



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Isabel María Rivera Pérez

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL
Y DESARROLLO DEL PRODUCTO

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

- Autor del proyecto: Isabel María Rivera Pérez
- Director del proyecto: D. Rafael Bienvenido Bárcena
- Codirector del proyecto: D. Andrés Yáñez Escolano

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Índice General

I.	MEMORIA.....	3
1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	OBJETO.....	8
3.	ALCANCE.....	8
4.	ANTECEDENTES.....	9
5.	NORMAS Y REFERENCIAS.....	12
6.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	16
7.	REQUISITOS DE DISEÑO.....	17
8.	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	17
9.	RESULTADOS FINALES.....	27
10.	PLANIFICACIÓN.....	31
II.	ANEXOS.....	34
	ANEXO 1.....	38
	<i>ANEXO 1. Toma de datos.....</i>	39
	ANEXO 2.....	44
	<i>ANEXO 2. Creación del modelo virtual.....</i>	45
	ANEXO 3.....	49
	<i>ANEXO 3. Cálculo de magnitudes.....</i>	50
	ANEXO 4.....	59
	<i>ANEXO 4. Estudio previo de materiales para el diseño de la carcasa.....</i>	60
	ANEXO 5.....	65
	<i>ANEXO 5. Tratamiento de materiales.....</i>	66
III.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	69
IV.	MEDICIONES.....	78
V.	PRESUPUESTO.....	83
VI.	PLANOS.....	91



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

I. MEMORIA

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Índice de la Memoria

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETO	8
3. ALCANCE	8
4. ANTECEDENTES	9
4.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO.....	9
4.1.1. <i>Los elementos internos.....</i>	9
4.1.2. <i>Los elementos externos. Sensores.....</i>	10
4.2. COMPARTIMENTADO INICIAL	10
4.3. PROBLEMAS PERCEPTIBLES	10
5. NORMAS Y REFERENCIAS	12
5.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	12
5.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO	12
5.3. BIBLIOGRAFÍA	12
5.4. REFERENCIAS	14
6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	16
7. REQUISITOS DE DISEÑO.....	17
8. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	17
8.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO.....	17
8.1.1. <i>Estudio de la ubicación de la caja estanca</i>	17
8.1.2. <i>Distribución de los elementos internos.....</i>	18
8.1.3. <i>Distribución de los elementos externos.....</i>	21
8.2. SISTEMAS DE CIERRE.....	22
8.2.1. <i>Sistema de cierre para el compartimento estanco.....</i>	22
8.2.2. <i>Sistema de cierre para el compartimento de los sensores</i>	23
8.3. SISTEMA DE ACOPLA AL ROV	23
8.4. CONEXIONES DE ELEMENTOS DEL SISTEMA	24
8.5. SELECCIÓN DE MATERIALES.....	25
8.5.1. <i>Metacrilato para el cuerpo de la caja estanca</i>	25
8.5.2. <i>Policarbonato para sistemas de cierre y base de ajuste.....</i>	26
9. RESULTADOS FINALES	27
9.1. ANÁLISIS FUNCIONAL COMPARATIVO.....	27
9.1.1. <i>Flotabilidad.....</i>	27
9.1.2. <i>Resistencia al avance.....</i>	27
9.1.3. <i>Estabilidad.....</i>	28
9.2. SOLUCIÓN DEL CONJUNTO.....	29
10. PLANIFICACIÓN	31

1. Introducción

Actualmente, los Vehículos Sumergibles de Control Remoto o *ROVs (Remote Operated Vehicles o Remotely Operated Underwater Vehicle)* vienen siendo cada vez más utilizados debido a su versatilidad funcional. Pueden utilizarse desde para funciones que abarcan desde hacer un simple vídeo hasta otras más complejas, como la extracción de variables procedentes del fondo marino para determinadas investigaciones.

En el marco de la investigación, estos dispositivos sirven como herramienta de trabajo para desempeñar funciones que el ser humano no puede realizar, o bien con carácter complementario, gracias a su capacidad para llegar a zonas de difícil acceso y alcanzar grandes profundidades. Los *ROVs* se pueden clasificar en diferentes categorías, pero las más comunes son según su tamaño o según su clase de trabajo. Así pues, podemos encontrar desde pequeños vehículos destinados a realizar trabajos de observación hasta los dedicados a tareas específicas, que son de mayor tamaño y capaces de alcanzar profundidades de hasta 3.000 metros.

En este proyecto se redacta todo el proceso llevado a cabo para desarrollar un prototipo de compartimento estanco, destinado a contener el sistema de monitorización hidrológico, según el modelo diseñado por D. Alejandro Chacón Peregrino, Graduado en Ingeniería Informática y ex alumno de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz.

Este sistema se desarrolla para complementar al ROV al que se le acopla para realizar tareas de observación e investigación, basadas en la extracción de datos y variables que permitan estudiar el fondo marino de la Bahía de Cádiz para proyectos de investigación realizados en el CASEM (Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos), de la propia universidad.

2. Objeto

Este proyecto se centra en el proceso llevado a cabo para el desarrollo de un prototipo de caja estanca en la que se pretende insertar un sistema de monitorización hidrológico para acoplarlo en un robot subacuático, del tipo conocido como *OpenRov*.

En dicho proceso se redactan todos los aspectos a tener en cuenta para que el prototipo cumpla todos los objetivos solicitados por el cliente y sea perfectamente funcional, sin interferir negativamente en el funcionamiento del robot al que se acopla.

3. Alcance

Los requisitos principales que debe cumplir el prototipo, según el cliente, son los siguientes:

- Ser estanca.
- El diseño debe adaptarse a la forma del ROV para no interferir negativamente en el normal funcionamiento de los motores encargados de su desplazamiento, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Minimizar la resistencia al avance.
- No afectar a la flotabilidad y equilibrio del ROV.
- Soportar la presión hidrostática.
- Incorporar un lastre variable.
- Disponer de una forma y distribución interior óptima para alojar las tarjetas controladoras de los sensores del sistema de monitorización hidrológico.
- Disponer de orificios y trampillas estancos que permitan tanto el paso del cableado que comunica las tarjetas controladoras (ubicadas en el interior) con los sensores (situados en el exterior) como que permita un fácil acceso al interior de la cara por parte del usuario.

4. Antecedentes

Actualmente, los departamentos de Ingeniería Informática y Ciencias de la Tierra de la Universidad de Cádiz están realizando diversos estudios sobre el fondo marino de la Bahía de Cádiz. Para facilitar esta labor, Alejandro Chacón, ya mencionado en la introducción de este documento, desarrolla un sistema de monitorización hidrológico que se acopla como accesorio a un *OpenRov*, vehículo de observación acuático de pequeñas dimensiones.



Figura 1. Robot sumergible, modelo OpenRov.

El sistema de monitorización cuenta con una serie de sensores que permiten recoger información sobre diferentes parámetros de las profundidades de la Bahía de Cádiz y transformarlos en variables necesarias para los respectivos estudios.

Por tanto, y considerando que el sistema, para realizar su función, permanecerá sumergido en el medio acuático, se hace necesario que el mismo disponga de una protección tal que asegure el desempeño adecuado de la misma, alcanzando los máximos niveles de funcionalidad y fiabilidad.

4.1. Elementos del sistema de monitorización hidrológico

El sistema de monitorización cuenta con una serie de elementos que se dividen en las dos categorías siguientes, dependiendo del grado de protección requerido frente al agua.

4.1.1. Los elementos internos

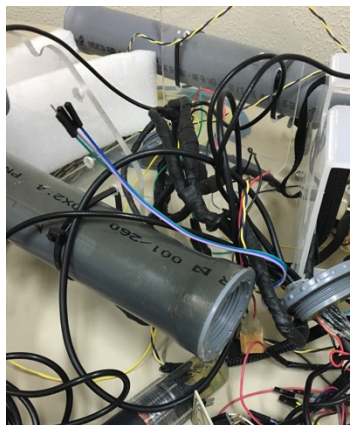
- Batería
- Arduino Nano
- Tarjeta MicroSD
- PCB de EC
- PCB de ORP
- PCB de pH
- PCB de Temperatura

4.1.2. Los elementos externos. Sensores

- Sensor de EC
- Sensor de ORP
- Sensor de pH
- Sensor de Temperatura

4.2. Compartimentado inicial

Inicialmente, el sistema se distribuyó, de manera arbitraria, en cuatro tubos cilíndricos de PVC. Los dos cilindros de mayor tamaño, mostrados en la Figura 2.(a), fueron destinados a albergar los elementos del circuito que no pueden estar en contacto con el agua, con un sistema de cierre consistente en un tapón roscado, dotado de una junta tórica para proporcionar la estanqueidad necesaria.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Tubos de PVC que contienen los elementos internos del sistema.
(b) Uno de los tubos de PVC que contiene algunos de los sensores
(fotografías realizadas en el CASEM, Puerto Real).

Los dos cilindros de menor tamaño, que se muestra en la Figura 2.(b) , se destinan exclusivamente al alojamiento de los sensores. Debido a que éstos deben permanecer en contacto directo con el agua, dichos cilindros, al contrario que los anteriores, carecen de cierre, para permitir que el agua fluya entre ellos.

4.3. Problemas perceptibles

Tras la realización de varias pruebas, se concluye que el sistema de monitorización hidrológico cumple su objetivo.

Sin embargo, y fuera del contexto de funcionalidad, existen otros aspectos perceptiblemente mejorables. En la Figura 3, se muestra la disposición de los elementos antes de introducirlos en los cilindros:

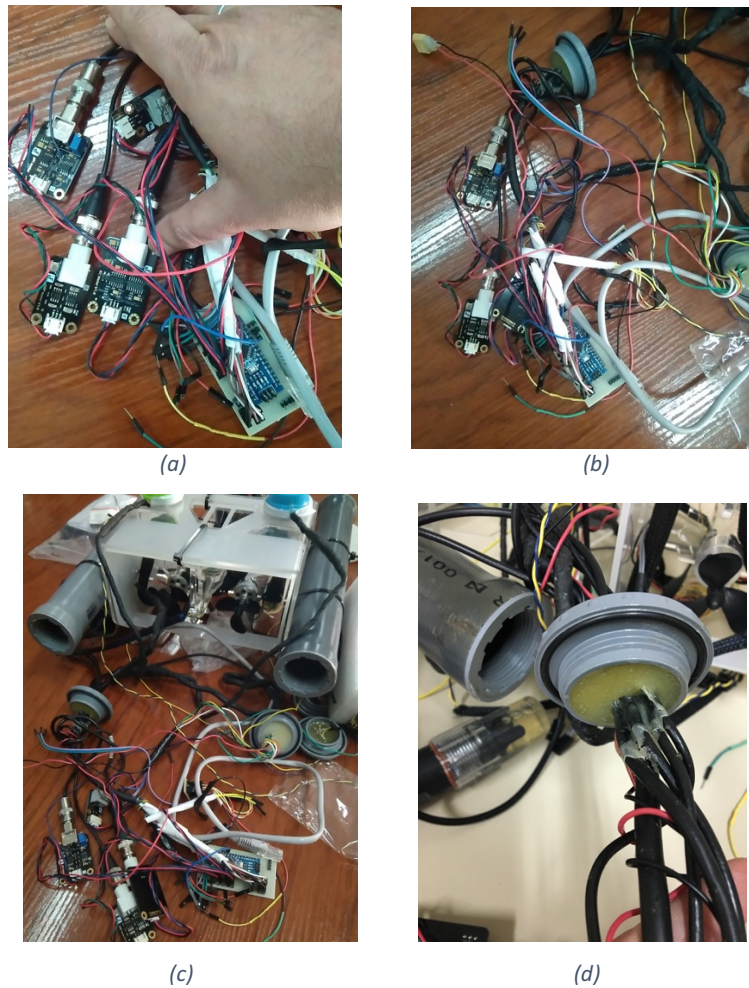


Figura 3. (a) y (b) Estado de los conectores enrollados entre los sensores del sistema de monitorización. (c) Estado inicial del ROV con los tubos de PVC acoplados. (d) Tapón de rosca con junta tórica como sistema de cierre de los tubos de mayor tamaño (fotografías realizadas en el CASEM, Puerto Real).

A simple vista se puede percibir:

- **Selección mejorable de materiales**, lo que constituye la principal causa del aumento de flotabilidad positiva. Esto conlleva que haya que añadir un lastre de hasta 0,5 kg para poder conseguir una flotabilidad neutra.
- **Disposición mejorable de los elementos**. La disposición intuitiva de los elementos afectan al centro de gravedad, y por tanto a la estabilidad del conjunto, por lo que se hace necesario un estudio más exhaustivo en el que se consideren la distribución de pesos y medidas reales de cada componente para alcanzar un equilibrio óptimo.
- **Exceso de cableado**. Los conectores se encuentran enrollados entre sí y el resto de componentes, provocando mala visibilidad y dificultando su introducción, junto con los demás elementos, dentro del cilindro.
- **Sistemas de cierre y estanqueidad mejorables**. Aunque son útiles y efectivos, se pueden estudiar nuevas alternativas de igual o mayor grado de efectividad.

