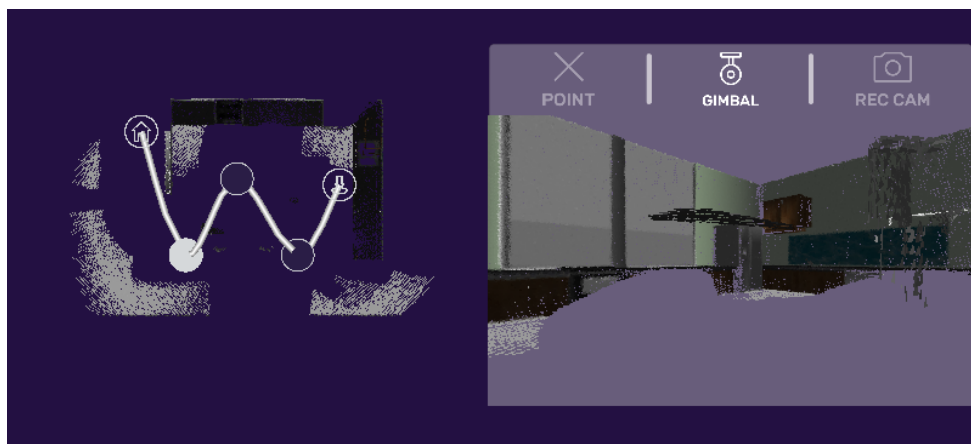


Figura 36. Vista virtual de la escena a renderizar

Un icono de un dron se moverá en la trayectoria de la izquierda. Representa la posición actual del dron virtual. Las imágenes grabadas por la cámara virtual se pueden ver en la ventana derecha. Ver Figura 37.

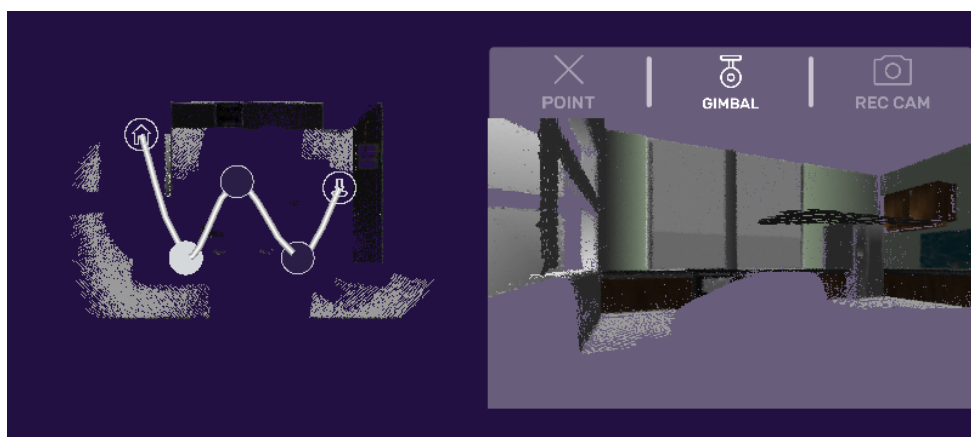


Figura 37. Cambiar la dirección de la cámara a un punto clave

## Planes de cámara

Los planes de la cámara cambian los atributos de la cámara de grabación durante el plan de vuelo del dron. Por lo general afecta a la resolución de la grabación. Véase la Figura 38. Este parámetro no se puede modificar durante la grabación. Es un valor general para todo el plan de grabación. No se puede cambiar durante la grabación.

