



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO TRIDIMENSIONAL DE UN UAV MULTIRROTOR TOPOGRÁFICO Y DE LOS SOPORTES PARA LIDAR 3D Y / O UNA CÁMARA FOTOGRÁFICA

Alumno: Houda Habboub

Tutor: Prof. D. José Manuel Valderrama Zafra
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Junio de 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don J. Manuel Valderrama Zafra , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:
Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar
3D y / o una cámara fotográfica, que presenta Houda Habboub, autoriza su
presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de
Jaén.

Jaén, Junio de 2019

El alumno:

Houda Habboub

EL tutor:

Jose Manuel Valderrama Zafra

ÍNDICE

Resumen:.....	9
Abstract:	9
1.Introducción.	11
1.1 Historia	13
1.2 Vehículo aéreo no tripulado UAV.....	13
1.3 Componentes de un UAV multirrotor	13
1.3.1 Controlador central:	13
1.3.2 Motores:	15
1.3.3 Controlador de velocidad:	16
1.3.4 Hélices:	17
1.3.5 Batería:	17
1.3.6 Chasis o Marco:	17
1.3.7 Otros componentes.....	18
1.4 La aerodinámica necesaria para volar un UAV	20
Volar:	22
Despegar:.....	22
Descender:.....	22
Guiñada:	22
Balanceo:	22
1.5 Normativa europea que restringe el diseño, fabricación, uso de los RPAS y el espacio aéreo.	23
1.6 Aplicaciones de los UAV.	24
Mapeo y Topografía	24
Agricultura de precisión	24
Búsqueda y rescate	25
Inspección de infraestructura	25
2. Sensores para trabajos cartográficos, no cartográficos y agrónomos.	27
2.1 LIDAR	29
2.2 Cámara multiespectral	31
Cámara multiespectral Parrot Sequoia:	32
2.3 Cámara Réflex Sony A6000.....	34
2.4 GPS RTK	35
3.Componentes del UAV.	38
3.1 Comprobando la electrónica:	40

3.2 Carga útil del UAV.....	41
Levantamiento total	41
Capacidad de carga útil	42
4.Diseño tridimensional de UAV Topográfico.	44
4.1 Especificaciones	46
4.2 Diseño de piezas	46
4.2.1 Base	46
4.2.2 Brazo	48
4.2.3 Soporte de motor	49
4.2.4 Cúpula	49
4.2.5 Tren de aterrizaje	51
4.2.6 Soporte de LIDAR.....	52
4.2.7 Soporte de cámara Multiespectral.....	52
4.2.8 Soporte para Réflex, fotografías verticales	53
4.2.9 soporte para Réflex, fotografías horizontales	53
4.2.10 cardan.....	54
4.3 Simulación de un golpe	56
5. Ensamble.	59
5.1 ensamble del cuerpo	61
5.1.2 ensamblar la base.....	61
5.1.3 Ensamblar la base con los brazos	61
5.1.4 Ensamblar cuerpo con el soporte de motor.....	62
5.1.4 Ensamblar la cúpula	63
5.1.5 ensamblando el tren de aterrizaje	63
5.2 Ensamble de los sensores con el chasis	64
5.2.1 Ensamble del LIDAR.....	64
5.2.2 Ensamble de la cámara multiespectral	65
5.2.3 Ensamble de Reflex para fotografías verticales	66
5.2.4 Ensamble de Reflex para fotografías horizontales	66
5.2.4 Ensamble del cardan	66
6. Material y fabricación.....	69
6.1 Material	71
6.1.1 La fibra de carbono.....	71
6.2 Impresión 3D	72
6.2.1 Proceso de impresión 3D.....	73
6.2.2 Parámetros de impresión	74

6.2.3 Software de laminado	75
7. Configuración Mission Planner.....	77
7.1 Acerca de Mission Planner	79
7.2 calibración y configuración.....	79
Configuración obligatoria	81
Configuración opcional.....	90
8. conclusiones	93
Bibliografía.....	96
ANEXO: pLANOS	98
Índice de Planos.....	100

Índice de ilustraciones:

Ilustración 1: Pixhawk.....	14
Ilustración 2: ESC.....	16
Ilustración 3: Sentido de giro de las hélices	17
Ilustración 4: Separación necesaria entre hélices	18
Ilustración 5: Diagrama de conexiones	19
Ilustración 6: simulación del aire en un UAV.....	20
Ilustración 7: Representación del empuje, torque y fuerza de gravedad	21
Ilustración 8: LIDAR Yellowscan.....	29
Ilustración 9: funcionamiento del LIDAR.....	29
Ilustración 10: Placa Applanix APX-15	30
Ilustración 11: Funcionamiento de Parrot Sequoia.....	32
Ilustración 12: Cámara Parrot Sequoia.....	33
Ilustración 13: GPS Here*	35
Ilustración 14: Datos sobre el motor	40
Ilustración 15: Interfaz de calculadora para Drones	40
Ilustración 16: Grafica del tiempo de vuelo	41
Ilustración 17: Grafica de las características del motor	41
Ilustración 18: la Base (pieza1).....	46
Ilustración 19: Vista ampliada de la inclinación de 8 grados	47
Ilustración 20: La base (pieza 2)	47
Ilustración 21: Vista ampliada de la inclinación de 8 grados	47
Ilustración 22: Esquema de dimensiones del brazo	48
Ilustración 23: Brazo 1	48
Ilustración 24: Brazo 2	49
Ilustración 25: Soporte del motor	49
Ilustración 26: Tapa	50
Ilustración 27: Base de la cúpula	50
Ilustración 28: La base de la cúpula con la electrónica	51
Ilustración 29: Pieza 1 del tren de aterrizaje.....	51
Ilustración 30: Pieza 2 del tren de aterrizaje.....	51
Ilustración 31: Soporte LIDAR.....	52
Ilustración 32: Soporte para Parrot Sequoia	52
Ilustración 33: Soporte vertical para Réflex	53
Ilustración 34: Soporte horizontal para Réflex.....	53
Ilustración 35: Pieza 1 del cardan.....	54
Ilustración 36: Pieza 2del cardan.....	54
Ilustración 37: Pieza 3 del cardan.....	54
Ilustración 38: Cardan (todas las piezas).....	55
Ilustración 39: Conjunto de cardan, estabilizador y cámara	55
Ilustración 40: Brazo1 Mallado de 2 mm	56
Ilustración 41: Análisis de deformación	56
Ilustración 42: Brazo 2 mallado de 2 mm.....	57
Ilustración 43: Análisis de deformación	57
Ilustración 44: Ensamble de la base (pieza 1 y 2).....	61

Ilustración 45: Ensamble de la base con los brazos	62
Ilustración 46: sección de recorte	62
Ilustración 47: Ensamble soporte del motor y brazo	62
Ilustración 48: Ensamble de la cúpula con el cuerpo	63
Ilustración 49: Ensamble del tren de aterrizaje con el cuerpo.....	63
Ilustración 50: UAV	64
Ilustración 51: UAV con LIDAR y tren de aterrizaje en posición 1.....	64
Ilustración 52: UAV con LIDAR y tren de aterrizaje en posición 2.....	65
Ilustración 53: UAV con cámara Multiespectral.....	65
Ilustración 54: UAV Con cámara Réflex en posición vertical.....	66
Ilustración 55: UAV con cámara Réflex en posición horizontal.....	66
Ilustración 56: UAV con cardan	66
Ilustración 57: UAV con cardan, estabilizador y cámara	67
Ilustración 58: Fibra de carbono	71
Ilustración 59: Impresora MarkForged.....	72
Ilustración 60: Extrusor de MarkForged.....	73
Ilustración 61: Funcionamiento de MarkForged	74
Ilustración 62: Menú principal de Mission Planner.....	79
Ilustración 63: Pestaña para instalar el Firmware.....	80
Ilustración 64: Conectar PIXHAWK al ordenador.	80
Ilustración 65: Pestaña de conexión.....	80
Ilustración 66: Pestaña de información.....	81
Ilustración 67: Pestaña elección de marco.....	81
Ilustración 68: Pestaña de configuración del acelerómetro.	82
Ilustración 69: Pestaña calibración de brújula.	82
Ilustración 70: Pestaña estado de calibración de brújula.	82
Ilustración 71: Pestaña monitor de batería.....	83
Ilustración 72: Pestaña estado calibración de radio.	83
Ilustración 73: Pestaña modo de vuelo.....	84
Ilustración 74: Pestaña configuración de emergencias.....	86
Ilustración 75: Pestaña limitaciones de altitud.	87
Ilustración 76: Pestaña configuración de estación tierra.....	87
Ilustración 77: Pestaña configuración control remoto.....	88
Ilustración 78: Pestaña verificaciones de todas las configuraciones y calibraciones.....	88
Ilustración 79: Pestaña configuración FPV	89
Ilustración 80: comprobación del funcionamiento FPV.	89
Ilustración 81: puntos de plan de vuelo.	89

Resumen:

El sector de las aeronaves pilotadas por control remoto, los llamados drones RPAS o UAVS, han sido objeto de un gran crecimiento en los últimos años.

El objetivo de este trabajo es emprender en la topografía aérea, con el fin de aprovechar y experimentar nuevas tecnología y herramientas para facilitar y mejorar la toma de datos en trabajos tanto cartográficos como no cartográficos o agrónomos.

Este trabajo consiste en el diseño y fabricación de un UAV profesional personalizado mediante impresión 3D.

Para ello se ha realizado un estudio exhaustivo del tipo del UAV, material, componentes son lo más adecuado para ello.

Abstract:

The sector of remotely piloted aircraft, the so-called drones RPAS or UAVs, have been subject to great growth in recent years.

The objective of this work is to undertake in aerial topography, in order to take advantage of and experiment with new technology and tools to facilitate and improve data collection in both cartographic and non-cartographic or agronomic works.

This work consists in the design and manufacture of a personalized professional UAV using 3D printing.

For this purpose, an exhaustive study of the UAV type has been carried out, material, components are the most suitable for this.

1.INTRODUCCIÓN.

1.1 Historia

Un avión no tripulado era un término estrictamente utilizado para un vehículo volador autónomo militar. Los drones se utilizaron (en su mayoría) para la práctica de objetivos o para recopilar información (reconocimiento). A lo largo vino una compañía llamada Dragan que hizo uno de los primeros cuadricópteros disponibles comercialmente (el DraganFlyer) y nació el término Quad Helicopter. Su primer multicóptero disponible comercialmente fue llamado simplemente Quad Helicopter y salió en 1997.

En la década de 2000, el término dron se convirtió en sinónimo de ataques militares. Entre los presidentes Bush y Obama de los Estados Unidos, Estados Unidos acumuló muchos ataques contra objetivos relacionados con el terrorismo. Entonces, el término "drone" tuvo una implicación siniestra.

En 2010, Parrot lanzó un multicóptero que implementó realidad aumentada (AR) en un teléfono celular. Este juego permitió a los jugadores derribar los multicopteros de la vida real. El multicóptero se tituló AR Drone (probablemente como un intento de mercadeo para capitalizar la naturaleza ominosa del término Drone). Realmente, fue el primer multicóptero que se podía comprar en cualquier tienda.

Al día de hoy los Drones se utilizan para una inmensa variedad de trabajos, desde vigilancia, seguridad, rescates, trabajos cartográficos, hasta grabar películas o fumigar...etc.

1.2 Vehículo aéreo no tripulado UAV

Los vehículos aéreos no tripulados se dividen en dos tipos:

Ala fija: Un avión no tripulado de ala fija tiene un ala rígida. Estos tipos de drones tienen una muy buena duración de la batería, ya que usan solo un motor y Pueden volar a gran altura. Pueden llevar más peso porque pueden flotar en el aire por las alas. También hay algunas desventajas de los drones de ala fija. Son caros y requieren un buen conocimiento de la aerodinámica. Se rompen mucho y se requiere entrenamiento para volarlos. El lanzamiento del avión no tripulado es difícil y el aterrizaje de estos tipos de aviones no tripulados es difícil. Lo más importante de los drones de alas fijas es que solo pueden avanzar. Para cambiar las direcciones hacia la izquierda o hacia la derecha.

Multirrotor: los drones multirrotor son los más comunes entre los drones. Se clasifican según el número de hélices que tienen, como tricóptero (tres hélices o rotores), quadcopter (cuatro rotores), hexacóptero (seis rotores) y octocóptero (ocho rotores). Los multirrotor son fáciles de controlar. Son buenos con la entrega de carga útil. Pueden despegar y aterrizar verticalmente, casi en cualquier lugar. El vuelo es más estable que el ala fija. Una de las desventajas del multirrotor es el consumo de energía, Al tener varios motores, consumen mucha energía.

1.3 Componentes de un UAV multirrotor

Teniendo en cuenta el fin del UAV y la carga útil de los sensores que llevara, es más conveniente diseñar un multirrotor.

1.3.1 Controlador central:

La función básica del controlador central es el mantener el Dron en vuelo estable.

Pixhawk Cubo es una plataforma en forma de cubo diseñada para minimizar la vibración y la interferencia electrónica. contiene una serie de sensores de triple redundancia:

Placa Base: Permite el control de todo tipo de UAV. Está basado en el microcontrolador ATmega2560 e incorpora el software necesario para usarlo sin necesidad de programarlo, pero al ser de código abierto deja la puerta abierta a modificaciones del código y utilizarlo para cualquier otra función.

Placa de expansión: esta unidad contiene los sensores necesarios para la estabilidad de un UAV, además de conexiones disponibles para añadir nuevos sensores.

Se conecta sobre la placa base de APM, y permite ampliar sus conexiones además de traer integrados diferentes sensores.

Acelerómetro: Este sensor mide la aceleración estática (en el eje vertical, como la gravedad) y la aceleración dinámica (en el eje horizontal, en un plano XY).

Giroscopio: Este sensor mide los ángulos de ubicación del dron en el aire.

Normalmente, el giroscopio viene incorporado en la misma unidad que el acelerómetro de 3 ejes, de esta manera, el acelerómetro calcula la posición y el giroscopio el ángulo en el que se encuentra.

Magnetómetro: Este sensor mide la fuerza y la dirección de un campo magnético. En los UAV se utilizan para poder orientar el aparato respecto a los puntos cardinales (tomando como referencia el polo Norte) a modo de brújula digital.

Módulo GPS: Sistema de navegación y localización mediante satélite.

Barómetros: Un barómetro mide la presión del aire. Debido a que la presión del aire cambia a varias altitudes, este método puede indicar la altitud relativa al punto de despegue. Sorprendentemente, estos pueden ser bastante precisos dependiendo de la cantidad de sensores y su sensibilidad.



Ilustración 1: Pixhawk

Cada tipo de enchufe tiene un tamaño y forma únicos con una etiqueta claramente escrita. Profundizaremos un poco en todos los enchufes:

- **Puertos CAN:** un puerto CAN como un puerto CAN do. Un bus CAN es un método común de comunicación entre dispositivos (como sensores) y el Pixhawk. También se puede encadenar estos dispositivos.
- **Puertos TELEM:** Telem significa telemetría. Estos son esencialmente puertos que pueden enviar y recibir comandos e información sobre lo que está sucediendo exactamente en el Pixhawk. Los dispositivos como los coprocesadores (excepto Edison) y Head's Up Display (HUD) que superpone la información en la parte superior de una fuente de video para su transmisión a tierra se conectan a estos puertos.
- **Puertos ADC:** los puertos ADC son para sensores analógicos. Los sensores analógicos generalmente devuelven un voltaje (en lugar de una señal de información digital).
- **Puertos I2C:** al igual que los puertos CAN, los puertos I2C pueden manejar diferentes tipos de dispositivos a través de un concentrador.
- **Puertos GPS:** es donde se enchufa el sensor GPS. El GPS dual puede producir una mejor detección de ubicación.
- **Puertos de alimentación:** al contrario de lo que puede pensar, estos puertos no están diseñados para suministrar alimentación a los dispositivos que controla el Pixhawk. Más bien, estos puertos leen el estado de la fuente de alimentación (batería) y suministran voltaje a los sensores y la unidad en sí. Alimentación a los servos, controladores de velocidad u otros dispositivos que los controles Pixhawk deben suministrarse al riel del servo a través de un BEC.
- **MAIN OUT / AUX OUT:** Estos suelen ser servos y controladores de velocidad para motores.

1.3.2 Motores:

La elección del motor adecuado es importante para un buen rendimiento en cualquier UAV.

Para comenzar el proceso de selección básico, se necesita calcular cuánta fuerza será necesaria para mantener el UAV en vuelo.

La regla básica es que los motores deben ser capaces de producir dos veces el peso total de vuelo del dron en el empuje y para mejor estabilidad se debe incluir un factor del 20% por condiciones adversas del vuelo.

La ecuación es:

$$\text{Empuje requerido por motor} = [(\text{peso total de la aeronave} \times 2) \times 1.20] / \text{número de motores}$$

Para grandes cargas grandes aeronaves estos tienen más impulso de rotación, y mantendrán más fácilmente la estabilidad. el peso total de la aeronave es el peso de la carga útil, como por ejemplo una cámara o un sensor más el peso de la propia aeronave.

Para la elección del motor, se debe conocer las siguientes características:

- Peso 100g aproximadamente
- Voltaje 3 o 4 celdas

- Velocidad del Motor (kv): Según las necesidades, mientras más lento, más estable.
- Datos Thrust: Capacidad de empuje.

La elección del motor vendrá determinada por el objetivo que se quiere conseguir, estabilidad o gran potencia.

Nota:

El Kv está definido por el número de espiras y el diámetro del hilo de cobre utilizado para el bobinado. Dos motores de dimensiones idénticas pueden poseer unos Kv diferentes a consecuencia del distinto número de espiras que componen sus bobinas.

Elección del Kv:

Altos Kv: no es necesario alimentarlos con tensiones elevadas, no obstante, el consumo de corriente es elevado, lo que afecta al rendimiento del controlador y de las baterías. La baja inductancia de las bobinas da una impresión de aceleración violenta, el motor muestra más vivo.

Bajos Kv: usan una corriente más baja, lo que no repercute en el controlador y en las baterías. El rendimiento del motor es mayor, el motor se muestra menos vivo ante aceleraciones. No obstante, se necesita alimentarlo con una tensión mayor.

Es esta última configuración la que nos permitirá obtener un rendimiento más alto.

1.3.3 Controlador de velocidad:

Los ESC se clasifican principalmente para la cantidad de corriente que puede suministrar constantemente al motor. Algunos también pueden tener una calificación de "Burst Current. Para obtener el ESC correcto, primero se determina el consumo de corriente máximo de las especificaciones del motor y se añade un margen de seguridad del 10%.



Ilustración 2: ESC

Algunos de los ESC de mayor calidad son de una "frecuencia de actualización" más rápida (el número de veces (por segundo) a la que se comprueban nuevas instrucciones de la tarjeta de control y ajustar la velocidad del motor en consecuencia). Un ritmo más rápido de actualización significa un mayor control, una respuesta más rápida a la entrada piloto y mayor estabilidad.

1.3.4 Hélices:

Los MultiCopteros tienen la mitad de los motores que giran en sentido de las agujas del reloj (CW), y la otra mitad que giran en sentido antihorario (CCW), esto se hace para lograr un equilibrio estable del UAV.



Ilustración 3: Sentido de giro de las hélices

Cada uno de los propulsores (hélices) tiene que ser equilibrado antes de que sean utilizados. Defectos leves en el proceso de fabricación pueden causar que una hoja de la hélice sea un poco más pesada que la otra, creando una vibración cuando la hélice está girando rápidamente.

la vida de la batería se puede ampliar hasta un 15% simplemente por la búsqueda de la perfecta combinación de diámetro y paso de una hélice.

1.3.5 Batería:

Al elegir una batería, las dos cosas principales que son de interés son la capacidad y peso.

Hay que tener en cuenta que ocho motores que funcionan al mismo tiempo pueden consumir una gran cantidad de corriente. Hay que asegurar que la calificación de la batería sea suficiente para soportar ocho veces la corriente máxima del ESC elegido.

El método que se utiliza para decidir qué batería a utilizar es relativamente simple. Como la batería es el último componente que se escoge, se puede tener una buena idea del peso del UAV, se resta el empuje total de los 8 motores menos el peso del Dron (incluyendo cargas útiles adicionales), la diferencia debe alcanzar para las baterías de 3 celdas.

1.3.6 Chasis o Marco:

EL marco necesita ser lo suficientemente fuerte como para soportar las fuerzas opuestas de los motores sin flexionar y hacer frente a los aterrizajes forzosos sin romperse. Al mismo tiempo, también debe ser lo suficientemente ligero que sus motores pueden fácilmente levantarlo y lo ideal sería tener un pequeño perfil aerodinámico para evitar ser demasiado afectado por el viento. Los marcos deben ser capaces de amortiguar las vibraciones y contar con soportes para colocar una cámara u otro equipo.

Las dimensiones del marco dependen de la carga útil que llevará el UAV y la estabilidad que se necesita, a más longitud de los brazos más separación hay del punto de gravedad central y mejor repartido el empuje, pero más pesada será la aeronave. A menor distancia más compactación, menor peso, pero el empuje de los motores se encuentra muy próximo y puede afectar a menos estabilidad de vuelo.

Cada motor genera un campo de turbulencias en el plano horizontal y una línea de fuerza hacia abajo en el plano vertical, por lo que la distancia entre los rotores se define evitando que estas turbulencias se encuentran entre sí y que a su vez el empuje vertical este lo suficientemente cerca del centro de gravedad del dron. No hay ninguna fórmula para calcular las dimensiones del chasis, gran parte para acertar el tamaño y las dimensiones se hace por ensayo y error, pero hay factores que tener en cuenta:

Simetría: Mantener los motores que impulsan las hélices equidistantes es muy importante. un multicoptero puede volar en cualquier dirección igualmente bien. Para mantener este aspecto importante de un multicoptero, hay que diseñar multirrotor con motores en este patrón.

Numero de pares: Más hojas no solo equivalen a una mejor estabilidad y elevación para un multicoptero, sino que los números pares hacen los cálculos necesarios para que PIXHAWK lo mantenga en el aire más fácil. Los números pares hacen esto mucho más estable.

Junto con la simetría. Si hay 360 grados en un círculo para ocho rotores son 45º de separación.

Longitud de brazo:

Los largueros que se diseñan (los bastones que van desde el centro de la aeronave hasta los motores) deben ser lo suficientemente largos para que las turbulencias que generan las aspas quedan separadas entre sí (figura 4). Así que cuantos más rotores, más largos deben ser los largueros. Cuanto más largos sean los largueros, más fuertes también deben ser (debido a la fuerza conocida como apalancamiento). Luego, se debe comprender que cuanto más largos y fuertes sean los largueros, más peso agregará en la estructura del avión y en el cableado de los motores.

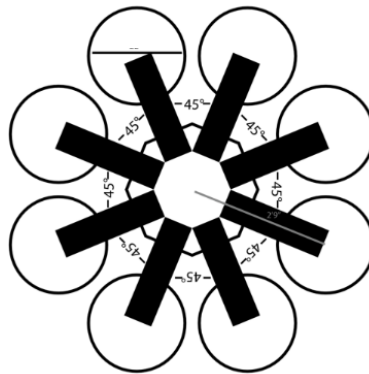


Ilustración 4: Separación necesaria entre hélices

1.3.7 Otros componentes

Hay un par de otros artículos relacionados con la electricidad que son necesarios para un UAV.

Un tablero de distribución de energía para hacer la conexión de ocho juegos de cables ESC juntos de una manera limpia y ordenada. Estos tableros son por lo general una placa de circuito sencillo con 2 pistas, una para cables positivo y uno para cables negativos. La placa de

circuito en general, tiene un número de puntos de soldadura, o, a veces se enchufa, donde cada uno de los cables de alimentación de los ESC se pueden conectar. Se proporciona un único punto de conexión adicional para la batería.

Una alarma de batería baja es otra pieza vital del equipo para cualquier UAV. Este pequeño artículo monitorea el voltaje de la batería y hace sonar una alarma cuando cae por debajo de una cierta cantidad. Esto alerta al piloto de que un aterrizaje pronto será necesario para evitar una pérdida de potencia y el daño inevitable que causará.

También es necesario un cargador de baterías, para garantizar que estamos cargando la batería con las condiciones específicas para su tipo, protegiendo su calidad y vida útil.

Transmisor y receptor de radio

Para el control del UAV es necesario un transmisor con su receptor de al menos ocho canales, los canales adicionales pueden servir para controlar luces, servos de cámara u otros dispositivos.

Nota:

El conjunto completo se debe colocar en la parte central para estabilizar el peso.

El diagrama de conexión básico es el siguiente:

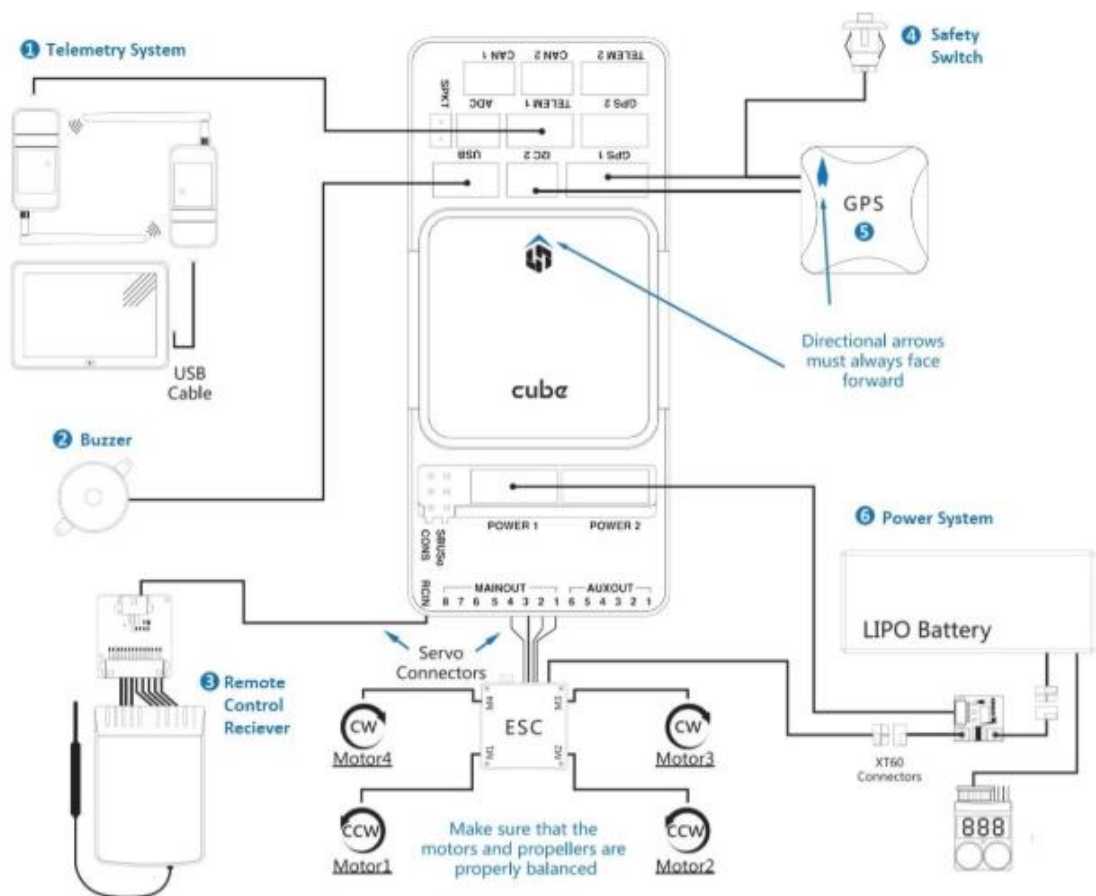


Ilustración 5: Diagrama de conexiones

1.4 La aerodinámica necesaria para volar un UAV

La física para volar un avión no tripulado es realmente necesaria para que la conozcan todos los pilotos de aviones no tripulados porque si no puedes dominar el aire, el avión no volará correctamente. en la siguiente figura, para tener una idea aproximada de cómo las hélices de los drones efectúan el aire.

La figura es tomada del sitio web de la NASA. Simularon la aerodinámica a través de las computadoras:



Ilustración 6: simulación del aire en un UAV

Entonces, básicamente, un avión no tripulado UAV de ocho pares de hélices (cuatro en la dirección de las agujas del reloj y otros cuatro en la dirección contraria de las agujas del reloj). La velocidad de cada motor se controla individualmente para controlar el movimiento del avión no tripulado. Tenemos que pensar en dos cosas para volar un dron, el torque y el empuje.

Un par de torsión no es más que una fuerza de torsión que tiende a causar rotación. Alternativamente, se puede decir, en física, la capacidad de rotar un objeto alrededor de un eje fijo se conoce como torque. Se simboliza como (Tau). Matemáticamente, el par es el producto vectorial de la fuerza (F) y la distancia (r) del eje. Entonces, se puede escribir:

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r}$$

$$\tau = F \times r \sin \theta$$

Dónde θ Es el ángulo entre la fuerza y la distancia desde el centro del eje. El empuje es simplemente empujar algo repentinamente o con fuerza propulsora. En física, el empuje se define como la fuerza de avance que lo impulsa a ir más rápido o lo mantiene en la dirección deseada. Matemáticamente, el empuje es el producto de la presión (P) y el área (A).

Por lo tanto, podemos decir:

$$\text{empuje} = P \times A$$

Se utiliza un pequeño tablero de control para controlar el dron. El panel de control tiene unos pocos sensores que proporcionan las señales necesarias para mover las hélices a la velocidad adecuada y en la dirección correcta. Dentro del panel de control, hay un giroscopio y

un acelerómetro que proporcionan la información de orientación del avión no tripulado. El receptor RC recibe una señal del transmisor RC y la envía al microcontrolador de la placa de control, y los ESC conectados al microcontrolador se controlan para proporcionar la velocidad necesaria. La siguiente figura muestra las fuerzas y movimientos del UAV:

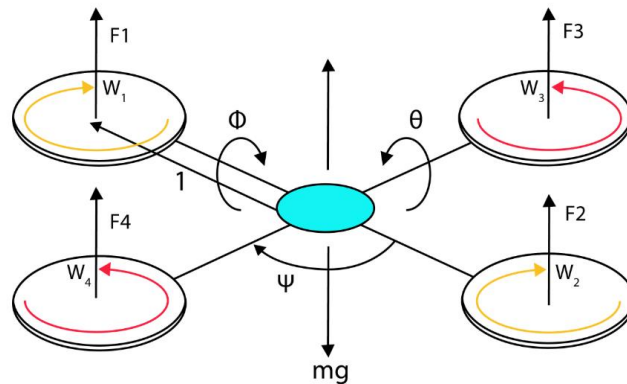


Ilustración 7: Representación del empuje, torque y fuerza de gravedad

Matemáticamente, Empuje (T) será proporcional al cuadrado de la velocidad angular (w) de las hélices. El empuje es perpendicular a la Z , dirección del UAV. Entonces, se puede escribir:

$$T = k_a \times \omega^2$$

Aquí, k_a es una constante. A medida que las hélices giran y crean un empuje en la dirección Z , debe haber una fuerza opuesta en el dron. Sea el movimiento M_i , que también será igual al lado derecho de la ecuación anterior.

Por lo tanto $u_i = k_b \times \omega^2$, donde k_b es una constante. Se utiliza dos constantes diferentes porque la fuerza podría estar ligeramente disminuida o aumentada, debido a la fricción de la partícula de aire.

El par opuesto de hélices son M_x y M_y . De acuerdo con la definición de movimientos, si la distancia del centro del avión no tripulado y una hélice es l , se puede escribir las siguientes ecuaciones:

$$M_x = |F_1 - F_2| \times l$$

$$M_y = |F_3 - F_4| \times l$$

El peso del dron es $\omega = mg$. El peso siempre actúa en la dirección del octoCoptero. De la segunda ley del movimiento de Newton, sabemos:

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración (lineal)}$$

El par se puede definir con la ayuda de inercia de la siguiente manera:

$$\text{Torsión} = \text{inercia} \times \text{aceleración(angular)}$$

Volar:

Para mover el octoCoptero, el peso debe ser igual a todas las fuerzas hacia arriba de las hélices, donde el movimiento debe ser igual a cero:

$$mg = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8$$

Para volar, la fuerza hacia arriba debe ser mayor que el peso. Entonces, si restamos la masa del avión no tripulado de las fuerzas ascendentes de las hélices, obtendremos la ecuación de movimiento del avión no tripulado volando. Digamos que es D^* entonces se puede escribir:

$$D^* = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 - mg.$$

Despegar:

Para volar el dron sobre el suelo, las ecuaciones serán de la siguiente manera:

$$Mg < F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8$$

$$D^* = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 - mg > 0$$

Descender:

El UAV descendera si el peso es mayor que las fuerzas hacia arriba o $D^* < 0$

$$Mg > F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8$$

$$D^* = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 - mg < 0$$

Guiñada:

La guiñada en el movimiento del drone en el plano xy es cuando el tipo opuesto de par de helices creará movimiento de reacción. Si la suma de todos los movimientos de cada hélice es igual a la otra, entonces no hay movimiento de giro. si hay movimiento de diferencia entre cualquier par de hélices, habrá movimiento de guiñada y el avión no tripulado se moverá.

Si el UAV simplemente gira a lo largo de la dirección z, se conoce como movimiento de guiñada. una fuerza hacia arriba estable y las fuerzas de la hélice son las siguientes:

$$I_{zz} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 + M_8$$

$M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7$ y M_8 son los movimientos de las ocho hélices.

Balanceo:

La inclinación es la rotación del dron en la dirección Y, mientras que la rotación a lo largo de la dirección X se conoce como roll o viceversa, dependiendo de la parte frontal del dron. Esto sucederá si un par de hélices opuestas proporcionan, empuje más que las otras hélices. Esta es la aerodinámica simple de un Multicoptero.

1.5 Normativa europea que restringe el diseño, fabricación, uso de los RPAS y el espacio aéreo.

antes de empezar a diseñar hay que tener en cuenta la legislación española actual sobre drones y las limitaciones que se pueden tener en cuanto al diseño y fabricación del UAV.

Artículo 15. Organizaciones de producción.

1. Los fabricantes de aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) serán responsables de las aeronaves que fabriquen.

2. Los fabricantes de aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) cuya masa máxima al despegue no exceda de los 25 kg deberán elaborar para cada aeronave la documentación relativa a su caracterización, con el contenido previsto en el artículo 26, letra a), y una declaración de conformidad de la aeronave con dicha caracterización, que se entregarán al operador.