5. Normas y referencias

5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

UNE 157001:2014 Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

5.2. Programas de cálculo

CES EduPack 2013, versión 2013, Granta Design.
CATIA P3 V5R21, versión V5R21 , Dassault Systèmes.
Tdyn, versión Tdyn x64, Compass

5.3. Bibliografía

- [1]. Rovs, *QUE ES UN ROV*, Loc. URL: <https://www.rovs.es/que-es-un-rov> [10/08/2018].
- [2]. OpenRov, *OPENROV*, Loc. URL: <https://www.openrov.com/products/openrov28/>, [10/08/2018].
- [3]. D. Alejandro Chacón Peregrino, *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO EN UN ROBOT SUBACUÁTICO*, Proyecto Fin de Grado, Universidad de Cádiz, Puerto Real (España), [10/08/2018].
- [4]. Wikipedia, *Coeficiente de arrastre*, Loc. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_arrastre [10/08/2018].
- [5]. Arduino, *Arduino MEGA*, Loc. URL: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>, [10/08/2018].
- [6]. Amazon, *Floureon 7.4V Batería*, Loc. URL: <https://www.amazon.es/Floureon-Bater%C3%ADa-Hobbies-Compatible-Helic%C3%B3ptero/dp/B013B2DOYW>, [10/08/2018]
- [7]. Arduino, *Arduino NANO*, Loc. URL: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>, [10/08/2018].
- [8]. DFRobots, *Sensor EC*, Loc. URL: <https://www.dfrobot.com/product-1123.html>, [10/08/2018].
- [9]. DFRobots, *Sensor ORP*, Loc. URL: <https://www.dfrobot.com/product-1071.html>, [10/08/2018].
- [10]. DFRobots, *Sensor pH*, Loc. URL: <https://www.dfrobot.com/product-1110.html>, [10/08/2018].
- [11]. Ebay, *MicroSD Arduino*, Loc. URL: <https://www.ebay.es/itm/MICRO-SD-MODULO-LECTOR-TARJETA-MICRO-SD-CARD-ARDUINO-electronica-microsd-SP-/252343077489?oid=272539521045>, [10/08/2018].
- [12]. Amazon, *Prensaestopas M12*, Loc. URL: https://www.amazon.es/sourcemap%C2%AE-Prensaestopas-Contratuerca-pl%C3%A1stico-3-6-5mm/dp/B01MXQ6726/ref=sr_1_9?ie=UTF8&qid=1533667715&sr=8-9&keywords=prensaestopa+m12, [10/08/2018].
- [13]. Tapas Rioja, *5 RAZONES POR LAS QUE DESEARÁS LOS FRASCOS HERMÉTICOS PARA TUS CONSERVAS*, Loc. URL: https://tapasrioja.es/es/blog/43_ventajas-frascos-hermeticos.html [10/08/2018].
- [14]. Amazon, *Cierre "Snap – Tight"*, Loc. URL: <https://www.amazon.com/IST-DB02-Dry-Box/dp/B01A4WPJYU>, [10/08/2018].

- [15]. Amazon, *Plancha de caucho*, Loc. URL: https://www.amazon.es/Jardin202-Plancha-Ancho-Color-Negro/dp/B073CTWXBK/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1533158627&sr=8-1&keywords=plancha%2Bgoma%2B4mm&th=1, [10/08/2018].
- [16]. Amazon, *Plancha de metacrilato*, Loc. URL: https://www.amazon.es/MW-Materials-World-Metacrilato-transparente/dp/B01F3SB31S/ref=sr_1_fkmr0_4?s=tools&ie=UTF8&qid=1533159740&sr=1-4-fkmr0&keywords=plancha+de+metacrilato+2mm, [10/08/2018].
- [17]. HobbyKing, *Carrete de policarbonato*, Loc. URL: https://hobbyking.com/es_es/pc-3d-printer-filament-black.html?countrycode=ES&gclid=CjwKCAjwIbBRBhEiwAWV-5nibvCpYPNYJ_OUnP4L-uHMgGk7Ust8eSqzZDsuvDv5Nr-7W-NvSwhRoCmt4QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds, [10/08/2018].
- [18]. Amazon, *Varilla de 1.5mm*, Loc. URL: https://www.amazon.es/Di%C3%A1metro-Inoxidable-Varillas-Empuje-modelo/dp/B00O9YWWHM/ref=sr_1_2?s=tools&ie=UTF8&qid=1533466041&sr=1-2&keywords=varilla+acero+inoxidable+1%2C5mm, [10/08/2018].
- [19]. Amazon, *Varilla de 3mm*, Loc. URL: https://www.amazon.es/Sourcingmap-di%C3%A1metro-inoxidable-varilla-redonda/dp/B00OK4151K/ref=sr_1_1?s=tools&ie=UTF8&qid=1533465743&sr=1-1&keywords=varilla+acero+inoxidable+3mm, [10/08/2018].
- [20]. Campus de Guipuzcua, *Principio de Arquímedes*, Loc. URL: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>, [10/08/2018].
- [21]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, *Principio de Arquímedes*, Loc. URL: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html>, [10/08/2018].
- [22]. D. José Manuel Moya García, *ANÁLISIS DEL ROV MODELO OPENROV Y DISEÑO DE UNA NUEVA CARENA OPTIMIZADA PARA LA INSPECCIÓN SUBMARINA*, Proyecto Fin de Grado, Universidad de Cádiz, Puerto Real (España), [10/08/2018].
- [23]. Wikipedia, *Número de Reynolds*, Loc. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Reynolds, [10/08/2018]

5.4. Referencias

[1] Tubo de metacrilato	[A.1.] Trabajo de diseño
[2] Tubo de baterías	[B.1.] Planchas de metacrilato
[3] Carcasa o chasis	[B.2.] Carrete de policarbonato
[4] Hélice	[B.3.] Plancha de caucho
[5] Batería	[C.1.] Varilla de Ace. Inox. 1
[6] Arduino NANO	[C.2.] Varilla de Ace. Inox. 2
[7] Micro SD	[C.3.] Varilla de Ace. Inox. 3
[8] PCB EC	[D.1.] Trabajo de fabricación
[9] PCB ORP	[D.2.] Montaje
[10] PCB PH	
[11] PCB de Temperatura	[Ecuación 1] Fuerza de Empuje (E)
[12] Sensor EC	[Ecuación 2] Fuerza Peso (P)
[13] Sensor ORP	[Ecuación 3] Fuerza Resultante (F_R)
[14] Sensor PH	[Ecuación 4] Coeficiente de arrastre (c_D)
[15] Sensor de Temperatura	[Ecuación 5] Fuerza de arrastre (F_d)
	[Ecuación 6] Número de Reynolds (Re)

Tabla 1	Comparación de los valores de la resistencia hidrostática obtenidos.
Tabla 2	Comparación de las características y el centro de gravedad con la inclusión de la caja estanca y el sistema de monitorización hidrológico.
Tabla 3	Componentes generales del robot sumergible, modelo OpenROV.
Tabla 4	Componentes generales del sistema de monitorización.
Tabla 5	Magnitudes del modelo virtual del ROV, modelo OpenRov.
Tabla 6	Posición del centro de gravedad.
Tabla 7	Propiedades del PVC.
Tabla 8	Propiedades del ABS.
Tabla 9	Propiedades del PC.
Tabla 10	Propiedades generales del PMMA.
Tabla 11	Mediciones de diseño y documentación.
Tabla 12	Mediciones de materiales.
Tabla 13	Mediciones de elementos de fijación.
Tabla 14	Mediciones de mano de obra.
Tabla 15	Precio unitario de diseño y documentación.
Tabla 16	Precio unitario de materiales.
Tabla 17	Precio unitario de elementos de fijación.
Tabla 18	Precio unitario de mano de obra.

Tabla 19 Presupuesto de diseño y documentación.

Tabla 20 Presupuesto de materiales.

Tabla 21 Presupuesto de elementos de fijación.

Tabla 22 Presupuesto de mano de obra.

Tabla 23 Presupuesto total de diseño y documentación.

Tabla 24 Presupuesto total de fabricación.

Tabla 25 Presupuesto total.

Esquema 1 Planificación de procesos para el diseño del prototipo.

Esquema 2 Distribución de los componentes del ROV.

Esquema 3 Distribución de los componentes del sistema de monitorización hidrológico.

Esquema 4 Esquema gráfico de la distribución de las conexiones entre los elementos del sistema de monitorización hidrológico.

Esquema 5 Esquema eléctrico de las conexiones de los elementos del sistema de monitorización hidrológico inicial con el módulo central del ROV.

6. Definiciones y abreviaturas

- **ROV** *Remote Operated Vehicle / Remotely Operated Underwater Vehicle* (Vehículo Sumergible de Control Remoto).
- **OpenRov** Modelo de vehículo sumergible de observación para el que se va a diseñar la carcasa.
- **Sistema de Monitorización Hidrológico** Conjunto de elementos que forman un sistema informático que permite la recogida de datos determinada, enfocada a proyectos de investigación.
- **PCB** *Printed Circuit Board* (Placa de Circuito Impreso).
- **EC** *Electrical Conductivity* (Conductividad Eléctrica). Medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica libremente.
- **ORP** *Oxidation / Reduction Potential* (Potencial de Reducción / Oxidación). Medida de la capacidad que tiene un material de oxidarse y reducirse en una solución acuosa.
- **PH** Medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
- **Arduino** Placa microcontroladora de hardware libre de fácil uso.
- **MicroSD** Tarjeta de memoria *flash* de pequeño tamaño.
- **Beagle Bone Black** Placa base del ROV. Es la placa que se conecta a la placa del sistema de monitorización para la transferencia de datos.
- **Carena de un buque** Es la parte del buque sumergida en el agua.
- **Eslora** Longitud de la embarcación desde la proa hasta la popa.
- **Línea de crujía** Línea imaginaria que, pasando de proa a popa de una embarcación, divide al buque en dos mitades iguales.
- **CATIA** Software de diseño, fabricación e ingeniería. Ofrece la posibilidad de modelar cualquier producto dentro del contexto del mismo en la vida real.
- **CAD** *Computer Aided Design. Software* para el dibujo y diseño virtual de productos, así como la documentación correspondiente a los mismos.
- **Tdyn** *Software* que permite realizar simulaciones del comportamiento de los objetos bajo las condiciones a las que se exponen en la vida real.

7. Requisitos de diseño

La caja estanca debe cumplir todos los requisitos solicitados por el cliente, los cuales quedan redactados en el alcance de este documento.

El prototipo debe cumplir todas estas funciones sin interferir en el funcionamiento normal del ROV. Por ello, es necesario un rediseño adaptado a la morfología del dispositivo al que se le acopla, realizado con materiales aptos para soportar las condiciones del medio en el que trabajará, el medio acuático, y a un coste permisible para los usuarios del mismo, concretamente la Universidad de Cádiz.

8. Análisis de soluciones

8.1. Distribución de los elementos del sistema de monitorización hidrológico

8.1.1. Estudio de la ubicación de la caja estanca

Una vez creado el modelo virtual de todos los elementos que conforman el sistema de monitorización, se procede a la fase de distribución de los mismos. Para ello, es necesario conocer las diferentes ubicaciones y espacios de los que se dispone para que el acople de la caja no altere al funcionamiento normal del ROV.

Es importante que el peso se distribuya de forma regular y compensada para conseguir una mayor estabilidad, por lo que se barajan varias opciones:

- *Primera Opción: Zona posterior.*

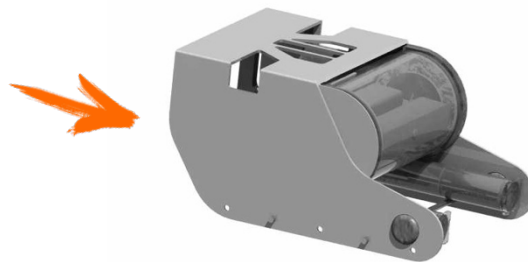


Figura 4. Análisis de la ubicación de la caja en la zona posterior del ROV.

La primera de ellas consistiría en la ubicación de la caja estanca en la zona posterior del ROV. Esta opción, aunque se dispone de un espacio suficiente para su posible ubicación, no se considera la más conveniente, principalmente por dos motivos; el primero de ellos es que en esta zona del ROV se encuentran localizadas las hélices, lo que podría generar perturbaciones no deseadas en el funcionamiento de las mismas. Así mismo, el diseño del compartimento resultaría un tanto complejo puesto que, aunque se dispone de espacio suficiente, su elaboración resultaría excesivamente compleja.

- *Segunda Opción: Zona frontal.*

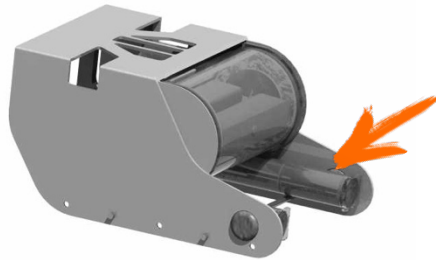


Figura 5. Análisis de la ubicación de la caja en la zona frontal del ROV.

La segunda opción sería situar la caja en la zona delantera superior del ROV, pero se observan dos inconvenientes principales: un desequilibrio en la estabilidad inicial del conjunto y, aunque existe espacio disponible, tras la realización de los correspondientes cálculos se observa que éste no es suficiente para alojar la totalidad de los elementos que deben incluirse en el sistema.

- *Tercera Opción: Zona central inferior.*

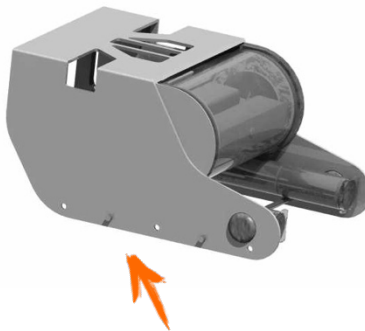


Figura 6. Análisis de la ubicación de la caja en la zona central inferior del ROV.

La tercera opción consistiría en la ubicación de la caja estanca en la parte inferior central del ROV. Esta opción se considera la más interesante, puesto que, además de disponer de espacio suficiente, no afectaría de manera relevante a la posición del centro de gravedad del conjunto.

8.1.2. Distribución de los elementos internos

La distribución de los elementos en el interior de la caja resulta fundamental, ya que se va a utilizar como referente para las demás medidas. Por ello, se barajan tres opciones posibles:

- *Primera Opción:*

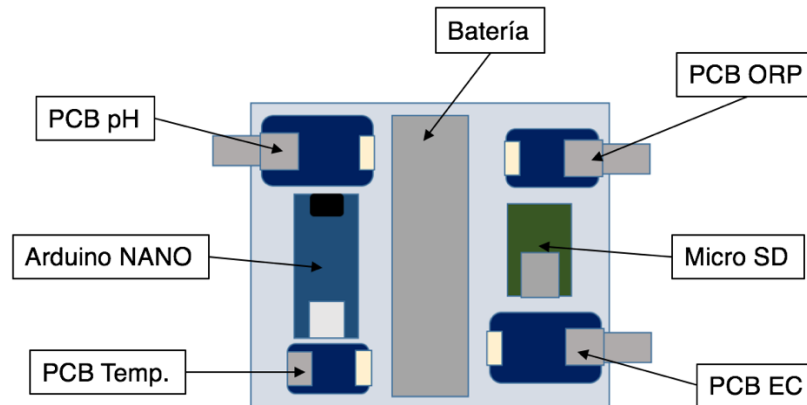


Figura 7. Esquema gráfico de la primera opción de distribución de los elementos internos.