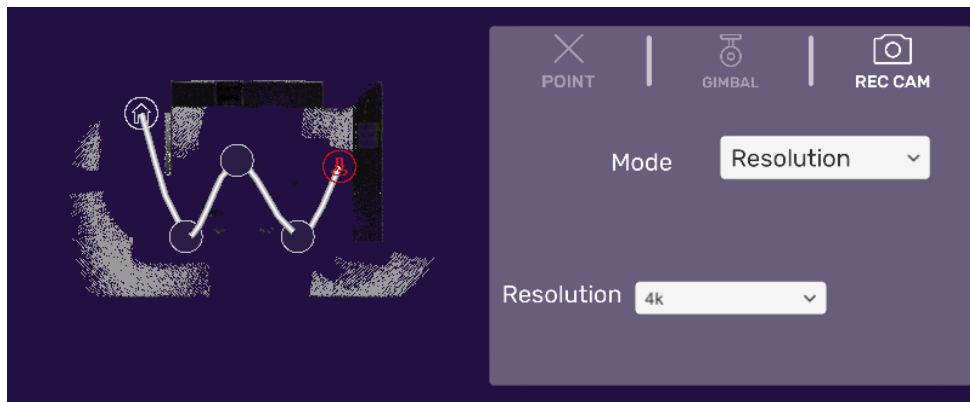


Figura 38. Diferentes atributos de la cámara a bordo para gestionar en un punto clave dado. En este caso, la resolución de la cámara.

En la figura 39 se muestra una lista de selección de los diferentes modos. Otro atributo puede ser, por ejemplo, el brillo. Véase la Figura 40. El usuario selecciona diferentes atributos de la cámara en la lista superior e introduce el valor en un cuadro de texto debajo de esa lista.



Figura 39. Interfaz para seleccionar el parámetro del brillo en el vídeo.



## Vista previa de la grabación virtual

Presionar el icono del ojo en la parte inferior de la ventana y el vuelo virtual empezará. La ventana de la derecha mostrará una vista previa virtual de la grabación con el fin de ver si el vuelo es fluido, si los fotogramas del vídeo son correctos,... En la figura 41 hay una representación virtual de la escena tal y como luego será grabado físicamente.

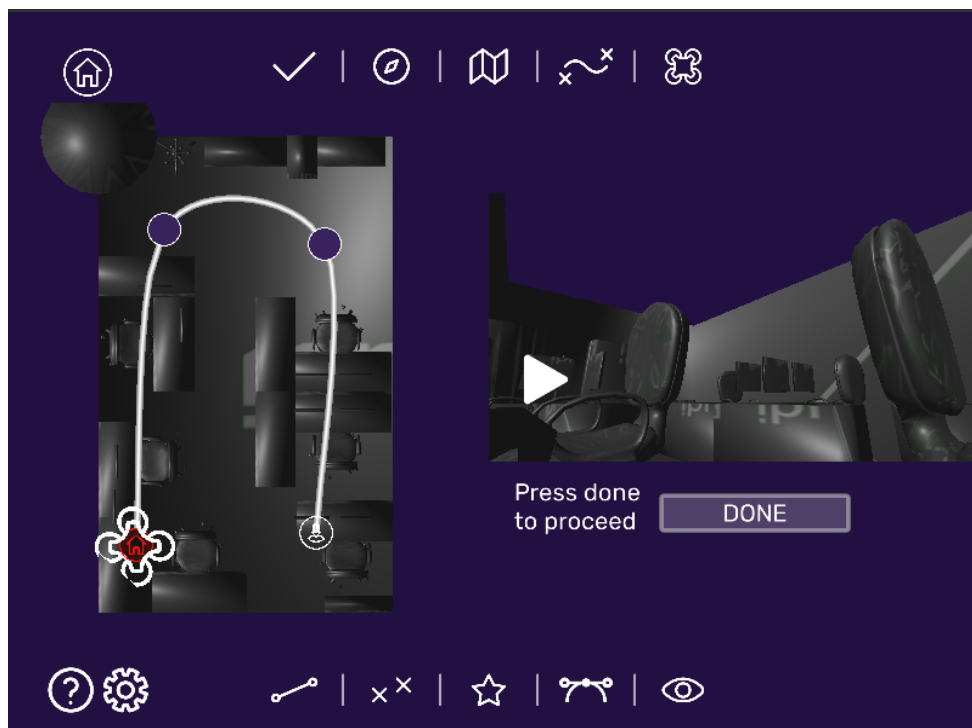


Figura 40. Posición del dron en la ruta del vuelo y la imagen virtual obtenida a la derecha tras su visualización.

Presione en la ventana del vídeo a la derecha y la escena se inicia. Un icono de pausa se muestra en la parte superior de la vista previa del vídeo real. Véase la Figura 41. Presionar nuevamente y se pausa la visualización. Un icono de reproducción se muestra en la parte superior de la vista previa del vídeo congelado. Véase la Figura 40. Repetir el procedimiento según se desee.

Presione el icono del dron y desplazarlo en la trayectoria del vuelo. Como consecuencia, las imágenes de la derecha cambiarán.