4. Como excepción a lo previsto en el párrafo anterior bastará con que dispongan de un sistema de inspección de la producción y cumplan con las condiciones, requisitos y obligaciones que se establecen para las organizaciones de producción en la Subparte F de la Parte 21, acreditándolo mediante la documentación e investigaciones previstas en la misma, las organizaciones que sean microempresas y pequeñas empresas conforme a la Recomendación 2003/361/CE de la Comisión, de 6 de mayo de 2003, sobre la definición de microempresas, pequeñas y medianas empresas y fabriquen, exclusivamente, aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) de diseño y tecnología simple y no tengan establecido un flujo continuo de producción, siendo ésta infrecuente o por lotes reducidos. La Agencia Estatal de Seguridad Aérea expresará su aceptación de la utilización por el fabricante de este procedimiento para la demostración de conformidad de sus productos mediante la emisión de un documento de aceptación conforme a lo previsto en la Parte 21, artículo 21.A.125.A.

Artículo 21. Condiciones de utilización del espacio aéreo para la realización de operaciones aéreas especializadas por aeronaves pilotadas por control remoto de menos de 25Kg.

1. Todas las aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) que no dispongan de certificado de aeronavegabilidad podrán realizar operaciones aéreas especializadas en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado y fuera de una zona de información de vuelo (FIZ), siempre que la operación se realice dentro del alcance visual del piloto (VLOS), o de observadores que estén en contacto permanente por radio con aquél (EVLOS), a una distancia horizontal del piloto, o en su caso de los observadores, no mayor de 500 m y a una altura sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m), o sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 150 m (500 ft) desde la aeronave.

2. Además, en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado y fuera de una zona de información de vuelo (FIZ), más allá del alcance visual del piloto (BVLOS) y dentro del alcance directo de la emisión por radio de la estación de pilotaje remoto que permita un enlace de mando y control efectivo, podrán realizarse operaciones aéreas especializadas: a) Por aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) cuya masa máxima al

despegue sea de hasta 2 kg, con sujeción a lo dispuesto en el artículo 23 ter.4, párrafos primero y segundo, del Real Decreto 552/2014, de 27 de junio. b) Por aeronaves pilotadas por control remoto (RPA), cuando se cuente con sistemas, aprobados por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, que permitan a su piloto detectar y evitar a otros usuarios del espacio aéreo. En caso contrario, estos vuelos fuera del alcance visual del piloto (BVLOS) solamente podrán tener lugar en espacio aéreo temporalmente segregado (TSA) al efecto. Para la aprobación de los sistemas a que se refiere el párrafo anterior, el director de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea podrá aprobar, por resolución publicada en el «Boletín Oficial del Estado», medios aceptables de cumplimiento basados en los estándares técnicos establecidos al efecto, entre otros, por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) o, en su defecto, por otras autoridades aeronáuticas que considere.

3. Podrán realizarse operaciones aéreas especializadas sobre aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado y fuera de una zona de información de vuelo (FIZ), únicamente por aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) cuya masa máxima al despegue no exceda de 10 kg, dentro del alcance visual del piloto (VLOS), a una distancia horizontal máxima del piloto de 100 m, y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m), o sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 600 m desde la aeronave. Estas operaciones, deberán realizarse sobre zonas acotadas en la superficie en las que, la autoridad competente a tales efectos, haya limitado el paso de personas o vehículos o, en otro caso, manteniendo una distancia horizontal mínima de seguridad de 50 m respecto de edificios u otro tipo de estructuras y respecto de cualquier persona, salvo personal del operador o personal que esté involucrado en el desarrollo de la operación.

1.6 Aplicaciones de los UAV.

Mapeo y Topografía

Los UAV son una herramienta eficiente que está revolucionando el campo de los sistemas de información geográfica (SIG). La carga útil del avión no tripulado puede recopilar un rango de datos utilizando cámaras y sensores. Estos dispositivos, utilizados junto con puntos de control geo-referenciados, producen mapas altamente precisos con una resolución de hasta cinco centímetros por píxel. Dos tipos principales de software están involucrados en el mapeo de UAV. El primer tipo es para la planificación de la misión, y el segundo es para el procesamiento de datos. La misión se carga en el UAV en su totalidad. Al volar la misión, la carga útil apunta hacia abajo y captura datos a intervalos regulares, creando imágenes superpuestas del área: al menos 60% de adelante hacia atrás y 40% de lado a lado. Una vez que se recopilan los datos, se procesan eliminando la distorsión y uniando las imágenes para crear un mosaico orto rectificado. Al igual que con el software de navegación, también hay una gama de soluciones de procesamiento de datos desde aplicaciones instaladas localmente hasta servicios basados en la nube.

Agricultura de precisión

la agricultura de precisión se está beneficiando enormemente de los UAV. Los agricultores, los agrónomos y los proveedores de servicios de apoyo a la granja son conscientes de esto. Los UAV son menos costosos y más accesibles que los aviones regulares. Los UAV también pueden completar las tareas previamente realizadas con aviones tripulados mucho más rápido con resultados más precisos. Además, como las granjas generalmente están

ubicadas en áreas poco pobladas, los problemas de privacidad y seguridad relacionados con los drones son mucho menos preocupantes. Hay dos áreas principales en las que los UAV ayudan a los agricultores. El primero es con GIS, mediante la recopilación de datos de sensores infrarrojos y archivos de imágenes cosidas, los agricultores pueden hacer un mapa eficiente de la granja, estimar el rendimiento de los cultivos, evaluar la salud de las plantas, identificar malezas o plantas enfermas, registrar el crecimiento de las plantas y medir los niveles de hidratación. Toda esta información se analiza y utiliza para tomar las mejores decisiones de manejo de cultivos. Las recetas de fertilizantes y pesticidas pueden aplicarse selectivamente a plantas individuales en un plan de campo mejorado. El segundo es transportar una carga útil, rociar varias fórmulas prescritas, fila por fila. Los programas de agricultura de precisión UAV exitosos se encuentran en Canadá, Brasil y Suecia, pero el modelo destacado está en Japón.

Búsqueda y rescate

Los UAV han ayudado muchas veces en la ubicación exitosa de personas desaparecidas, ya sea que el incidente se debió a un desastre natural, a un secuestro o simplemente a desorientarse y perderse. Un UAV equipado con una cámara de alta resolución o un sensor infrarrojo puede buscar cientos de metros cuadrados en cuestión de minutos. Para cubrir la misma área en el suelo se necesitarían docenas o cientos de horas de voluntarios o incluso días. Algunos ejemplos de países que están diseñando o usando UAV de manera efectiva para buscar y rescatar a una fracción del costo y riesgo incluyen: Canadá Nueva Zelanda y Suiza.

Inspección de infraestructura

El envejecimiento de la infraestructura y el aumento del clima extremo pueden tener efectos desastrosos en el transporte, las comunicaciones y la infraestructura energética. La inspección de las estructuras relacionadas con estas industrias es donde los UAV presentan muchas ventajas sobre los aviones tripulados regulares. Los drones pueden lograr acercamientos estrechos y entrar en áreas difíciles de alcanzar. La seguridad es otra clara ventaja. Los trabajadores ya no tienen que escalar estructuras o usar camiones cisterna y grúas para suspenderse de los lados de puentes y rascacielos masivos. Estos métodos obsoletos son simplemente peligrosos, llevan mucho tiempo y son caros. Por el costo de un vuelo tripulado, una compañía puede poseer y operar un sistema completo de imágenes UAV. Ser capaz de mantener el UAV en un conjunto preciso de coordenadas de GPS, además de la capacidad de mover una cámara aerotransportada en tres ejes, permite al operador obtener una visión extremadamente clara de cualquier técnico de área que necesitaría un vistazo detallado. Un FPV en vivo permite a los inspectores ver en tiempo real lo que ve el UAV. Los archivos de alta resolución se pueden almacenar y revisar para realizar evaluaciones y desarrollar estrategias de reparación.

2. SENSORES PARA TRABAJOS CARTOGRÁFICOS, NO CARTOGRÁFICOS Y AGRÓNOMOS.

En función de los datos que se quiera obtener, al UAV se le adaptará un LIDAR, una cámara multispectral una cámara réflex para fotografías verticales y horizontales, y será compatible con cualquier tipo de estabilizador eléctrico en caso de que se requiere compensar el movimiento del UAV, también podríamos realizar un levantamiento RTK montando un GPS RTK de precisión.

A continuación, se explicará detalladamente cada sensor tanto sus propiedades técnicas como funcionamiento, también sus dimensiones y ventajas.

2.1 LIDAR

Se ha elegido el sistema LIDAR (ilustración 8) que permite medir distancias y puntos de superficie. Esta tecnología avanzada funciona realmente rápido, ya que puede calcular la distancia entre LIDAR y el objetivo. El sistema LIDAR integran 3 componentes principales, ya sea que se utilicen en automóviles, aviones o aviones no tripulados:



Ilustración 8: LIDAR Yellowscan

Los sistemas LIDAR de escáner láser emiten luz láser desde varios sistemas móviles (aviones, drones ...) a través del aire y la vegetación (láser aéreo). El escáner está recibiendo la luz de regreso (ecos), midiendo distancias y ángulos. La velocidad de escaneo influye en la cantidad de puntos y ecos que se miden mediante un sistema LIDAR. La elección de la óptica y el escáner influye en gran medida en la resolución y el rango en el que puede operar el sistema LIDAR.

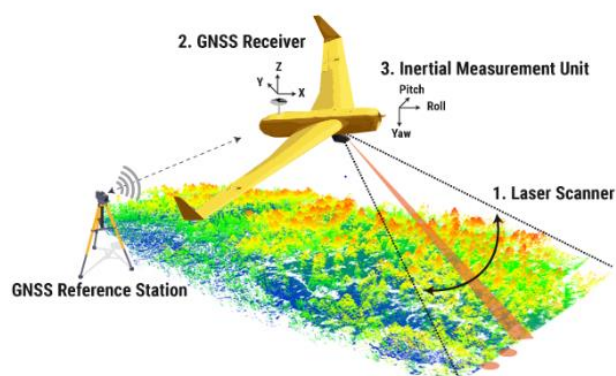


Ilustración 9: funcionamiento del LIDAR

Sistemas de navegación y posicionamiento

Ya sea que el sensor LIDAR esté montado en un avión O UAV, es crucial determinar la posición absoluta y la orientación del sensor para asegurarse de que los datos capturados sean datos utilizables. Los sistemas de navegación por satélite global (GNSS) proporcionan información geográfica precisa con respecto a la posición del sensor (latitud, longitud, altura) y la Unidad de medición inercial (IMU) define en esta ubicación la orientación precisa del sensor (inclinación, balanceo, orientación). Los datos registrados por estos 2 dispositivos se utilizan para generar datos en puntos estáticos: la base de la nube de puntos de mapeo 3D.

Tecnología de computación

Para aprovechar al máximo los datos: se requiere el cálculo para que el sistema LIDAR funcione definiendo la posición precisa del eco. Es necesario para la visualización de datos en vuelo o el posprocesamiento de datos, así como para aumentar la precisión y la precisión entregada en la nube de puntos de mapeo 3D.

Yellowscan es un LIDAR muy ligero. Es una fusión de Velodyne LIDAR y GNSS-inercial: APPLANIX APX-15 para su posición y orientación georreferenciación directa de alta precisión).es una tecnología GNSS-Inercial diseñada para reducir el coste y mejorar la eficiencia del levantamiento aéreo desde los UAVS mediante la georreferenciación directa de cada punto de datos del sensor sin GCP extensos (puntos de control en tierra) o superposición de líneas de vuelo.



Ilustración 10: Placa Applanix APX-15

Tipo laser	Velodyne VLP-16
Clase de laser	Clase 1
Rango máximo	100 m
Altitud de funcionamiento	10-60 m
Precisión	4 cm
exactitud	5 cm ²
Campo de visión	360°
Tecnología multi-eco	2 ecos por disparo
Canals GNSS	GPS, GLONASS, BeiDou. modo RTK y PPK disponible
Temperatura de funcionamiento	-20°C hasta +50°C
peso	1.6 kg batería incluida
Autonomía	1.5 horas
Dimensiones	L 16.22 x W 10.4 x H 14

Tabla 1: Especificación técnica del sistema LIDAR

2.2 Cámara multispectral

Las cámaras multispectrales nos permiten notar los pequeños cambios en la radiación, como por ejemplo en la radiación infrarroja para el caso de la agricultura. Es en este campo donde más se están produciendo cambios en la llamada agricultura de precisión, que trabaja para poder optimizar la gestión de los campos y poder planificar las fechas de siembra, usos de diferentes fertilizantes, frecuencia de riego incluso el conocimiento de su momento óptimo de recogida del fruto. Los UAV posibilitan realizar vuelos programados por el usuario para la toma de estos datos y así poder obtener una resolución espacial menor que la usada por los satélites.

Dicha técnica Permite el conteo y supervisión de producción agrícola, supervisión de áreas fumigadas, detección temprana de enfermedades y plagas en cultivos, malas hierbas, cambios climáticos extremos, sobre plantación, riego inapropiado, mal drenaje, índices de vegetación.

Estas cámaras permiten captar esas bandas no visibles por el ojo humano, la organización de estas bandas se realiza mediante sus longitudes de onda o frecuencia. Comprende desde las longitudes de onda más cortas (rayos gamma, rayos X), hasta las kilométricas (telecomunicaciones).

Las bandas de interés para este trabajo son:

- (0.4 a 0.7 micrómetros) Corresponde el espectro visible, que puede visionar el ojo humano.
- (0.7 a 1.3 micrómetros) Correspondiente al Infrarrojo próximo, resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad en el terreno.
- (1.3 a 8 micrómetros) Corresponde al Infrarrojo medio, en este rango se entremezclan los procesos de reflexión de los rayos solares y la emisión de la superficie del suelo, es idóneo para la estimación contenido de humedad en la vegetación y detección de focos de alta temperatura.
- (a partir 1mm) en este punto pasamos a las microondas, es la más empleada para los sensores activos como los radares por ser una energía transparente para las cubiertas nubosas.

Con los datos anteriores es posible la creación de mapas de cultivo en la que se muestran las zonas buenas del cultivo o zonas que se han de tratar. Posteriormente pueden ser cargadas en tractores robotizados que permiten ser guiados informáticamente y reducir solapes, de esta forma se consigue poder concentrar los abonos, pesticidas y/o fertilizantes en zonas que han de ser tratadas y así poder tener un mayor rendimiento en esas zonas sin derrochar producto en zonas donde ya ha sido tratado o no es necesario.

Las marcas de sensores más conocidos son los Tetracam, Micasense, y Parrot Sequoia, para una opción más económica y completa se ha optado por la cámara multispectral Parrot Sequoia.

Cámara multispectral Parrot Sequoia:

El sensor multispectral Sequoia captura imágenes tanto del espectro visible como del no visible, proporcionando datos calibrados para analizar óptimamente la salud y vigor de las cosechas.

Sequoia es de los sensores multispectral más pequeño y ligero. Captura imágenes de cultivos a través de cuatro bandas espectrales claramente definidas, visibles y no visibles, además de imágenes RGB.

Sequoia capta diferentes longitudes de onda, Verde, Roja, Red-Edge (Borde rojo) y Nir (Infrarrojo cercano) para destacar la salud de las plantas.

El sensor RGB de Sequoia es de tipo Rolling Shutter, mientras que los sensores multispectrales lo son de Global Shutter. Esta diferencia limita el uso que se les puede dar a los datos RGB. Por lo cual la finalidad de la cámara RGB Sequoia es Crear imágenes panorámicas de campos agrícolas en RGB que pueden soportar los datos multispectrales ofreciendo una vista de pájaro y Crear Ortomosaicos que permiten realizar mediciones básicas de longitudes y áreas.

Ventajas de Parrot Sequoia

- Identificar áreas problemáticas en el campo que necesitan atención y exploración adicional
- Precisar la fertilización de las cosechas detectando síntomas de déficit de nutrientes
- Optimizar el uso de pesticidas mediante la detección precoz de estrés biótico
- Controlar el riego de las cosechas identificando áreas que sufren estrés hídrico
- Estimar el rendimiento de las cosechas procesando y explorando índices agronómicos

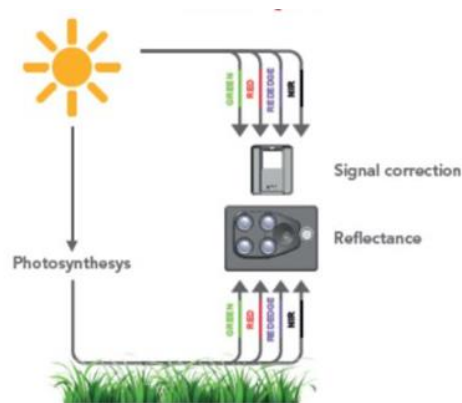


Ilustración 11: Funcionamiento de Parrot Sequoia

La cámara capta imágenes con mayor precisión multispectral. Su sensor multispectral simultáneamente sincroniza el Global Shutter con las cuatro bandas espectrales, además de tomar imágenes RGB, esto le permite alcanzar una precisión superior.

Ficha técnica de Parrot Sequoia:

Características:

- Cámara multispectral para la agricultura
- Calibración automática usando el sensor solar
- Cámara RGB 16 Mpx para explorar
- Gran velocidad de captura de imágenes (1 fotografía por segundo)
- Independencia del dron
- Protocolo estándar (PTP) de comunicación con el dron
- Carga por USB



Ilustración 12: Cámara Parrot Sequoia

Cámara RGB 16 MPIX	- Definición: 4608x3456 pix - HFOV: 63.9º - VFOV: 50.1º - DFOV: 73.5º
4 Cámaras con obturador global de una sola banda de 1.2 MPIX	- Definición: 1280x960 pix - HFOV: 61.9º - VFOV: 48.5º - DFOV: 73.7º
4 bandas distintas	- Verde (550 BP 40) - Rojo (660 BP 40) - Borde rojo (735 BP 10) - Infrarrojo cercano (790 BP 40)
Dimensiones y características	59 mm x 41 mm x 28 mm 72 g - Hasta 1 fps - Almacenamiento incorporado hasta 64 GB - IMU & magnetómetro 5 W (pico 12 W)
Sensor solar	4 sensores espectrales (los mismos filtros que el cuerpo) - GPS - IMU & magnetómetro - Ranura para tarjeta SD 47 mm x 39.6 mm x 18.5 mm 35 g 1 W

Tabla 2: Especificaciones generales de la cámara

2.3 Cámara Réflex Sony A6000

Una cámara Réflex permite obtener fotografías que posteriormente se convierten en modelos 3D tanto cartográficos como no cartográficos ampliando puntos de control y el software adecuado, uno de ellos es Photoscane.

Sistema de AF híbrido

la parte del sistema de detección de contraste es de 25 puntos, el número de puntos de detección es de 179. Todos esos puntos de detección de fase adicionales se le añade un área de cobertura mucho más amplia: aproximadamente el 92% del marco, en comparación con alrededor del 50% para Un área más amplia que permite al enfoque automático de detección de fase.

Procesador Bionz X

Ese procesador ofrece "Tecnología de reproducción de detalles", es un sistema de afilado más sutil y sofisticado. para menor énfasis aparente en los bordes, dando una representación más convincente de detalles finos.

Otra función del Bionz X es la "Reducción de difracción", en la que el procesamiento de la cámara intenta corregir la suavidad causada por la difracción al detener la apertura de la lente. Este procesamiento es presumiblemente dependiente de la apertura. El chip Bionz X ofrece una versión más avanzada que intenta identificar si cada área de una imagen representa un tono suave, detalles texturizados o bordes, y luego aplicar diferentes cantidades de reducción de ruido en consecuencia.

Características técnicas

- Sensor CMOS APS-C de 24,3 megapíxeles.
- Procesador de imagen Bionz X.
- Sistema de AF híbrido con 25 puntos de detección de contraste y 179 puntos de detección de fase.
- Flash incorporado + multi interfaz.
- Disparo continuo de 11 fps con seguimiento de sujeto.
- LCD inclinable de 3 pulgadas con 921,600 puntos.
- Visor electrónico OLED con 1.44M puntos.
- Corrección de difracción, reducción de ruido y tecnología de reproducción de detalles.
- Grabación de video Full HD a 1080 / 60p y 24p; salida HDMI.
- Wi-Fi con capacidad NFC y aplicaciones descargables.
- Dimensiones 120 × 67 × 45mm.
- Peso 344g batería incluida.

2.4 GPS RTK

el GPS RTK puede proporcionar estimaciones de posición mucho más precisas que los GPS normales, pero normalmente requiere el uso de un segundo GPS conectado a la estación terrestre.



Ilustración 13: GPS Here+

Este GPS está compuesto por tres elementos:

- 1- Estación base externa: este elemento tiene que ir sobre un trípode para mejor señal.
- 2- Antena GPS: este elemento se tiene que colocar en el UAV y conectarlo a PIXHAWK.
- 3- Estación base: este elemento va conectado al PC.

Características de Here*:

- Posicionamiento GNSS de nivel centimétrico para el mercado masivo
- Cinemática en tiempo real (RTK) integrada para un tiempo de lanzamiento al mercado rápido
- El módulo RTK más pequeño, ligero y eficiente en energía
- Solución completa y versátil gracias a las variantes base y móvil.
- Montaje discreto
- 4 opciones de brújula
- IMU MPU9250 (para futuras detecciones y compensaciones de Breakaway)
- Barómetro MS5611
- Plano de tierra 6CM

Después de analizar los sensores que se quieren montar en el UAV, ahora hay que saber que componentes electrónicos se han seleccionado para este UAV, aunque este trabajo no desarrolla la parte electrónica del UAV, pero hay que entenderla y tenerla en cuenta en el diseño.

3.COMPONENTES DEL UAV.

3.1 Comprobando la electrónica:

Es muy importante fijar todos los componentes antes de empezar a diseñar.

Para mejorar la elección de todos los componentes, se ha hecho uso de una calculadora virtual para Drones. los datos de entrada son el peso del UAV y el número de rotores y los de salida son los siguientes:

Motor:

El motor se ha elegido aplicando la siguiente formula:

la carga máxima que llevara el UAV sería de 2Kg más 2kg del chasis más todos los componentes, cables y batería, sería un UAV de unos 4Kg (todos los valores son aproximados)

$$\text{empuje mínimo} = (4\text{Kg} \times 2) \times 1.2 / 8 = 1.2 \text{ Kg aproximadamente}$$

Se ha optado por un motor de empuje equivalente a 1360g: EMAX GT2812-06 1180Kv

Controlador de velocidad: ESC de 30 A

Hélices: las hélices es un componente que va ligado al motor, con los motores Emax de 1180kv se puede utilizar hélices de 10" por 4.7 o 10" por 5 de paso. (10 pulgadas equivalen a 254 mm de longitud).

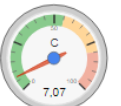
Model	Cell Count	RPM/V	Prop (APC)	RPM	MAX current (<60S)	Thrust
GT2812 / 08	3S	1180	10*5	10200	28A	1400g 3.17lb
	2S	1180	10*4.7	8800	43A	1360g 3.00lb

Ilustración 14: Datos sobre el motor

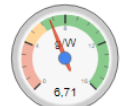
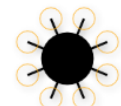
Batería: LiPo 22000mAh de 3 celdas, para un tiempo de vuelo de 23 min.

En la siguiente captura se ve cómo se puede mejorar UAV eligiendo los componentes idóneos.

General		Nº de rotas:		Tamaño del brazo:		Límite de inclinación:		Altura del campo:		Temp. aire:		Presión (QNH):		
Peso del modelo: 4000 g 141.1 oz con Motorización		8 simple 8 simple		1000 mm 39.37 inch		sin límite sin límite		500 m ASL 25 °C 1013 hPa		1640 ft ASL 77 °F 29.91 inHg				
Celdas batería Tipo (Cont. / max. C) - nivel de carga: LiPo 2200mAh- 5S/90C Lena		Configuración: 3 S 1 P		Capacidad por celda: 22000 mAh 22000 mAh total		descarga max. 85%		Resistencia: 0.0005 Ohm		Voltaje: 3.7 V		capacidad C de descarga: 55 C continua 80 C de pico		Peso: 590 g 20.8 oz
Varidor Tipo: max 30A		Corriente: 30 A cont. 30 A max.		Resistencia: 0.008 Ohm		Peso: 40 g 1.4 oz		Accesorios		Consumo de corriente: 0 A		Peso: 0 g 0 oz		
Motor Fabricante - Tipo (Kv) - refrigeración: EMAX GT2812-08 (1180) buena buscando... Asistente Kv hélice		KV (a/o torque): 1180 rpm/V		Corriente sin hélice: 1.1 A @ 11.1 V		Límite (hasta 15s): 344 W W		Resistencia: 0.054 Ohm		Longitud caja: 35 mm 1.38 inch		nº Pólos mag.: 14		Peso: 105 g 3.7 oz
Hélice Tipo de hélice: APC Electric E 0°		Diámetro: 10 inch 254 mm		Paso: 4.7 inch 119.4 mm		número de palas: 1		Const. de Potencia/Empuje: 1.08 W / 1.0 g		Gear Ratio: 1 : 1		Calcular		





Observaciones:		Batería		Motor a eficiencia optima		Motor al Máximo		Motor @ Hover		Motorización Total		Multicóptero	
Carga:		7.07 C		Corriente: 14.41 A		Corriente: 19.43 A		Corriente: 6.40 A		Peso de la Motorización: 3223 g		Peso total: 4000 g	
Voltaje:		11.53 V		Voltaje: 11.48 V		Voltaje: 11.38 V		Voltaje: 11.64 V		113.7 oz		141.1 oz	
Tensión nominal:		11.10 V		Revoluciones: 12547 rpm		Revoluciones: 12081 rpm		Revoluciones: 7488 rpm		Empuje-Peso: 1.9 : 1		máximo peso adicional: 2455 g	
Energía:		244.2 Wh		Potencia eléctrica: 165.4 W		Potencia eléctrica: 121.1 W		Acelerador (log): 50 %		Corriente en estacionario: 51.21 A		inclinación máxima: 86.6 °	
Capacidad total:		22000 mAh		Potencia mecánica: 141.9 W		Potencia mecánica: 188.4 W		Acelerador (lineal): 80 %		Pot(entrada) en estacionario: 602.5 W		velocidad máxima: 52 °	
Capacidad usada:		18700 mAh		Eficiencia: 85.8 %		Potencia-Peso: 442.2 W/kg		Potencia eléctrica: 74.5 W		Pot(salida) en estacionario: 502.6 W		75 km/h	
Tiempo min de vuelo:		7.2 min				200.6 W/lb		Potencia mecánica: 62.8 W		Eficiencia en estacionario: 83.4 %		46.6 mph	
Tiempo medio de vuelo:		18.3 min						Potencia-Peso: 150.6 W/kg		Corriente al máximo: 155.46 A		Trepada estimada : 8.4 m/s	
Tiempo de vuelo estacionario:		21.9 min						68.3 W/lb		Potencia(entrada) al máximo: 1829.1 W		1654 f/min	
Peso:		1770 g						84.3 %		Potencia(salida) al máximo: 1507.0 W		40.54 dm²	
		82.4 oz						est. Temperatura: 29 °C		Eficiencia al máximo: 82.4 %		628.37 in²	
								84 °F				Fallo del motor: 	
								Empuje específico: 6.71 g/g					
								0.24 oz/gW					

Ilustración 15: Interfaz de calculadora para Drones

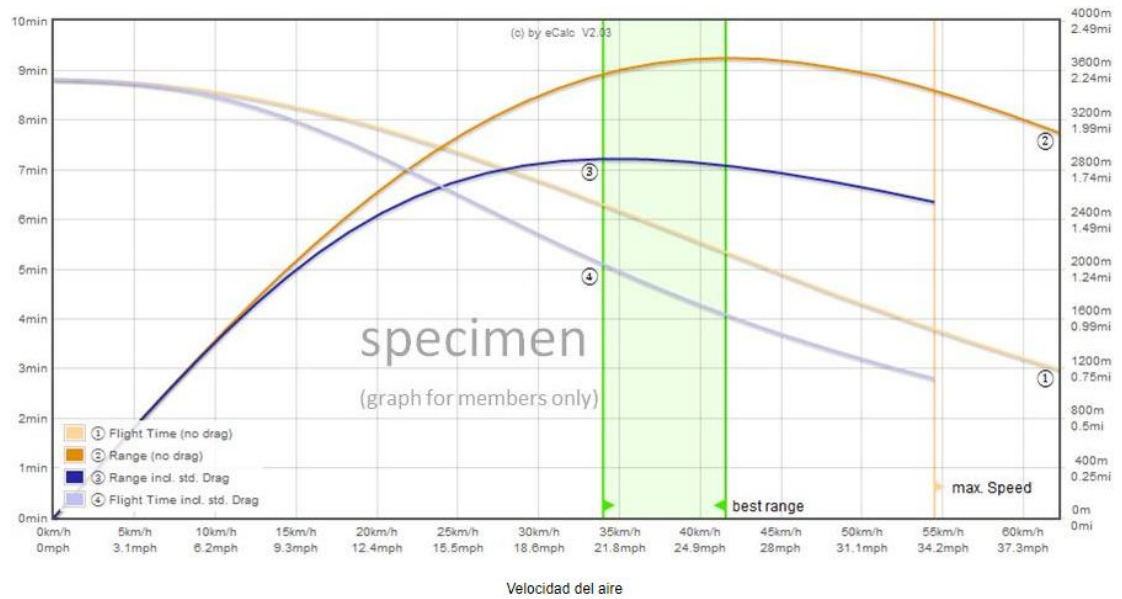


Ilustración 16: Grafica del tiempo de vuelo

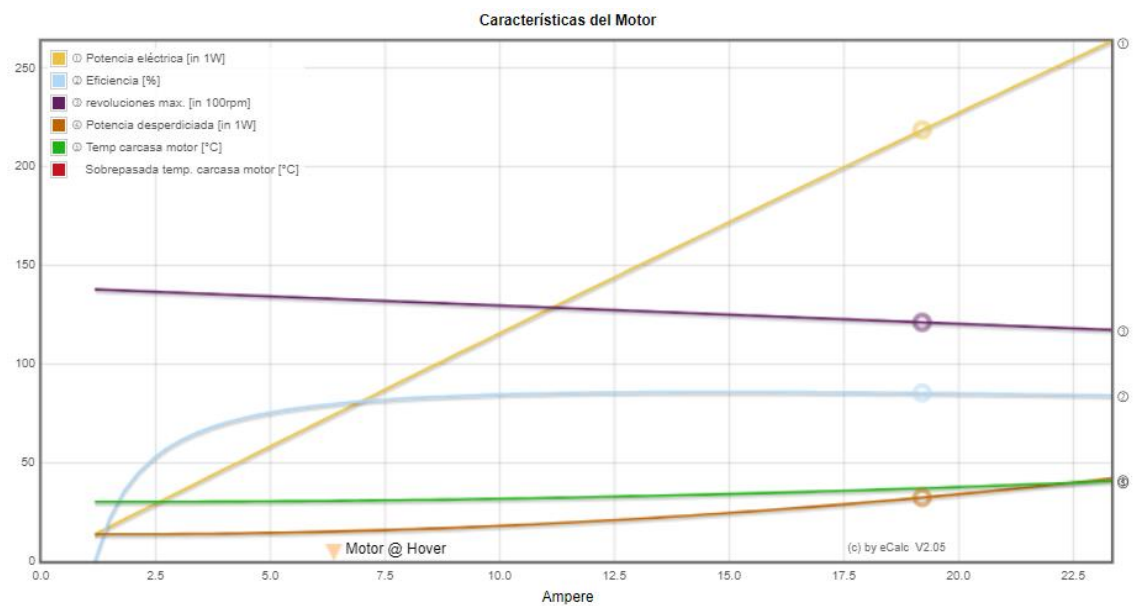


Ilustración 17: Grafica de las características del motor

Con la validación de la calculadora virtual se puede pasar al diseño del chasis.

3.2 Carga útil del UAV

Levantamiento total

La elevación total es la cantidad de empuje ascendente que genera un combo motor / hélices en el mundo real. Esto generalmente se documenta con un valor de peso que representa la elevación generada al 100% del comando de aceleración. Los motores que se van a usar en la construcción pueden generar un levantamiento total de 1360 gramos con unas hélices de 10×4.7 . Si cambi los apoyos, el número de elevación cambiaría. Obviamente,

esto se mide para cada motor y hélice. Para calcular la elevación de todo el multicoptero se multiplica este empuje por la cantidad de motores de multicoptero (ocho en este caso). eso resulta ser:

$$8 \times 1360 \text{ gramos} = 10.880 \text{ gramos de elevación}$$

Capacidad de carga útil

Una especificación que cada diseñador de UAV tiene que definir la capacidad de carga útil. Esta es la diferencia entre la elevación total de la aeronave y su peso total (W). La W es el peso del avión, ya que está equipado para el vuelo, con motores, batería, computadora, etc.

Se calcula la carga útil usando la ecuación siguiente:

$$P = T \cdot M - W$$

Siendo P la carga útil, T el empuje, M número de motores, W peso de la aeronave.

$$P = 1360g \times 8 - 4000g = 6880g$$

6,8Kg es la carga máxima que puede levantar el UAV, sin embargo, es aconsejable no alcanzarla nunca debido a que el UAV tiene que volar siempre con su capacidad media.

4.DISEÑO TRIDIMENSIONAL DEL UAV TOPOGRÁFICO.

4.1 Especificaciones

Una fase fundamental en el proceso de diseño es definir qué se quiere conseguir con el objeto a diseñar. Solo una vez planteados los objetivos que se desean cumplir, se podrá elegir entre las múltiples opciones existentes la que mejor se adapta a la aplicación perseguida. Todo esto sin olvidarse nunca de las limitaciones que pueda haber, impuestas por múltiples factores como el coste, el proceso de fabricación, el material con el que se trabaja, la tecnología disponible, etc.

Además, se persigue que el UAV sea fabricado mediante impresora 3D. Este aspecto debe tenerse en cuenta en todo el proceso de diseño de las piezas que conforman el UAV, ya que trae consigo una serie de condicionantes como son: las dimensiones del espacio de impresión, la fabricabilidad de las piezas, las características del material utilizado...

4.2 Diseño de piezas

Como se ha dicho anteriormente, el diseño de las piezas está intrínsecamente ligado a dos factores determinantes: los actuadores elegidos y el proceso de fabricación por impresión 3D. En este apartado se describen las piezas diseñadas, explicando las peculiaridades de cada una y su funcionalidad. Las cotas exactas y las vistas normalizadas pueden verse en los planos incluidos en el anexo de planos. Los tornillos utilizados son de diferentes diámetros. Todas las piezas y los planos normalizados han sido diseñados utilizando el programa SIEMENS NX 12.