Esta opción contempla un reparto de elementos en el que el componente de mayor peso se ubica en el centro del espacio disponible, de manera transversal, al igual que la placa Arduino NANO y la tarjeta MicroSD, quedando los componentes más livianos distribuidos próximos a los laterales de la caja.

Esto presenta una serie de ventajas, como puede ser un reparto equilibrado del peso total, una distribución simple y una mayor claridad y visibilidad de los elementos, a la vez que facilita la accesibilidad a los mismos.

Por contra, presenta también una serie de inconvenientes, como puede ser la no optimización del espacio interior y mayor dificultad de conexión entre algunos elementos con la placa Arduino NANO.

- *Segunda Opción:*

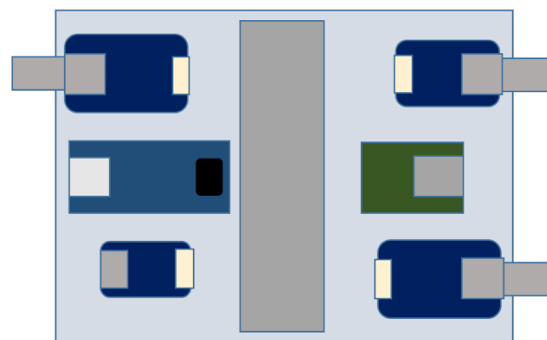


Figura 8. Esquema gráfico de la segunda opción de distribución de los elementos internos.

En esta opción, la batería es el único elemento dispuesto transversalmente, en posición central y perpendicular al resto de los elementos.

La diferencia que presenta esta opción con respecto a la anterior es el posicionamiento de la placa Arduino NANO y la MicroSD, no existiendo más diferencias notables.

- Tercera Opción:

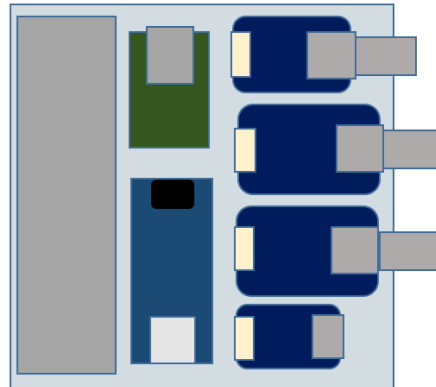


Figura 9. Esquema gráfico de la tercera opción de distribución de los elementos internos.

La tercera opción, contempla una distribución simple del conjunto, tal que el componente de mayor peso se sitúa en un extremo del espacio disponible y en el otro extremo se sitúa el conjunto de PCBs, dejando en la parte central la MicroSD y la placa Arduino NANO. Esto facilita la conexión de ésta última con el resto de componentes, y, además, con esta distribución, se obtienen todas las ventajas de las opciones anteriores y la máxima optimización del espacio.

Por las razones anteriormente expuestas, se opta por esta última opción, si bien se considera la modificación de la distribución de las PCBs, dejando en la parte central las placas de menor tamaño.

Además, tal y como se observa en la Figura 10, los componentes se distribuyen sobre una base común [Plano 5], separados y ajustados, garantizando la inmovilidad de los mismos y dejando espacio suficiente para la ubicación de los conectores en su interior. Esta inmovilidad se consigue gracias a la interposición de elementos separadores.

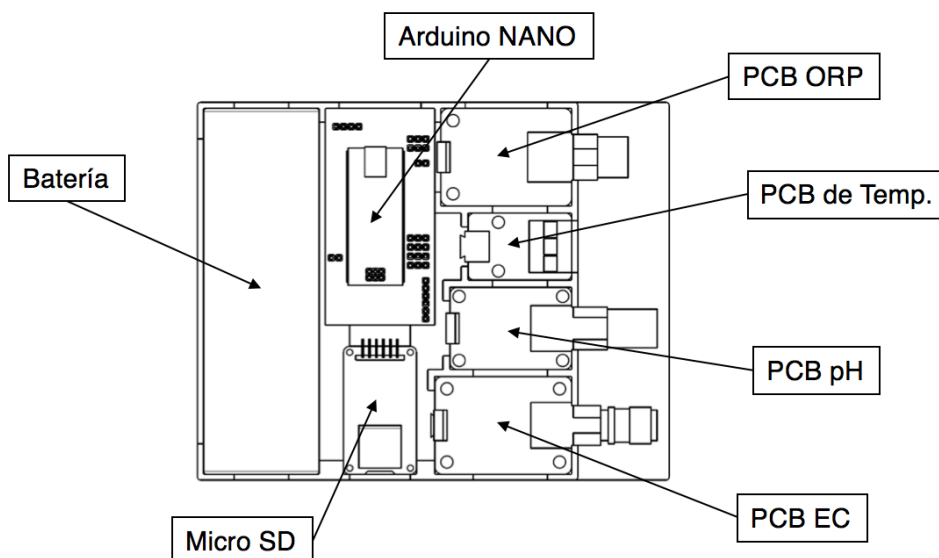


Figura 10. Distribución definitiva de los elementos internos dentro del compartimento estanco de la caja (elaboración propia).

8.1.3. Distribución de los elementos externos

El reparto de los elementos externos dentro de su compartimento está directamente relacionado con la distribución de los elementos internos [Plano 5]. Dada la necesidad de que estos elementos se encuentren en contacto directo con el agua, no es necesario que el compartimento que los contenga sea estanco, es más, resulta imprescindible que el mismo sea inundable para favorecer la función de contacto. Por tanto, la misión básica de este compartimento es contener e inmovilizar los sensores del equipo. Además, debe estar provisto de orificios que permitan el paso de los cables que conectan estos sensores con las placas.

En la Figura 11 se muestra la distribución elegida:

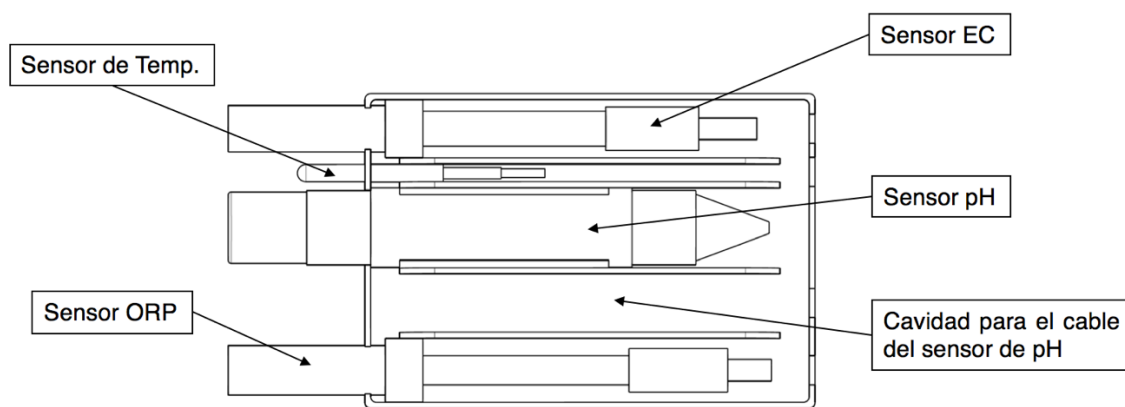


Figura 11. Distribución definitiva de los sensores en su respectivo compartimento (elaboración propia).

Considerando la masa de los sensores y del compartimento estanco, se ha procedido a la distribución regular del compartimento que contiene a los sensores en cinco secciones que se reparten de la siguiente manera:

- Sensor EC.
- Sensor de temperatura.
- Sensor del PH.
- Cavity para el conector del sensor de PH.
- Sensor ORP.

En la Figura 11 se observa que los elementos se encuentran separados por inserciones longitudinales integradas en la propia caja, que permiten la inmovilización de los mismos.

8.2. Sistemas de cierre

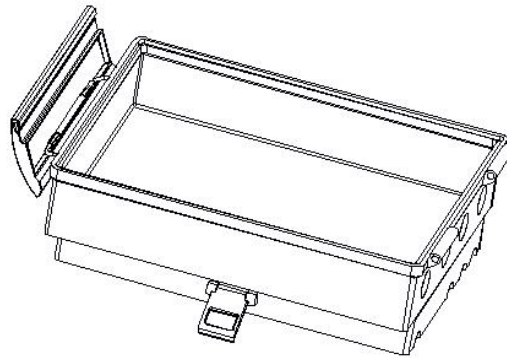


Figura 12. Sistema de cierre para compartimento estanco
(elaboración propia).

Tras realizar un estudio de mercado previo y conocer las posibles opciones existentes de las que se dispone para incorporarlas en el prototipo como sistemas de cierre, finalmente se opta por las siguientes alternativas:

8.2.1. Sistema de cierre para el compartimento estanco

Se usa un sistema de cierre estanco tipo “clip”, consistente en una solapa unida al contenedor estanco mediante una pieza metálica, y una junta de goma que rodea la parte inferior de la tapa en forma de barrera resistente al agua [Plano 4]. El funcionamiento de este sistema consiste en encajar el extremo superior de la solapa del cierre con la tapa y, mediante una ligera presión, sellar dicho cierre. Esto se confirma a través del sonido del “clip”, que advierte al usuario de que el cierre se ha realizado correctamente. La junta de caucho queda ajustada entre la pared interior del contenedor y la tapa, garantizando el aislamiento del sistema frente a situaciones de humedad y de inmersión.

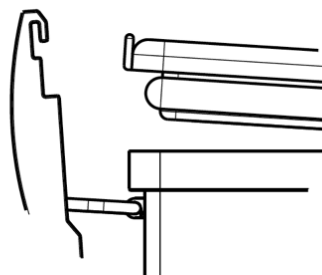


Figura 13. Sistema de cierre para compartimento estanco
(elaboración propia).

8.2.2. Sistema de cierre para el compartimento de los sensores

Para el compartimento de los sensores se ha optado por un sistema de cierre más sencillo, puesto que no precisa de un aislamiento interno frente al agua [Plano 4]. Este cierre fija la tapa al contenedor de los sensores, permitiendo el ajuste e inmovilización del contenido. La caja contiene dos cierres inspirados en el sistema “*snap – tight*”, ubicándose cada uno en los extremos laterales del compartimento al que corresponden.

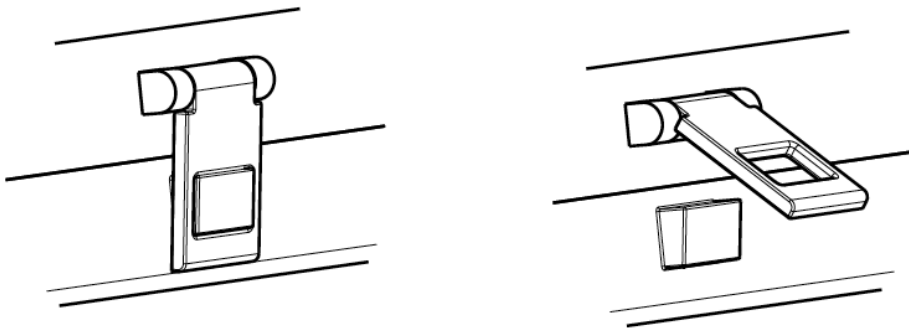


Figura 14. Sistema de cierre para compartimento de los sensores (elaboración propia).

8.3. Sistema de acople al ROV

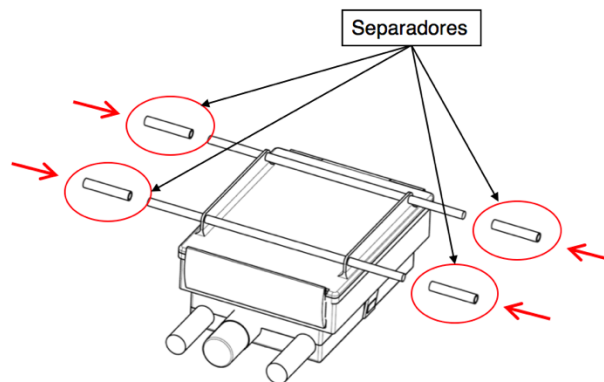


Figura 15. Acople del dispositivo y de los cilindros de caucho en las varillas de acero (elaboración propia).

El sistema de acople de la caja al ROV consiste en la introducción de las varillas metálicas de la parte inferior de éste último por los orificios practicados al efecto y localizados en la zona superior de la tapa del contenedor estanco [Plano 8]. Este sistema permite una fácil instalación y desinstalación del dispositivo en el robot.

Para centrar y fijar su posición, se utilizan cuatro cilindros huecos de caucho, que se sitúan como aparece en la Figura 15. Se elige el caucho porque, a diferencia de otros materiales, presenta características adecuadas de:

- **Resistencia.** Capacidad de soportar las condiciones a las que se somete durante un largo período de tiempo y, en caso de deterioro de la pieza, es fácilmente reemplazable.
- **Flexibilidad.** El contacto del cilindro con la parte externa de la caja estanca será menos agresivo.
- **Elasticidad.** Permite la compresión del mismo y facilita el acople de la caja. Para que ésta última quede inmovilizada, la longitud de los cilindros será ligeramente superior a la longitud del espacio disponible para su alojamiento, lo que se traduce en la inmovilización del sistema por los cuatro puntos donde se localizan estas piezas.

8.4. Conexiones de elementos del sistema

Para conectar el sistema interno con el externo, se hace uso de cuatro prensaestopas situadas en la parte posterior del compartimento estanco. El uso de estos elementos posibilita las conexiones entre los distintos elementos del sistema, a la vez que mantiene las condiciones de estanqueidad del interior de la caja. En la Figura 16 se señala la ubicación de estos elementos en el dispositivo.