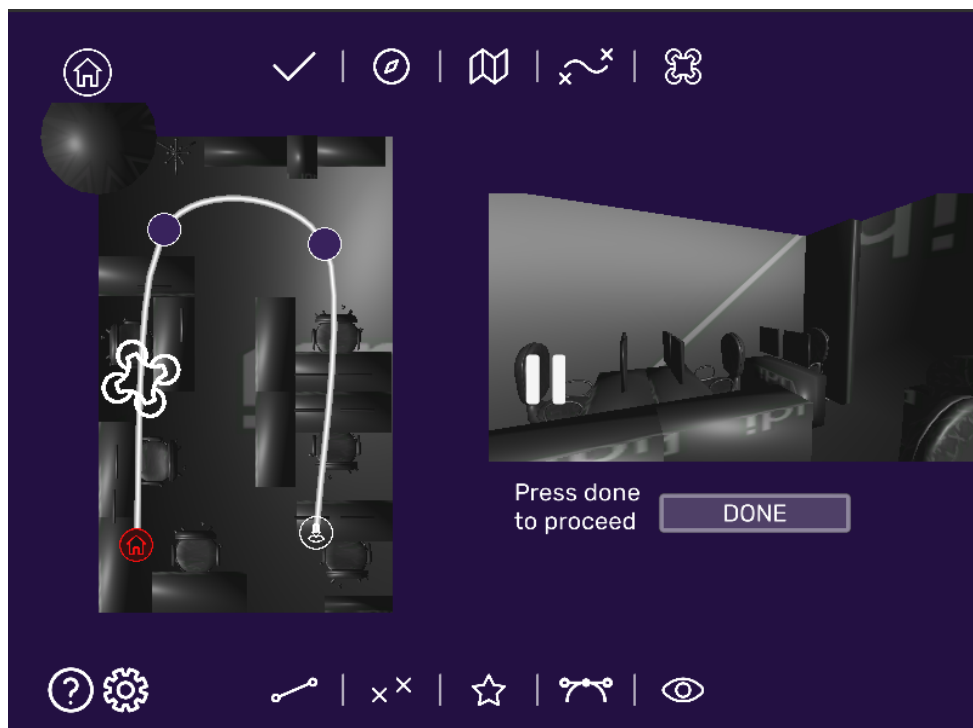


Figura 41. Vista previa virtual de la grabación a realizar

Pulse el botón Done y la grabación real utilizando el dron real se iniciará tan pronto como sea posible. Véase la sección siguiente.

# GRABACIÓN

Esta sección es la encargada de llevar a cabo finalmente la grabación real de la escena real mediante el uso de un dron real.

Tan pronto como se inicia este proceso, la advertencia de la Figura 42 aparece en la pantalla. Por favor, sacar a todo el mundo fuera del alcance del dron por seguridad de acuerdo a los requisitos de las leyes locales leyes de su país.