4.2.1 Base

La base será el primer elemento del UAV. Consta de dos octógonos uno arriba y otro abajo, con ocho aperturas laterales para disminuir el peso y ocho salientes con una inclinación de 8° lo que hace que la aeronave sea más estable al girar y aún más flexible cuando gira.

Cuenta con agujeros para paso de tornillos para colocar todos los sensores, también para colocar el tren de aterrizaje de dos formas distintas.

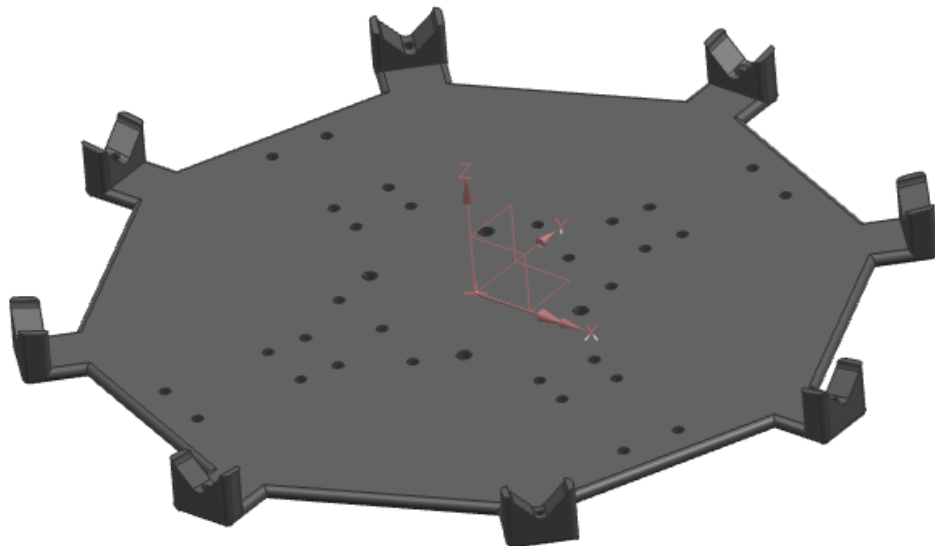


Ilustración 18: la Base (pieza1)

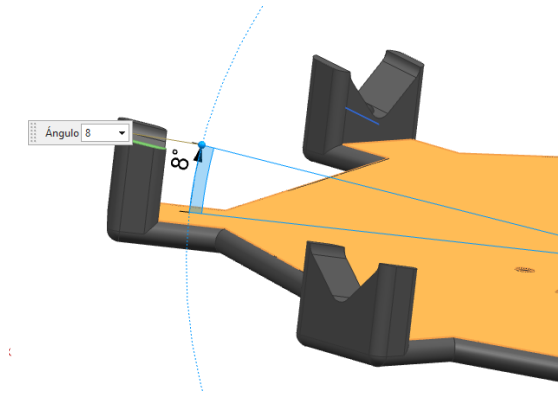


Ilustración 19: Vista ampliada de la inclinación de 8 grados

La pieza 2 de la base tiene una apertura grande para ensamblar la cúpula por encima.

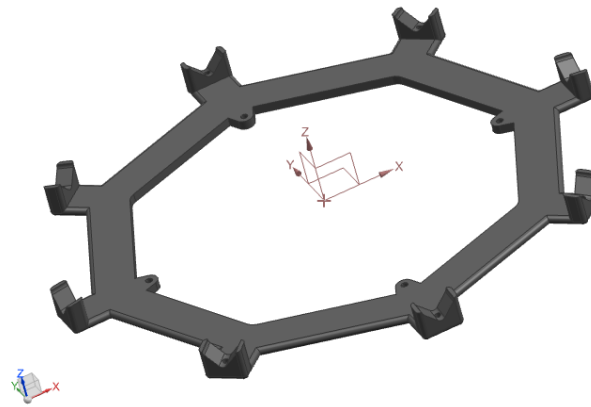


Ilustración 20: La base (pieza 2)

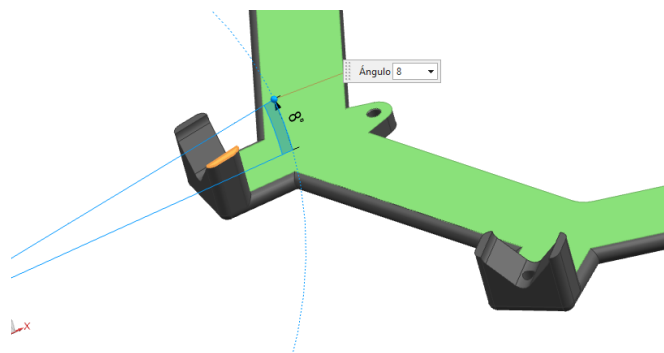


Ilustración 21: Vista ampliada de la inclinación de 8 grados

4.2.2 Brazo

Como se ha mencionado anteriormente, el cálculo de la longitud del brazo se hace de la siguiente manera:

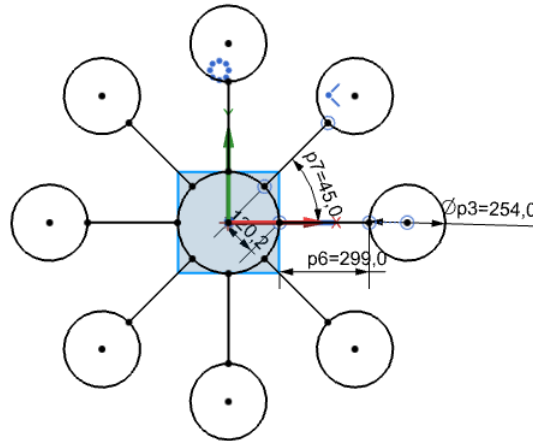


Ilustración 22: Esquema de dimensiones del brazo

Sabiendo que las hélices son de 254 mm y entre cada brazo debería haber 45° de separación, teniendo en cuenta las turbulencias que generan las hélices el brazo deber medir alrededor de 299mm.

En Este trabajo se han desarrollado dos tipos de brazo o viga que en el apartado siguiente se elige una.

Los brazos cuentan con agujeros para paso de tornillos en los dos extremos para atornillarlos con la base por un lado y con el soporte del motor para el otro lado. Se ha decidido usar dos agujeros para paso de tornillos por el lado del motor debido a las vibraciones de este ultimo.

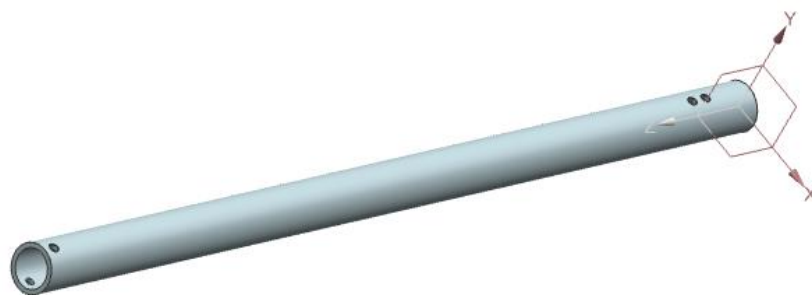


Ilustración 23: Brazo 1

Tiene perfil aerodinámico, pero necesita soportes a la hora de imprimirlo

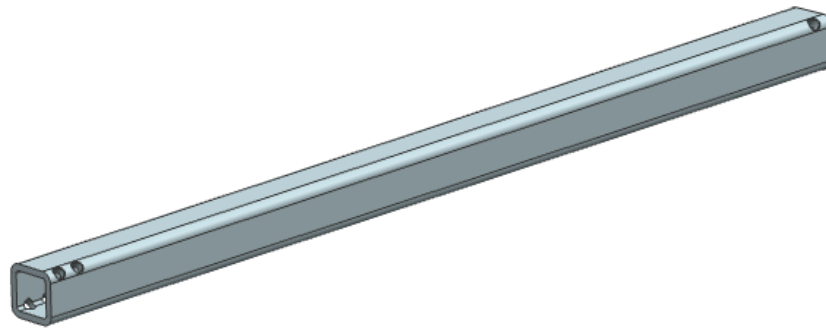


Ilustración 24: Brazo 2

perfil menos aerodinámico debido a las caras planas y más facilidades al imprimir)

Los dos brazos tienen más espesor en la parte que va atornillada a la base y menos espesor en el otro extremo debido a la fuerza de apalancamiento.

4.2.3 Soporte de motor

El soporte del motor es el elemento más pequeño del UAV, cuenta con cuatro agujeros para paso de tornillos para atornillar el motor, y dos para atornillarlo con el brazo y una apertura para el paso de cables.



Ilustración 25: Soporte del motor

4.2.4 Cúpula

La cúpula es una especie de DronBox formada por dos piezas una base y una tapa, es donde va toda la electrónica del UAV. Está diseñada para ser montable a varios chasis de UAVS. Se fija mediante cuatro tornillos y tiene un hueco para paso de cables a la batería y motores.

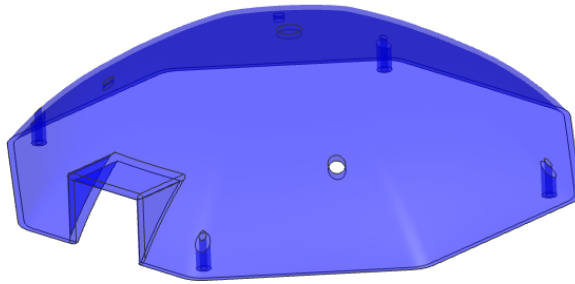
Tapa:

Ilustración 26: Tapa

preferiblemente transparente o semi transparente para visualizar la electrónica. Tiene cuatro agujeros para unirla con la base y el cuerpo del UAV y tres agujeros para la salida de las antenas, dos para antena GPS uno para Telemetría.

También cuenta con una apertura para una cámara FPV.

Base de la cúpula:

La base tiene agujeros para atornillar PIXHAWK, la antena GPS y paso de cables, toda la electrónica restante al ser piezas pequeñas y con muy poco peso es más cómodo pegarla con cinta de doble cara.

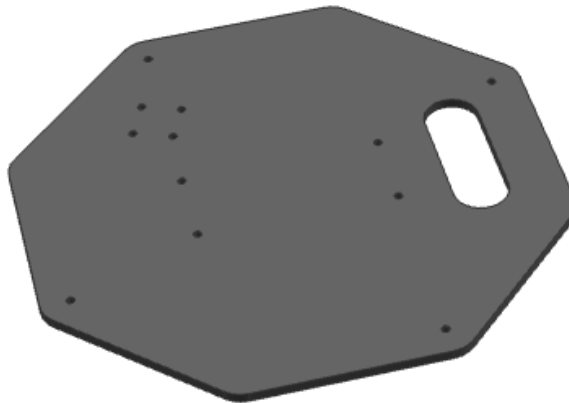


Ilustración 27: Base de la cúpula

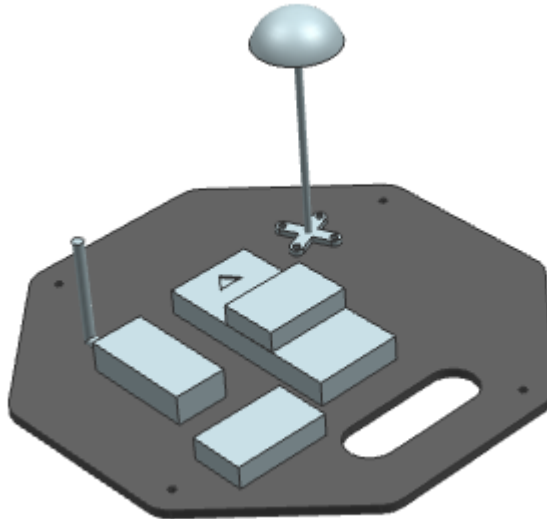


Ilustración 28: La base de la cúpula con la electrónica

4.2.5 Tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje este compuesto de cuatro piezas para su fácil impresión 3D.

La primera pieza va atornillada a la base, cuenta con seis agujeros para tornillos debido a su compatibilidad con otros chasis, aunque con cuatro tornillos es suficiente y este hecho a medida para evitar el roce de cualquier sensor con el suelo.

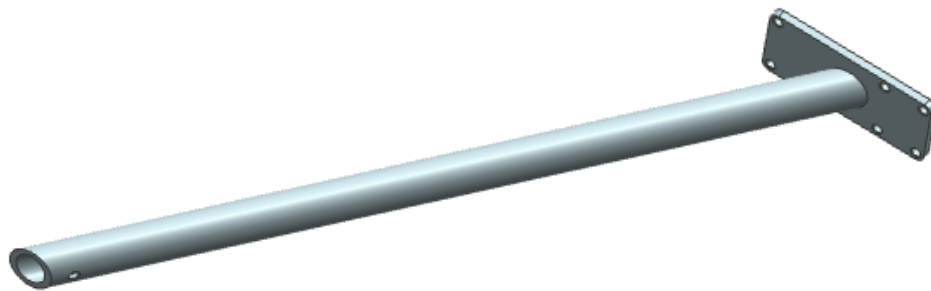


Ilustración 29: Pieza 1 del tren de aterrizaje



Ilustración 30: Pieza 2 del tren de aterrizaje

El conjunto de estas ocho piezas es lo que será el chasis. ahora vamos con las piezas que se han diseñado para poder colocar cada uno de los sensores explicados en el capítulo anterior.

4.2.6 Soporte de LIDAR

El soporte de LIDAR es una única pieza que va atornillada a la base con cuatro tornillos de métrica 4 debido al peso del LIDAR.

El material perfecto para este tipo de piezas es metal o fibra de carbono.

NOTA: en caso de imprimir esta pieza en 3D con Plástico es mejor aumentar su espesor entre 1mm y 2mm más.

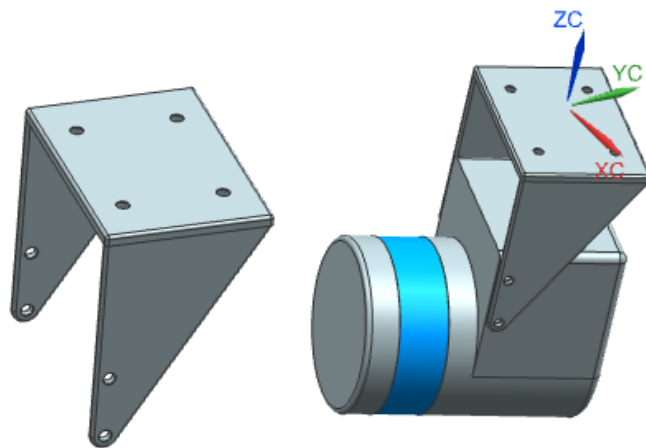


Ilustración 31: Soporte LIDAR

4.2.7 Soporte de cámara Multiespectral

El soporte de la cámara multiespectral es pequeño y ligero debido a las dimensiones y peso de la cámara.

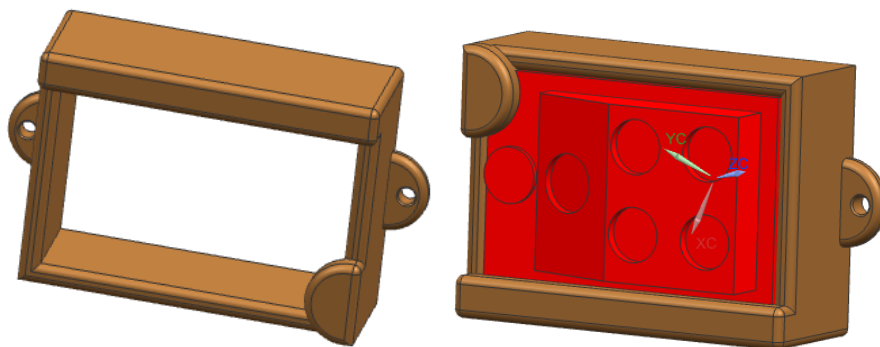


Ilustración 32: Soporte para Parrot Sequoia

4.2.8 Soporte para Réflex, fotografías verticales

El soporte para Réflex es una pieza que va atornillada a la base con cuatro tornillos y a la réflex con un tornillo especial.

Para hacer esta pieza se ha medido el agujero para tornillo de la réflex con un calibre especial.

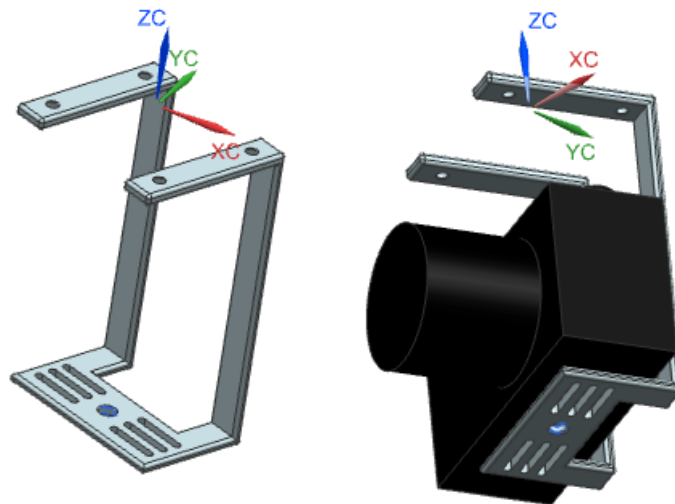


Ilustración 33: Soporte vertical para Réflex

4.2.9 soporte para Réflex, fotografías horizontales

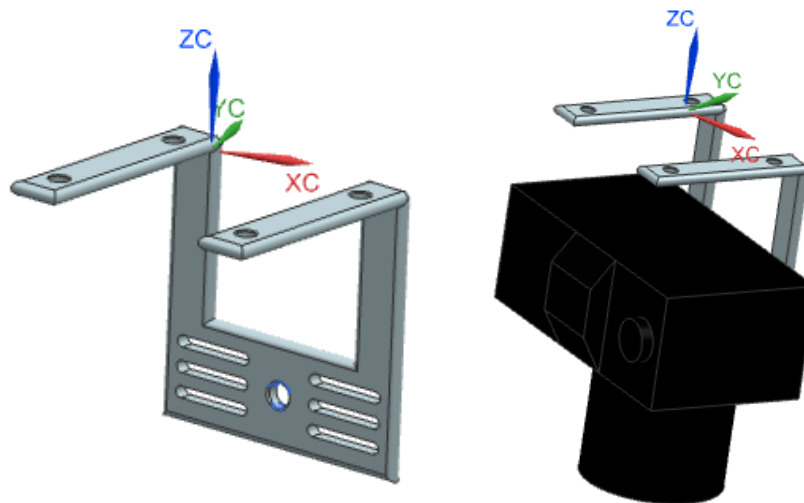


Ilustración 34: Soporte horizontal para Réflex

4.2.10 cardan.

El cardan esta compuesto por varias piezas y las medidas son estándar para poder montar muchos de los estabilizadores automáticos que existen en el mercado.

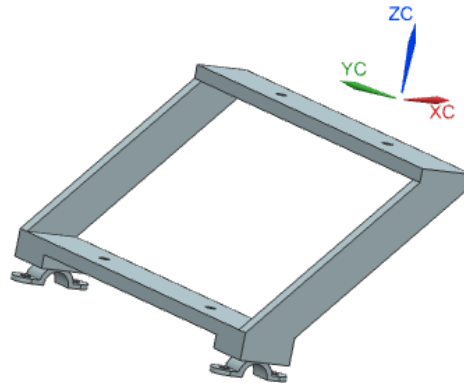


Ilustración 35: Pieza 1 del cardan



Ilustración 36: Pieza 2 del cardan

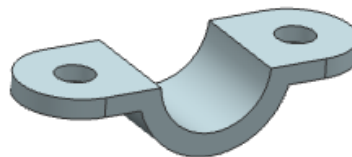


Ilustración 37: Pieza 3 del cardan

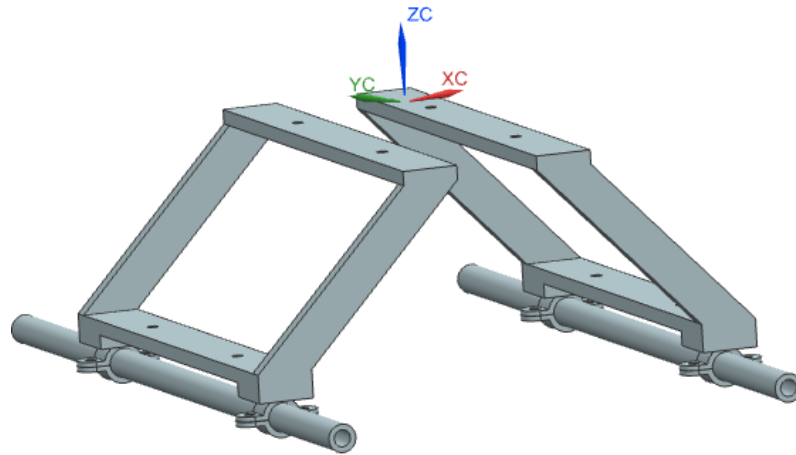


Ilustración 38: Cardan (todas las piezas)

En la siguiente imagen se observa como ira el estabilizador con el cardan y la cámara.

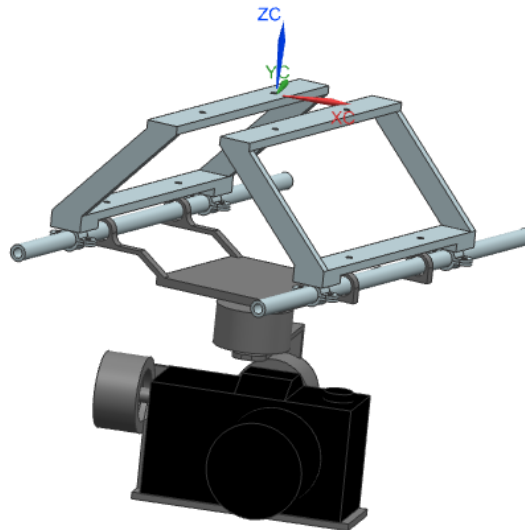


Ilustración 39: Conjunto de cardan, estabilizador y cámara

Anteriormente se ha diseñado dos tipos de viga o brazo Antes de empezar con el ensamble del UAV vamos a tratar de elegir una, la más resistente.

Para ello se ha hecho una simulación de un golpe en el mismo punto en las dos vigas.

4.3 Simulación de un golpe

Se han analizado las dos vigas mediante elementos finitos, se ha hecho la malla 3D y se ha asignado el mismo material a los dos brazos.



Ilustración 40: Brazo1 Mallado de 2 mm

Se supone que el UAV vuela a una velocidad de 30 Km/h por lo cual la fuerza de choque seria:

$$F = \frac{1}{2} mv^2$$

La masa del UAV con el sensor es aproximadamente de 4 Kg, entonces se concluye:

$$F = \frac{1}{2} \times 4\text{kg} \times 8.33^2 \text{ m/s} = 133.77 \text{ N}$$

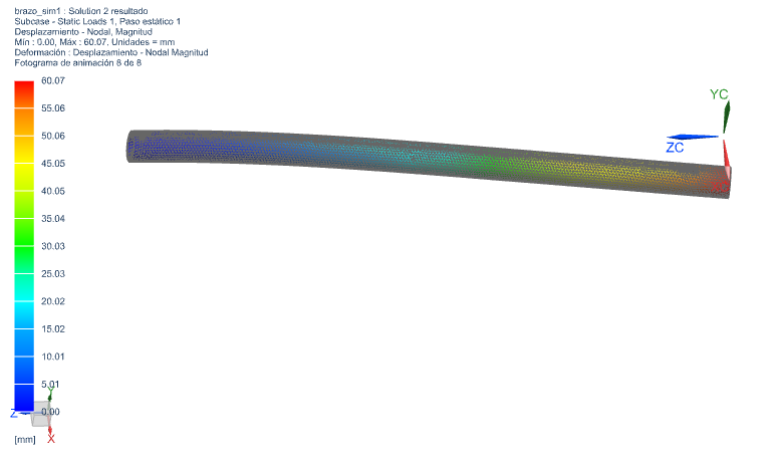


Ilustración 41: Análisis de deformación

Después de aplicar esta fuerza a un nodo en concreto los resultados de la deformación son los siguientes: deformación máxima hasta 60mm.

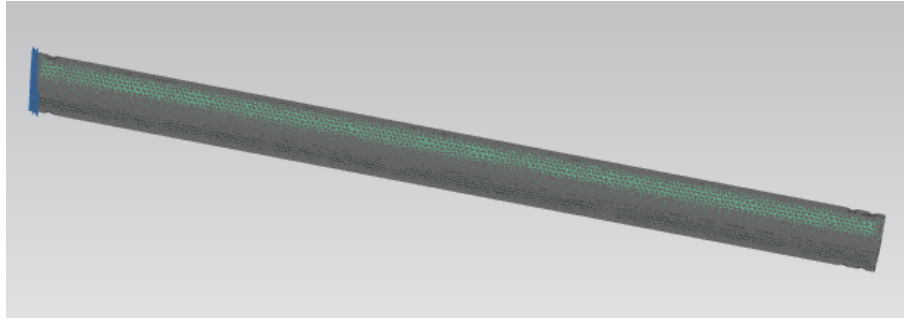


Ilustración 42: Brazo 2 mallado de 2 mm

Se aplica la misma fuerza a la misma zona los resultados son los siguientes:

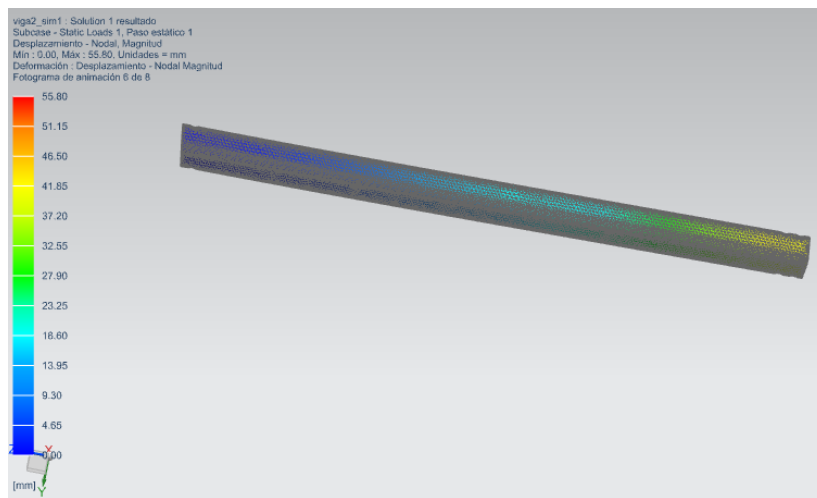


Ilustración 43: Análisis de deformación

Se ve que la deformación es menor concretamente casi 5 mm menor entonces se opta por la geometría de la segunda viga.

Esta geometría no es solo resistente a los choques si no también mucho más factible su impresión 3D, cierto que es menos aerodinámica, pero a la velocidad que alcanza el UAV no hace falta un perfil aerodinámico.

Dicho esto, se inicia el ensamble del UAV.

5. ENSAMBLE.

5.1 ensamble del cuerpo

Hechas todas las piezas del UAV pasaremos a ensamblarlas en SIEMENS NX (pestaña assembly), para asegurarnos que todas las piezas encajan perfectamente antes de dar el paso de imprimir.

Ensamblar todas las piezas antes de su posterior fabricación es un paso muy importante donde se puede encontrar muchos errores y poder corregirlos.

Para este proceso se han utilizado varias restricciones como (alinear, deducir eje, tocar, paralelo, concentrar...etc.)

5.1.2 ensamblar la base

En el primer ensamble se ha ensamblado la base 1 con la base 2 usando la restricción 'deducir eje' para alinear todos los agujeros para paso de tornillos como se muestra en la siguiente imagen:

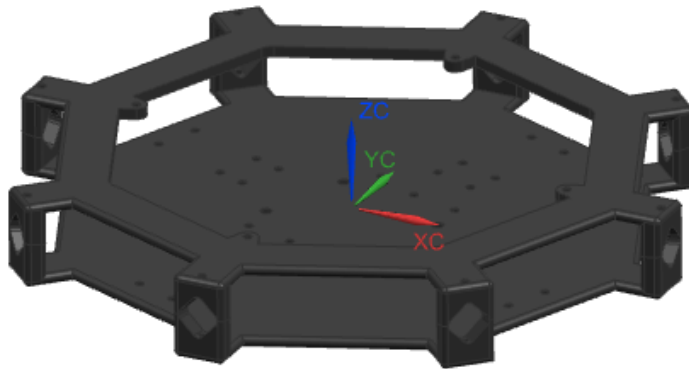
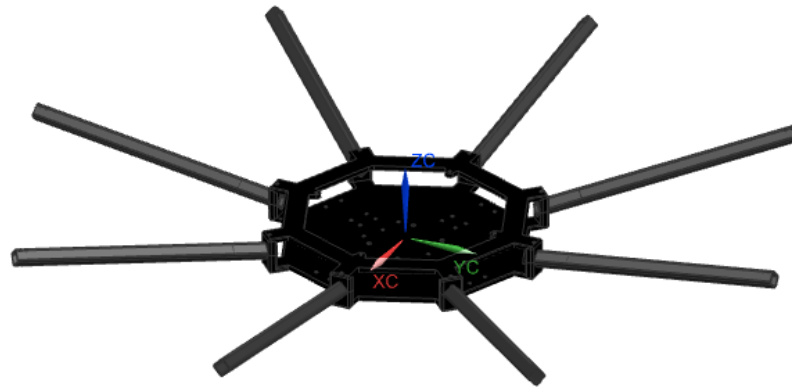


Ilustración 44: Ensamble de la base (pieza 1 y 2)

5.1.3 Ensamblar la base con los brazos

Al ensamblar los brazos tenemos que asegurarnos que los agujeros para tornillos encajan a la perfección, para comprobarlo usamos 'sección de recorte'.



7

Ilustración 45: Ensamble de la base con los brazos

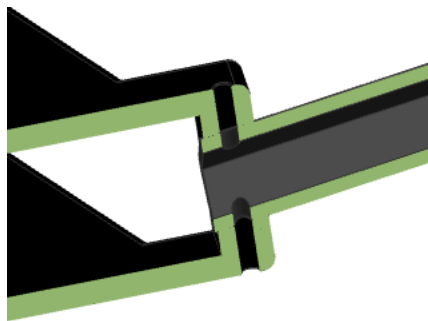


Ilustración 46: sección de recorte

5.1.4 Ensamblar cuerpo con el soporte de motor

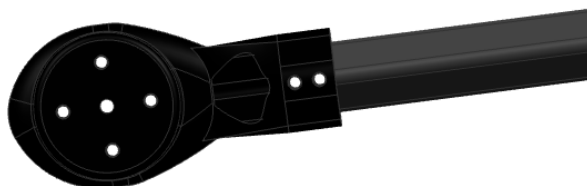


Ilustración 47: Ensamble soporte del motor y brazo

5.1.4 Ensamblar la cúpula

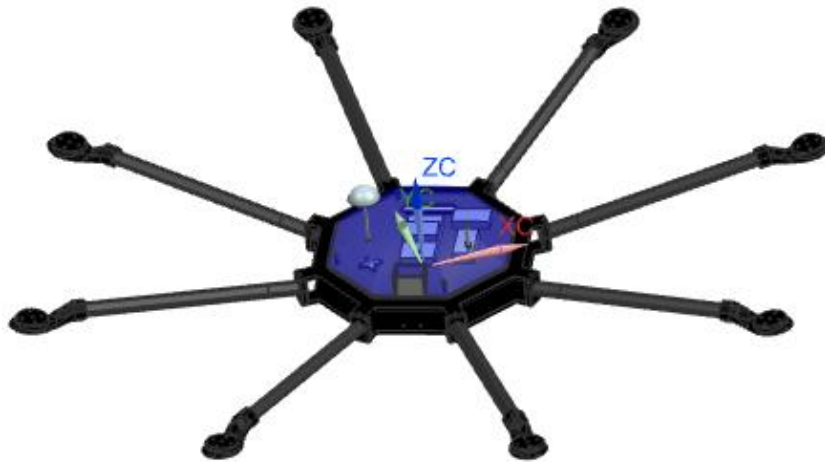


Ilustración 48: Ensamble de la cúpula con el cuerpo

5.1.5 ensamblando el tren de aterrizaje

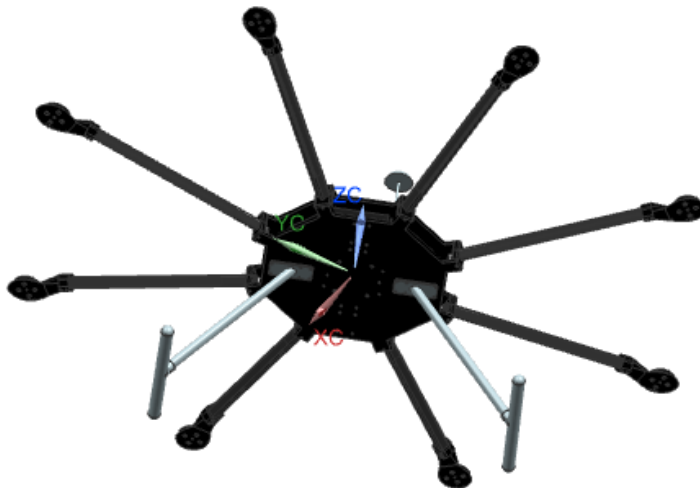


Ilustración 49: Ensamble del tren de aterrizaje con el cuerpo

Ya está el UAV listo para su posterior fabricación. antes de empezar con el ensamble de los sensores se ha diseñado los motores, las hélices y una cámara FPV para darle un toque de acabado.



Ilustración 50: UAV

5.2 Ensamble de los sensores con el chasis

5.2.1 Ensamble del LIDAR

Para el ensamble del LIDAR se ha creado otra posible opción de poner el tren de aterrizaje, de tal manera que no se interponga entre la dirección del barrido y el terreno que deseamos cartografiar.