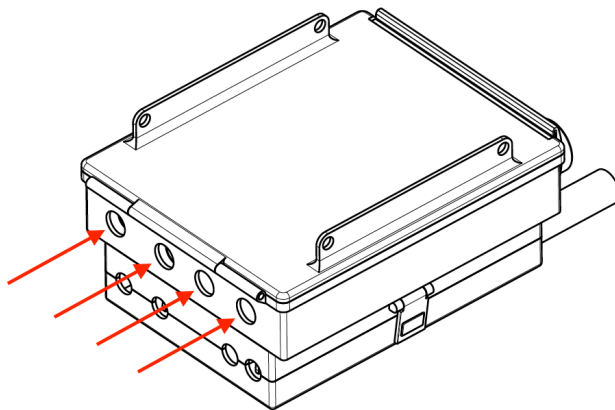


Figura 16. Ubicación de las prensaestopas (elaboración propia).



Figura 17. Fotografía del tipo de prensaestopa utilizada para las conexiones entre el sistema interior y exterior.

Es necesario que el diámetro del pasante de las prensaestopas sea del mismo tamaño que el orificio que atraviesa, en este caso de 12mm (M12).

8.5. Selección de materiales

Una vez analizadas las propiedades de los distintos materiales preseleccionados para la realización de la caja estanca, se determina que los más adecuados son el policarbonato, $(O-(C_6H_4)-C(CH_3)_2-(C_6H_4)-CO)_n$, y metacrilato, $(C_5O_2H_8)_n$.

8.5.1. Metacrilato para el cuerpo de la caja estanca

Se decide optar por metacrilato para realizar el cuerpo de la caja, compuesto por los contenedores donde se alojan la base de ajuste de elementos internos y los elementos externos y sus respectivas tapas. Se escoge este material debido a que presenta unas características más apropiadas para resistir la agresividad del medio en que ha de desempeñar su función, principalmente agua de mar.

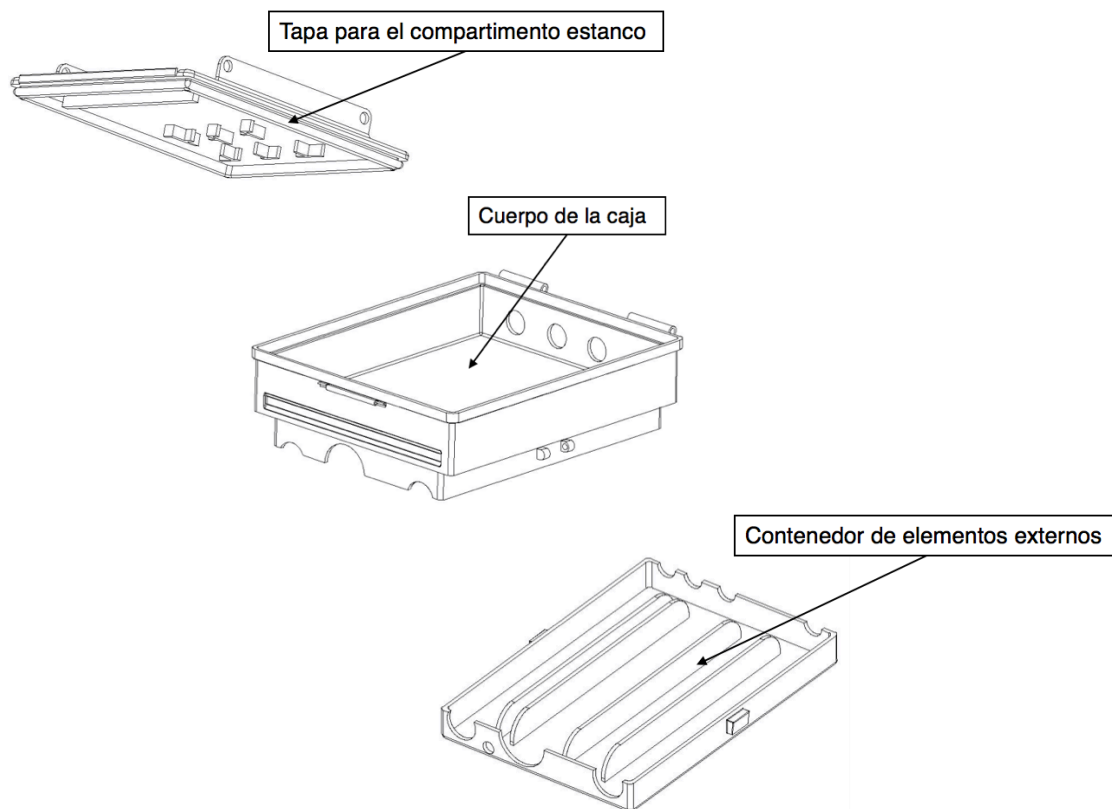


Figura 18. Componentes fabricados de metacrilato (elaboración propia).

Entre las características principales del metacrilato relacionadas con el medio donde va a trabajar, se destaca que presenta una mayor resistencia a agentes alcalinos, además de ser un material sencillo de manipular y cortar, presentando una gran resistencia al envejecimiento, teniendo un coste similar al del policarbonato.

8.5.2. Policarbonato para sistemas de cierre y base de ajuste

Tras un previo estudio de mercado, se observa que en dispositivos que disponen de compartimentos con funciones similares a nuestro prototipo, los sistemas de cierre se fabrican de policarbonato.



Figura 19. Fotografías de diferentes sistemas de cierre de policarbonato para cajas estancas.

Una propiedad interesante que presenta este material es la posibilidad de poder teñirse de color, aportando un plus estético al diseño de nuestro prototipo. Por otra parte presenta otras características de igual interés, como pueden ser su gran resistencia al impacto, lo que lo convierte en objetivo preferente para la elaboración de los sistemas de cierre mediante “clip”, constituyendo un material liviano y duradero.

De los diferentes tipos de presentación que podemos encontrar en el mercado, esto es, lámina sólida (monolítica), lámina celular (alveolar) y lámina acanalada (corrugada), elegiremos la primera de ellas por adecuarse a las necesidades del equipo.

Con respecto a la base del compartimento estanco [Plano 3], ésta también está constituida de este mismo material, por ser liviano y fácilmente moldeable, lo que permite su perfecta adaptabilidad al espacio disponible.

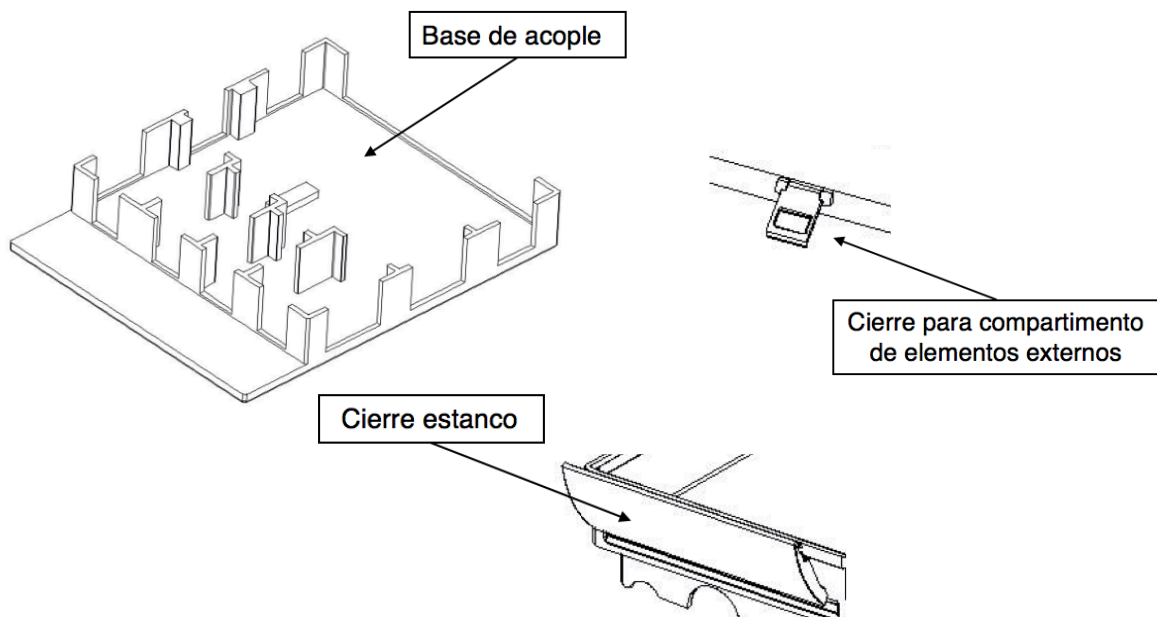


Figura 20. Componentes fabricados de policarbonato (elaboración propia).

9. Resultados finales

9.1. Análisis funcional comparativo

9.1.1. Flotabilidad

Tras el análisis comparativo de cómo afecta la incorporación de la caja estanca, junto con el sistema de monitorización al ROV, se concluye que ésta no afecta negativamente a la flotabilidad del conjunto, puesto que la fuerza correspondiente al peso que ejerce el mismo es mayor que la fuerza de empuje, con lo cual el conjunto presenta una flotabilidad negativa.

Es más, la incorporación de la caja estanca, por sus características de espacios cerrados, incrementa la flotabilidad del ROV en un 100% con respecto a la flotabilidad inicial del mismo, siendo la flotabilidad final obtenida del conjunto de 20,09N de empuje (E).

9.1.2. Resistencia al avance

Resistencia de fricción (c_D)	Valor obtenido (kg/m·s)	Porcentaje*
ROV	233,45	100%
ROV con cilindros de PVC	345,47	147,98%
ROV con caja estanca	327,18	140,15%

Tabla 1. Comparación de los valores de la resistencia hidrostática obtenidos.

Comparando el segundo y el tercer caso respecto al primero, se obtiene un incremento de resistencia al avance del 47,98% y del 40,15% respectivamente, debido a que al añadir un accesorio, la superficie de carena aumenta. Sin embargo, al sustituir los cilindros por la caja, resulta una reducción del orden del 8%; esto indica que la incorporación del nuevo prototipo diseñado produciría una disminución en la resistencia al avance. Por tanto, se concluye que se cumplen con el requisito indicado por el cliente.

[*] Porcentaje respecto a la configuración original del dispositivo.

9.1.3. Estabilidad

En cuanto a la estabilidad, en la Tabla 2 se observa un desplazamiento del Centro de Gravedad con respecto a los tres ejes de coordenadas, siendo el valor de G_y el que experimenta menor alteración en la posición.

Measure Inertia		
	ROV	ROV + caja estanca + SMH
Characteristics		
Volume	0,001m ³	0,002m ³
Area	0,72m ²	1,132m ²
Mass	3,924kg	4,88kg
Density	-	-
Center Of Gravity (G)		
G_x	21,515mm	25,743mm
G_y	-0,086mm	-0,19mm
G_z	-97,559mm	-113,766mm

Tabla 2. Comparación de las características y el centro de gravedad con la inclusión de la caja estanca y el sistema de monitorización hidrológico.

Sin embargo, a partir de las Figura 21 (a) y 21 (b) que se concluye que, visiblemente, el Centro de Gravedad no experimenta variación significativa con respecto a las condiciones de equilibrio iniciales, lo que se traduce en que el dicho centro sufre pequeñas alteraciones en su posicionamiento debido a la incorporación del nuevo dispositivo, pero que éste no alterará notablemente el equilibrio del conjunto.

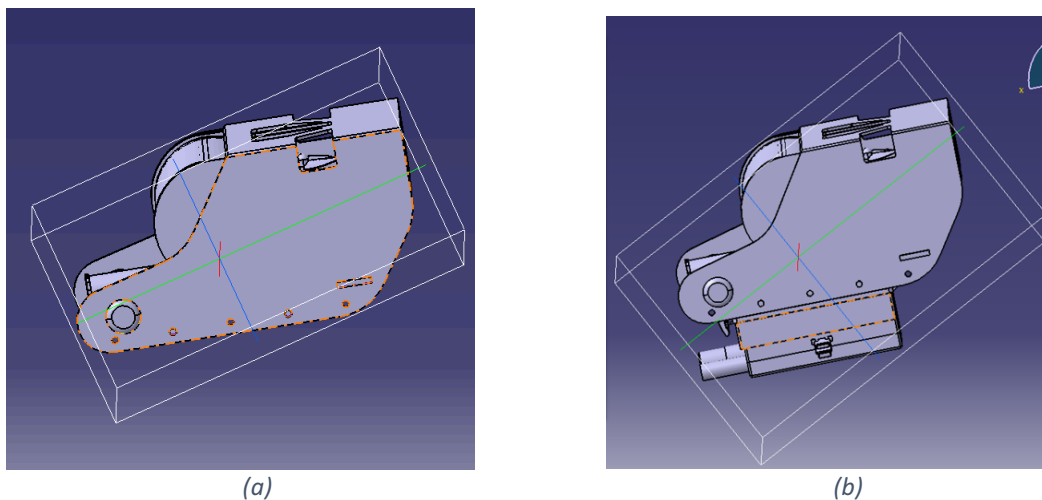


Figura 21. (a) Captura de pantalla de los parámetros del ROV obtenidos sin la caja estanca y (b) Captura de pantalla de los parámetros obtenidos una vez acoplado el dispositivo en el ROV (elaboración propia).

9.2. Solución del conjunto

La solución final del prototipo queda presentado en las imágenes que vienen a continuación.

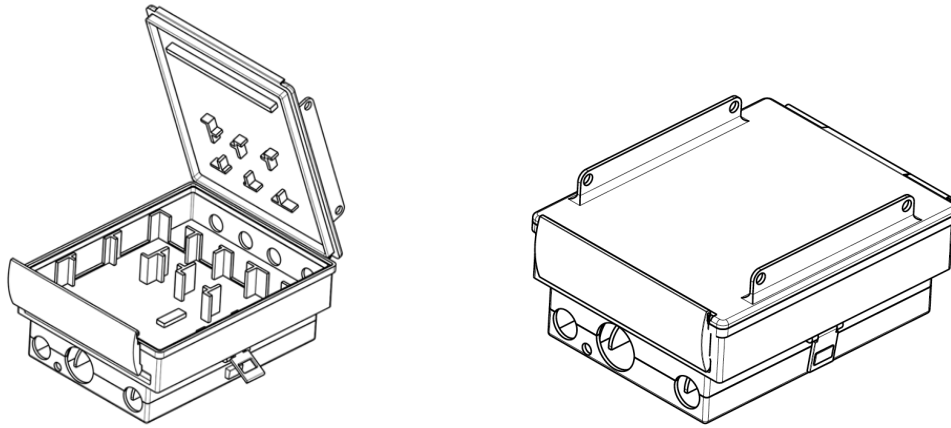


Figura 22. Visualización del diseño final de la caja estanca montada (elaboración propia).