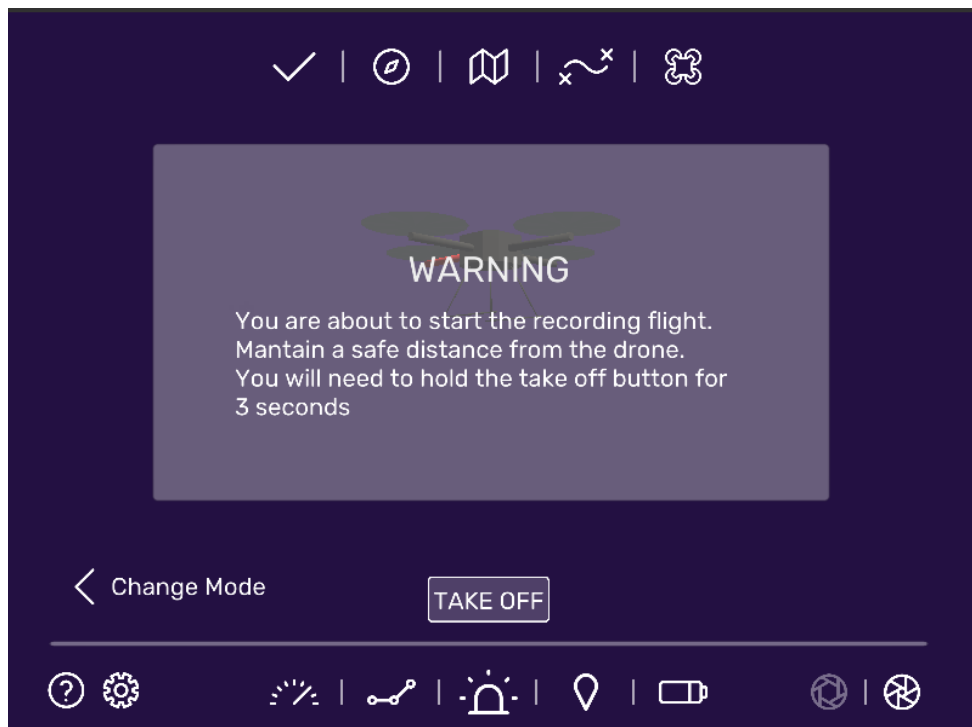


Figura 42. Advertencia antes de iniciar la grabación

Pulsar el botón de despegue durante al menos tres segundos y la grabación se iniciará. Mientras dure la grabación, un diagrama de la ruta a seguir por el dron y la posición del dron en la trayectoria se mostrará en la pantalla. Véase la Figura 43.

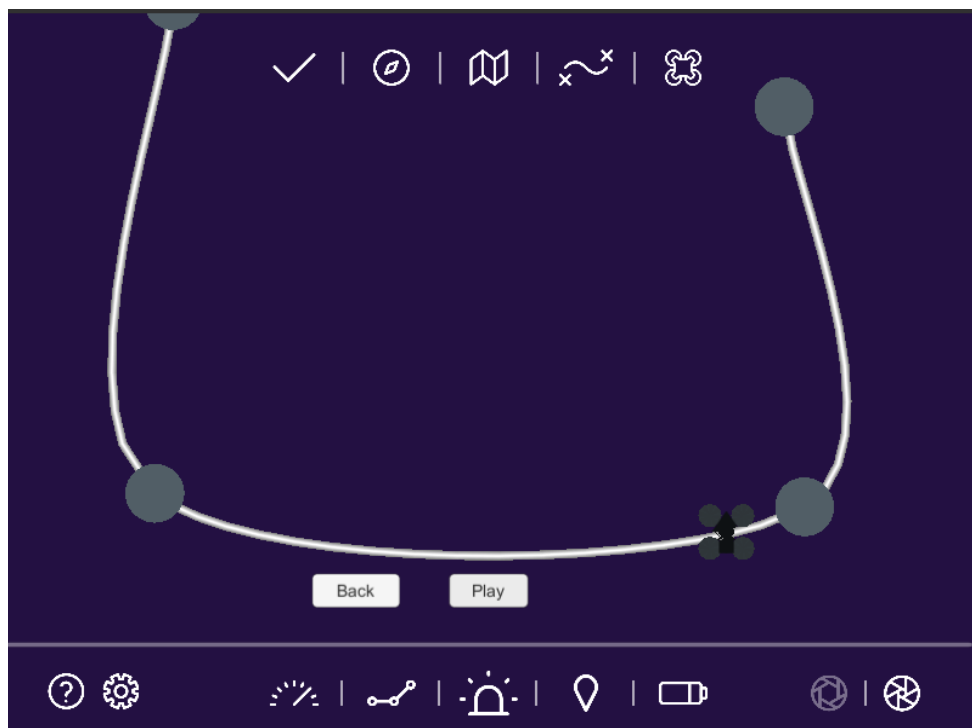


Figura 43. El dron se muestra en la trayectoria indicando su posición actual mientras se realiza la grabación real.

El usuario puede optar por forzar al dron a volver al inicio, volando hacia atrás en la trayectoria o detener el dron. La trayectoria es virtual, por lo que el dron puede moverse hacia atrás y hacia adelante en el camino si el usuario selecciona el modo semiautomático con el fin de adaptar el plan de vuelo a las circunstancias cambiantes de un concierto en vivo, por ejemplo.

Una vez que el dron ha llegado al punto de aterrizaje, la aplicación informa al usuario que el dron ha aterrizado de forma segura.

# EMERGENCIA

A veces el dron puede no funcionar correctamente. Tal vez la situación requiera ser controlada por un piloto humano. El usuario puede pasar el control a completamente manual desde la interfaz. La figura 44 muestra la ventana de advertencia para verificar esta decisión.