Ilustración 51: UAV con LIDAR y tren de aterrizaje en posición 1



Ilustración 52: UAV con LIDAR y tren de aterrizaje en posición 2

5.2.2 Ensamble de la cámara multispectral

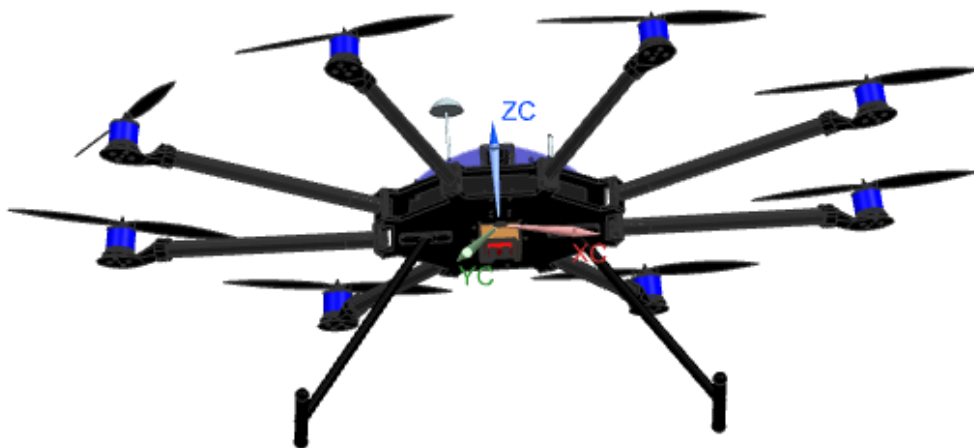


Ilustración 53: UAV con cámara Multispectral

5.2.3 Ensamble de Reflex para fotografías verticales



Ilustración 54: UAV Con cámara Réflex en posición vertical

5.2.4 Ensamble de Reflex para fotografías horizontales



Ilustración 55: UAV con cámara Réflex en posición horizontal

5.2.4 Ensamble del cardan



Ilustración 56: UAV con cardan



Ilustración 57: UAV con cardan, estabilizador y cámara

6. MATERIAL Y FABRICACIÓN

6.1 Material

Después de tener todas las piezas diseñadas y perfectamente ensambladas pasamos al siguiente paso, elegir un material adecuado que se adapte a nuestra necesidad de ligereza y resistencia.

En el siglo actual el material estrella para un dron profesional de gran tamaño es la fibra de carbono.

6.1.1 La fibra de carbono

La Fibra de Carbono (FC) es un material formado por fibras de 50-10 micras de diámetro, compuesto principalmente de átomos de carbono. Los átomos de carbono están unidos entre sí en cristales que son más o menos alineados en paralelo al eje longitudinal de la fibra. La alineación de cristal da a la fibra alta resistencia en función del volumen (lo hace fuerte para su tamaño).

Las propiedades de las fibras de carbono, tales como una alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica, las hacen muy popular en la industria aeroespacial, ingeniería civil y aplicaciones militares.

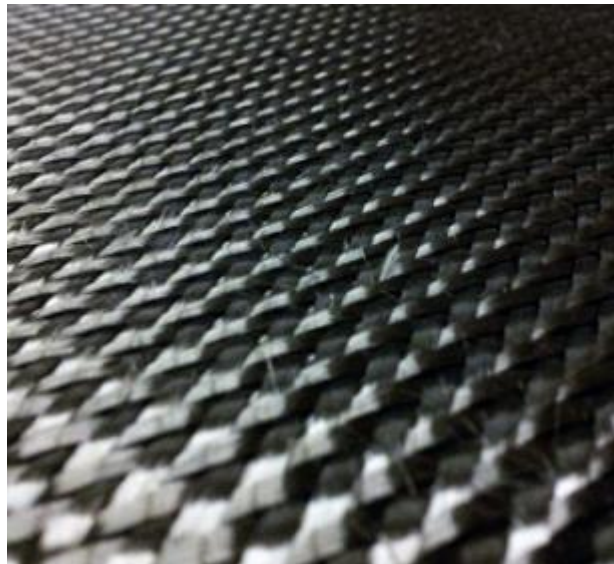


Ilustración 58:Fibra de carbono

Estructura y propiedades de la Fibra de Carbono:

Cada hilo de filamento de carbono es un conjunto de muchos miles de filamentos de carbono. Uno de estos filamentos es un tubo delgado con un diámetro de 5.8 micrómetros y se compone casi exclusivamente de carbono. La primera generación de fibras de carbono tenía un diámetro de 7.8 micrómetros. Más tarde, se alcanzaron fibras con diámetros que son aproximadamente de 5 micras.

Dependiendo del precursor para hacer la fibra, la fibra de carbono puede ser turbostrática o grafítica, o tienen una estructura híbrida con las partes presentes tanto en grafíticas y turbostráticas. En fibra de carbono turbostráticas las láminas de átomos de carbono se apilan al azar o en forma irregular. Las fibras de carbono derivadas del poliacrilonitrilo (PAN) son turbostráticas, mientras que las fibras de carbono derivadas de la brea de mesofase son

gráficas después del tratamiento térmico a temperaturas superiores a 2.200°C. Las fibras de carbono turbostráticas tienden a tener alta resistencia a la tracción, mientras que un tratamiento térmico en la brea de mesofase derivada en fibras de carbono con un alto módulo de Young (es decir, baja elasticidad) y alta conductividad térmica.

6.2 Impresión 3D

La impresión 3D o fabricación aditiva (también conocida por sus siglas en inglés, AM – Additive Manufacturing) es un proceso por el cual un modelo 3D es convertido en un objeto físico mediante la adición capa por capa de material. Con los años, varias tecnologías de impresión 3D se han desarrollado en la industria con la característica común de crear un modelo físico capa por capa. Dentro de estas tecnologías, una de las técnicas de más relevancia denominada fabricación continua de fibra (por sus siglas en inglés, Composite Filament Fabrication) o CFF.

CFF opera de esta manera. La impresora utiliza dos boquillas de impresión. Una boquilla funciona como un proceso típico de extrusión; establece un filamento de plástico que forma la cubierta exterior y la matriz interna. La segunda boquilla deposita una hebra continua de fibra compuesta (hecha con carbono, fibra de vidrio o Kevlar) en cada capa. Estas hebras continuas de fibras compuestas dentro de partes impresas en 3D agregan fuerza al objeto construido que es comparable a las partes hechas de metal.

MARKFORGED es la empresa pionera en el mercado de la impresión 3D usando la tecnología CFF, fundada por un ingeniero aeroespacial, no obstante, La impresora MarkForged Mark One 3D no es barata, pero también es un dispositivo que no está diseñado para los usuarios domésticos promedio, está dirigido a profesionales que necesitan poder trabajar con piezas reforzadas con fibra más fuertes que diseñan e imprimen.



Ilustración 59: Impresora MarkForged

Características y especificaciones de MarkForged

Tecnología de impresión: Fabricación de filamentos fusionados (FFF) y Fabricación de filamentos compuestos (CFF)

- Tamaño de construcción: 320 mm x 132 mm x 160 mm
- Compatibilidad del material: fibra de carbono Fibra de vidrio, Kevlar, Nylon, PLA
- Resolución de capa más alta: FFF Impresión: 100 Micrones, Impresión de CFF: 200 Micrones
- Extrusoras: Cambio rápido dual
- Tamaños de filamentos: FFF: 1.75mm, CFF: MF4
- Chasis: cuerpo unico de aluminio anodizado
- Plataforma de construcción : Acoplado cinemáticamente
- Software: Eiger Cloud habilitado
- Sistema operativo compatible: Mac OS 10.7 Lion +, Windows 7+, Linux
- Navegador compatible: Chrome 30+
- Archivos compatibles: .STL
- Conectividad: Wifi, Ethernet, USB, USB flash.

6.2.1 Proceso de impresión 3D

Como se ha mencionado previamente, la técnica de modelado por deposición compuesta es de las mejores en impresión 3D y es la que usa dicha impresora. Esta se basa en 3 elementos principales: una cama o base de impresión en la que se imprime la pieza, dos bobinas de filamento una de fibra y otra de plástico que sirve como material de impresión y dos extrusores que terminan en la misma boquilla.

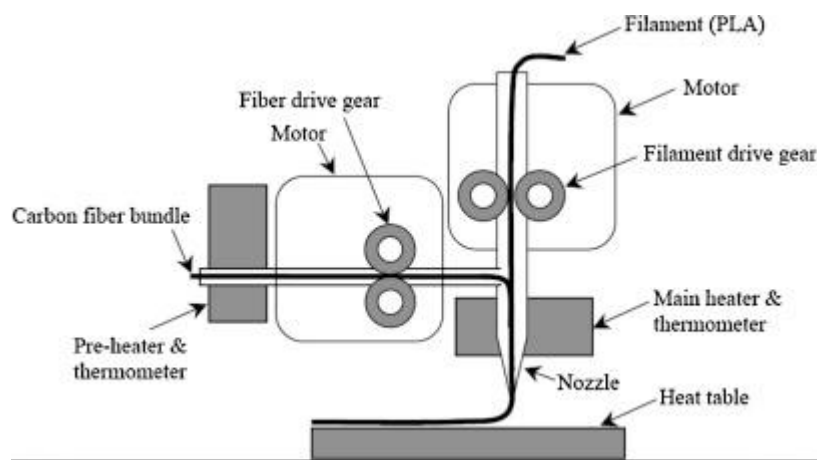


Ilustración 60: Extrusor de MarkForged

Todo comienza con el diseño del objeto que se desea imprimir utilizando un software CAD como NX en este caso. El archivo conteniendo el modelo 3D resultante, en su mayoría en formato STL (Estándar Triangle Language), se divide en varias capas utilizando un software de laminado denominado "slicer" (como Cura, Makerware o Repetier) en el que es posible seleccionar los distintos parámetros de impresión. Este software generará un fichero que contendrá las instrucciones para la impresora en lenguaje GCODE. Hecho esto, se puede iniciar la impresión. Primero la máquina se calentará hasta alcanzar la temperatura de trabajo, que dependerá del material que se utilice. Una vez alcanzada esa temperatura, se extruye un

filamento de material sobre la plataforma a través de una boquilla que se mueve a lo largo de 3 ejes X, Y y Z. En el funcionamiento habitual, la altura en el eje Z permanece constante mientras se rellena una capa de material desplazando la boquilla en los ejes X e Y. Terminada la capa, se eleva la boquilla en el eje Z una altura igual al espesor de capa especificado y, moviéndose de nuevo en los ejes X e Y, imprime la siguiente capa. Realiza el mismo proceso con las capas sucesivas hasta que el objeto está terminado.

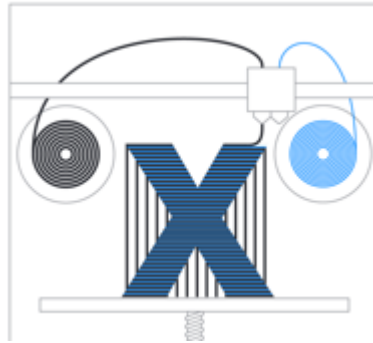


Ilustración 61: Funcionamiento de MarkForged

6.2.2 Parámetros de impresión

Algo muy importante para la obtención de piezas 3D con calidad son los parámetros de impresión, los cuales se deben ajustar a cada material, a cada pieza, e incluso al modelo de impresora. Configurar adecuadamente estos parámetros es crucial para obtener las características deseadas para la pieza diseñada.

- **Velocidad de impresión:** la velocidad a la que se imprimirá la pieza. Cuanto más rápida sea la impresión, peor acabado se conseguirá, por lo que hay que ajustar el valor en función de la calidad que se desee obtener. También hay que tener en cuenta que, a mayor velocidad de impresión, mayor ha de ser la temperatura para que el material pueda fundir y mantener la tasa de deposición.

- **Temperatura de impresión:** es la temperatura a la que se extruye el plástico. Dependerá del material utilizado. Por regla general a mayor temperatura de impresión se podrá imprimir a mayor velocidad sin disminuir la calidad, pero la temperatura es un parámetro que no se puede subir todo lo que se quiera ya que una temperatura muy alta podría causar deformaciones en la pieza y goteo de material durante la impresión. Normalmente el fabricante del material proporciona el rango de temperaturas en las que se debe trabajar, pero será el usuario quién tendrá que hallar la temperatura idónea para el material y la impresora que esté usando.

- **Temperatura de la cama:** la base de impresión en la mayoría de impresoras es calefactable, de ahí que reciba el nombre de cama caliente. Este tipo de camas sirve para mantener el plástico ya depositado adherido a la superficie.

- **Diámetro de la boquilla:** este parámetro está ligado a la calidad de la pieza, limitándola. La boquilla por la que sale el filamento tiene un diámetro concreto, por debajo de ese valor la impresora no podrá imprimir. Por tanto, a la hora de diseñar hay que tener en

cuenta que la impresora no será capaz de imprimir detalles por debajo del diámetro de la boquilla.

- **Altura de capa:** define el espesor de cada capa en el eje Z. A menor altura de capa, más definición tendrá la pieza, pero más tiempo tardará la impresión.

- **Densidad de relleno:** indica el relleno que va a tener la figura. El relleno repercute directamente en el tiempo de impresión y en la resistencia de la pieza, por ello dependerá de las características mecánicas que se quieran conseguir.

- **Soportes:** será necesario añadir soportes si alguna parte de la pieza impresa no se encuentra apoyada sobre la capa anterior (está en el aire).

- **Superficie de adhesión:** base destinada a ampliar la superficie de contacto en la primera capa de la pieza, ayudándola a mantenerse pegada a la plataforma. Si determinada pieza lo necesitara, se puede elegir entre dos tipos, conocidos como “brim” y “raft”. El primero añade una serie de perímetros extra en la primera capa y el segundo es una capa base cuadrículada sobre la cual se imprimirá la pieza.

Aunque existen configuraciones más avanzadas, estos son los parámetros principales que hay que tener en cuenta al utilizar la impresora. La elección tomada en este punto será decisiva para obtener los resultados esperados, por eso uno de los mayores hándicaps al imprimir piezas en 3D es ajustar los parámetros a las necesidades de la pieza diseñada.

6.2.3 Software de laminado.

Como se mencionó anteriormente, una vez obtenido el archivo con el modelo 3D del objeto diseñado es necesario utilizar un software “slicer” que divide el modelo 3D en capas y genera las instrucciones que seguirá la impresora. Estas instrucciones vendrán en lenguaje GCODE, y contendrán la información de los puntos del espacio (en coordenadas x,y,z) donde debe haber material y el orden correcto de ejecución de esos puntos para que la fabricación sea posible.

Entre los numerosos programas de laminado que existen, se ha elegido Cura para este proyecto, aunque no podemos llevarlo a cabo porque no disponemos de la impresora MarkForged. Cura es un software de código abierto, fácil de usar y que permite administrar las configuraciones de impresión 3D más importantes en un interfaz claro. Con este software se convertirá el archivo STL, que contiene el modelo 3D, en GCODE, que es el lenguaje de las impresoras 3D.

7.CONFIGURACIÓN MISSION PLANNER.

Después de diseñar el UAV, Imprimirlo en 3D y por supuesto montar los motores y toda la electrónica, el primer paso antes de intentar a volarlo es configurar PIXHAWK en Mission Planner.

En este apartado se explica paso a paso con capturas como se configura el UAV para tenerlo listo para volar.

Hay que calibrar el transmisor, acelerómetro y cualquier otro sensor que pda tener. De esa manera, el UAV podrá entender si está mirando hacia el frente, hacia la izquierda, hacia atrás o hacia la derecha. Además, la calibración adecuada del controlador de vuelo dará como resultado un vuelo seguro y estable. PIXHAWK-Cube se puede conectar a una computadora con un cable USB o MicroUSB.

7.1 Acerca de Mission Planner

EL Programa que se utiliza para configurar y calibrar el vuelo se llama Mission Planner y se puede encontrar y descargar del sitio web oficial de APM.

la siguiente figura es un resumen del menú de Mission Planner:



Ilustración 62: Menú principal de Mission Planner

Datos de vuelo: Esta pestaña brinda información sobre la velocidad, la altitud, el horizonte y un mapa de la ubicación del UAV según el GPS.

Plan de vuelo: Esta pestaña brinda información sobre varias cosas al preparar el UAV para planes de vuelo (por ejemplo, navegación por puntos en un mapa).

Configuración inicial: En esta pestaña, puede configurar el Dron exactamente como es deseado, realizar las calibraciones del transmisor y el acelerómetro, y así sucesivamente.

Configuración / Sincronización: esta pestaña consta de parámetros y variables que se pueden cambiar para afectar su sistema de estabilización y otras funcionalidades adicionales.

Simulación: Mission Planner está equipado con un software de simulación, donde puedes simular todo antes de volar.

Terminal: Esta pestaña es otra forma de configurar y calibrar. Proporciona acceso ilimitado a casi todo en el software Mission Planner. Está destinado a usuarios de Linux que están familiarizados con el terminal de Linux.

7.2 calibración y configuración

Descargar el Firmware o tipo de chasis

antes de conectar el ArduPilot (Pixhawk) haciendo clic en la esquina superior derecha, se necesita cargar el firmware a ArduPilot. El firmware es en realidad todos los bloques y archivos según los cuales puede volar el UAV.

Se selecciona la figura y se descarga el firmware correspondiente para este caso es firmware ArduCopter V3.2.1 Octa.

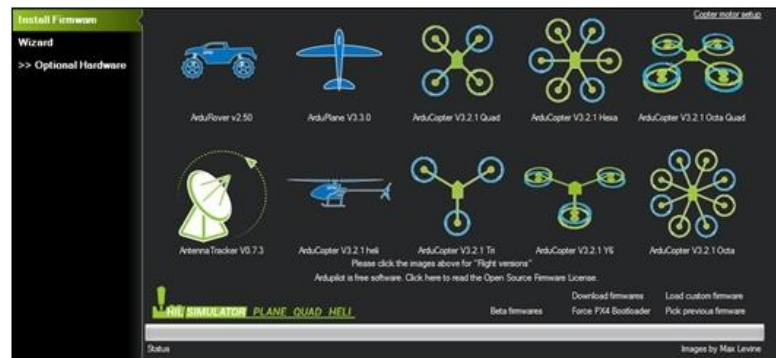


Ilustración 63: Pestaña para instalar el Firmware

Conectar PIXHAWK

Después de elegir el Firmware pasamos a la conexión de Ardupilot que se conecta fácilmente a una computadora mediante un cable USB o MicroUSB. En los sistemas Windows, ArduPilot generalmente está conectado a COM5 pero esto realmente depende de los dispositivos que también están conectados, por lo que podría ser diferente COM.

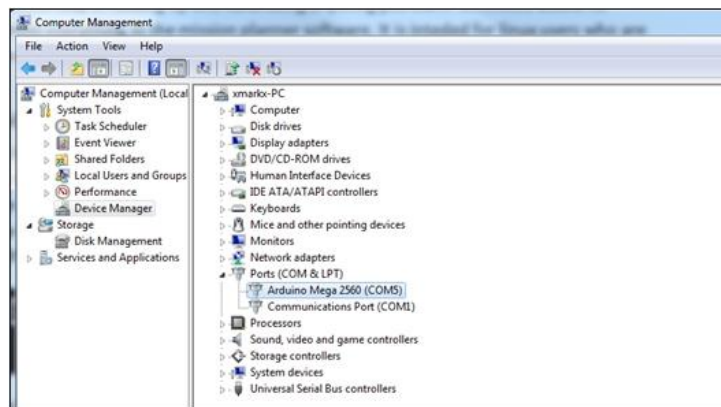


Ilustración 64: Conectar PIXHAWK al ordenador.

En Mission Planner, ahora puede ver que el puerto seleccionado es COM5 y la tasa de enlace es 115200 (predeterminado):

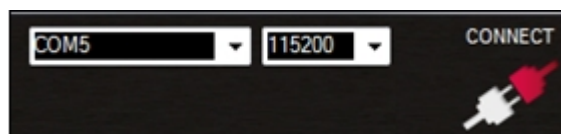


Ilustración 65: Pestaña de conexión

Se hace clic en CONECTAR, hay varias cosas que sucederán. Primero, el software cargará todos los parámetros actuales que ya tiene el ArduPilot. Después de eso, aparecerá la información en la sección inferior izquierda, como se ve en la siguiente captura de pantalla. Además, ahora se puede ver el horizonte del UAV y tal vez algunos mensajes de error:



Ilustración 66: Pestaña de información.

Configuración obligatoria

Ahora PIXHAWK está listo para calibrar el controlador de vuelo. Se hace clic en la pestaña CONFIGURACIÓN INICIAL, aparece una nueva lista, como se muestra en la siguiente captura de pantalla:

Paso 1: tipo de Firmware

Hacer clic en la opción Tipo de marco y se elige el marco si no se seleccionó previamente:



Ilustración 67: Pestaña elección de marco.

Paso 2: calibración del acelerómetro

Para calibrar el acelerómetro, se necesita tener una referencia con un ángulo de 90 grados porque se necesita configurar verticalmente y es mejor configurar el dispositivo con la mayor precisión posible. La calibración de aceleración pide que se coloque el dispositivo tal como está; así que se coloca el controlador de vuelo en una mesa estable. Después, se hace clic en Siguiente y se coloca el controlador en varias posiciones diferentes de acuerdo con las instrucciones del software Mission Planner. Solo hay que asegurarse de verificar de qué lado está el controlador de vuelo.



Ilustración 68: Pestaña de configuración del acelerómetro.

Paso 3 - calibración de la brújula

El siguiente paso es la calibración de la brújula. la brújula debe calibrarse. Además, cada vez que se utiliza el avión no tripulado, debe recalibrar la brújula. Las llamaradas solares, las líneas eléctricas y los edificios pueden crear variaciones en el campo magnético de la Tierra en su ubicación. Es extremadamente importante tener una lectura precisa de la brújula.

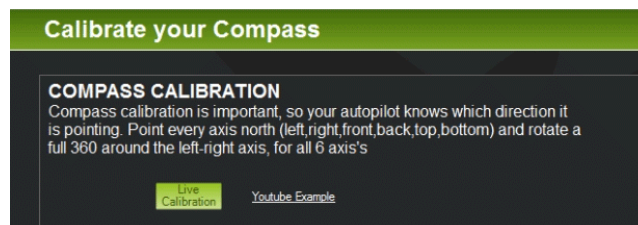


Ilustración 69: Pestaña calibración de brújula.

Mientras esto está en pantalla (con el cable aún conectado), hay que girar el UAV en los 6 ejes a 360 grados. Esto permite que el receptor detecte el campo magnético en todas las direcciones y sepa hacia dónde se enfrenta.



Ilustración 70: Pestaña estado de calibración de brújula.

Paso 4: configuración de batería y ESC

A continuación, el asistente pasará a configurar el módulo del monitor de energía (como se muestra en la siguiente captura de pantalla):

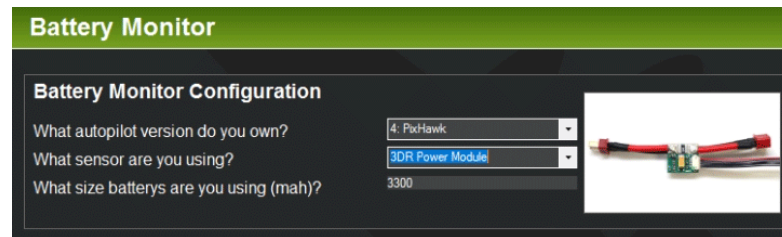


Ilustración 71: Pestaña monitor de batería

Necesitamos asegurarnos de que los protocolos de comunicación sean precisos con el dispositivo. la opción más común a elegir es Módulo de energía 3DR. En cuanto al tamaño de las baterías, esto se refiere a la calificación de mAh (miliamperios por hora). 1000 mAh significa que, durante una hora, puede suministrar una corriente constante de 1 amperio (1000 miliamperios). La clasificación de mAh está estampada en todas las baterías.

Calibrar los ESC: Pixhawk comprenderá cómo funcionan los ESC y cómo controlar los ESC específicos que está utilizando. Esta sección permite el mejor uso de sus motores.

Paso 5 - calibración de radio

Usando la opción de Calibración de Radio, el ArduPilot se adaptará al mínimo y máximo Valores del transmisor. Simplemente se hace clic en Calibrar radio y se mueven todas sus barras de transmisión del valor mínimo al máximo. se Deberían ver algunas líneas rojas cruzadas en el software de calibración.

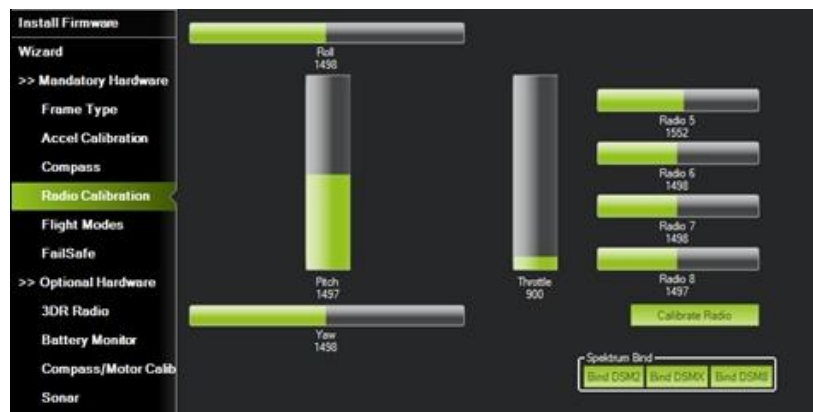


Ilustración 72: Pestaña estado calibración de radio.

Paso 6: modo de vuelo

Los modos de vuelo específicos de un Octacoptero son modos de vuelo para el modo multicóptero. Son los siguientes:

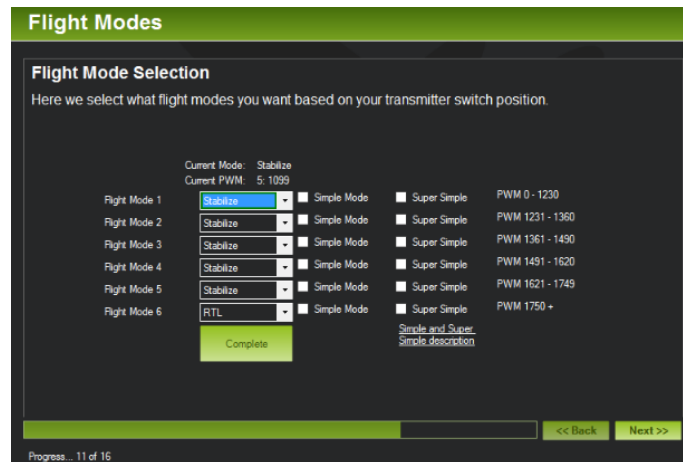


Ilustración 73: Pestaña modo de vuelo.

Estabilizar: el modo de vuelo estándar, que utiliza todos los sensores disponibles para volar de la manera más estable posible.

Mantener la altitud (Mantener presionada): cuando este modo está activado, el dron mantendrá su altitud actual mientras puede concentrarse en la posición y orientación de la aeronave. Si se utiliza el hardware estándar de Pixhawk, se utiliza un barómetro para mantener la altitud; esto significa que está por encima del nivel del mar (ASL). Si hay cambios en las presiones barométricas, esto puede afectar la altitud real que se mantiene. Sin embargo, si se utiliza un buscador de rango orientado hacia abajo el Pixhawk lo utilizará como un sensor primario para el nivel del suelo (AGL) retención de altitud (dentro de los límites del rango del sensor).

modo.Loiter : esto es similar al modo de estabilización. Un piloto aún puede volar el multicóptero como en un modo manual, pero cuando se sueltan los sticks, el dron disminuirá la velocidad hasta detenerse y mantendrá la altitud, la actitud y la posición. Solo debe usar este modo en un entorno con baja EM y tener una muy buena calibración en sus sensores.

Return to Launch (RTL): cuando el modo RTL está activado, el dron intentará volar de regreso a su punto de lanzamiento original y aterrizar. El RTL_ALT parámetro se utiliza como la altitud AGL para esta maniobra. El dron primero subirá a RTL_ALT(en metros, y el valor predeterminado es 15), volará (en línea recta) de vuelta al punto de lanzamiento, y luego ejecutará un aterrizaje (directamente hacia abajo).

Automático: cuando está activado, esto activará el piloto automático. Ejecutará un conjunto preprogramado de puntos de ruta (coordenadas GPS que indican una ubicación de destino), puede situarse en estos puntos de ruta durante un período de tiempo específico y ejecutar comandos de ejecución (como hacer clic en el obturador de la cámara, soltar una carga útil, o cualquier otra cosa que Pixhawk pueda controlar, y luego continúe con el siguiente punto de ruta. Este modo se usa con bastante frecuencia en el mapeo, topografía o inspección. este es el modo de vuelo perfecto para el fin de este trabajo.

Acro: este modo se usa comúnmente para drones de carreras. Acro significa acrobático. No se da ninguna estabilización. el dron hará lo que se le diga. Puedes ejecutar flips, trucos, etc. No es recomendable para un avión no tripulado de carga útil (como el que se acaba de construir). Se Considera esto un modo sin límites.

Sintonización automática: es extremadamente útil para los mismos fabricantes del avión no tripulado. Este modo se ejecuta a través de un ciclo de sintonización de 5-7 minutos. Básicamente, lo que hace es correr a través de una serie de contracciones para establecer las tasas en la estabilización y los controles para que coincidan con una tasa de actitud de 90 ° por segundo en el eje, y reduce las tasas de estabilización para que cuando el UAV alcance un estado de equilibrio, No se recupera, pero deja de rotar inmóvil. Se debe asegurar la ejecución de este modo en un área abierta muy amplia, ya que el dron se desplazará en gran medida durante este procedimiento.

Freno: este modo intenta detener el dron lo más rápido posible cuando los sticks se vuelven a la posición media.

Círculo: este modo debería llamarse realmente órbita. Dar vueltas implica que el dron vuela en un círculo alrededor de un objetivo con la parte delantera apuntando hacia la dirección del vuelo. Esto es cierto con los aviones, Sin embargo, con multicopteros, este modo mantiene la punta apuntando a un objetivo. Puede ser extremadamente útil para tomas cinematográficas, así como para sistemas de seguridad y vigilancia. Establecer el parámetro CIRCLE_RADIUS en 0 mantendrá al UAV en un lugar y girará en el eje de giro hasta que se desactive. Esto puede ser útil para tomas panorámicas. Cuando está activado, el piloto no tiene control sobre el balanceo y la inclinación de la aeronave, pero puede cambiar su altitud.

Deriva: es un gran modo para principiantes o pilotos de ala fija. esto es como una configuración de banco. El Pixhawk controla el giro y gira automáticamente. La palanca izquierda solo se usa para controlar la altitud (aceleración), y la palanca derecha controla el tono. Moviendo la palanca derecha a izquierda o derecha se ejecutará un giro automático (normalmente una combinación de guiñada y balanceo).

Guided / Guided_NoGPS: este modo no se activa tradicionalmente con un radio estándar. se activa utilizando una GCS (estación de control de tierra) como una computadora portátil. Te permite hacer clic en varios puntos del mapa y el dron volará automáticamente a este punto de ruta. como un modo automático interactivo.

Tierra: esto intentará derribar automáticamente el dron y aterrizarlo. Al aterrizar, apagará automáticamente los motores y desarmará el dron. No es recomendable usar este modo a menos que tenga un telémetro LIDAR orientado hacia abajo.

PosHold: Más bien como holgazanear, PosHold intentará mantener el dron en un lugar.

Deporte: esto es un poco engañoso. Este no es el modo para carreras de drones. Más bien, esto estaba destinado a la industria cinematográfica para poder volar tomas de alta velocidad desde el suelo. Es una combinación de Estabilizar y Mantener la Altitud (Mantener Alt). Mantendrá la altitud donde la palanca izquierda (aceleración) es +/- 10% de la media (usando un telémetro orientado hacia abajo, de manera óptima). El vehículo no se inclinará más de 45 ° en el eje de inclinación / balanceo, y mantendrá ese ángulo hasta que se lo

devuelva (sin mantener la posición). El piloto aún puede subir o bajar hasta 2,5 m / s si está fuera de ese +/- 10% de la posición media con el acelerador.

Lanzar: Permite al usuario lanzar el avión no tripulado al aire para arrancar los motores (por ejemplo, si se desea volar un avión no tripulado desde un bote pequeño, pero no quiere arriesgarse a golpear una barandilla en el despegue). No solo es peligroso para el UAV, también es peligroso para el usuario. Si el dron no se tira lo suficientemente lejos antes de que los motores comiencen a girar, podría volverse hacia el piloto.

opinión.Sígueme: En primer lugar, el uso de un módulo Bluetooth para volar el avión no tripulado no es tan conveniente (debido a la limitada gama), además habrá que caminar con un ordenador portátil siguiendo el UAV para no perder la señal.

Simple / Super Simple: Los modos Simple y Super Simple mantienen los controles del UAV en relación con su rumbo en el despegue (Simple) o armado (Super Simple). Entonces, si gira el avión 90 ° hacia la izquierda después del despegue, y empuja la palanca de cabeceo hacia adelante, en realidad se inclinará hacia la derecha y se moverá en la dirección (que habría sido) hacia adelante en el despegue. Es útil para los pilotos que tienden a perder la orientación de la aeronave cuando está en el aire.

ADS-B Ping: la transmisión de vigilancia dependiente automática (ADS-B) es el sistema utilizado por el control de tráfico aéreo para rastrear aeronaves en el aire. Este sistema (cuando se implementa en Pixhawk) puede permitir que el dron evite las fallas cercanas automáticamente. Debe tener un sensor de ping ADS-B de uAvionix (no transportado en la aeronave, pero con MAVLink habilitado) y una estación terrestre. Este sistema se usará principalmente para drones militares o comerciales (grandes y costosos) que vuelan a altitudes y áreas del espacio aéreo controlado.

Paso7: Configurar casos de emergencia

Este paso consiste en configurar Pixhawk cómo manejar las emergencias.

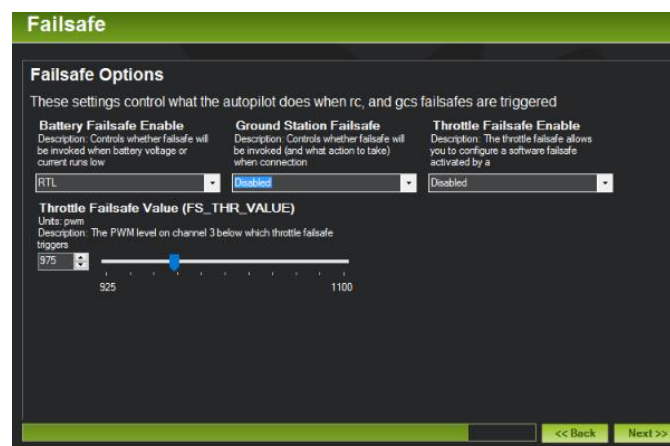


Ilustración 74: Pestaña configuración de emergencias.