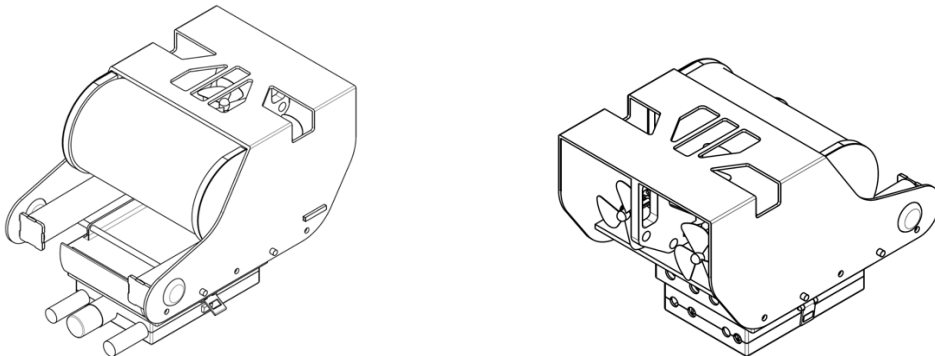


Figura 23. Visualización del conjunto de la caja estanca ya insertada en el ROV (elaboración propia).

Como conclusión final, la incorporación del nuevo dispositivo supondría una optimización de la funcionalidad del ROV ya que, además de no alterar negativamente su funcionamiento normal, permitiría la realización de tareas que van más allá de la captación de imágenes del fondo marino. Por otra parte, el acople de los elementos del sistema de monitorización hidrológico en la caja y de ésta última en el robot resulta fácil e intuitivo de realizar, de manera que los elementos puedan ser distribuidos de forma clara dentro de la caja, implementando así soluciones a los problemas existentes en las cámaras donde se alojaba el sistema inicialmente.

Por tanto, conforme a las condiciones requeridas por el usuario, se puede determinar que:

- Se garantiza la estanqueidad de la caja.
- El diseño se adapta a la forma del ROV y no interfiere negativamente el normal funcionamiento de los motores encargados de su desplazamiento.
- La resistencia al avance del equipo se reduce, siendo ésta del orden del 8% inferior respecto a la resistencia que opone el ROV con la incorporación los cuatro cilindros de PVC.
- La flotabilidad se incrementa en un 100% respecto a las condiciones iniciales. No obstante, el conjunto sigue manteniendo una flotabilidad negativa, amortiguada por dicho incremento, lo que provoca que el conjunto se sumerja de una manera más controlada.
- El equilibrio del ROV no se ve afectado, ya que su centro de gravedad no ha experimentado ninguna variación significativa en sus coordenadas.
- Soportar la presión hidrostática, ya que los materiales utilizados para su construcción son de la mismas características que los utilizados en el ROV.
- No es necesaria la incorporación de un lastre variable, lo que supone un ahorro de material y coste económico.
- Dispone de una forma y distribución interior óptima donde alojar las tarjetas controladoras de los sensores del sistema de monitorización hidrológico.
- Dispone de orificios y trampillas estancos que permiten tanto el paso del cableado que comunica las tarjetas controladoras con los sensores, al igual que un fácil acceso por parte del usuario al interior de la caja.
- Los materiales a partir de los cuales se fabrica la caja estanca son resistentes a las condiciones a las que se somete el producto, y son económicamente accesibles.

10. Planificación

1. Toma de datos de los componentes del ROV.
 - 1.1. Dimensiones.
 - 1.2. Peso.
2. Creación del prototipo virtual del ROV a través de software tipo CAD.
 - 2.1. Creación de los componentes a partir de los datos tomados
 - 2.2. Inclusión de material.
 - 2.3. Ensamblaje de las piezas y creación del conjunto.
3. Comprobación y verificación de los valores de los parámetros obtenidos en el prototipo frente a los reales.
 - 3.1. Masa del conjunto.
 - 3.2. Posición del Centro de Gravedad.
 - 3.3. Volumen.
 - 3.4. Estabilidad
 - 3.5. Flotabilidad
 - 3.6. Resistencia al avance
4. Toma de datos de los elementos del sistema de monitorización hidrológico.
 - 4.1. Dimensiones.
 - 4.2. Peso.
5. Creación del modelo virtual de los elementos del sistema de monitorización a través de software tipo CAD.
 - 5.1. Creación de los componentes del sistema a partir de los datos tomados.
 - 5.2. Inclusión de material.
6. Comprobación y verificación de los valores de los parámetros obtenidos en el modelo virtual.
 - 6.1. Masa de cada elemento.
7. Diseño del prototipo de la caja estanca.
 - 7.1. Estudio de la ubicación de la caja estanca.
 - 7.2. Análisis de la distribución de los elementos internos.
 - 7.3. Análisis de la distribución de los elementos externos.

- 7.4. Análisis de la distribución de componentes de la caja estanca.
- 7.5. Sistemas de cierre.

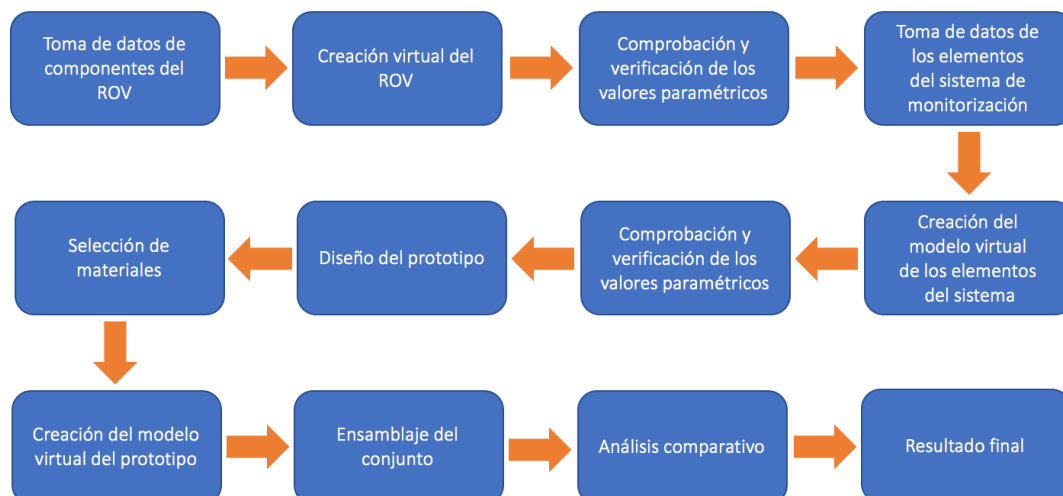
8. Selección de materiales.

9. Creación del modelo virtual de la caja estanca a través de software tipo CAD.
 - 9.1. Creación de los componentes de la caja estanca.
 - 9.2. Inclusión de materiales.

10. Ensamblaje del conjunto.
 - 10.1. Incorporación del sistema de monitorización en la caja estanca.
 - 10.2. Incorporación de la caja estanca con el sistema de monitorización en el ROV.

11. Análisis comparativo de los parámetros obtenidos a partir de la incorporación de la caja estanca al ROV.
 - 11.1. Masa del conjunto.
 - 11.2. Posición del Centro de Gravedad.
 - 11.3. Volumen.
 - 11.4. Estabilidad.
 - 11.5. Flotabilidad.
 - 11.6. Resistencia al avance.

12. Conclusión del resultado final.



Esquema 1. Planificación de procesos para el diseño del prototipo.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

II. ANEXOS

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Índice de Anexos

ANEXO 1.....	38
ANEXO 1. TOMA DE DATOS	39
ANEXO 2.....	44
ANEXO 2. CREACIÓN DEL MODELO VIRTUAL.....	45
2.1. <i>Distribución de los componentes del ROV.....</i>	<i>45</i>
2.2. <i>Distribución de los componentes del sistema de monitorización</i>	<i>46</i>
2.3. <i>Esquema eléctrico del sistema de monitorización hidrológico.....</i>	<i>47</i>
ANEXO 3.....	49
ANEXO 3. CÁLCULO DE MAGNITUDES	50
3.1. <i>Estabilidad.....</i>	<i>50</i>
3.2. <i>Flotabilidad</i>	<i>51</i>
3.2.1. <i>Cálculo de la flotabilidad del ROV</i>	<i>52</i>
3.2.2. <i>Cálculo de la flotabilidad del ROV con la caja estanca</i>	<i>52</i>
3.2.3. <i>Cálculo de la fuerza resultante (F_R) del ROV</i>	<i>53</i>
3.2.4. <i>Cálculo de la fuerza resultante (F_R) del ROV con la caja estanca.....</i>	<i>53</i>
3.3. <i>Resistencia al avance</i>	<i>53</i>
3.3.1. <i>¿Cómo se determina el valor de c_D?.....</i>	<i>54</i>
3.3.2. <i>Resistencia hidrodinámica del ROV sin accesorios.....</i>	<i>55</i>
3.3.3. <i>Resistencia hidrodinámica del ROV con los cilindros de PVC.....</i>	<i>56</i>
3.3.4. <i>Resistencia hidrodinámica del ROV con la incorporación de la caja.</i>	<i>56</i>
ANEXO 4.....	59
ANEXO 4. ESTUDIO PREVIO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE LA CARCASA	60
ANEXO 5.....	65
ANEXO 5. TRATAMIENTO DE MATERIALES.	66
5.1. <i>Tratamientos para metacrilato.....</i>	<i>66</i>
5.1.1. <i>Tratamiento por mecanizado</i>	<i>66</i>
5.1.2. <i>Tratamiento por termoconformado.....</i>	<i>66</i>
5.1.3. <i>Tratamiento de corte por láser</i>	<i>66</i>
5.1.4. <i>Tratamiento por impresión 3D.....</i>	<i>67</i>
5.2. <i>Tratamientos para el policarbonato</i>	<i>67</i>
5.2.1. <i>Tratamiento por impresión 3D.....</i>	<i>67</i>
5.2.2. <i>Tratamiento de moldeo por inyección</i>	<i>67</i>

ANEXO 1

ANEXO 1. Toma de datos

La toma de datos se ha llevado a cabo sobre el prototipo realizado por D. Alejandro Chacón Peregrino en su Trabajo de Fin de Grado, dirigido por el Profesor Doctor D. Andrés Yáñez Escolano, ya que las dimensiones y el peso de los componentes del mismo deben ser idénticos a los del modelo oficial [Figura 24].



Figura 24. Fotografía del robot subacuático del CASEM, a partir del cual se realiza el estudio (Puerto Real, Cádiz).

La toma de datos ha consistido en la recopilación de las magnitudes necesarias para desarrollar el prototipo 3D cada pieza con la mayor exactitud posible, tanto del ROV como del sistema de monitorización hidrológico, con la finalidad de aportar la mayor rigurosidad posible a este estudio.

En las siguientes tablas se recogen los datos correspondientes a las dimensiones generales y el peso de los elementos que conforman el conjunto. La primera tabla comprende los elementos correspondientes al ROV, y la segunda aquellos elementos que forman el sistema de monitorización.

- *Robot Sumergible OpenRov.*

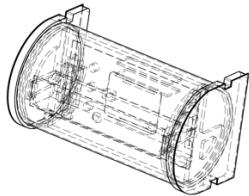
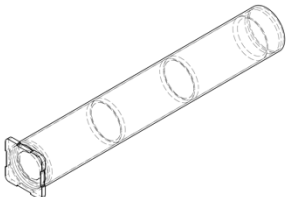
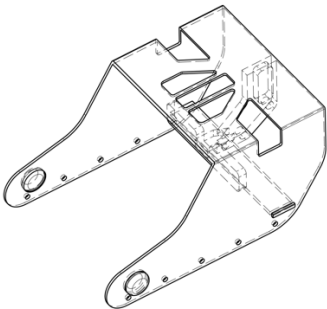
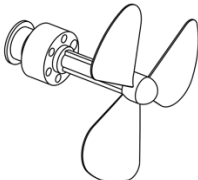
Componentes del ROV					
Ref.	Imagen	Nombre	Dimensiones (mm)	Masa (Kg)	Plano
[1]		Tubo de metacrilato	Ø100 x 194	0,0986	07
[2]		Tubo de baterías	Ø32 x 213	1,101	07
[3]		Carcasa o chasis	200 x 153 x 300	0,577	06
[4]		Hélice	Ø30 x 61	0,039	06

Tabla 3. Componentes generales del robot sumergible, modelo OpenROV (elaboración propia).

- *Sistema de monitorización hidrológico*

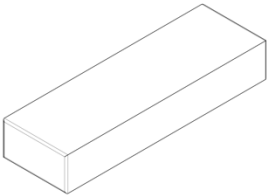
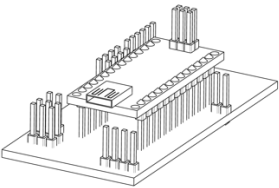
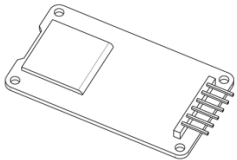
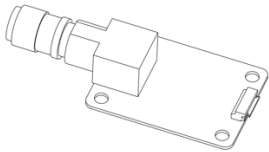
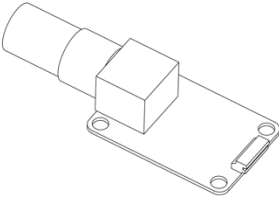
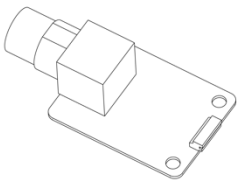
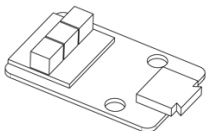
Componentes internos					
Ref.	Imagen	Nombre	Dimensiones (mm)	Masa (Kg)	Plano
[5]		Batería	120 x 38 x 20	0,1477	01
[6]		Arduino NANO	45 x 18 x 1.1	0,007	01
[7]		Micro SD	42 x 24 x 1.1	0,005	01
[8]		PCB EC	45 x 32 x 1.1	0,0135	01
[9]		PCB ORP	40 x 27 x 1.1	0,0155	01
[10]		PCB PH	43 x 32 x 1.1	0,0195	01
[11]		PCB de Temperatura	34 x 22 x 1.1	0,025	01

Tabla 4 (I).