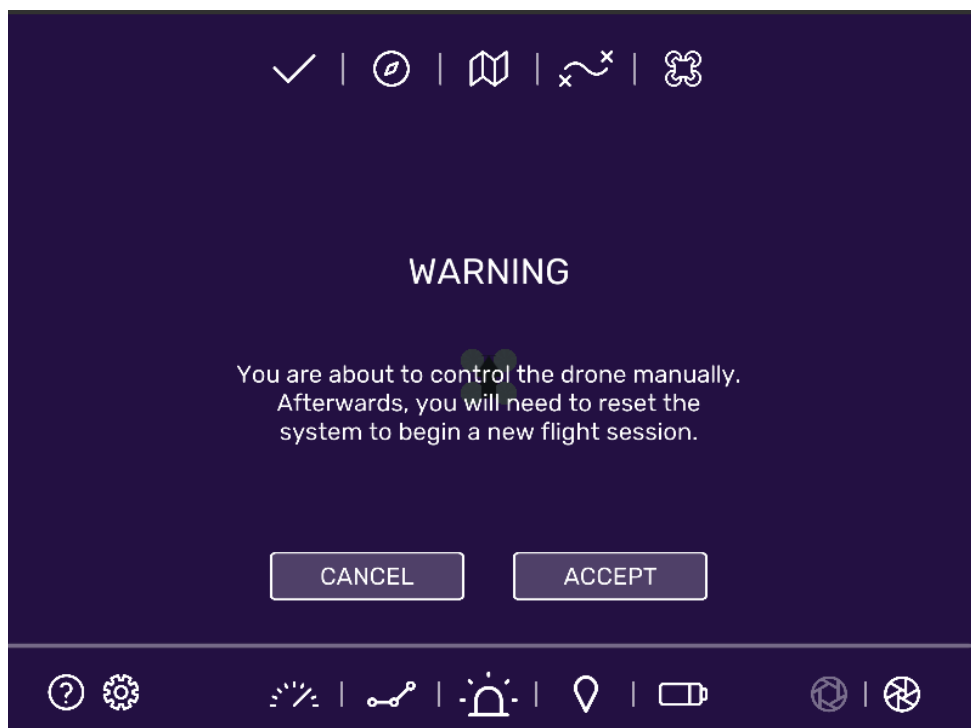


Figura 44. Advertencia antes de iniciar un vuelo controlado de forma manual

Si la situación es complicada, tal vez es mejor aterrizar el dron en una zona segura antes de que pueda ocurrir un accidente. El sistema se puede gestionar directamente por un piloto humano en cualquier momento utilizando el radio control. Por lo tanto, el dron puede aterrizar manualmente en cualquier momento y en cualquier lugar bajo la supervisión de un piloto humano.

Sin embargo, el usuario también puede hacer que el dron aterrice automáticamente por sí mismo. La interfaz tiene una orden de aterrizaje automático. Una vez que se ha seleccionado en la interfaz, aparece el siguiente panel de confirmación.