Las fallas se activan durante situaciones de emergencia. Pueden abarcar desde activar un modo de vuelo autónomo diferente hasta evitar un error de usuario.

Por ejemplo, los avisos de emergencia más útiles son:

Battery Failsafe Enable (Habilitar a prueba de fallos): establece el modo de vuelo para que se active si la capacidad de la batería cae por debajo de los niveles seguros.

Estación de tierra a prueba de fallos: establece el modo de vuelo si la conexión se pierde con la estación de tierra.

Activación a prueba de fallos del acelerador: establece si el piloto puede o no caer por debajo de un nivel especificado (utilizando el control deslizante) durante el vuelo.

Paso 8: Configuración de la Geografía

El cercado geográfico es otra característica que se puede habilitar en el asistente de configuración, permiten limitar el alcance y la altitud del avión no tripulado. Los límites reales son bastante autoexplicativos.

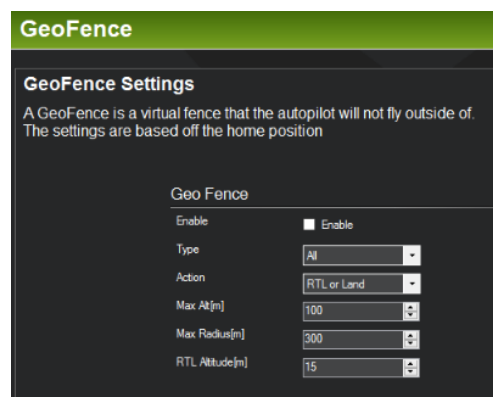


Ilustración 75: Pestaña limitaciones de altitud.

Paso 9: Configuración de la estación de tierra

Aquí donde se configura los mandos a distancia o joysticks.

En Mission Planner en la sección Config / Tuning y selecciona el botón Planner desde el lado izquierdo. Como se ve la siguiente ilustración:



Ilustración 76: Pestaña configuración de estación tierra

Se hace clic en el botón Configuración de Joystick. El planificador de la misión permite configurar casi cualquier cosa que se necesita para Pixhawk sin tener que programar nada. Por supuesto, la opción está abierta. es una gran interfaz.

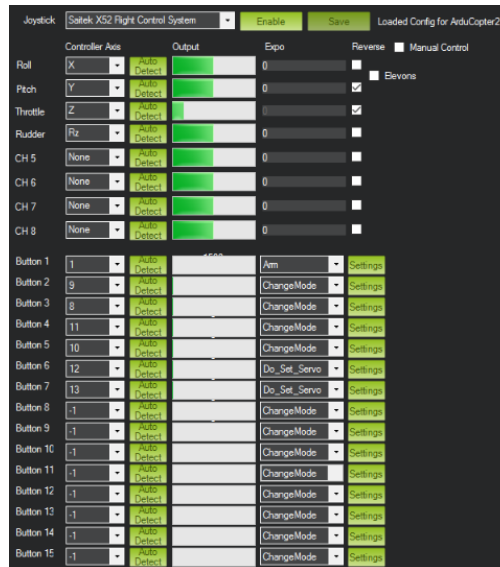


Ilustración 77: Pestaña configuración control remoto.

Aquí es donde podemos configurar lo que controlarán cada botón, palanca, dial y control deslizante del mando de control remoto físico.

Paso 10: verificaciones

En la pantalla final, hay que asegurarse de que todo está verde, excepto las configuraciones que no se han hecho. como se muestra en la siguiente captura de pantalla:



Ilustración 78: Pestaña verificaciones de todas las configuraciones y calibraciones.

Paso 11: configuración de la cámara FPV

En la pantalla de configuración / ajuste y planificación de Mission Planner, simplemente se selecciona el dispositivo de video y se configuran las opciones como se muestra en la siguiente captura de pantalla:



Ilustración 79: Pestaña configuración FPV

Lo que esto hace es que intercambia el horizonte artificial en la parte superior izquierda del interfaz de vuelo con la vista de FPV y la telemetría de visualización en pantalla (OSD) superpuesta en ella como se muestra en la siguiente captura de pantalla:

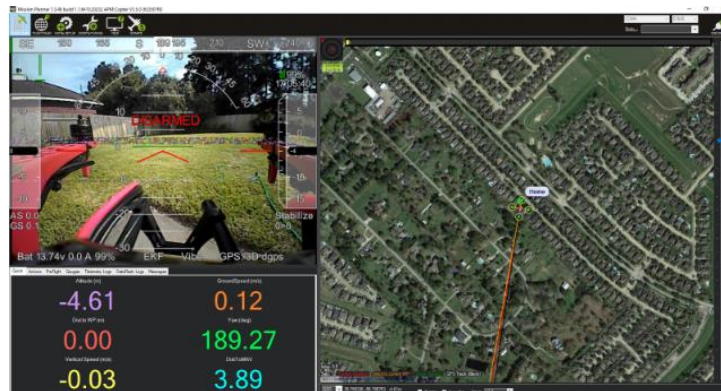


Ilustración 80: comprobación del funcionamiento FPV.

Paso 12: Plan de vuelo o puntos de ruta

La siguiente imagen muestra la pantalla del plan de vuelo:

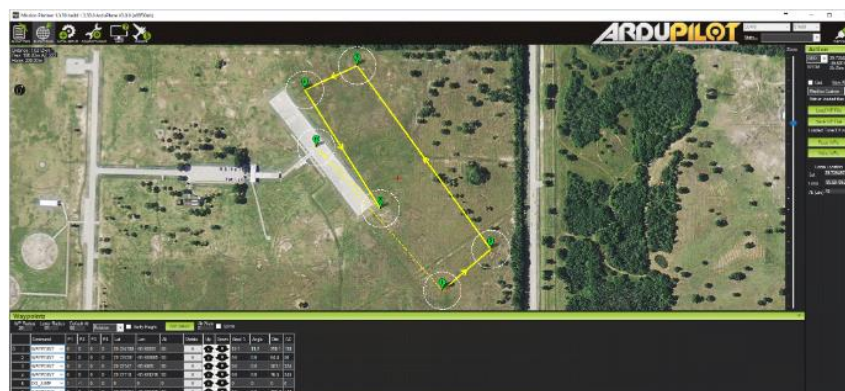


Ilustración 81: puntos de plan de vuelo.

La ventana principal muestra un mapa satelital del área de la misión. Las líneas amarillas representan la trayectoria deseada del vehículo, mientras que los círculos blancos

representan el área para el arco de giro (radio de giro). Los marcadores verdes representan los objetivos reales del punto de ruta para la misión.

La ventana inferior es un gráfico que representa todos los parámetros para la misión. En esta ventana, se puede agregar un DO Jump que envía el vehículo de regreso a un punto de ruta específico. Si la cámara está conectada a Pixhawk, se puede tomar una imagen / comience a grabar etc.

Los modos de vuelo también se pueden configurar para que cambien (como "Tierra"). Cualquier comando que Pixhawk es capaz de ejecutar puede activarse usando esta interfaz.

La ventana en el extremo derecho permite guardar misiones para su uso posterior (en su computadora), cargar misiones anteriores, cambiar el tipo de mapa satelital. Diferentes mapas pueden resultar más / menos detallados, y también pueden ser más / menos actuales. Finalmente, en la parte inferior de esta ventana, hay una sección que permite leer los puntos de ruta actuales cargados en Pixhawk, o escribir los puntos de ruta nuevos.

Configuración opcional

Como su nombre lo indica, el hardware opcional no es crucial para la operación de un vehículo. Sin embargo, puede (en general) mejorar la estabilidad, precisión y / o funcionalidad del avión no tripulado. Los siguientes son los menús generales dentro de la sección Hardware opcional, y sus propósitos:

RTK / GPS Injert: RTK y los sistemas de GPS redundantes mejoran drásticamente la precisión de los datos de posicionamiento. Cuando la precisión estándar del GPS se mide en metros, la precisión RTK se mide en términos de <1 cm. Esta sección del menú es para activar y calibrar un sistema RTK.

Sik Radio: esto permite al usuario configurar la (s) unidad (es) de radio telemetría utilizadas por Pixhawk.

Monitor de batería (1 y 2): Esto permite la configuración del módulo de monitor de batería para Pixhawk. Esto incluye especificar la capacidad de la batería para el vehículo.

UAVCAN: UAVCAN es un protocolo de alta precisión para la transmisión de datos entre componentes a través de un bus CAN. El tiempo se reduce precisamente a los milisegundos y se pueden transmitir grandes cantidades de datos a través de este protocolo. Se usa principalmente en drones grandes y muy caros y no se utilizará para la mayoría de las aplicaciones. Pero es muy bueno saber que Pixhawk puede trabajar con eso. Esta sección del menú es para habilitar y configurar las capacidades de UAVCAN.

Calibración de brújula / motor: los motores generan campos EM (electromagnéticos). Esto puede afectar la precisión de la brújula. Esta área le permite ver cuánto están afectando los motores a la brújula y le brinda suficiente información para ver si se debe mover Pixhawk / brújula externa.

RangeFinder: esta es el área donde puede activar las capacidades de telémetro. Aún debe usar los parámetros descritos anteriormente en el libro para verificar la configuración.

Velocidad del aire: Esto permite al usuario activar el sensor de pitot y especificar su tipo.

PX4Flow: Esto permite al usuario activar un sensor PX4Flow. Este sensor se utiliza mejor en un helicóptero (apuntando hacia abajo). Su propósito es detectar el terreno y mantener una flotación con una mínima desviación al observar el flujo de píxeles para mantener el vehículo parado.

Flujo óptico: esta es prácticamente la misma funcionalidad que PX4Flow. Sin embargo, esto es para usar versiones genéricas de sensores de flujo óptico (en lugar de la marca PX4Flow precalibrada).

OSD: Los módulos OSD muestran datos de telemetría a través de una superposición sobre una señal de transmisión de video. Se usaría un módulo OSD si utilizara una pantalla FPV (vista en primera persona) o gafas (en lugar de ver los datos de telemetría en una pantalla de computadora portátil).

Gimbal de la cámara: esta es un área para calibrar un gimbal de cámara controlado por Pixhawk. A diferencia de la cámara Gimbal que usamos en nuestro ejemplo multirrotor, esta área controlaría los motores directamente (en lugar de usar un cardán con una placa de control dedicada). Esta es también el área donde habilitaría el control del obturador para la cámara.

Prueba del motor: este es el área donde puede activar cada motor de un multirrotor para verificar que el motor correcto está girando y que está girando en la dirección correcta.

Configuración de Bluetooth: un área para configurar el módulo Bluetooth Debido a su alcance limitado, Bluetooth no debe utilizarse para aviones o vehículos de movimiento rápido teniendo en cuenta que Bluetooth tiene un alcance de unos 30 metros.

Paracaídas: Esto requeriría un área para configurar un sistema de despliegue de paracaídas. Estos sistemas no se utilizan ampliamente, pero pueden resultar útiles en caso de falla de un avión (especialmente sobre personas), o incluso en lugar de aterrizar un vehículo. Cabe señalar que (especialmente en los multirrotors), la aeronave puede enredarse en las líneas de paracaídas y los paracaídas deben verse como la última oportunidad, no como una confiabilidad.

ESP8266: esta es el área donde se configura el módulo Wi-Fi ESP8266. esta es otra forma de controlar / obtener telemetría desde su avión no tripulado. El Wi-Fi tiene un alcance limitado (unos 100 m), pero puede resultar útil (especialmente con dispositivos Apple iOS que son prohibitivos para Bluetooth).

Rastreador de antena: los drones de mayor alcance, que requieren un permiso especial de la Línea de visión más allá de la visión (BLOS), Se benefician enormemente del uso de una antena direccional, que apunta constantemente hacia un objetivo. Esto es especialmente útil con sistemas de video de alta calidad para cobertura en vivo sin interferencias. Esta área es donde se puede configurar y sintonizar el rastreador de antena.

8. CONCLUSIONES

Conclusiones:

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos una vez terminado el proyecto propuesto.

Lo primero a destacar es que se ha alcanzado la meta deseada, que era poder diseñar y estudiar la posible fabricación de un UAV mediante una impresora 3D. Con esto se comprueba que el método de fabricación escogido, el de impresión 3D, permite realizar pequeños proyectos y pudiendo utilizar herramientas de código libre, como son Cura o Arduino. Este último ha sido fundamental para el funcionamiento del UAV sin tener grandes conocimientos de informática.

No obstante, se han encontrado algunas limitaciones durante la realización del trabajo. La primera de ellas viene ligada al tipo de impresora 3D que se ha utilizado. Esta, al ser un modelo de mayor coste no se ha podido llevar a cabo la impresión del UAV.

Otra de las mayores complicaciones de este trabajo ha sido la escasa información sobre el diseño de los UAVS y su funcionamiento.

A pesar de los inconvenientes encontrados, este trabajo ha sido fructífero, no solo porque se ha cumplido el objetivo propuesto, sino también porque en el proceso de realización se han adquirido conocimientos de diversas materias como electrónica, fabricación y programación, cuya combinación ha dado lugar a un trabajo multidisciplinar.

Presupuesto:

Los componentes de electrónica que se han elegido son de los mejores en el mercado si se desea bajar el coste aún más, se puede ampliar componentes más económicos.

Estos componentes se pueden encontrar en tiendas virtuales como Banggood o HobbyKing.

Controlador de vuelo Pixhawk:	260€
RC receptor y mando a distancia:	121€
Antenas de telemetría:	40€
GPS:	28€
8 motores:	160€
8 ESC:	72€
Batería:	120€
Cámara FPV y transmisor de video:	57€
8 hélices:	5€
1 kg de filamento de fibra de carbono:	40€
Total:	903€

Tabla3: Costes estimados del UAV

BIBLIOGRAFÍA

Tzivaras, vasilis. Construyendo un Quadcopter con Arduino [Recurso electrónico]

Audronis, Ty. Construyendo aviones multicopter de video

Towaha, Syed. Construyendo Smart Drones con ESP8266 y Arduino [Recurso electrónico]

Baichtal, John. Construyendo tus propios drones: una guía para principiantes de drones, UAV y ROV [Recurso electrónico]

McGriffy, David. Make: Drones [Recurso electrónico]

Belinda Kilby, Terry Kilby. Hacer: Comenzando con Drones

Cómo funciona la impresión 3D <http://atlas3dstudio.com/2016/04/14/como-funciona-la-impresion3d/>

Foros de Drones y comunidades de Drones:

<https://www.forodedrones.com/>

<http://www.dronespost.com/ardronespain-el-foro-dron-imprescindible/>

<https://dronesdecarreras.com/nueva-comunidad-foro-de-drones-de-carreras-ddc/>

ANEXO: PLANOS

Índice de Planos

Plano 1: Chasis del UAV

Plano 1.1: Base (pieza1)

Plano 1.2: Base (pieza2)

Plano 1.3: Brazo

Plano 1.4: Soporte del motor

Plano 1.5: Tapa

Plano 1.6: Base de la cúpula

Plano 1.7: Tren de aterrizaje (pieza1)

Plano 1.8: Tren de aterrizaje (pieza2)

Plano A: UAV con Lidar

Plano A.1: Soporte del Lidar

Plano B: UAV con cámara multiespectral

Plano B.1: Soporte de la cámara multiespectral

Plano C: UAV con cámara Reflex para fotografías verticales

Plano D.1: Soporte de la cámara Reflex

Plano D: UAV con cámara Reflex para fotografías Horizontal

Plano D.1: Soporte de la cámara Reflex

Plano E: UAV con cardan y estabilizador de Reflex

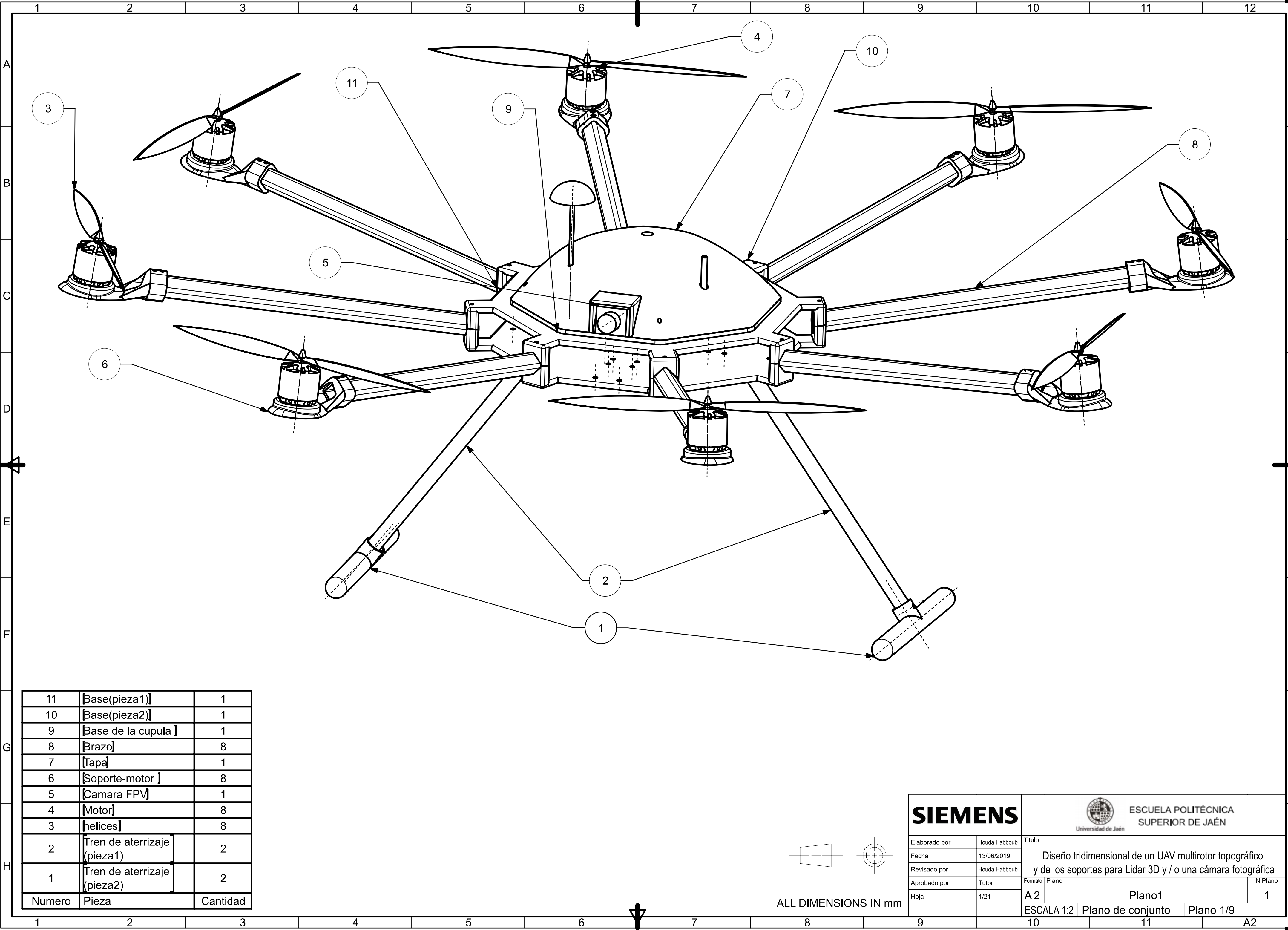
Plano E.1: Cardan (pieza1)

Plano E.2: Cardan (pieza2)

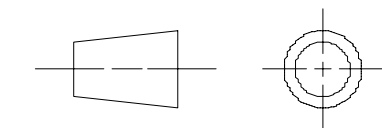
Plano E.3: Cardan (pieza3)

Plano F: UAV con Lidar y Cámara Reflex

Plano F.1: Soporte de la cámara Reflex

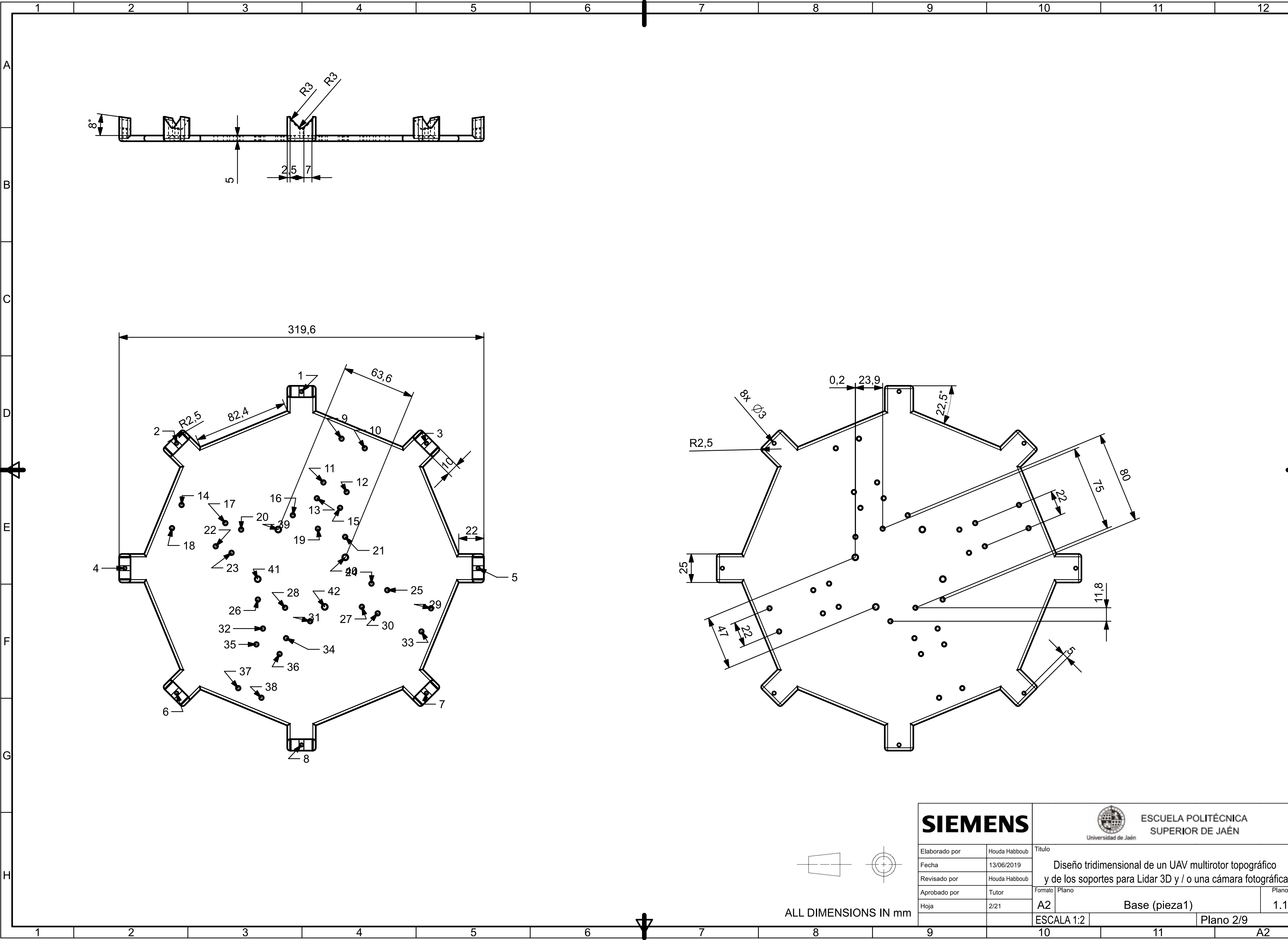
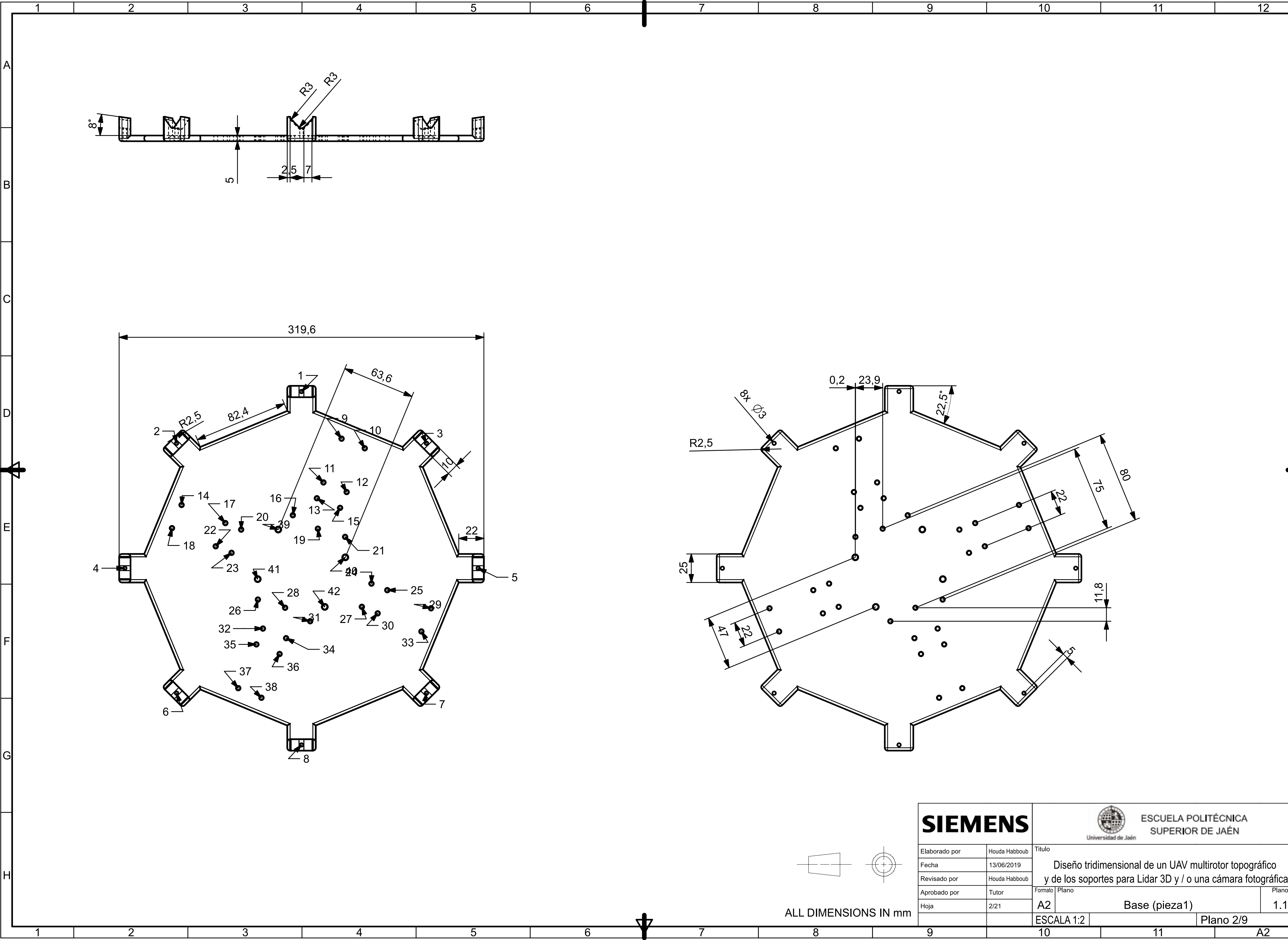
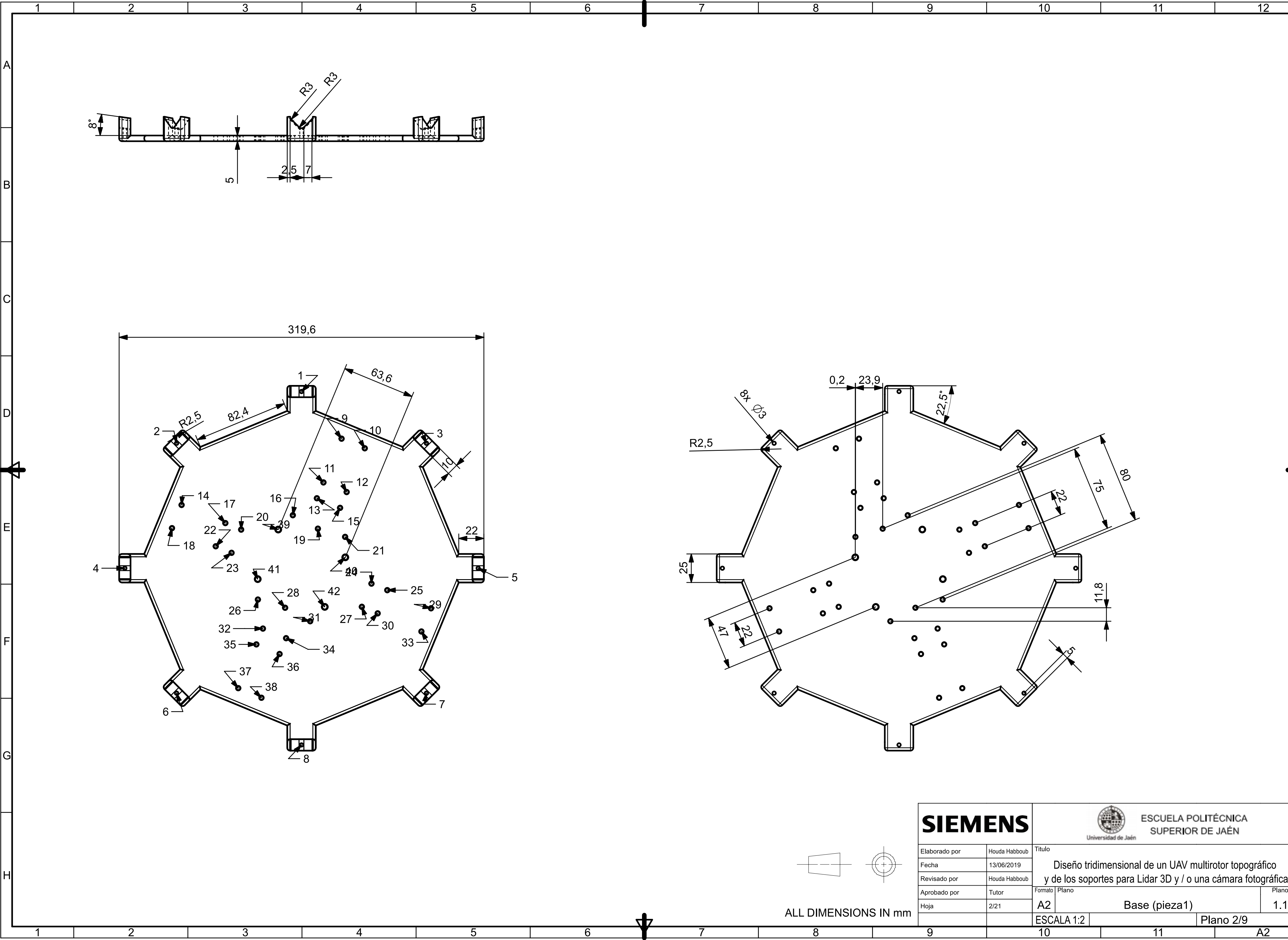


11	Base(pieza1)	1
10	Base(pieza2)	1
9	Base de la cupula]	1
8	Brazo]	8
7	[Tapa]	1
6	[Soporte-motor]	8
5	[Camara FPV]	1
4	[Motor]	8
3	[helices]	8
2	Tren de aterrizaje (pieza1)	2
1	Tren de aterrizaje (pieza2)	2
Numero	Pieza	Cantidad



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	13/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado por	Houda Habboub	Formato Plano	
Aprobado por	Tutor	N Plano	
Hoja	1/21	1	
		ESCALA 1:2	Plano de conjunto
		Plano 1/9	
		A2	



Technical drawing of a UAV multirotor topographic support structure, showing a side view, a top view with dimensions, and a detail view of a corner.

Side View (Top): Shows the profile of the structure with dimensions: 8°, 5, 2, 5, 7, R3, R3.

Top View (Middle): Shows the plan view of the structure with dimensions: 319,6, 63,6, 82,4, 1, 2, R2,5, 9, 10, 3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 4, 5, 6, 7, 8.

Detail View (Right): Shows a corner detail with dimensions: 0,2, 23,9, 22,5°, 8, 3, R2,5, 25, 41, 22, 75, 80, 11,8, 5.

Title Block:

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	13/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado por	Houda Habboub	Formato Plano	
Aprobado por	Tutor	A2	
Hoja	2/21	Base (pieza1)	
		ESCALA 1:2	
		Plano 2/9	

ALL DIMENSIONS IN mm

Technical drawing of a UAV multirotor topographic support structure, showing a side view, a top view with dimensions, and a detail view of a corner.

Side View (Top): Shows the profile of the structure with dimensions: 8°, 5, 2, 5, 7, R3, R3.

Top View (Middle): Shows the plan view of the structure with dimensions: 319,6, 63,6, 82,4, 1, 2, R2,5, 9, 10, 3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 4, 5, 6, 7, 8.

Detail View (Right): Shows a corner detail with dimensions: 0,2, 23,9, 22,5°, 8, 3, R2,5, 25, 41, 22, 75, 80, 11,8, 5.