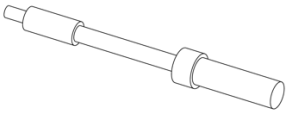
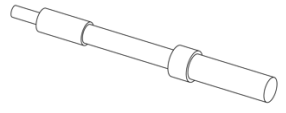
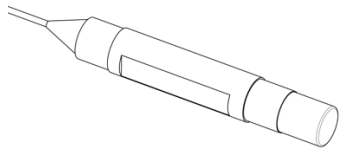
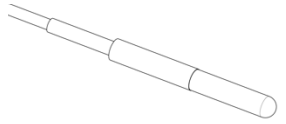
Componentes externos					
Ref.	Imagen	Nombre	Dimensiones (mm)	Masa (Kg)	Plano
[12]		Sensor EC	175 x 10	0,0235	01
[13]		Sensor ORP	170 x 12	0,0230	01
[14]		Sensor PH	158 x 24	0,2050*	01
[15]		Sensor de Temperatura	50 x 6	0,025	01

Tabla 4 (II).

Tabla 4 (I y II). Componentes generales del sistema de monitorización (elaboración propia).

[*]: Valor de la masa total del conjunto del sensor de pH con el cable de longitud L=5m.

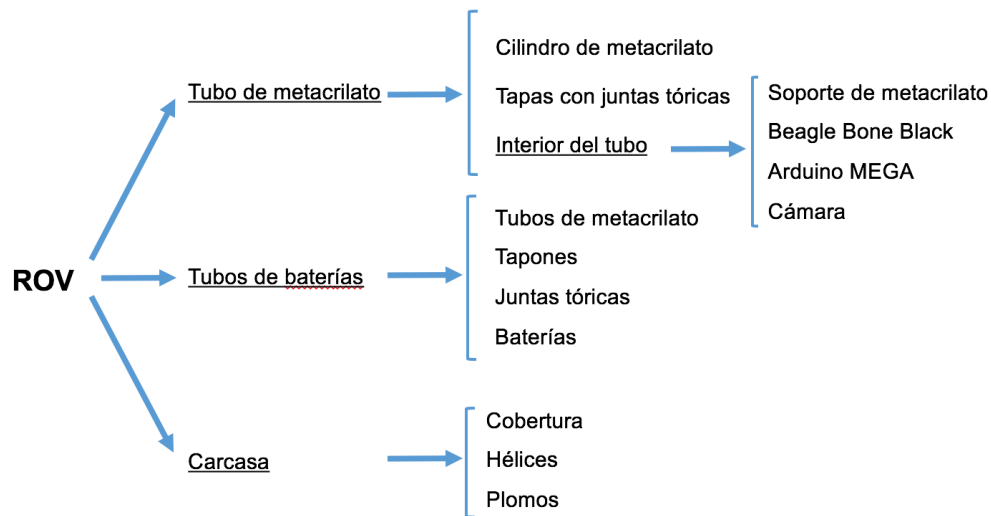
ANEXO 2

ANEXO 2. Creación del modelo virtual.

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procede a la creación del modelo virtual de los componentes. Para el desarrollo de las piezas se ha utilizado el software CATIA.

2.1. Distribución de los componentes del ROV

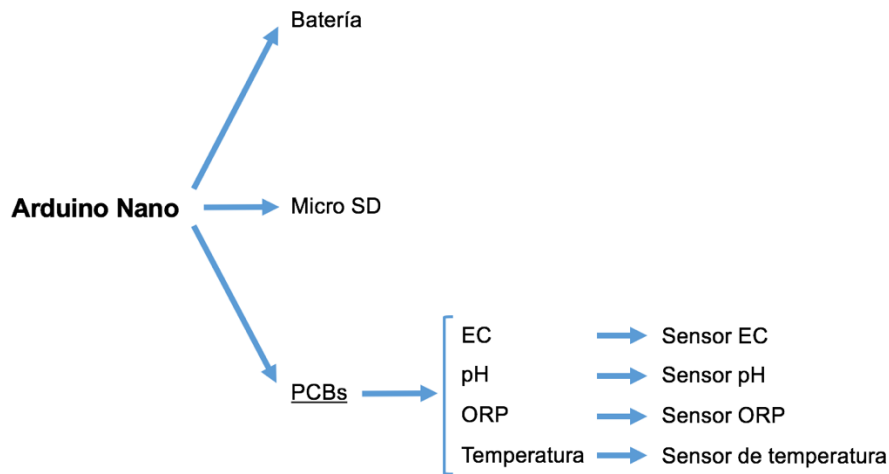
La distribución de los elementos que componen el robot se corresponde con el siguiente esquema:



Esquema 2. Distribución de los componentes del ROV.

Tal y como se muestra en el Esquema 2, el ROV se compone a partir de tres ensamblajes principales. Por una parte se agrupan los elementos ubicados en el interior del tubo de metacrilato, por otra parte los tubos que contienen las seis baterías, y por último la carcasa que cubre y contiene a las dos ensamblajes anteriores.

2.2. Distribución de los componentes del sistema de monitorización

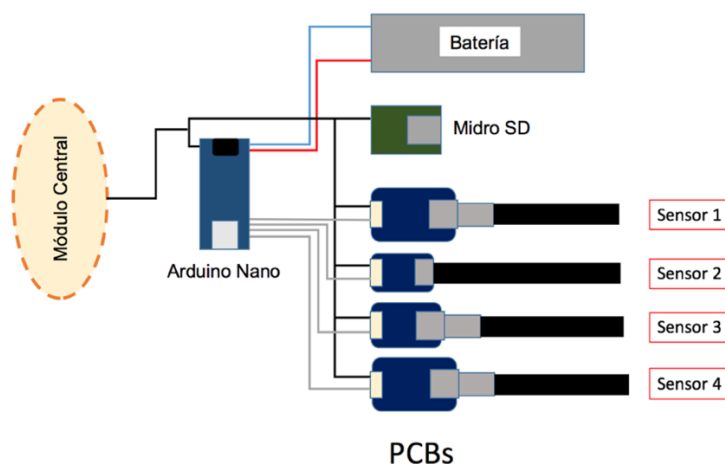


Esquema 3. Distribución de los componentes del sistema de monitorización hidrológico.

Como se detalla en el Esquema 3, el sistema de monitorización también se constituye de tres ensamblajes principales:

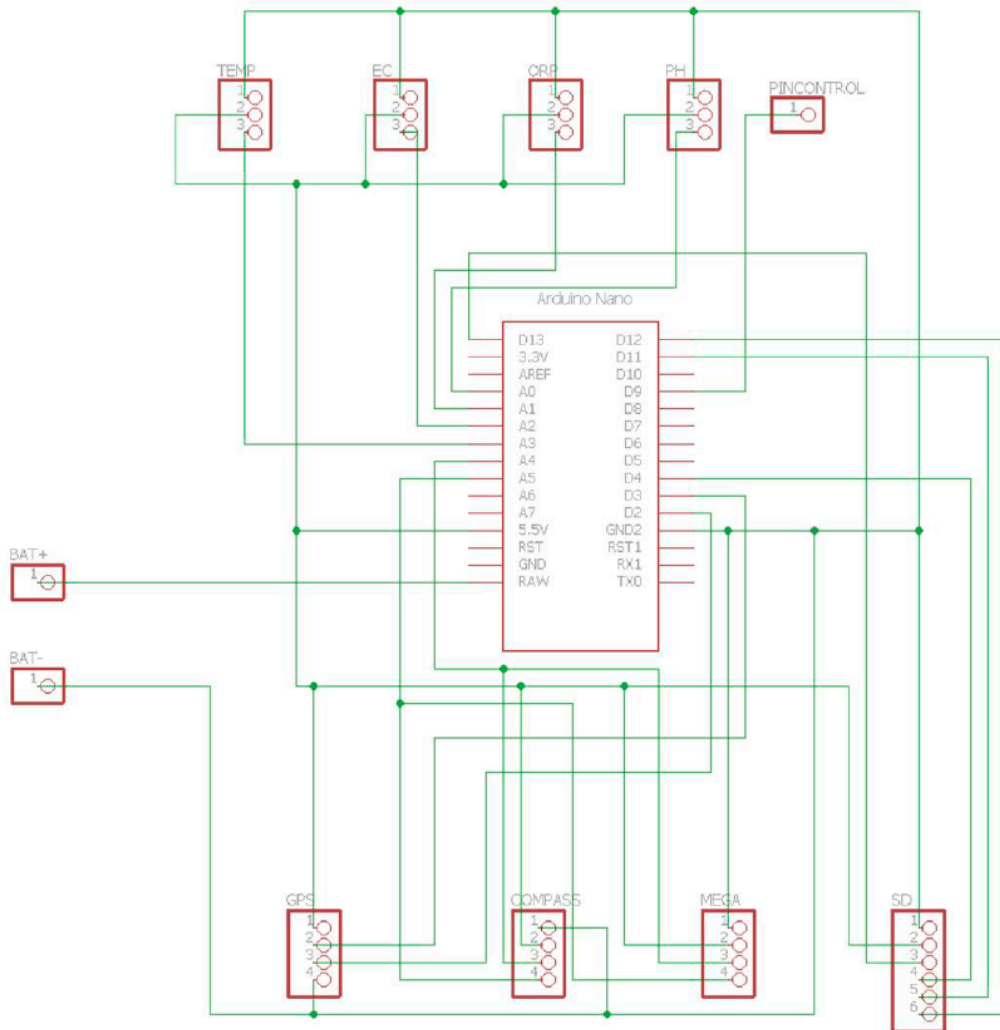
1. Batería
2. Tarjeta MicroSD
3. Conjunto de Placas de Circuito Impreso (PCBs)

Estos tres bloques se conectan a la Arduino Nano, que a su vez se conecta a la Arduino MEGA del ROV. El conjunto de PCBs lo forman la placa de Circuito Eléctrico (EC), la placa de medición de pH, la placa de oxidación/reducción (ORP) y la placa de medición de temperatura. La función de estas placas es procesar la información extraída gracias a los correspondientes sensores, para que, a través de la Arduino Nano, se envíe al ROV y se transformen los datos en variables de estudios a través de la Arduino MEGA o Módulo Central. En el Esquema 4 se muestra esta distribución:



Esquema 4. Esquema gráfico de la distribución de las conexiones entre los elementos del sistema de monitorización hidrológico.

2.3. Esquema eléctrico del sistema de monitorización hidrológico



Esquema 5. Esquema eléctrico de las conexiones de los elementos del sistema de monitorización hidrológica inicial con el módulo central del ROV (elaborado por D. Alejandro Chacón Peregrino) .

ANEXO 3

ANEXO 3. Cálculo de magnitudes

Una vez creado el prototipo virtual del vehículo, se procede a verificar que los valores conseguidos de las magnitudes en el modelo 3D se corresponden con las reales. En siguiente tabla [Tabla 5] se muestran los datos obtenidos en el modelo virtual original del ROV:

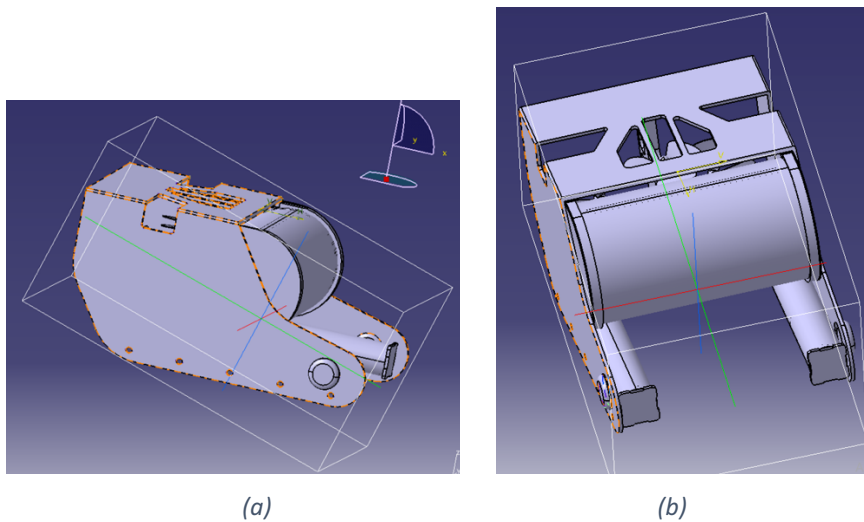


Figura 25. (a) y (b) Imagen del modelo virtual del ROV, modelo OpenRov.

Measure Inertia	
Volume	0,001m ³
Area	0,72m ²
Mass	3,924kg
Density	-
Center Of Gravity (G)	
G _x	21,515mm
G _y	-0,086mm
G _z	-97,559mm

Tabla 5. Magnitudes del modelo virtual del ROV, modelo OpenRov.

Según los datos obtenidos, se confirma en la Figura 25 que, efectivamente, los resultados se ajustan bastante a las magnitudes reales.

3.1. Estabilidad

En la Tabla 6, se observa que el centro de gravedad del dispositivo original se encuentra desplazado hacia la zona inferior del mismo y sobre la línea de crujía, lo que le proporciona una mayor estabilidad transversal, que supone una ventaja ante posibles vuelcos o balances.

Si se le acopla la caja estanca, se experimenta una alteración de la posición de G [Tabla 6], siendo la más significativa la correspondiente al eje Z. En este eje, G se desplaza más hacia abajo 16,207mm, lo que supone un incremento de la estabilidad.

Center Of Gravity (G)		
Position	ROV	ROV + caja estanca + SMH
G_x	21,515mm	25,743mm
G_y	-0,086mm	-0,19mm
G_z	-97,559mm	-113,766mm

Tabla 6. Posición del centro de gravedad.