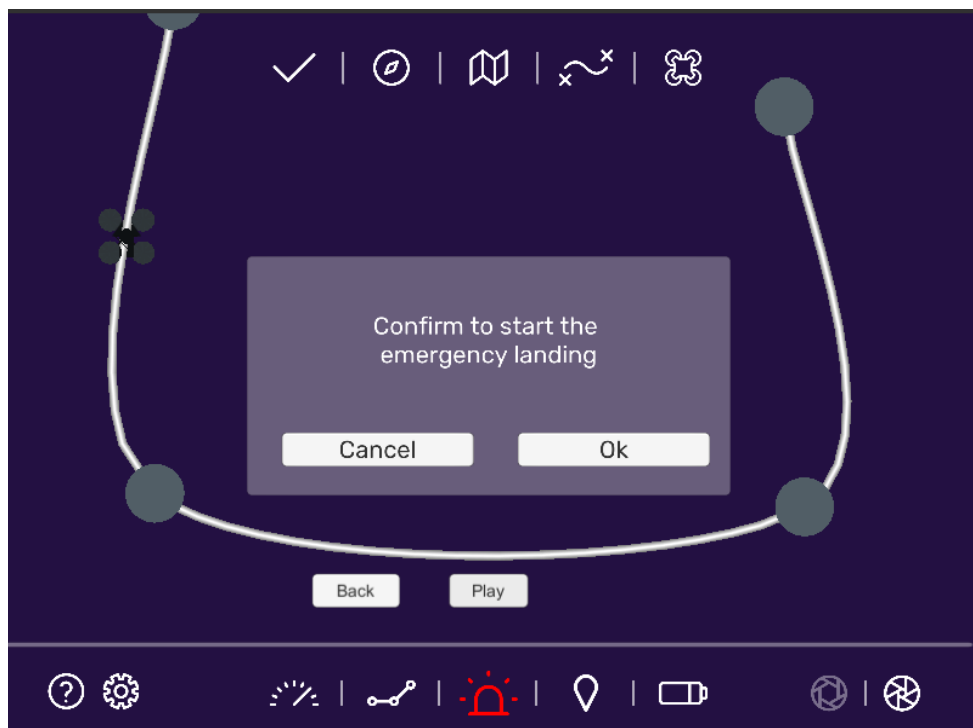


Figura 45. Panel de confirmación de aterrizaje automático

Si se presiona el botón Cancel, no se realiza ningún aterrizaje. El dron sigue el plan de vuelo como si nada hubiera sucedido.

Si el usuario pulsa el botón OK, se muestra la siguiente ventana.



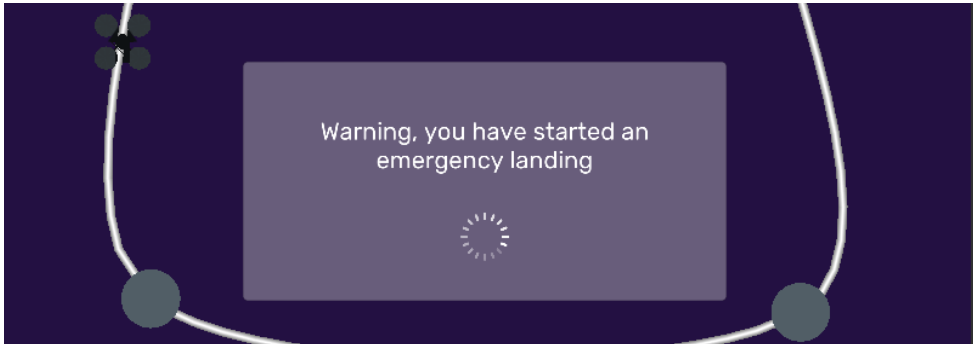


Figura 46. Panel de aviso de aterrizaje automático

Esta ventana estará visible hasta que el dron haya aterrizado.