Title Block:

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	13/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado por	Houda Habboub	Formato Plano	
Aprobado por	Tutor	A2	
Hoja	2/21	Base (pieza1)	
		ESCALA 1:2	
		Plano 2/9	

ALL DIMENSIONS IN mm

Tabla de agujeros: Top@18			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : BASE_PIEZA1 - Cuerpo : 1			
Agujero de paso Ø3.00			
1	-	-	-8.86
2	109.48	45.35	-8.86
3	109.48	45.35	-8.86
4	154.82	154.82	-8.86
5	154.82	154.82	-8.85
6	109.48	264.30	-8.86
7	109.48	264.30	-8.86
8	-	309.64	-8.86
Agujero combinado Ø3.40 / Ø4.00 T0.30 / Ø4.00 T0.30 R			
9	35.11	41.32	-15.37
			-15.07
			-20.07
10	55.43	49.74	-15.37
11	19.23	79.66	-15.37
12	39.55	88.08	-15.37
13	13.40	93.52	-15.37
14	105.09	99.39	-15.37
15	33.81	101.94	-15.37
16	7.60	108.38	-15.37
17	66.74	115.27	-15.37
18	113.50	119.71	-15.37
19	14.35	120.18	-15.37
20	52.89	121.01	-15.37
21	38.22	127.36	-15.37
22	75.16	135.59	-15.37
23	61.31	141.34	-15.37
24	61.31	168.31	-15.37
25	75.16	174.05	-15.37
26	38.22	182.29	-15.37
27	52.89	188.63	-15.37
28	14.35	189.47	-15.37

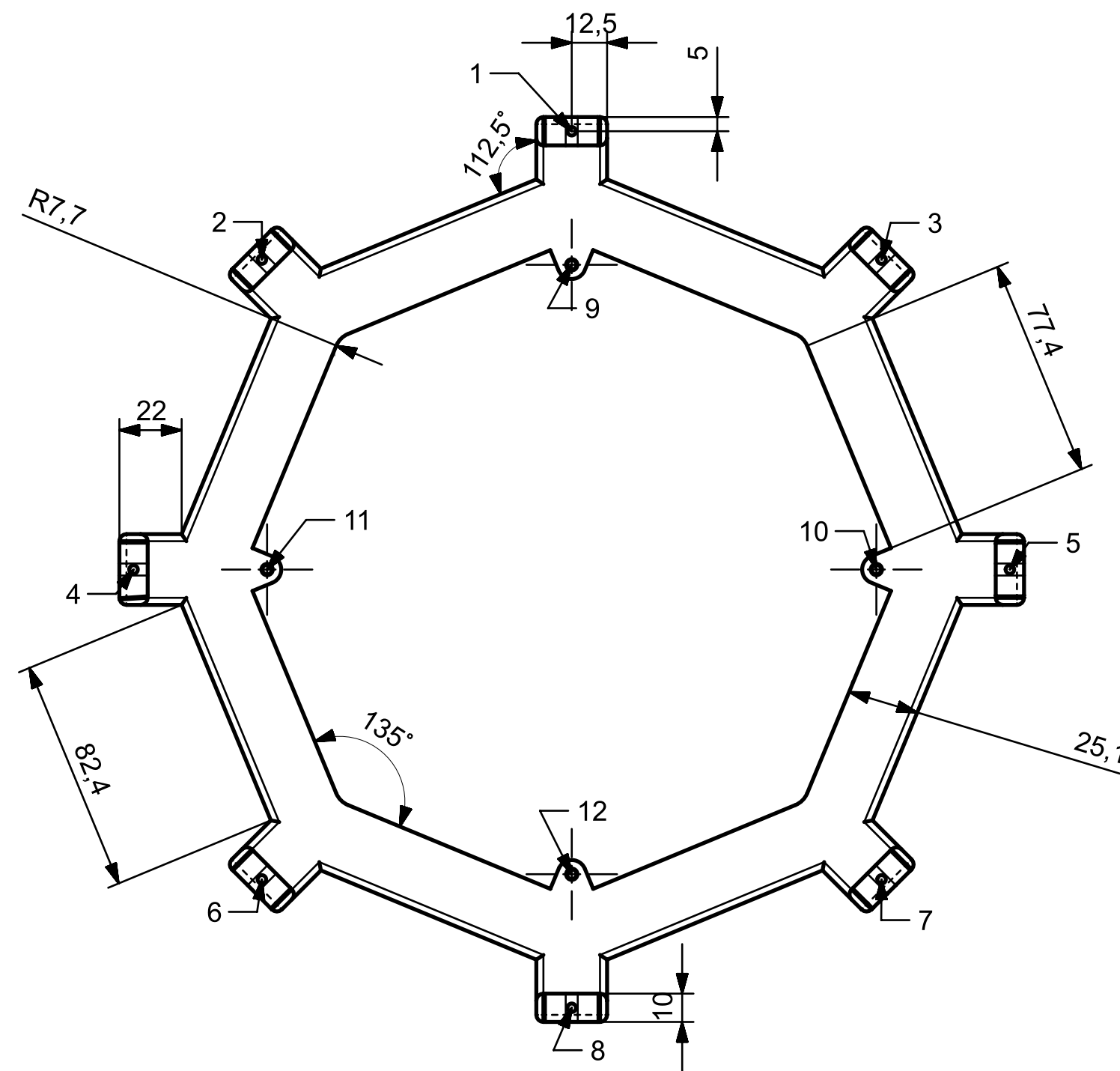
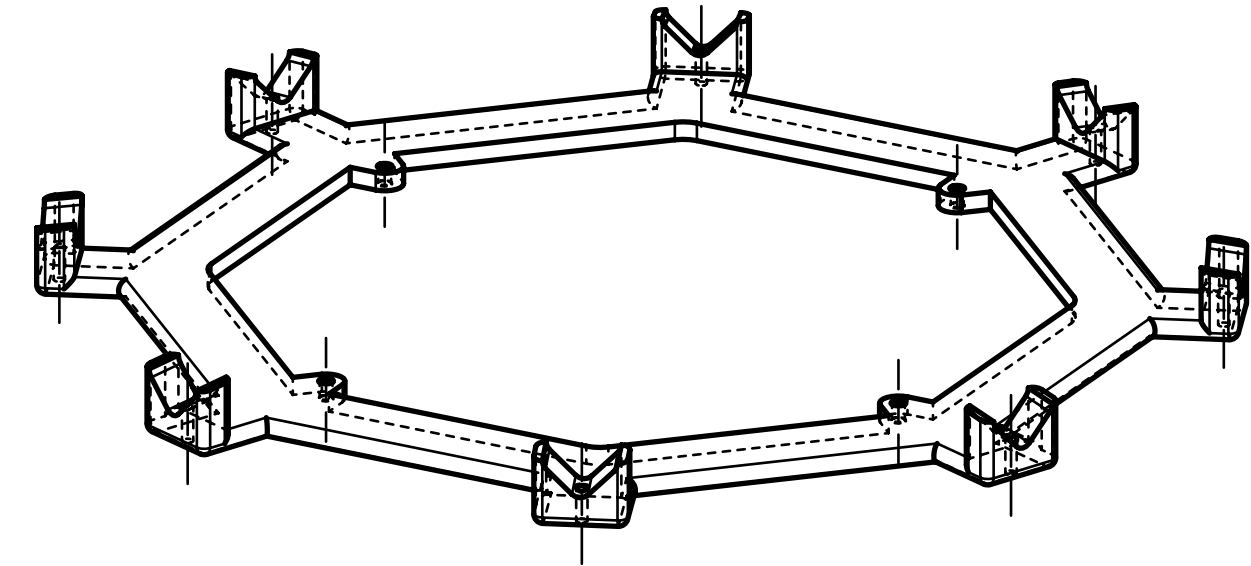
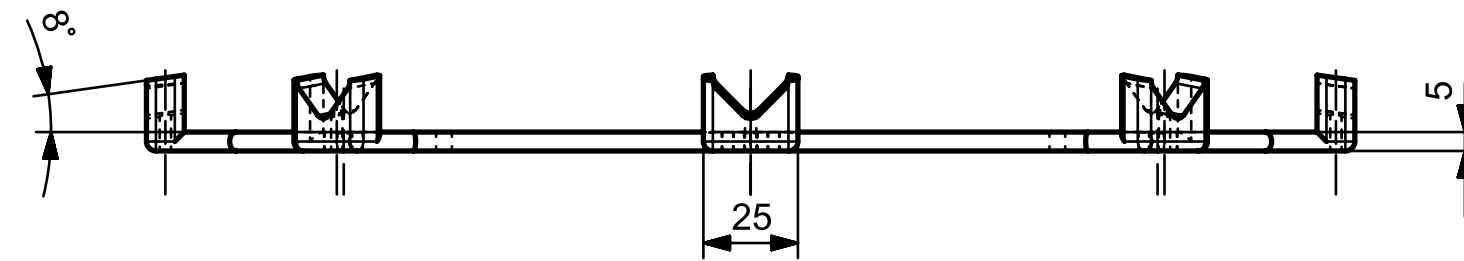
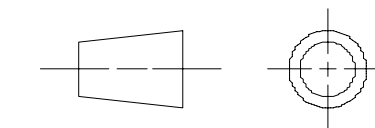


Tabla de agujeros: Origen en el agujero 1			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : ARRIBA_VIGA2 - Cuerpo : 1			
Agujero de paso Ø3.00			
1	-	-	-8.86
2	109.48	45.35	-8.86
3	109.48	45.35	-8.87
4	154.82	154.82	-8.86
5	154.82	154.82	-8.87
6	109.48	264.30	-8.86
7	109.48	264.30	-8.87
8	-	309.64	-8.86
Agujero combinado Ø3.40 / Ø4.00 T0.30 / Ø4.00 T0.30 R			
9	-	47.18	-13.97
			-13.67
			-18.67
10	107.64	154.82	-13.97
11	107.64	154.84	-13.97
12	0.02	262.46	-13.97



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN Universidad de Jaén	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	10/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado	14/06/2019		
Aprobado por	Tutor	Formato	Plano
Hoja	3/23	A2	Base (pieza2) ESCALA 1:2
			Plano de despiece Plano 3/9
			N Plano
			1.2

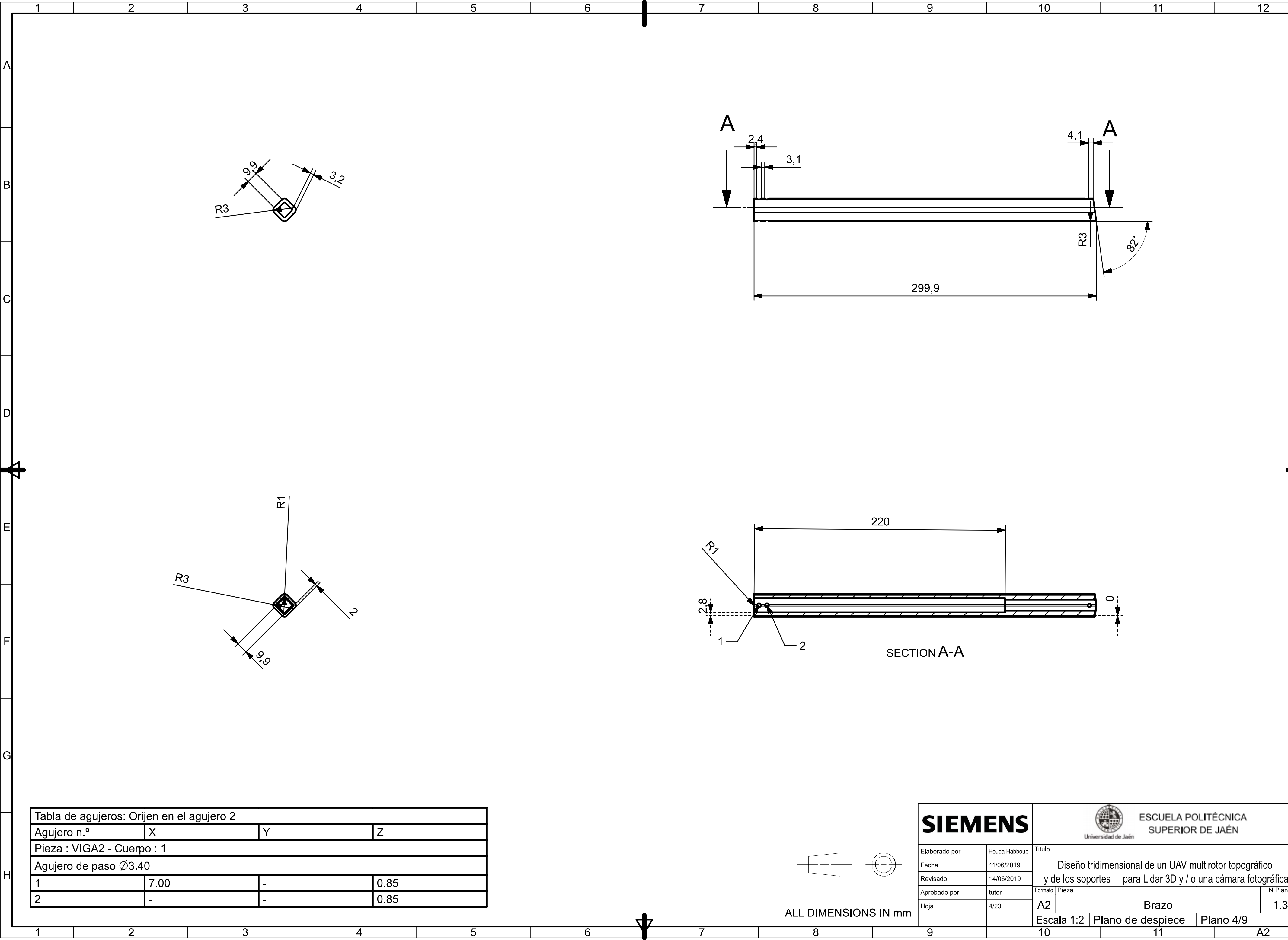
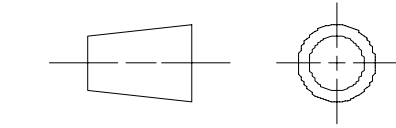


Tabla de agujeros: Orijen en el agujero 2			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : VIGA2 - Cuerpo : 1			
Agujero de paso $\varnothing 3.40$			
1	7.00	-	0.85
2	-	-	0.85



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	11/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado	14/06/2019	Formato Pieza	
Aprobado por	tutor	A2	
Hoja	4/23	Brazo	
		Escala 1:2	
		Plano de despiece	
		Plano 4/9	
		N Plano	
		1.3	
		A2	

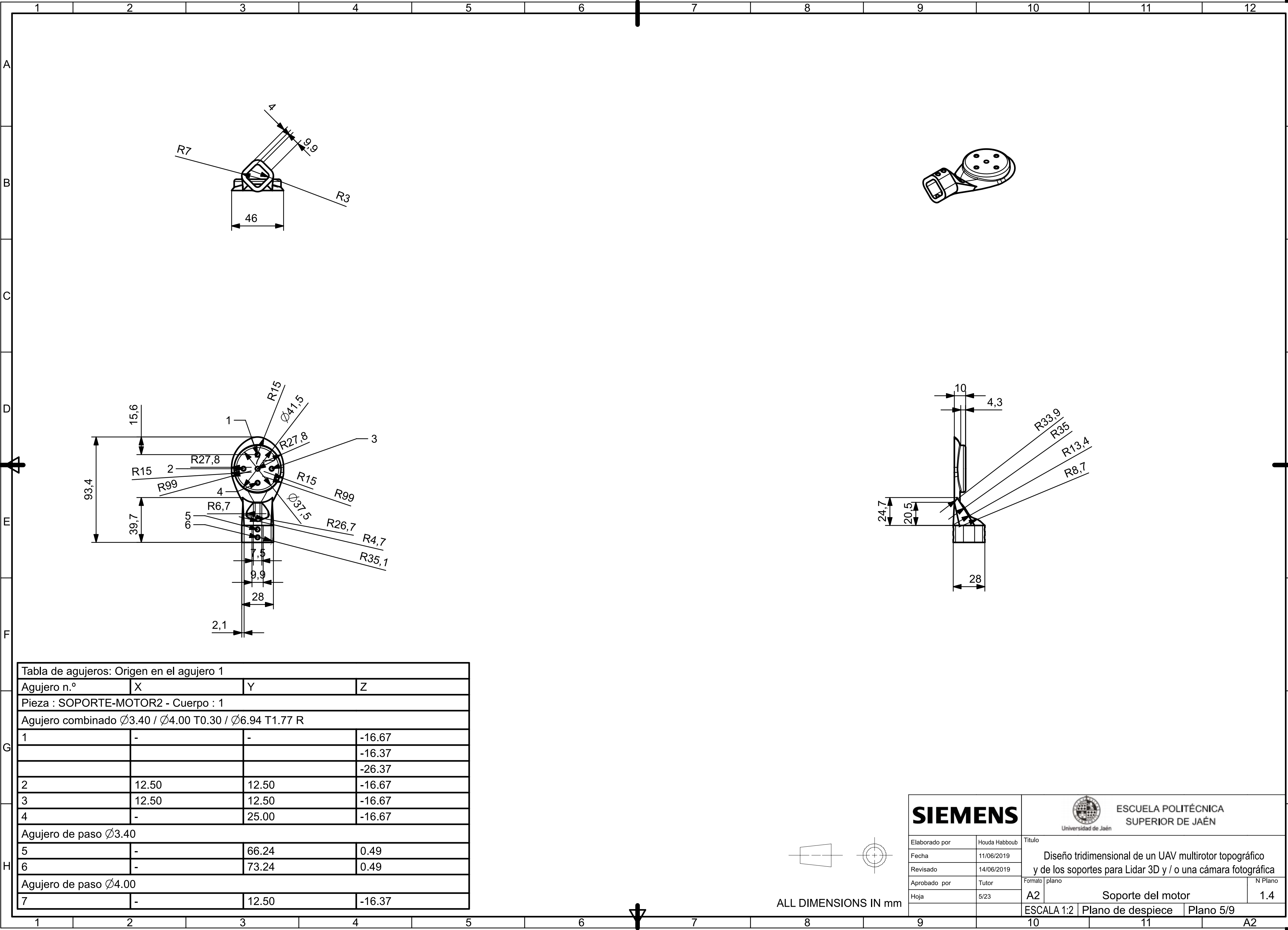


Tabla de agujeros: Origen en el agujero 1			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : SOPORTE-MOTOR2 - Cuerpo : 1			
Agujero combinado $\varnothing 3.40$ / $\varnothing 4.00$ T0.30 / $\varnothing 6.94$ T1.77 R			
1	-	-	-16.67
			-16.37
			-26.37
2	12.50	12.50	-16.67
3	12.50	12.50	-16.67
4	-	25.00	-16.67
Agujero de paso $\varnothing 3.40$			
5	-	66.24	0.49
6	-	73.24	0.49
Agujero de paso $\varnothing 4.00$			
7	-	12.50	-16.37

SIEMENS

Elaborado por
Fecha
Revisado
Aprobado por
Hoja

Houda Habboub
11/06/2019
14/06/2019
Tutor
5/23



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE JAÉN

Título

Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica

Formato plano

A2

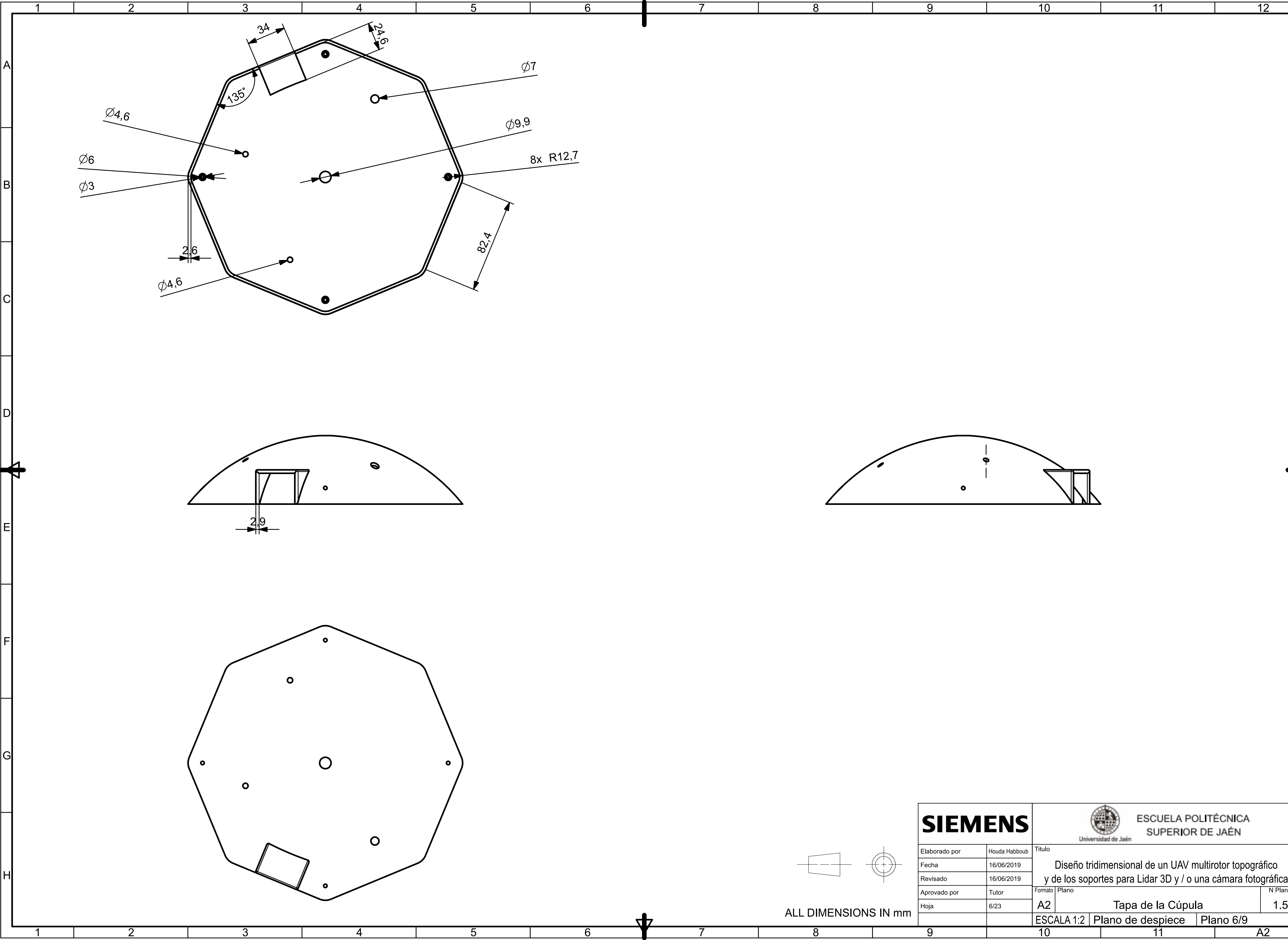
N Plano

1.4

ESCALA 1:2

Plano de despiece

Plano 5/9



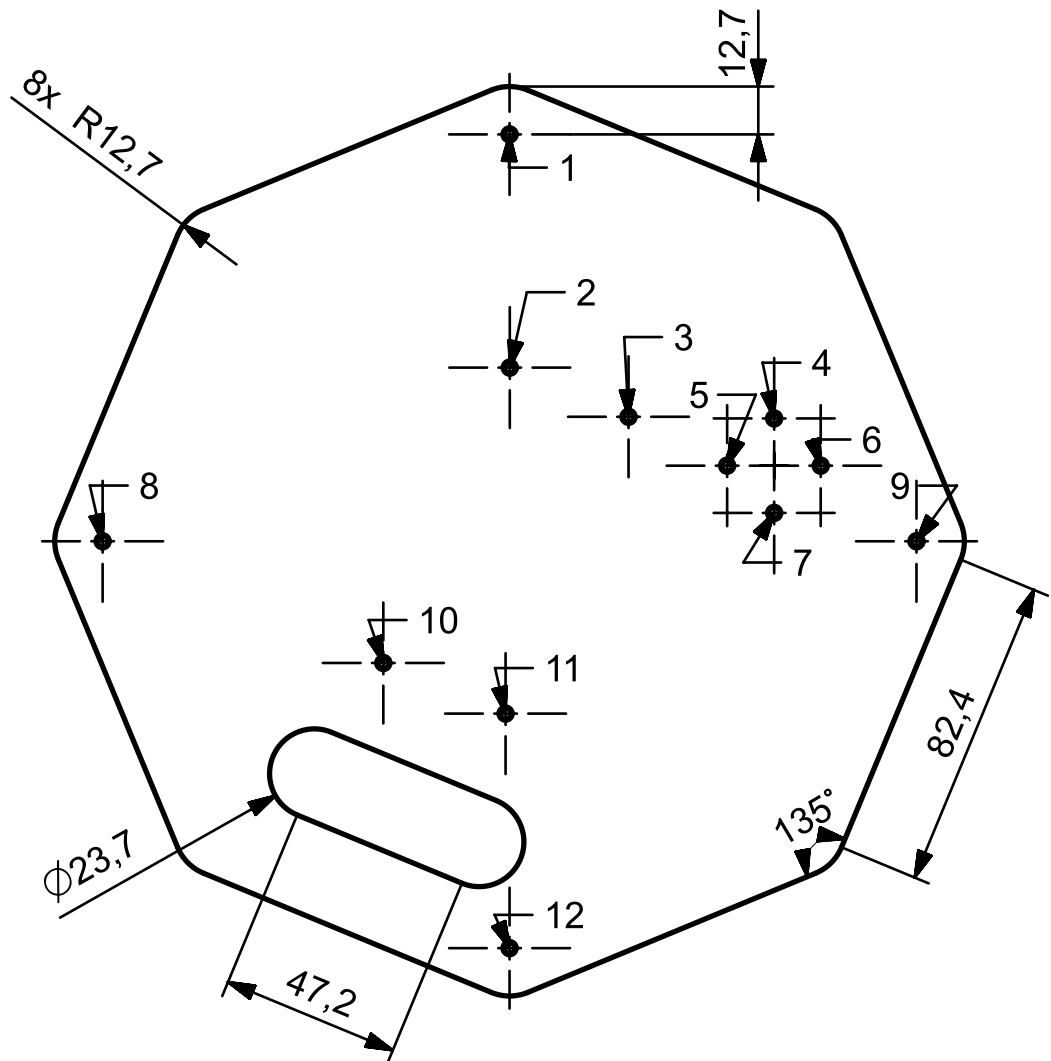
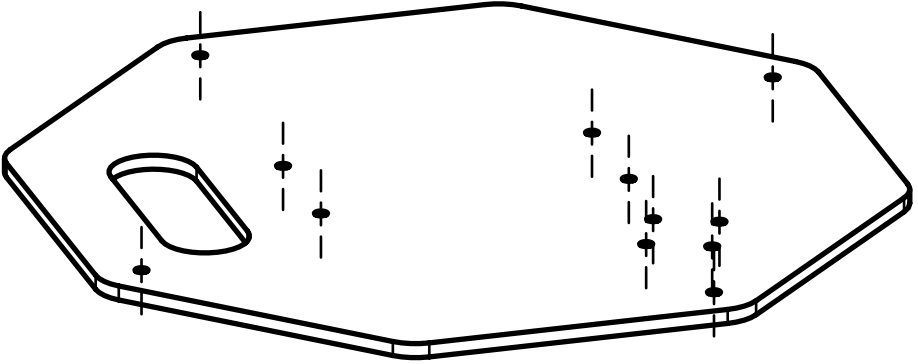
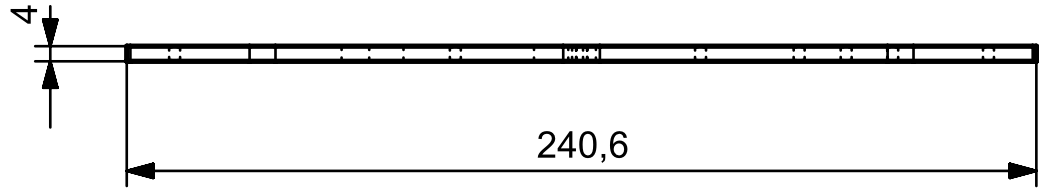
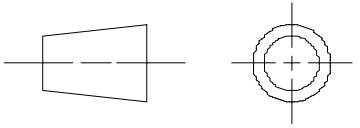


Tabla de agujeros:			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : ESFERA - Cuerpo : 1			
Agujero combinado $\varnothing 2.90$ / $\varnothing 3.50$ T0.30 / $\varnothing 3.50$ T0.30 R			
1	-	-	-0.30
			-
			-4.00
2	0.06	61.69	-0.30
3	31.47	74.71	-0.30
4	70.00	75.14	-0.30
5	57.56	87.64	-0.30
6	82.31	87.64	-0.30
7	70.00	100.14	-0.30
8	107.64	107.64	-0.30
9	107.64	107.64	-0.30
10	33.39	139.84	-0.30
11	1.05	153.24	-0.30
12	-	215.29	-0.30



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

Elaborado porHouda Habboub

Fecha11/06/2019

Revisado14/06/2019

Aprobado porTutor

Hoja7/23

ESCALA 1:2

Plano de despiece

Plano 7/9

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

Universidad de Jaén

Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica

Base de la cupula

N Plano

1.6

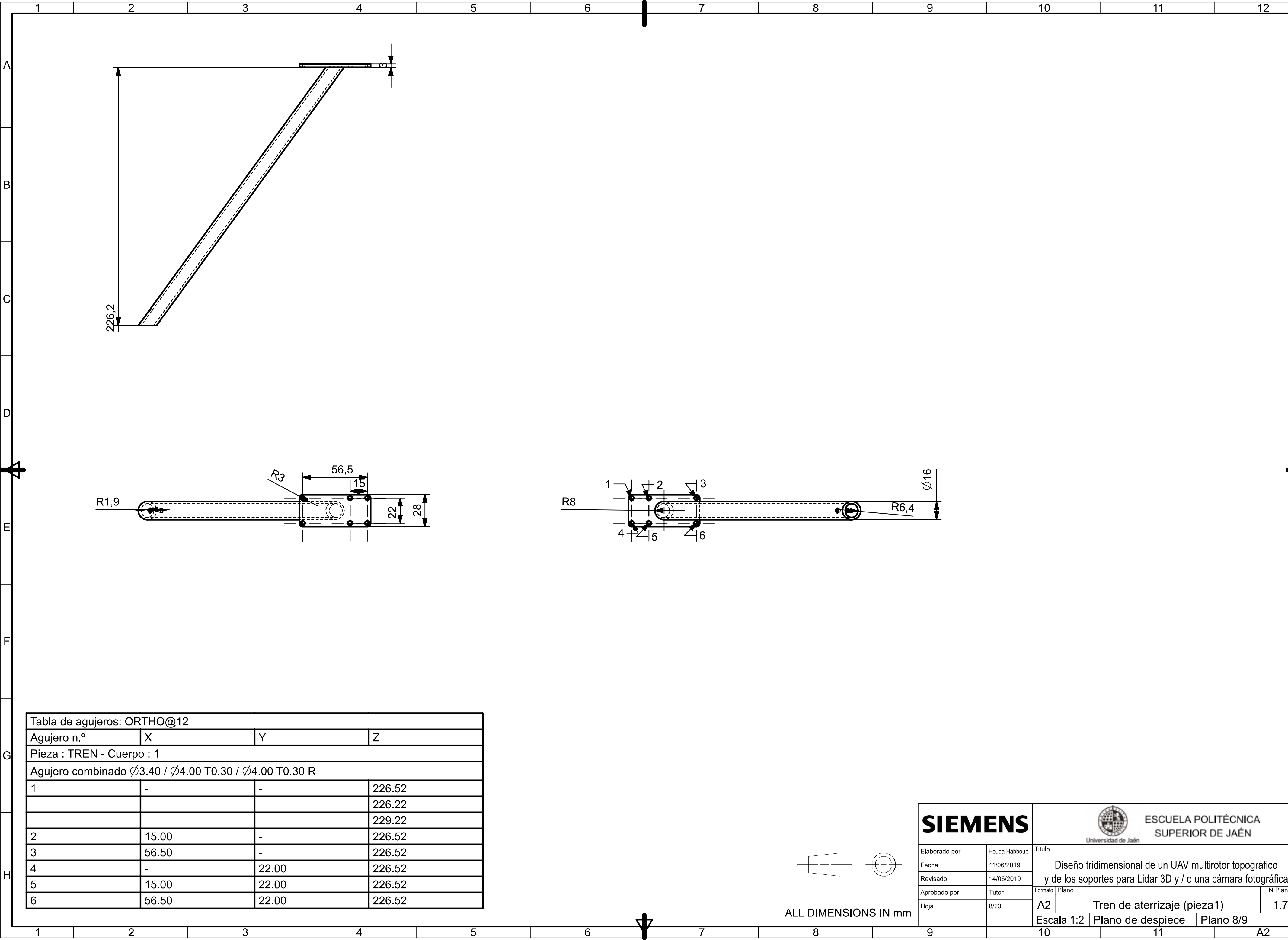


Tabla de agujeros: ORTHO@12			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : TREN - Cuerpo : 1			
Agujero combinado $\varnothing 3.40 / \varnothing 4.00$ T0.30 / $\varnothing 4.00$ T0.30 R			
1	-	-	226.52
			226.22
			229.22
2	15.00	-	226.52
3	56.50	-	226.52
4	-	22.00	226.52
5	15.00	22.00	226.52
6	56.50	22.00	226.52

SIEMENS

Elaborado por
Fecha
Revisado
Aprobado por
Hoja

Houda Habboub
11/06/2019
14/06/2019
Tutor
8/23



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE JAÉN

Título

Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica

Formato

A2

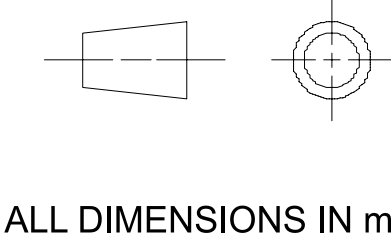
N Plano

1.7

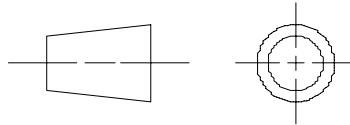
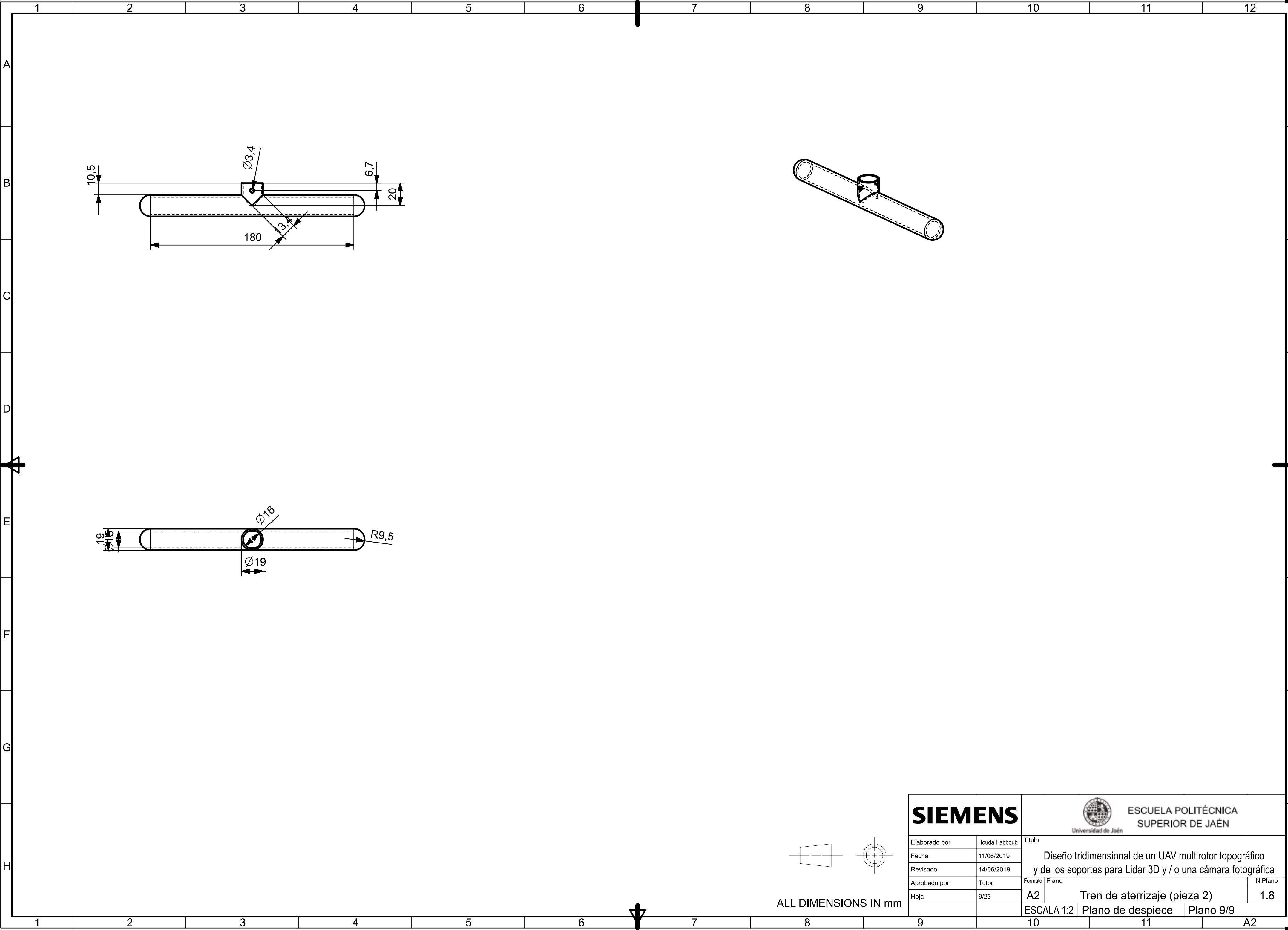
Escala 1:2