3.2. Flotabilidad

Según el Principio de Arquímedes, “todo cuerpo sumergido dentro de un fluido experimenta una fuerza ascendente llamada empuje, equivalente al peso del fluido desalojado por el cuerpo” [21]. En otras palabras, el Principio de Arquímedes a un método físico que permite conocer la flotabilidad de un cuerpo, en este caso, en un fluido, y dependiendo de su comportamiento determinar su reacción.

El cuerpo puede presentar tres tipos de comportamiento dependiendo de las fuerzas que se ejercen en el mismo tienen mayor, menor o igual valor.

Empecemos definiendo los tipos de Fuerzas de experimenta el cuerpo en el fluido:

- **Fuerza de Empuje (E):** Es la fuerza vertical hacia arriba que experimenta el cuerpo al sumergirse. El valor del módulo de la Fuerza de Empuje se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$E(N) = \rho_{agua} \cdot gravedad \cdot Volumen\ del\ sólido$$

[Ecuación 1]

- **Fuerza Peso (P):** Es la fuerza vertical que ejerce el cuerpo hacia abajo, producto de la masa del propio cuerpo y el campo gravitatorio. Su valor se obtiene a partir de la ecuación:

$$P(N) = masa \cdot gravedad$$

[Ecuación 2]

Por tanto, dependiendo del valor obtenido de las fuerzas anteriores podemos encontrarnos con los siguientes casos:

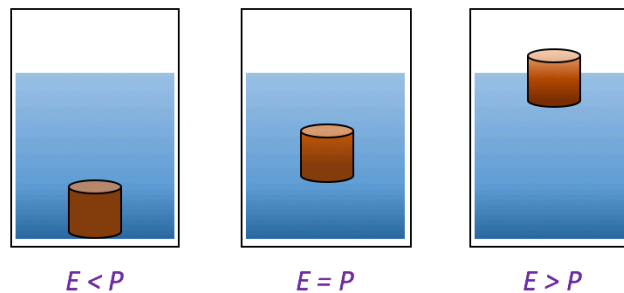


Figura 26. Demostración esquemática del Principio de Arquímedes

Caso 1: Si $E < P \rightarrow$ El sólido se hunde

Caso 2: Si $E = P \rightarrow$ Flotación Neutra

Caso 3: Si $E > P \rightarrow$ El sólido flota

Con lo cual, dependiendo de los valores que se obtienen en el estudio de la flotabilidad de ROV y del conjunto total, se determina el comportamiento en el fluido en ambos casos.

3.2.1. Cálculo de la flotabilidad del ROV

$$E = 1.025 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right) \times 0,001m^3 = \mathbf{10,045N}$$

$$P = 3,924kg \times 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right) = \mathbf{38,45N}$$

Se observa que $E < P$, reduciéndose el valor de la Fuerza de Empuje en, aproximadamente, un 26% respecto al Peso, que es la fuerza de mayor magnitud. Por lo que se determina que el ROV experimenta una fuerza negativa. En otras palabras, el dispositivo se hunde.

3.2.2. Cálculo de la flotabilidad del ROV con la caja estanca

$$E = 1.025 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right) \times 0,002m^3 = \mathbf{20,09N}$$

$$P = 4,88kg \times 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right) = \mathbf{47,8N}$$

Como se puede observar, al igual que en el primero, el valor P es mayor que el valor de E ($E < P$), reduciéndose el valor de ésta última en un 42% aproximadamente, respecto a la primera mencionada. Por lo tanto, el conjunto seguiría experimentando una fuerza negativa hacia el centro de la Tierra.

De este modo, se concluye que, aunque el valor de la Fuerza de Empuje aumenta al incorporar la caja estanca en el dispositivo inicial, debido al incremento del volumen total en un 200% aproximadamente, el conjunto sigue experimentando una fuerza total negativa hacia el centro de la Tierra, ya que el valor de la Fuerza Peso también ha aumentado 0,956 kg.

La variación de valores obtenidos afecta al modo de inmersión del conjunto. Dicho comportamiento se deduce a partir del sumatorio de fuerzas en ambos casos:

$$F_R = F_1 + F_2 = E + P$$

[Ecuación 3]

3.2.3. Cálculo de la fuerza resultante (FR) del ROV

$$F_R = 10,045N + (-38,45)N = -28,405N$$

3.2.4. Cálculo de la fuerza resultante (FR) del ROV con la caja estanca.

$$F_R = 20,09N + (-47,8)N = -27,71N$$

Atendiendo a los valores obtenidos, el valor de la fuerza resultante en el segundo caso es menor que en el primero, por lo que se determina que, al añadir la caja estanca al dispositivo inicial, hace que el conjunto se sumerja de manera menos agresiva respecto al ROV sin la caja estanca.

3.3. Resistencia al avance

Para saber cómo afecta la incorporación de la caja estanca en el ROV, se realiza un estudio de la fuerza de arrastre que experimenta el dispositivo en su forma original, es decir, sin producirse ninguna alteración en la superficie en contacto con el agua, y con la incorporación de los cilindros de PVC y de la caja estanca respectivamente.

La fórmula usada para cuantificar el arrastre o resistencia del cuerpo al desplazarse bajo el agua en cada caso, es la de *coeficiente de arrastre* (c_D) [4], cuya expresión se define por la ecuación:

$$c_D = \frac{2F_d}{\rho V^2 A}$$

[Ecuación 4]

Donde:

c_D → Coeficiente de arrastre adimensional (según la forma del cuerpo).

F_d → Fuerza de arrastre, en la dirección de la velocidad del flujo.

ρ → Densidad del fluido.

A → Área de referencia.

V → Velocidad en metros por segundo.

De esta ecuación, el valor de que desea conocer es el valor de *fuerza de arrastre* (F_d), que es la fuerza que experimenta el cuerpo al desplazarse por el fluido, cuya dirección es proporcional a la velocidad pero en sentido opuesto. Entonces, despejando esta incógnita, la expresión para hallar el valor de F_d quedaría de la siguiente manera:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot c_D \cdot A \quad [\text{kg/s}]$$

[Ecuación 5]

3.3.1. ¿Cómo se determina el valor de c_D ?

El coeficiente de arrastre está siempre asociado con una superficie particular. Para saber cuál es su valor, es necesario atender a la forma del cuerpo que avanza a través del agua. El valor del coeficiente de arrastre depende, generalmente, del número de Reynolds [Ecuaciones 6.1 – 6.2], especialmente de aquellos que se encuentran por debajo de 10^4 , aproximadamente. Esto último quiere decir que cuanto mayor sea el valor del número de Reynolds, más turbulento se vuelve el flujo y más similares son los valores de c_D para la mayoría de geometrías. La ecuación para determinar el número de Reynolds viene dada por la siguiente expresión [23]:

- Para un fluido que circula por el interior de una tubería circular recta:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu}$$

[Ecuación 6.1]

- Para un fluido que circula por el interior de una tubería cuya sección recta no es circular:

$$Re = \frac{\rho v_s D_H}{\mu}$$

[Ecuación 6.2]

Donde:

v_s → Velocidad característica del fluido.

D_H → Diámetro hidráulico de la tubería. $D_H = \frac{4 \cdot \text{Área}}{\text{Perímetro}}$

μ → Viscosidad dinámica del fluido.

ν → Viscosidad cinemática. $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

Sin embargo, el valor del este coeficiente ya viene determinado para las formas geométricas determinadas siguientes:

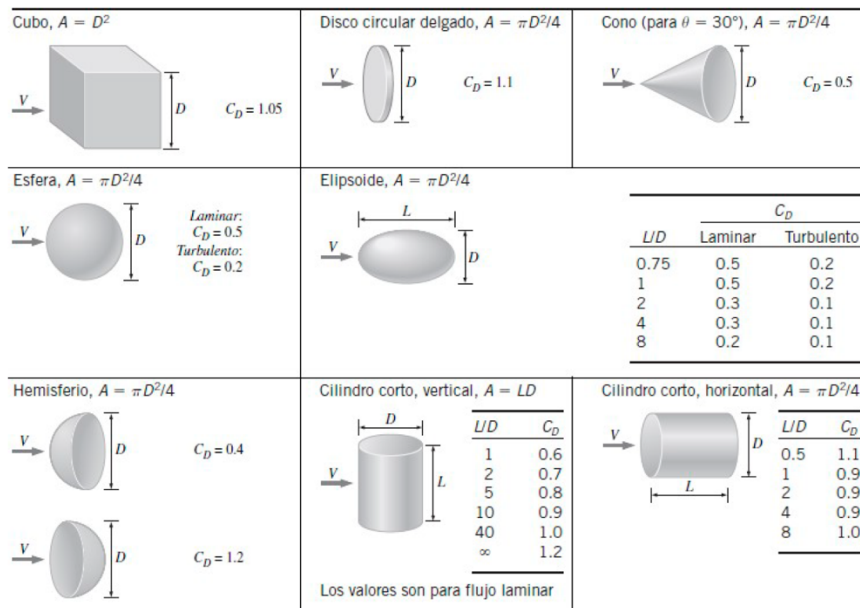


Figura 27. Coeficientes de arrastre para algunas formas geométricas determinadas.

Para comprobar que se reduce la resistencia al avance al sustituir los cilindros de PVC iniciales por la caja estanca, y debido a la complejidad de la forma original, se considera la superficie en contacto con el agua como una superficie correspondiente a una geometría cúbica, cuyo valor es variable según cada caso a estudiar; es decir, si se trata del estudio a partir de la forma original del ROV o si se trata del estudio al incorporarle algún accesorio. Para esta forma cúbica, se acepta el valor de $C_D = 1,05$.

Dado que el objetivo de este estudio es realizar una comparativa entre la resistencia al avance del modelo original con el mismo modelo modificado por la inserción de apéndices geométrica y dimensionalmente diferentes, se aplicará la misma fórmula en todos los casos [Ecuación 5]. De esta manera, existirá proporcionalidad entre los mismos y el resultado será semejante para cada supuesto. Si fuera necesario conocer el valor empírico de dicha fuerza, se recurrirá al uso de software de simulación.

Los valores a aplicar para la realización del estudio en cada caso son los siguientes:

$$V = 2 \text{ knots} = 1 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1,025 \text{ g/ml} = 1,025 \text{ kg/l} = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Área del modelo original} = 0,434 \text{ m}^2$$

3.3.2. Resistencia hidrodinámica del ROV sin accesorios.

$$A = \text{Área del ROV} = 0,434 \text{ m}^2$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1^2 \cdot 1,05 \cdot 0,434 = 233,45 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

3.3.3. Resistencia hidrodinámica del ROV con los cilindros de PVC

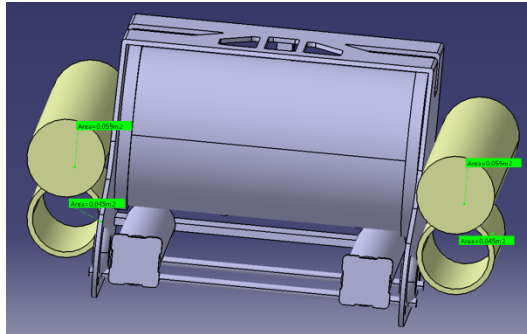


Figura 28. Cálculo del área de los tubos de PVC.

$$A = \text{Área del ROV} + \text{Área de tubos};$$

$$A = 0,434\text{m}^2 + 2 \cdot 0,059\text{m}^2 + 2 \cdot 0,045\text{m}^2 = 0,642\text{m}^2$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1^2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,05 \cdot 0,642\text{m}^2 = 345,47 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

3.3.4. Resistencia hidrodinámica del ROV con la incorporación de la caja

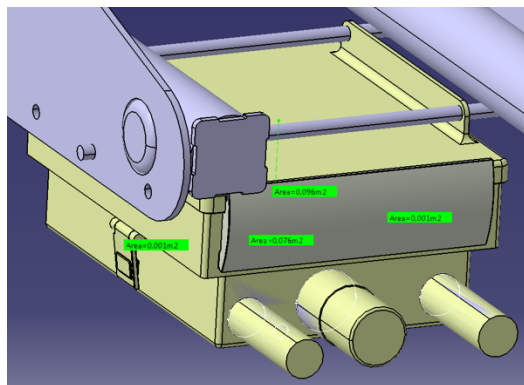


Figura 29. Cálculo del área de la caja estanca.

$$A = \text{Área del ROV} + \text{Área de caja};$$

$$A = 0,434\text{m}^2 + 2 \cdot 0,001\text{m}^2 + 0,096\text{m}^2 + 0,076 = 0,608\text{m}^2$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1^2 \cdot 1,05 \cdot 0,608 = 327,18 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que, al sustituir los cilindros por la caja estanca, se produce una reducción en el valor de la resistencia al avance, debido a que la superficie de contacto es menor, con lo cual se cumple el objetivo indicado por el cliente.

Una vez obtenidos los resultados tras el estudio funcional del ROV, en cuanto a flotabilidad, estabilidad y resistencia al avance, se deducen las siguientes conclusiones:

- Flotabilidad. La incorporación de la caja estanca produce un incremento en los valores de la fuerza peso y la fuerza de empuje, siendo el valor de esta última el doble respecto a la obtenida en el modelo original; sin embargo, sigue siendo inferior a la fuerza ejercida por el peso, con lo cual se deduce que el conjunto sigue experimentando una fuerza de atracción hacia el centro de la Tierra, de menor cuantía que en el caso original, lo que provoca una inmersión menos brusca.
- Estabilidad. Se produce alteraciones de la posición del centro de gravedad, G, con la incorporación de la caja estanca en las coordenadas XYZ, siendo el desplazamiento más significativo el producido en éste último mencionado, lo que se traduce en un aumento de la estabilidad transversal, haciendo del conjunto un dispositivo más “duro”*.
- Resistencia al avance. La sustitución de los tubos de PVC por la caja estanca provoca una reducción de la fuerza de arrastre, F_d , del conjunto debido a que la superficie de contacto con el agua o superficie de carena es menor en este último caso.