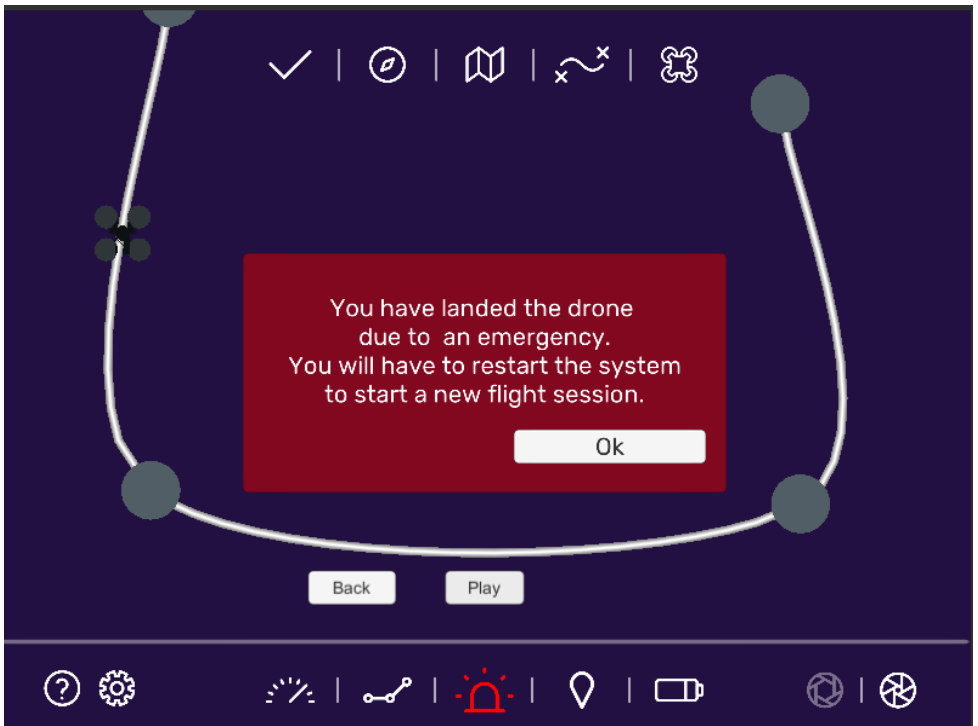


Figura 47. El aterrizaje automático ha terminado. Panel informativo.

Una vez que el dron haya aterrizado, se confirma mostrando la información de la Figura 47. El dron se desarma y detiene. No se apaga. El vuelo ha terminado.

# **ACRÓNIMOS, NOMENCLATURAS Y DEFINICIONES**

# Áreas seguras

Un área segura es un volumen en el espacio 3D en el que:

1. El dron puede volar de forma segura sin ser dañado.
2. No se puede perjudicar a nadie por un mal funcionamiento del dron.

Los drones de interior solo pueden volar en áreas seguras. Para un vuelo totalmente autónomo, el dron debe tener un mapa del entorno dentro del OCS. El dron conoce su posición a través de IPS y la posición de los obstáculos estáticos a través del mapa 3D interno.

# Áreas no permitidas

Lo contrario a áreas seguras son áreas no-permitidas, o zonas sin posibilidad de vuelo. Estas zonas de alto riesgo para vuelos provienen de obstáculos conocidos, presencia de personas, cables colgantes, objetos valiosos o techos excesivamente bajos.

Las áreas no permitidas son típicamente representadas en la interfaz de usuario como rectángulos dibujados sobre el piso en la vista ortográfica de la escena (entorno escaneado) Estas áreas pueden incluir el área de la audiencia de un programa de televisión, personas bailando en un concierto, dispositivos sensibles o materiales como depósitos de gas, explosivos, dispositivos caros, ...

Por lo tanto, el mapa del entorno sólo cubre parte de los requisitos de seguridad. Durante el vuelo, pueden aparecer de forma impredecible obstáculos en movimiento, por ejemplo, objetos lanzados por el público, personas que cruzan, obstáculos que caen, etc.. Por lo tanto, los drones deben estar provistos de mecanismos que puedan detectar estos obstáculos no incluidos a priori en el mapa.

Estos mecanismos suelen ser sensores como Lidars y detectores de ultrasonidos o medios para reducir los daños en caso de accidente, como carcasas protectoras acolchadas, ... En este proyecto, los drones utilizan un mapa 3D del entorno obtenido por un escáner 3D. Este escáner 3D está en el propio dron. Este escáner puede ser utilizado más tarde, mientras se realiza la grabación, como un sensor 3D en tiempo real para verificar si los obstáculos transitorios están dentro de la trayectoria del dron.

# Puntos/Áreas seguros de aterrizaje

Un punto de aterrizaje seguro es un lugar en el mapa (punto o área) en el que el dron puede despegar y aterrizar cumpliendo con los requisitos de seguridad de la misión. Por lo general, los puntos de inicio y final del vuelo son, implícitamente, los puntos de aterrizaje seguros. Pueden ser el mismo punto si el dron comienza y termina el vuelo en la misma posición.

## El mapa

Un mapa virtual, o mapa para abreviar, representa los datos capturados durante los vuelos VEM. El dron se utiliza para capturar el espacio en el que se definirá el plan de vuelo. Una cámara 3D genera un conjunto de imágenes de profundidad, referenciadas con respecto a la posición y orientación de la cámara 3D. El sistema de posicionamiento y su relación conocida con la posición de la cámara permite referenciar cada imagen de profundidad con el sistema global de coordenadas definido por el sistema de posicionamiento. Cada imagen de profundidad define una nube de puntos. Es decir, un conjunto de puntos 3D con una serie de atributos. En este caso, un punto define una posición y un color. Tener todas las nubes de puntos referenciadas respecto a un marco común, permite la creación del mapa de la escena, incluso en varios vuelos.