Plano de despiece

Plano 8/9

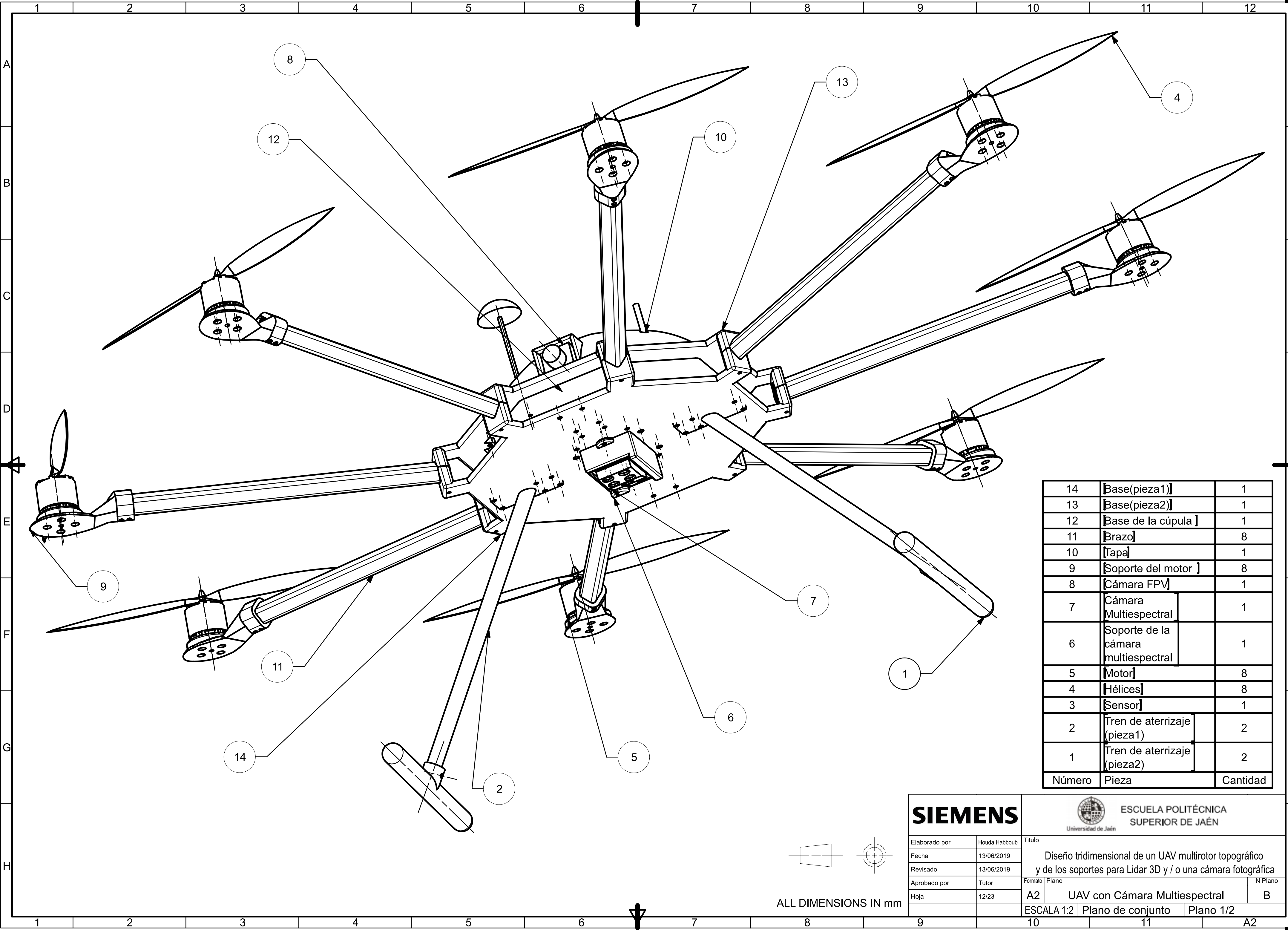


ALL DIMENSIONS IN mm



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Fecha	11/06/2019		
Revisado	14/06/2019		
Aprobado por	Tutor		
Hoja	9/23	Formato	N Plano
		A2	1.8
		ESCALA 1:2	Plano de despiece
			Plano 9/9



14	Base(pieza1)]	1
13	Base(pieza2)]	1
12	Base de la cúpula]	1
11	Brazo]	8
10	[Tapá	1
9	Soporte del motor]	8
8	Cámara FPV]	1
7	Cámara Multiespectral	1
6	Soporte de la cámara multiespectral	1
5	Motor]	8
4	Hélices]	8
3	Sensor]	1
2	Tren de aterrizaje (pieza1)	2
1	Tren de aterrizaje (pieza2)	2
Número	Pieza	Cantidad

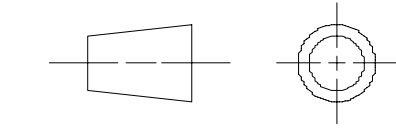
SIEMENS

Elaborado por	Houda Habboub
Fecha	13/06/2019
Revisado	13/06/2019
Aprobado por	Tutor
Hoja	12/23

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

Universidad de Jaén

Título	
Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Formato	N Plano
A2	B
ESCALA 1:2 Plano de conjunto Plano 1/2	



ALL DIMENSIONS IN mm

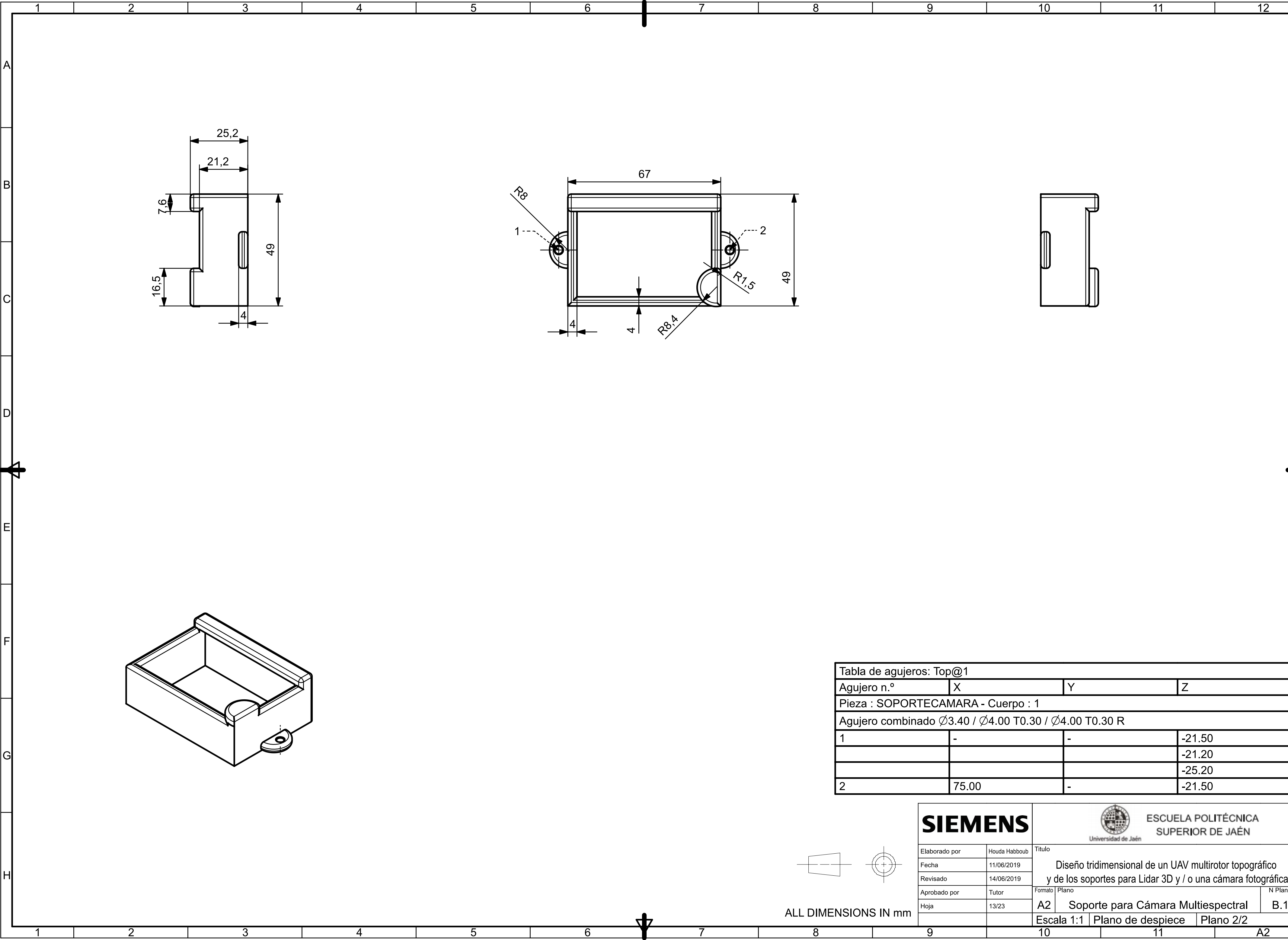
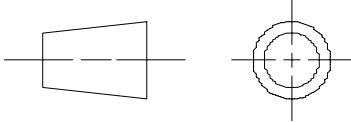
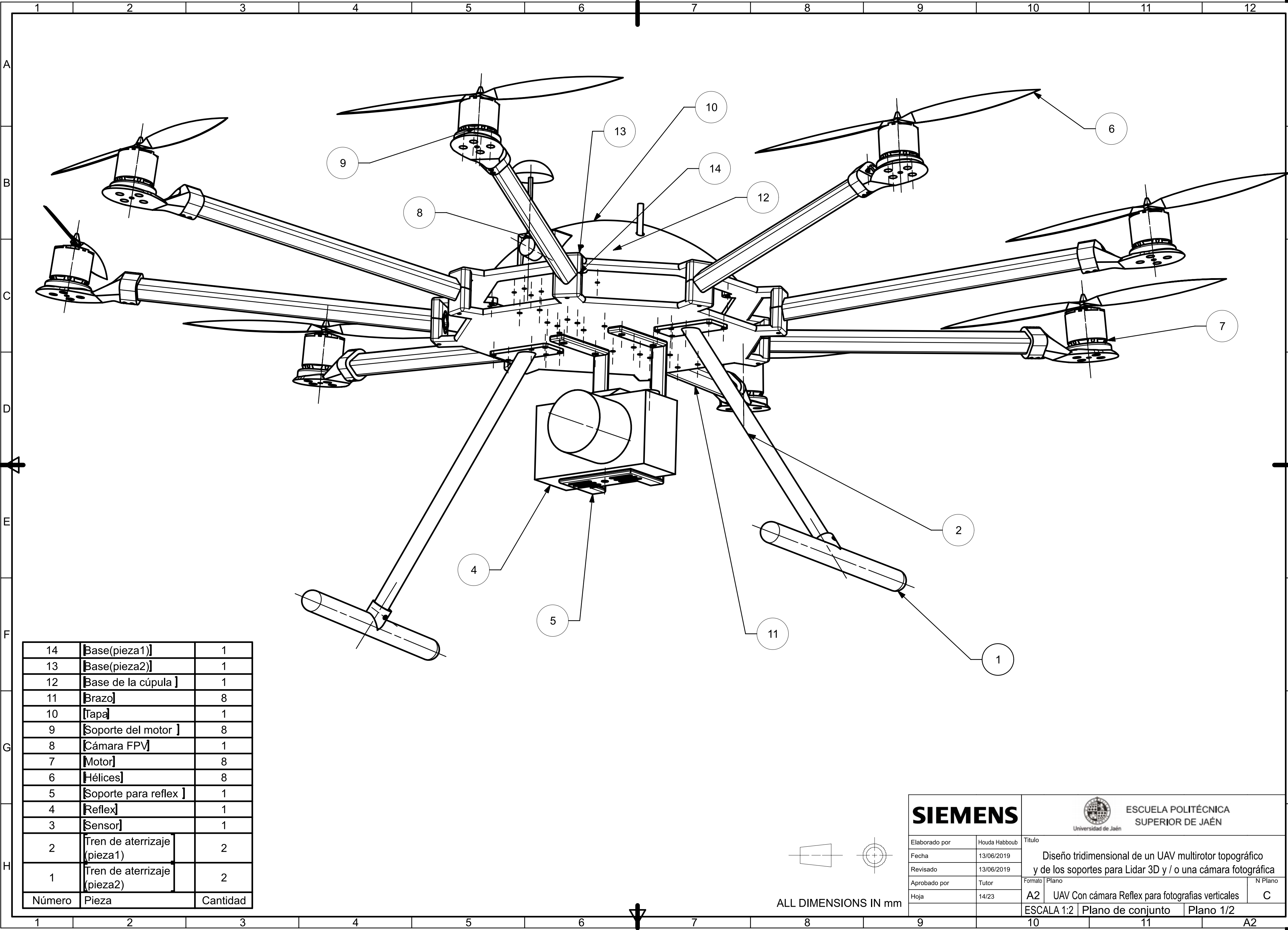


Tabla de agujeros: Top@1			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : SOPORTECAMARA - Cuerpo : 1			
Agujero combinado $\varnothing 3.40 / \varnothing 4.00$ T0.30 / $\varnothing 4.00$ T0.30 R			
1	-	-	-21.50
			-21.20
			-25.20
2	75.00	-	-21.50

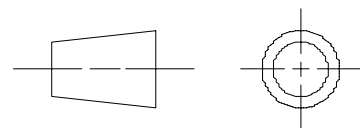
SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	11/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado	14/06/2019		
Aprobado por	Tutor	Formato	N Plano
Hoja	13/23	A2	Soporte para Cámara Multiespectral B.1
		Escala 1:1	Plano de despiece Plano 2/2



ALL DIMENSIONS IN mm

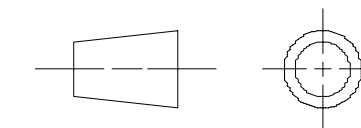
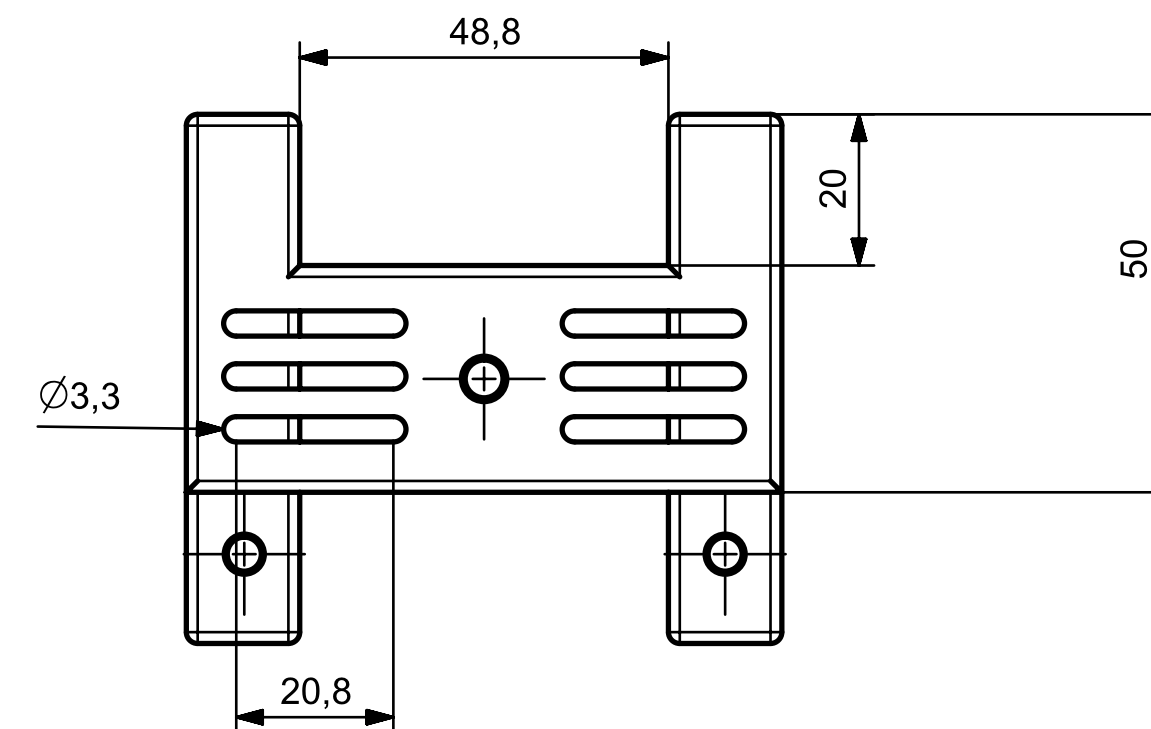
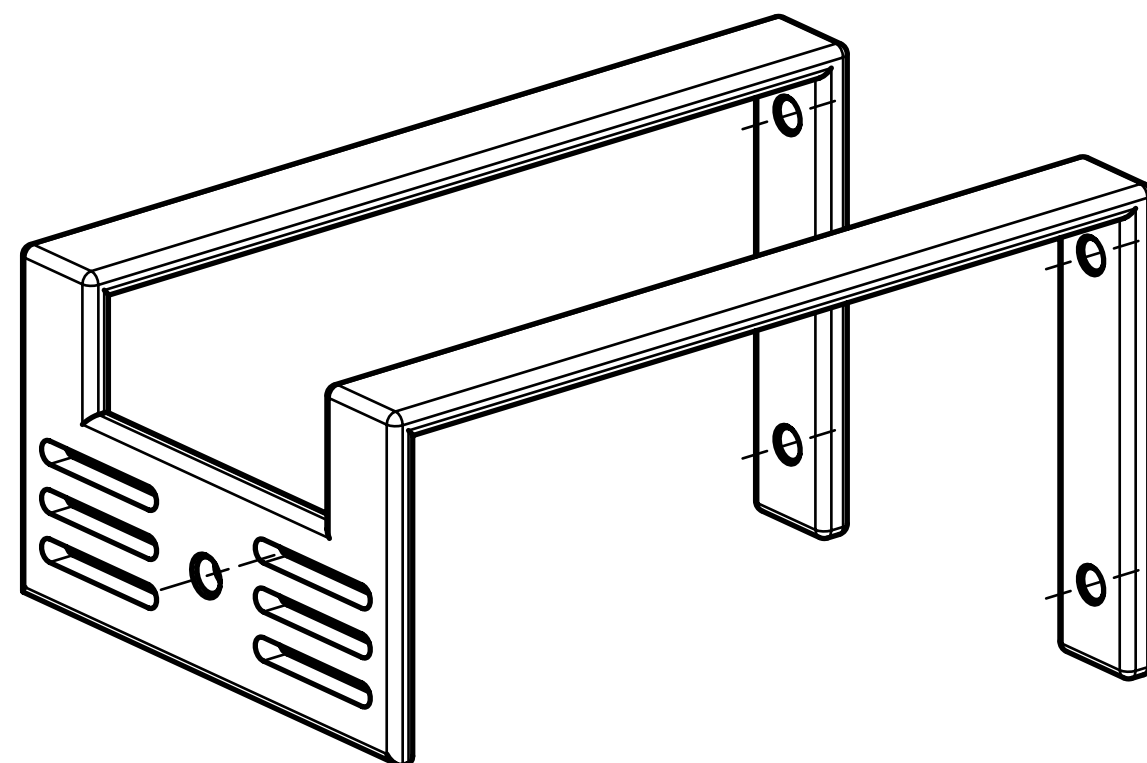
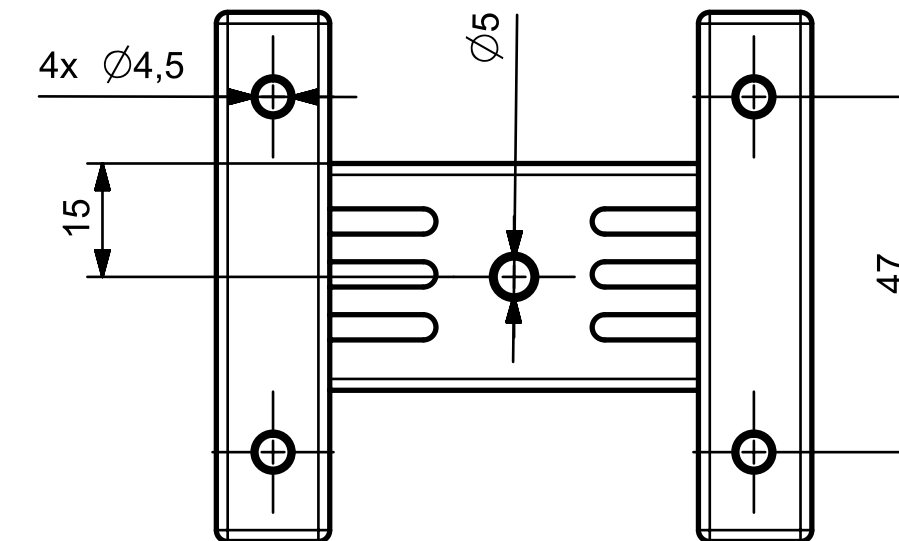
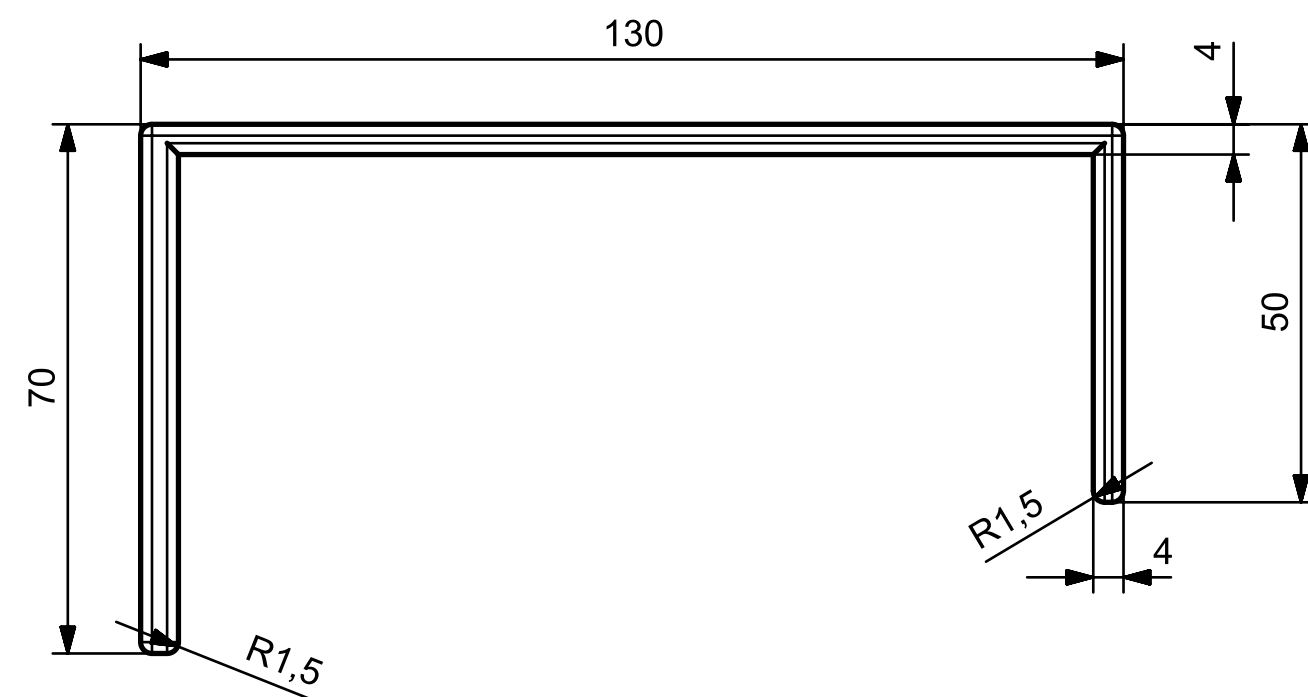


14	Base(pieza1)]	1
13	Base(pieza2)]	1
12	Base de la cúpula]	1
11	Brazo]	8
10	Tapa]	1
9	Soporte del motor]	8
8	Cámara FPV]	1
7	Motor]	8
6	Hélices]	8
5	Soporte para reflex]	1
4	Reflex]	1
3	Sensor]	1
2	Tren de aterrizaje (pieza1)	2
1	Tren de aterrizaje (pieza2)	2
Número	Pieza	Cantidad



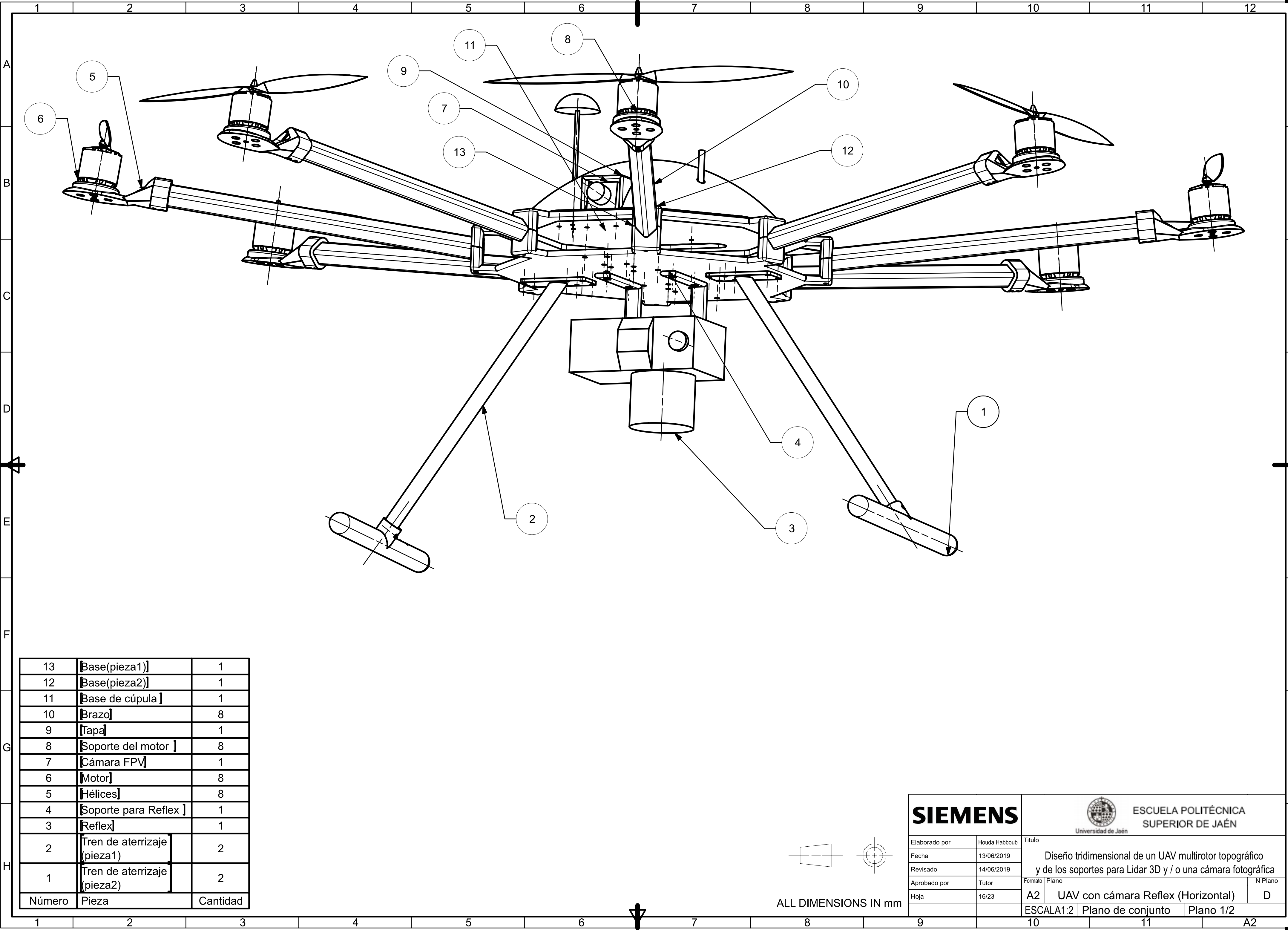
ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	13/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado	13/06/2019		
Aprobado por	Tutor	Formato	Plano
Hoja	14/23	A2	UAV Con cámara Reflex para fotografías verticales
		ESCALA 1:2	Plano de conjunto
			Plano 1/2
			A2



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Fecha	11/06/2019		
Revisado	14/06/2019	Formato Plano A2 Soporte para cámara Reflex (vertical) N Plano C.1	
Aprobado por	Tutor		
Hoja	15/23	ESCALA 1:1 Plano de despiece Plano 1/2	



13	Base(pieza1)]	1
12	Base(pieza2)]	1
11	Base de cúpula]	1
10	Brazo]	8
9	[Tapa]	1
8	Soporte del motor]	8
7	Cámara FPV]	1
6	Motor]	8
5	Hélices]	8
4	Soporte para Reflex]	1
3	Reflex]	1
2	Tren de aterrizaje (pieza1)	2
1	Tren de aterrizaje (pieza2)	2
Número Pieza		Cantidad

SIEMENS

Elaborado por

Houda Habboub

Fecha

13/06/2019

Revisado

14/06/2019

Aprobado por

Tutor

Hoja

16/23

Universidad de Jaén

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

Título

Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica

Formato

Plano

N Plano

D

ESCALA1:2

Plano de conjunto

Plano 1/2

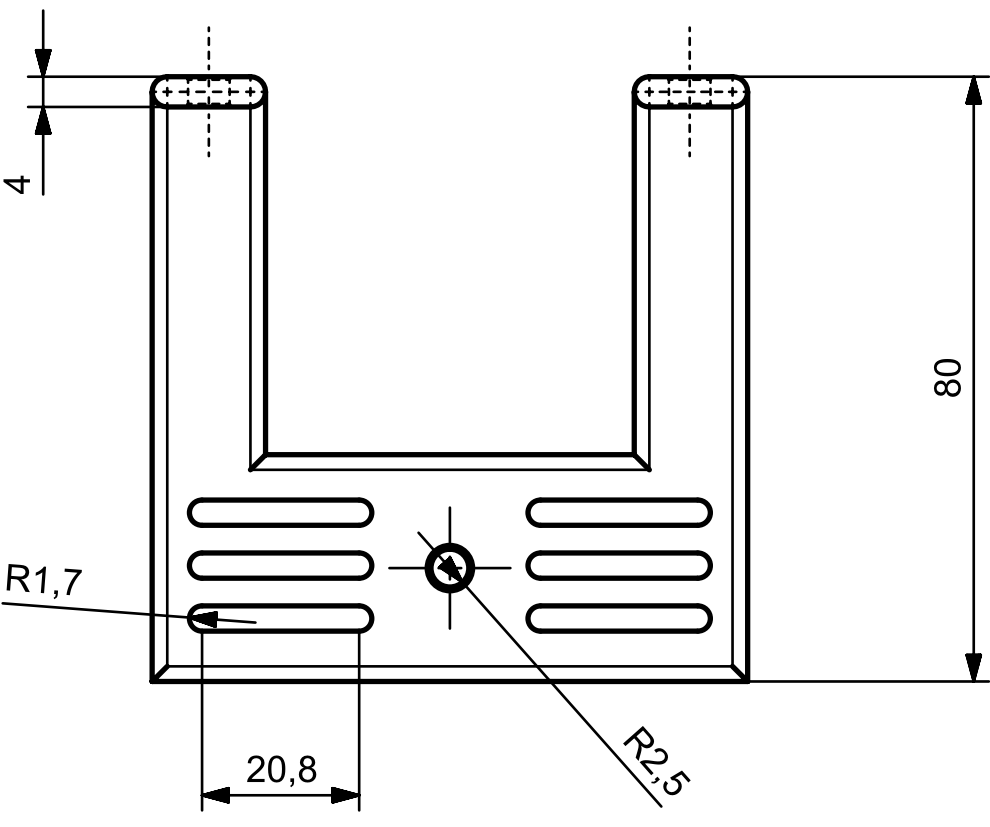
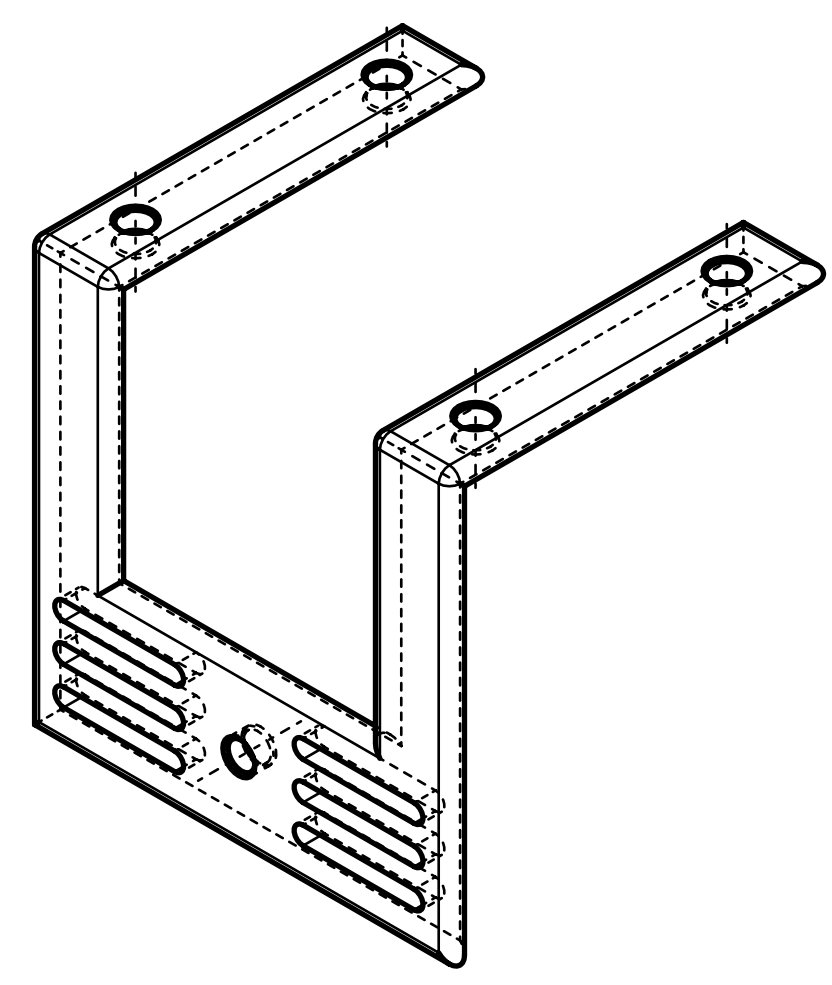
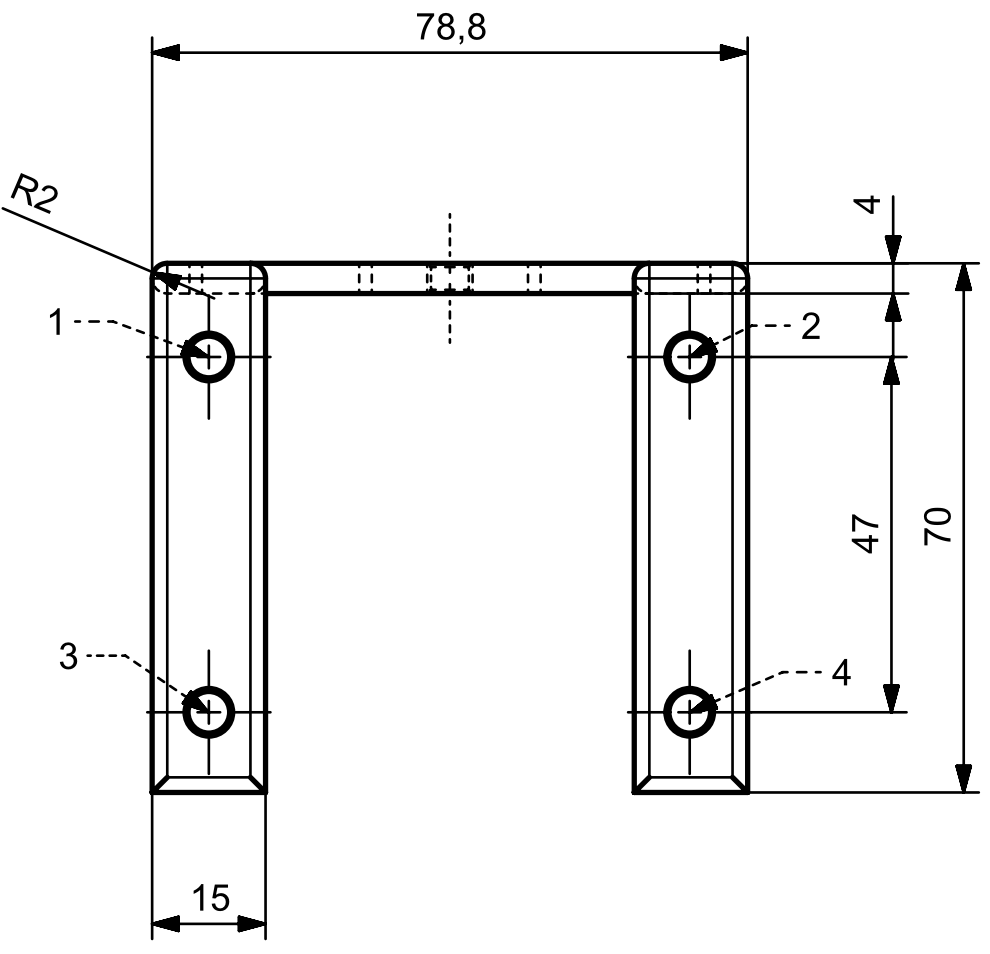
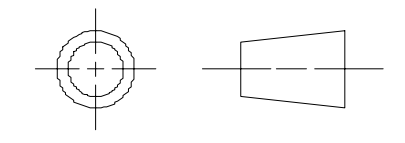


Tabla de agujeros: ORTHO@2			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : SOPORTE-REFLEX - Cuerpo : 1			
Agujero combinado $\varnothing 5.50 / \varnothing 6.30$ T0.40 / $\varnothing 6.30$ T0.40 R			
1	-	-	-0.40
			-
			-4.00
2	63.60	-	-0.40
3	-	47.00	-0.40
4	63.60	47.00	-0.40



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

Elaborado por
Fecha
Revisado
Aprobado por
Hoja

Houda Habboub
14/06/2019
14/06/2019
Tutor
17/23



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE JAÉN

Universidad de Jaén

Título
Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico
y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica

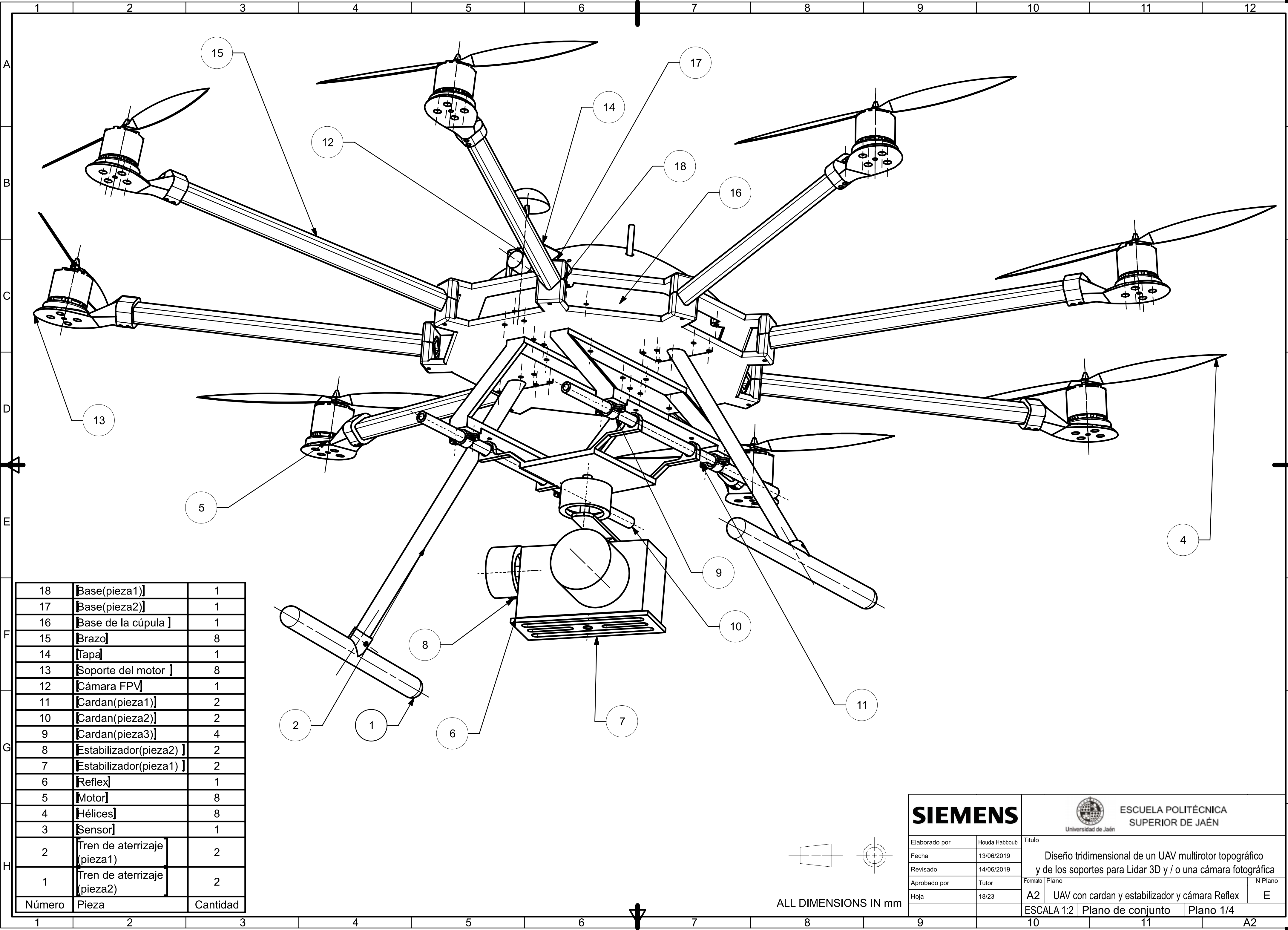
Formato
A2

N Plano
D.1

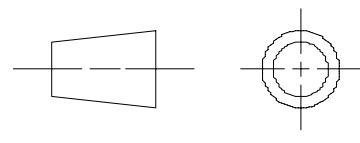
ESCALA 1:1

Plano de despiece

Plano 2/2



18	[Base(pieza1)]	1
17	[Base(pieza2)]	1
16	[Base de la cúpula]	1
15	[Brazo]	8
14	[Tapa]	1
13	[Soporte del motor]	8
12	[Cámara FPV]	1
11	[Cardan(pieza1)]	2
10	[Cardan(pieza2)]	2
9	[Cardan(pieza3)]	4
8	[Estabilizador(pieza2)]	2
7	[Estabilizador(pieza1)]	2
6	[Reflex]	1
5	[Motor]	8
4	[Hélices]	8
3	[Sensor]	1
2	[Tren de aterrizaje (pieza1)]	2
1	[Tren de aterrizaje (pieza2)]	2
Número	Pieza	Cantidad



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN Universidad de Jaén	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	13/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado	14/06/2019		
Aprobado por	Tutor	Formato	Plano
Hoja	18/23	A2	UAV con cardan y estabilizador y cámara Reflex
		ESCALA 1:2	Plano de conjunto
			Plano 1/4
			N Plano
			E

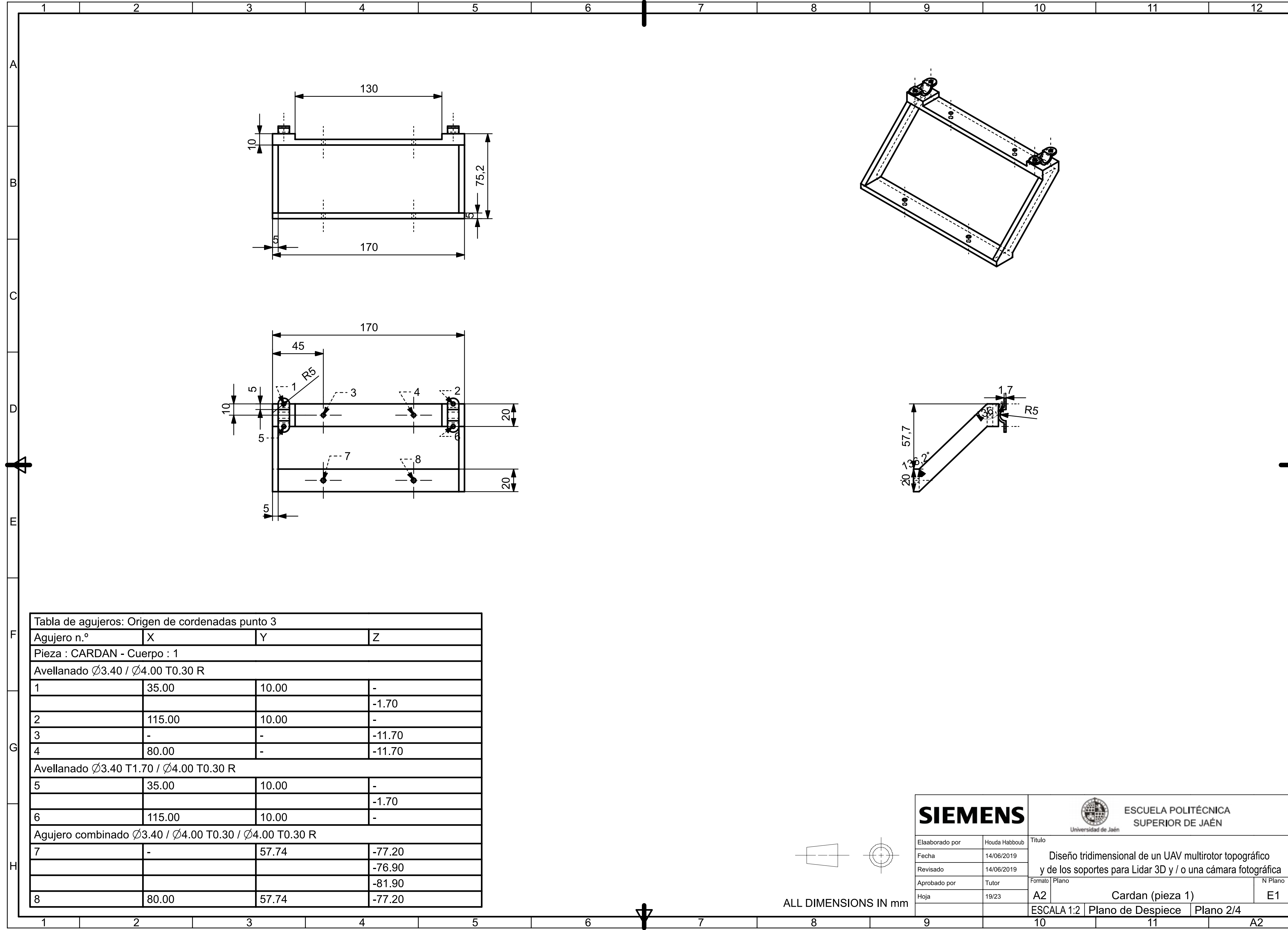
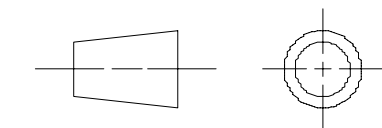
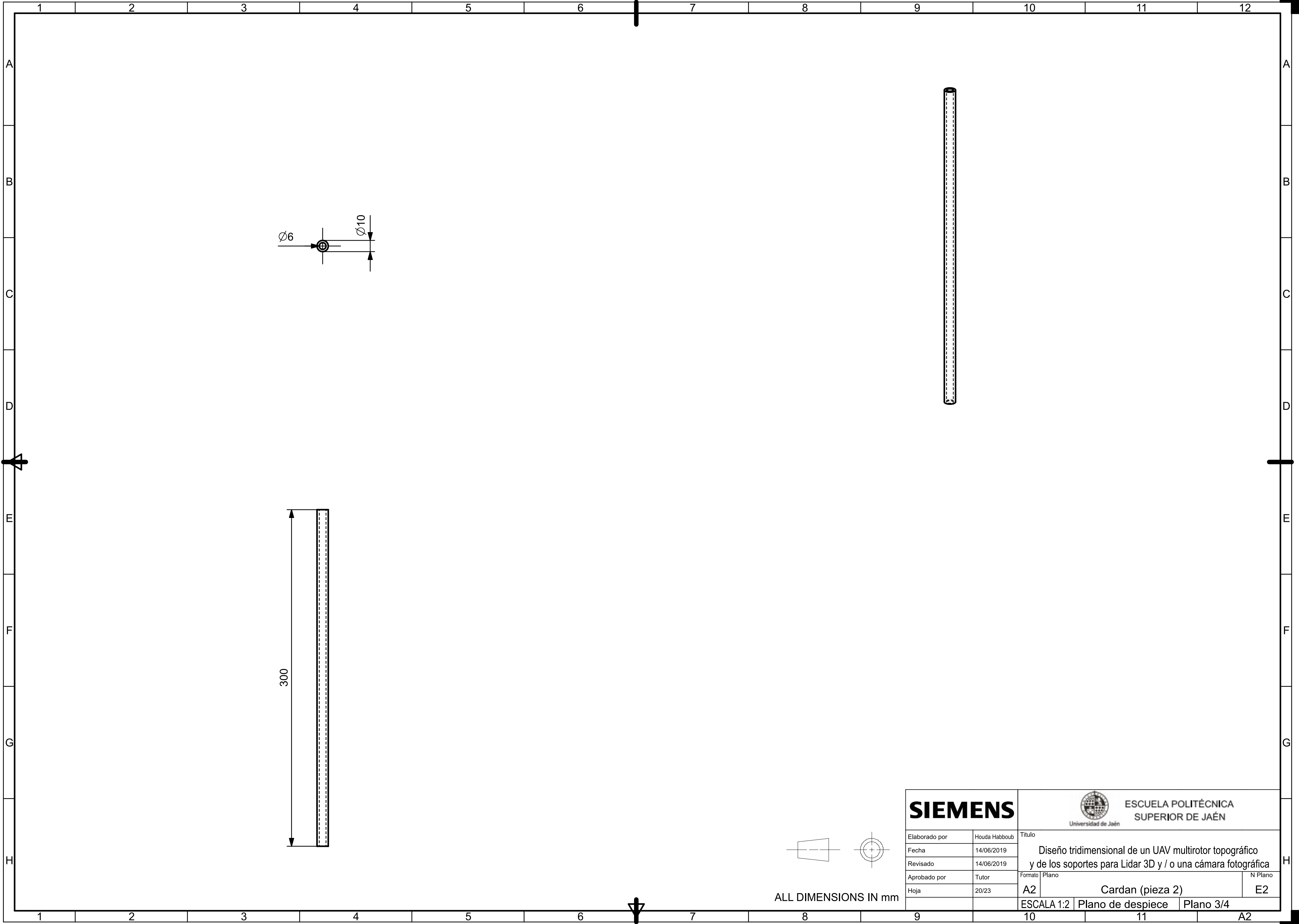


Tabla de agujeros: Origen de cordenas punto 3			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : CARDAN - Cuerpo : 1			
Avellanado $\varnothing 3.40$ / $\varnothing 4.00$ T0.30 R			
1	35.00	10.00	-
			-1.70
2	115.00	10.00	-
3	-	-	-11.70
4	80.00	-	-11.70
Avellanado $\varnothing 3.40$ T1.70 / $\varnothing 4.00$ T0.30 R			
5	35.00	10.00	-
			-1.70
6	115.00	10.00	-
Agujero combinado $\varnothing 3.40$ / $\varnothing 4.00$ T0.30 / $\varnothing 4.00$ T0.30 R			
7	-	57.74	-77.20
			-76.90
			-81.90
8	80.00	57.74	-77.20



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Fecha	14/06/2019		
Revisado	14/06/2019		
Aprobado por	Tutor		
Hoja	19/23	Formato A2	N Plano E1
		ESCALA 1:2	Plano de Despiece Plano 2/4



SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN		
Elaborado por	Houda Habboub	Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica		
Fecha	14/06/2019			
Revisado	14/06/2019			
Aprobado por	Tutor			
Hoja	20/23	Formato Plano		N Plano
		A2		E2
		ESCALA 1:2	Plano de despiece	Plano 3/4
				A2

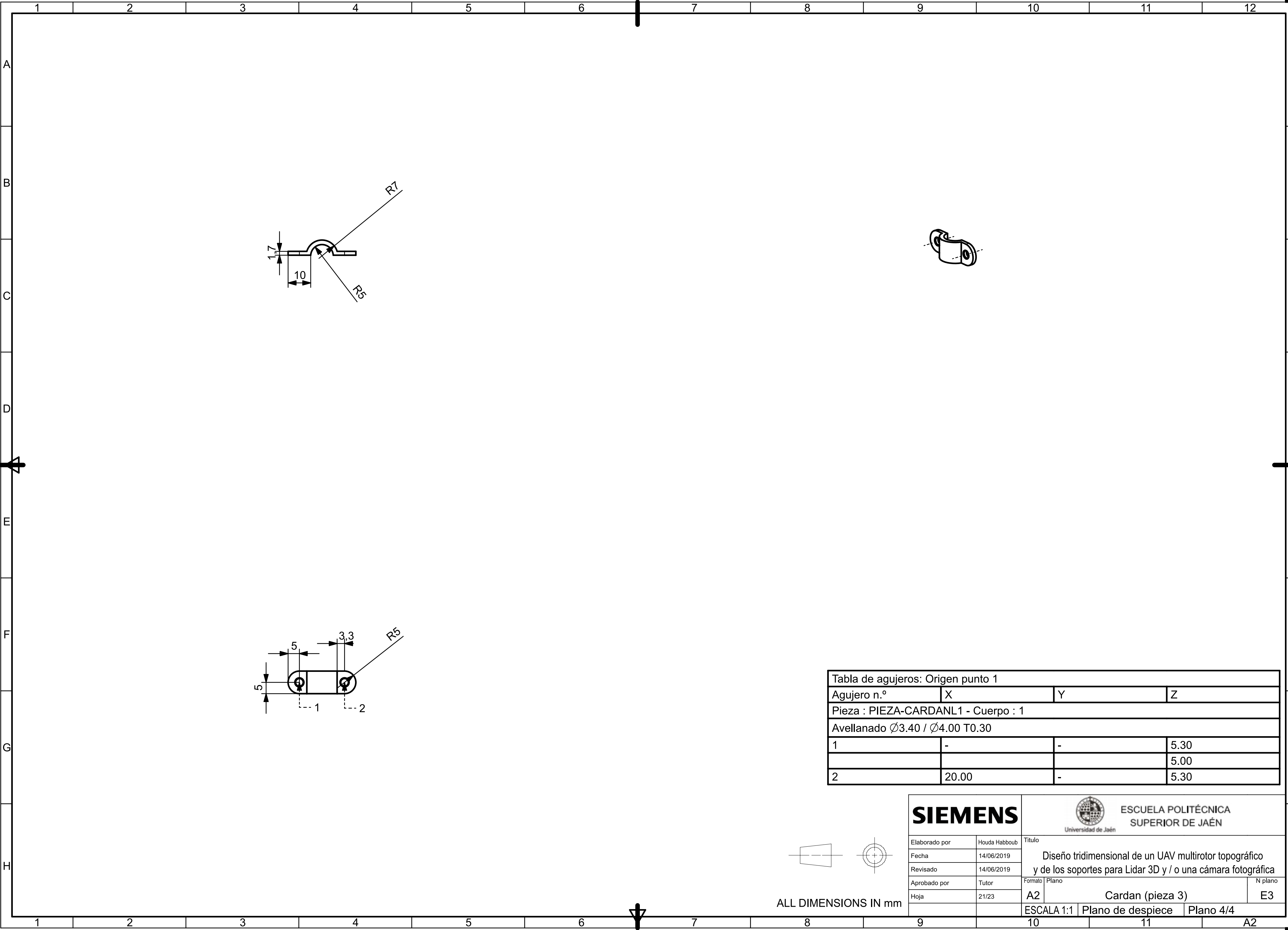


Tabla de agujeros: Origen punto 1			
Agujero n.º	X	Y	Z
Pieza : PIEZA-CARDANL1 - Cuerpo : 1			
Avellanado $\varnothing 3.40$ / $\varnothing 4.00$ T0.30			
1	-	-	5.30
			5.00
2	20.00	-	5.30

SIEMENS

Elaborado por

Fecha

Revisado

Aprobado por

Hoja

Houda Habboub

14/06/2019

14/06/2019

Tutor

21/23

ALL DIMENSIONS IN mm

ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE JAÉN

Universidad de Jaén

Diseno tridimensional de un UAV multirotor topografico
y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotografica

Cardan (pieza 3)

E3

Formato

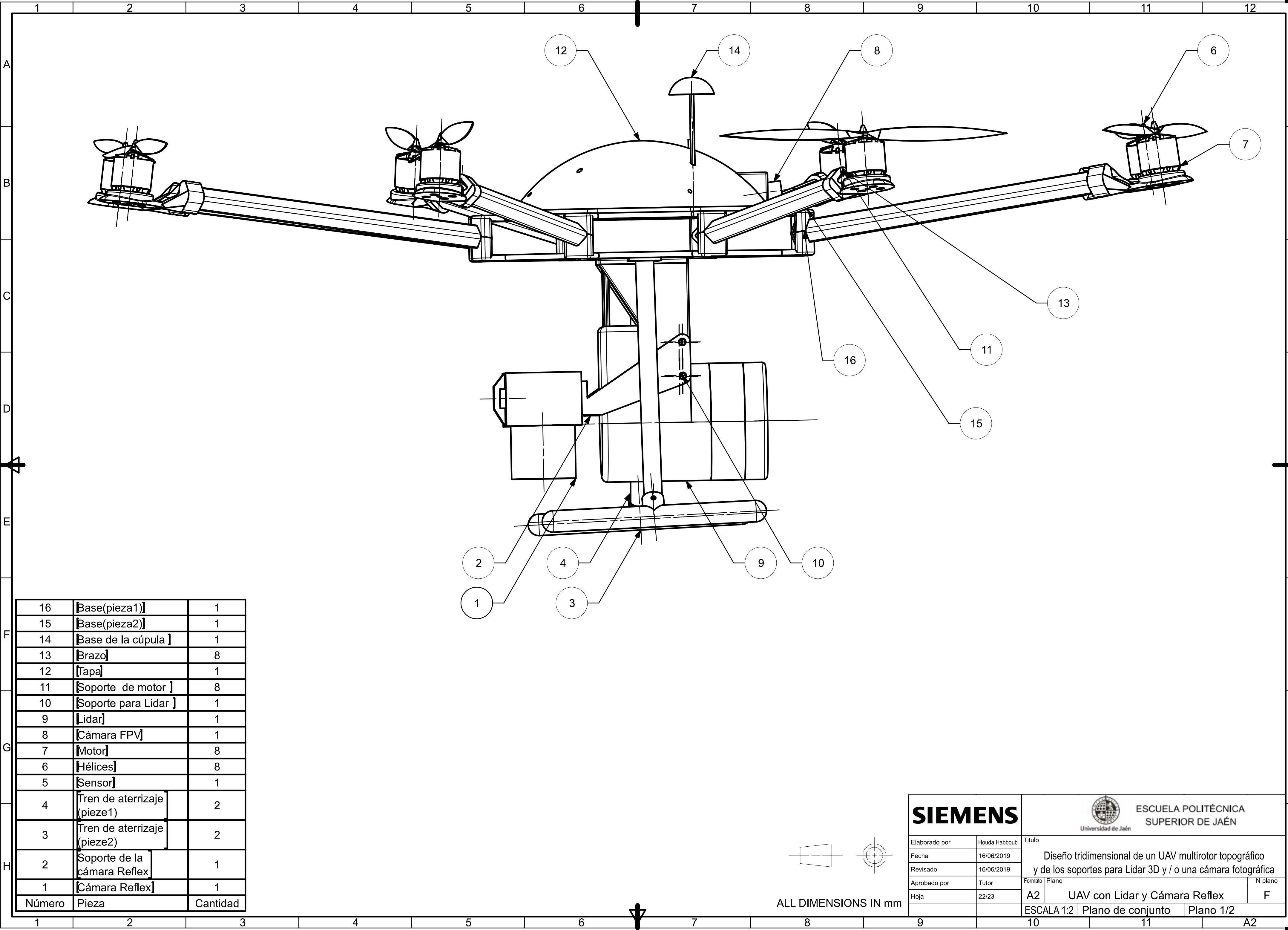
A2

Plano

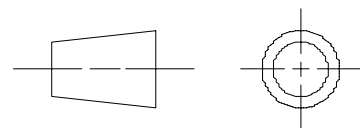
Plano de despiece

N plano

Plano 4/4

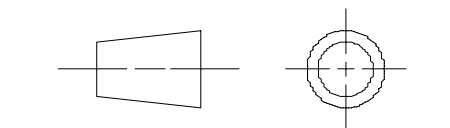
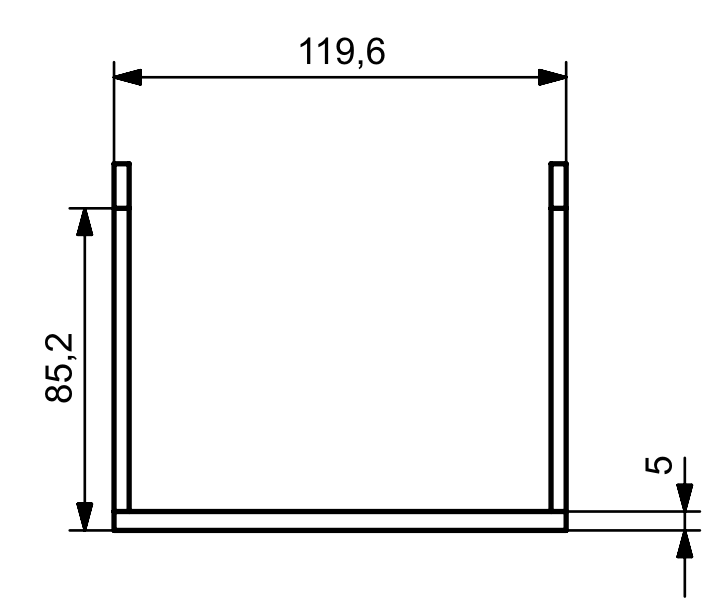
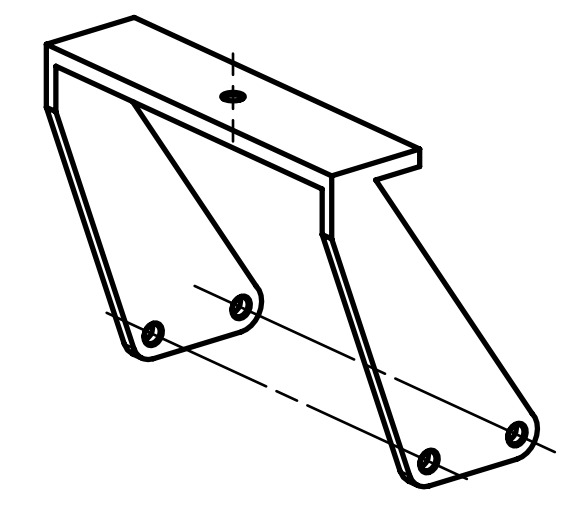
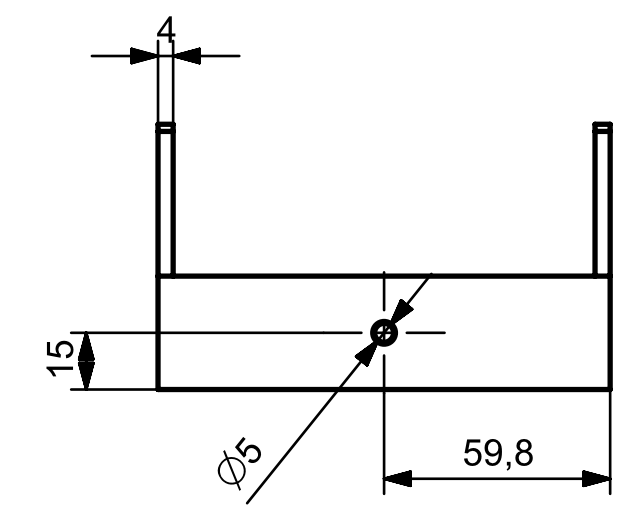
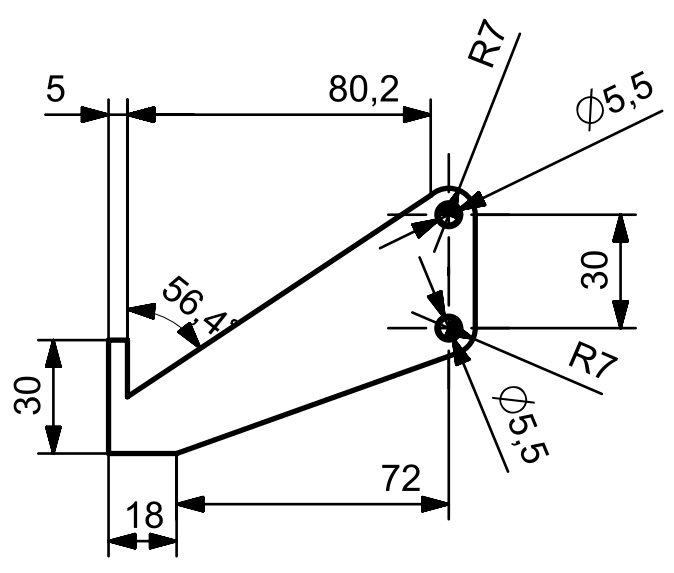


16	Base(pieza1)]	1
15	Base(pieza2)]	1
14	Base de la cúpula]	1
13	Brazo]	8
12	Tapa]	1
11	Soporte de motor]	8
10	Soporte para Lidar]	1
9	Lidar]	1
8	Cámara FPV]	1
7	Motor]	8
6	Hélices]	8
5	Sensor]	1
4	Tren de aterrizaje (pieze1)	2
3	Tren de aterrizaje (pieze2)	2
2	Soporte de la cámara Reflex	1
1	Cámara Reflex]	1
Número	Pieza	Cantidad



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título Diseño tridimensional de un UAV multirotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Fecha	16/06/2019		
Revisado	16/06/2019	Formato Plano A2 UAV con Lidar y Cámara Reflex	
Aprobado por	Tutor		
Hoja	22/23	N plano F	
		ESCALA 1:2	Plano de conjunto
		Plano 1/2	A2



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Elaborado por	Houda Habboub	Título	
Fecha	16/06/2019	Diseño tridimensional de un UAV multirrotor topográfico y de los soportes para Lidar 3D y / o una cámara fotográfica	
Revisado	16/06/2019	Formato Plano	
Aprobado por	Tutor	N plano	
Hoja	23/23	A2 Soporte de la cámara Reflex F.1	
		Escala1:2 Plano de despiece Plano 2/2	