# Descripción de los principales términos utilizados en este manual

<b>AESA</b>	<b>Agencia Estatal de Seguridad Aérea</b> (Spain, Spanish Aviation Safety Agency)
<b>BLOS</b>	<b>Beyond (visual) Line Of Sight</b>
<b>CAA</b>	<b>Civil Aviation Authority</b> (UK)
<b>EASA</b>	<b>European Aviation Safety Agency</b>
<b>ESC</b>	<b>Electronic Speed Control</b>
<b>FAA</b>	<b>Federal Aviation Administration</b> (USA)
<b>FCS</b>	<b>Flight Control System</b>
<b>FPV</b>	<b>First Person View</b>
<b>GCS</b>	<b>Ground Control Station.</b> Centro de control terrestre o marítimo que proporciona las instalaciones para el control humano de UAV
<b>GNSS</b>	<b>Global Navigation Satellite System</b>
<b>GPS</b>	<b>Global Positioning System</b>
<b>ICO</b>	<b>Information Commissioner's Office</b> (UK)
<b>IMU</b>	<b>Inertial Measurement Unit.</b> Dispositivo electrónico que mide e informa de la fuerza específica de un cuerpo, la velocidad angular y, a veces, el campo magnético que rodea al cuerpo, utilizando una combinación de acelerómetros y giroscopios, a veces también magnetómetros
<b>IPS</b>	<b>Indoor Positioning System.</b> Sistema para localizar objetos o personas en el interior de un edificio utilizando ondas de radio, campos magnéticos, señales acústicas u otra información sensorial recogida mediante dispositivos móviles
<b>LIDAR</b>	<b>Laser Imaging Detection And Ranging.</b> Dispositivo para determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado.

<b>MTOW</b>	<p><b>Maximum Take-Off Weight.</b> Peso máximo con el que se permite al piloto intentar despegar, debido a límites estructurales u otros límites. El término análogo para los cohetes es la <b>masa bruta de despegue</b>, o <b>GLOW</b></p> <p>MTOW = OEW+Pay Load+Usable Fuel</p> <p><a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_takeoff_weight">https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_takeoff_weight</a></p>
<b>OEW</b>	<p><b>Operating Empty Weight (or Basic Operating Peso).</b> El peso básico de una aeronave, incluida la tripulación, todos los líquidos necesarios para el funcionamiento, como aceite de motor, refrigerante del motor, agua, combustible inutilizable y todos los elementos y equipos necesarios para el vuelo pero excluyendo el combustible utilizable y la carga útil. También se incluyen ciertos artículos estándar, personal, equipo y suministros necesarios para las operaciones completas.</p> <p>Es básicamente la suma del peso en vacío del fabricante (MEW), artículos estándar (SI) y elementos del operador (OI)</p> <p>OEW = MEW + SI + OI</p>
<b>PCS</b>	<p><b>Payload Control System.</b> Se compone de dos subsistemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El gestor PCS. Su propósito es             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Recibir comandos desde la estación base. Realizar acciones a bordo según los comandos recibidos.</li> <li>b. Enviar información de estado / retroalimentación a la estación base.</li> </ol> </li> <li>2. El módem PCS. Interfaz con Ground Station Facilities y cualquier otra interfaz externa.</li> </ol>
<b>RF</b>	<b>Radio-Frequency</b>
<b>RGBD</b>	<b>Red-Green-Blue-Depth.</b> Información almacenada por cada píxel, incluida información de color y de profundidad.
<b>RPAS</b>	<b>Remotely Piloted Aircraft System</b>
<b>RTH</b>	<b>Return To Home</b>

<b>ToF</b>	<b>T</b> ime <b>o</b> f <b>F</b> light. Acciones como escanear, FCS, ... que se hacen cuando vuela la nave.
<b>UAS</b>	<b>U</b> nmanne <b>d A</b> ircraft <b>S</b> ystems
<b>UAV</b>	<b>U</b> nmanne <b>d A</b> erial <b>V</b> ehicles (típicamente un dron)
<b>UWB</b>	<b>U</b> ltra- <b>W</b> ide <b>B</b> and
<b>OCS</b>	<b>O</b> n-board <b>C</b> ontrol <b>S</b> ystem
<b>iFCS</b>	<b>I</b> ntelligent (smart) <b>F</b> CS

AIRT.EU



#AiRT



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 732433.