[] Buque duro: Se entiende como un buque difícil de escorar debido a la posición relativamente baja de su centro de gravedad.*

ANEXO 4

ANEXO 4. Estudio previo de materiales para el diseño de la carcasa

Para la fabricación física de la caja estanca, es necesario realizar un análisis previo de los materiales de los que se puede conformar cada componente de la misma.

La carcasa, al ser el espacio que aloja y protege todos los demás componentes, tanto del sistema de monitorización como propios de la caja, el material del que se fabrique debe presentar una alta resistencia al agua, a la corrosión por salinidad y a la presión hidrostática. Además, este material debe ser liviano para que la estabilidad y flotabilidad del ROV no se vean afectadas. Por tanto, se determina que el material del que se fabrique dicha carcasa sea un polímero, ya que a diferencia de los metales, los polímeros presentan una buena resistencia frente a agentes corrosivos y un coeficiente de dilatación térmico mayor, lo que supone una mayor estabilidad dimensional, evitando que el producto se deforme con el tiempo debido a su exposición ambiental.

De entre las posibilidades que se barajan para la elección del material más adecuado para este objetivo, se exponen las siguientes opciones:

- *Opción 1. Policloruro de vinilo (PVC)*



Figura 30. Fotografía de codos de tubería fabricados de Policloruro de vinilo (PVC)

Se considera uno de los “materiales de la ingeniería”. Es uno de los polímeros más baratos y versátiles. En su estado natural se encuentra en una forma rígida y no excesiva dureza, por lo que se le añade refuerzos de fibra de vidrio para conseguir un material lo suficientemente rígido, fuerte y resistente.

Propiedades:

Densidad (g/cm ³)	1.42
Dureza – Vickers (HV)	10.6 – 15.6
Módulo de Young (GPa)	2.14 – 4.14
Resistencia al impacto	Buena
Resistencia a la intemperie	Buena
Resistencia a los rayos ultravioleta	Regular

Tabla 7. Propiedades del PVC.

A partir de este material se construyeron los cilindros y los sistemas de cierres, consistentes en tapas, en los que se introdujo el sistema de monitorización previamente. A simple vista, en la Tabla 7 se observa que es un polímero con mayor densidad que el agua, lo que reduce la flotabilidad del conjunto, además de presentar una resistencia no muy elevada frente a los rayos ultravioleta.

- *Opción 2. Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)*



Figura 31. Figuras de LEGO fabricadas de ABS.

Se trata de un material fuerte, tenaz y fácil de moldear, lo que permite realizar piezas de gran definición. Pueden presentarse en forma traslúcida u opaca y jugar con una amplia gama de colores.

Propiedades:

Densidad (g/cm ³)	0.25 – 0.36
Dureza – Vickers (HV)	5.6 – 15.3
Módulo de Young (GPa)	1.1 – 2.9
Resistencia al impacto	Buena
Resistencia a la intemperie	Regular
Resistencia a los rayos ultravioletas	Mala

Tabla 8. Propiedades del ABS.

Este material presenta menor densidad que el anterior, lo que podría convertirlo en una buena elección. Sin embargo, se observa que presenta peor resistencia frente a agentes externos y a los rayos ultravioleta, por lo que no sería un buen candidato, ya que el material se deterioraría más rápidamente con el tiempo, respecto al PVC.

- *Opción 3. Policarbonato (PC)*

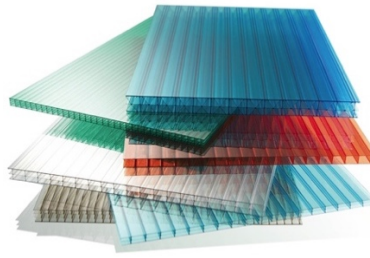


Figura 32. Láminas de policarbonato (PC).

Es otro de los “*materiales de la Ingeniería*”. Se trata de un termoplástico que presenta buenas propiedades mecánicas.

Debido a sus buenas características de rigidez y dureza, incluso a temperaturas muy altas, el policarbonato (PC) puro se presenta como una alternativa interesante para aplicaciones diversas, tales como cajas de seguridad para herramientas eléctricas, cascos de seguridad o cubiertas de invernaderos.

Propiedades:

Densidad (g/cm ³)	1.20
Dureza – Vickers (HV)	17.7 – 21.7
Módulo de Young (GPa)	2.00 – 2.44
Resistencia al impacto	Buena
Resistencia a la intemperie	Buena
Resistencia a los rayos ultravioletas	Buena

Tabla 9. Propiedades del PC.

Este material resulta ser una buena opción ya que su densidad es más próxima a la del agua en comparación con los materiales anteriores, además de presentar buena resistencia al impacto, a los agentes externos y a la exposición frente a la acción solar.

- *Opción 4. Polimetacrilato o metacrilato de polimetilo (PMMA).*



Figura 33. Láminas de metacrilato (PMMA)

Es un termoplástico que presenta gran similitud con el vidrio en cuanto a transparencia y resistencia a la intemperie, pero con la diferencia de que su peso es más liviano. Se distingue de otros materiales poliméricos como el policarbonato (PC) o el poliestireno (PS) por su transparencia, presentar mejor resistencia al rayado, a la intemperie y a los rayos ultravioleta.

El PMMA no es autoextinguible, pero no produce ningún gas tóxico al arder, por lo que se puede considerar un producto muy seguro para su uso como componente de elementos próximos a las personas, al igual que la madera.

Propiedades:

Densidad (g/cm ³)	1.18
Dureza – Vickers (HV)	16.1 – 21.9
Módulo de Young (GPa)	2.14 – 4.14
Resistencia al impacto	Buena
Resistencia a la intemperie	Buena
Resistencia a los rayos ultravioletas	Buena

Tabla 10. Propiedades generales del PMMA.

Al igual que el policarbonato, se considera una opción óptima para su utilización en la fabricación de la carcasa de la caja estanca, debido a que ambos presentan unas características adecuadas para ello. Por este motivo, se considera necesario realizar un análisis comparativo entre las cualidades que presentan estos dos materiales.

ANEXO 5

ANEXO 5. Tratamiento de materiales.

5.1. Tratamientos para metacrilato

Dependiendo de la pieza de la caja estanca de la que se trate, se pueden elegir diversos métodos de fabricación. Esto va ligado a la forma y características finales que deba tener la pieza seleccionada.

Los tratamientos para fabricación de piezas de este material son:

- Mecanizado.
- Termoconformado.
- Corte por láser.
- Impresión 3D.

5.1.1. Tratamiento por mecanizado

Para la creación de piezas mediante el proceso de mecanizado, se dispondría de un bloque del material a tratar.

Este método de fabricación no sería el más adecuado, debido a que el contacto de la broca con la superficie podría provocar daños en la superficiales tratada, debilitándola, e incluso llegar a la rotura.

5.1.2. Tratamiento por termoconformado

Para ello, serían necesarias láminas del material, las cuales se colocarían sobre un molde o matriz y a las que se les aplicaría un foco de calor para conseguir la forma deseada.

Este tratamiento podría considerarse positivamente para crear las piezas cúbicas de la caja estanca, como son los contenedores de los elementos internos y externos y la tapa de este último; puesto que no sería un tratamiento agresivo que pudiera provocar daños en la superficie tratada.

5.1.3. Tratamiento de corte por láser

Consiste en colocar una lámina o plancha de metacrilato a la que se le va realizando la/s forma/s deseada/s por la incisión del láser, de una máquina CNC, en la superficie de la lámina.

Este método permite cortar el material sin provocar daños ni grietas, quedando una superficie limpia y pulida. El inconveniente de este tratamiento es que sólo podría aplicarse en superficies de un grosor determinado.

5.1.4. Tratamiento por impresión 3D

Actualmente, el metacrilato no permite tratarse mediante impresión 3D, por lo que se debería recurrir a otro material similar que sí lo permitiera. Esto podría afectar al modelo de manera negativa, debido a que el material sustituto podría no presentar las mismas características que el metacrilato, aptas para cumplir las funciones objetivos, lo que conllevaría al estudio de las propiedades y características que presta éste material sustituto.

5.2. Tratamientos para el policarbonato

Las piezas fabricadas de policarbonato pueden realizarse mediante los siguientes métodos:

5.2.1. Tratamiento por impresión 3D

Sería una opción a considerar, ya que, de lo contrario al metacrilato, el policarbonato permite ser tratado mediante este método, dando lugar a la creación de piezas a partir de prototipo CAD realizado previamente.

5.2.2. Tratamiento de moldeo por inyección

El moldeo por inyección es un proceso que consiste, como su propio nombre indica, en inyectar un polímero en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar adoptando la forma deseada. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

III. PLIEGO DE CONDICIONES

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Índice de pliego de condiciones

1.	ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE	73
2.	ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	73
3.	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	73
4.	ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES.....	74
5.	ESPECIFICACIONES DE ANÁLISIS	74
6.	ESPECIFICACIONES DE FABRICACIÓN	74
7.	ESPECIFICACIONES DE MONTAJE.....	75
8.	ESPECIFICACIONES DE USO	76
8.1.	ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE DE OPENROV	76
8.2.	ESPECIFICACIONES DE USO PARTICULARES	76

1. Especificaciones de cliente

- Cliente: Universidad de Cádiz.

2. Especificaciones del sistema

El sistema está formado por un conjunto de elementos electrónicos interconectados para realizar la captación de información y datos necesarios, objetivo exigido por el cliente.

Estos elementos, se encuentran contenidos en un dispositivo creado para ello, el cual debe adaptarse perfectamente a la morfología del ROV al que se pretende acoplar, evitando interferencias en la flotabilidad, la estabilidad, la resistencia al avance y el funcionamiento normal de éste último.

3. Especificaciones de diseño

El prototipo se divide en dos zonas. Por una parte, la zona superior, donde se ubican todos aquellos elementos electrónicos que deben evitar el contacto directo con el agua, por lo que se requiere que el recipiente que los contiene sea totalmente estanco y se evite la filtración del fluido en todo momento. Por otra parte, la zona inferior, donde quedan alojados los elementos que sí deben tener contacto directo, o elementos externos. Estos son los sensores y el cable del sensor de pH.

Para sellar la estanqueidad del contenedor superior, se hace uso de un sistema de cierre apto para ello, que consiste en un cierre sujeto a la parte frontal del contenedor mediante una anilla y que, al ajustarse al extremo frontal correspondiente de la tapa y ejerciendo presión hacia abajo, sella su cierre. La tapa de este compartimento, incluye una junta de goma ubicada en la pared inferior externa que, al cerrarlo, hace contacto con la pared inferior de contenedor funcionando como un doble sistema de cierre para evitar filtraciones.

En cuanto a los sistemas de cierre del compartimento inferior o compartimento de elementos externos, deben cumplir la función de unir ambas partes que lo componen y contener en su interior los elementos correspondientes, dejando que el extremo opuesto al cableado sobresalga por la parte frontal. El cierre queda ajustado al introducir los salientes del contenedor de la caja por los cierres de policarbonato.

El prototipo no lleva ningún tipo de atornillado. Los elementos de unión consisten en varillas o barras de acero de diferentes tamaños para unir las diferentes partes de la caja estanca. Se requiere de elementos de unión en los siguientes casos:

- Unir tapa y contenedor de la zona superior [C1].
- Unir los sistemas de cierre a la tapa correspondiente al compartimento de la zona inferior [C2].

4. Especificaciones de los materiales

El prototipo, tanto virtual como real, se realiza seleccionando un listado de materiales aptos para su elaboración, que permitan soportar las condiciones de trabajo a las que se expondría, sin que afecte negativamente a funcionamiento del ROV y que permitan cumplir la función objetivo, exigida por el cliente.

Primeramente, se realiza un estudio de los materiales aptos para la fabricación del prototipo físico, para, posteriormente, añadirlos al modelo virtual y analizar el comportamiento del mismo al acopar la caja estanca en el ROV.

5. Especificaciones de análisis

Se debe realizar análisis comparativos correspondientes que determinen cómo afecta la inclusión del prototipo en el ROV. Estos análisis son:

- Estudio de la variación flotabilidad.
- Estudio de la la variación del Centro de Gravedad (estabilidad).
- Estudio de la variación de la resistencia de avance.

Los valores obtenidos al incluir la Caja Estanca deben ser tales para los que el funcionamiento del conjunto no se vea afectado, o que, si lo hacen, sea de manera positiva.

6. Especificaciones de fabricación

Se deben escoger los métodos de fabricación que mejor se adapten los materiales que se vayan a tratar, así como a la forma de cada componente que se vaya a crear a partir del mismo.

Dichos métodos deben respetar las características iniciales del material seleccionado para evitar alteraciones en el diseño final, como, por ejemplo, imperfecciones y daños en la superficie tratada e incluso roturas; por lo que se analiza cuál de los procesos existentes para cada material que se adapte favorablemente a este caso.

En el caso de que se utilice el tratamiento de termoconformado para la elaboración de las piezas cúbicas de metacrilato, éstas se realizarán por separado. El contenedor correspondiente al compartimento de la zona superior y la tapa del compartimento inferior deben quedar fijados, convenientemente, haciendo uso de un adhesivo específico (cloroformo).

7. Especificaciones de montaje

Una vez creados todos los componentes del prototipo, se pasa al montaje. Se trata de un proceso sencillo que se divide en los siguientes pasos:

- Colocación de las prensaestopas en la pared externa de la parte posterior del contenedor de la zona superior de la caja.
- Acople de los elementos internos en la base de policarbonato, adaptada para ello.
- Introducción de la base con los elementos en el interior del contenedor de la zona superior. La referencia de ajuste de dicha base consiste en colocar la pared longitudinal de la batería haciendo contacto con la pared interna del contenedor, opuesta a la pared que contiene los orificios pasacables.
- Unión del contenedor de la zona superior, o contenedor de elementos internos, con la tapa correspondiente al mismo mediante una varilla de acero [C1], cuya métrica se adapta al diámetro del orificio por donde pasa.
- Acople de los sistemas de cierre en sus lugares correspondientes haciendo uso de las varillas aptas para cada tipo.
- Inserción de los elementos externos (sensores y cable del sensor de pH) en las cavidades correspondientes del contenedor de la zona inferior. Los sensores deben situarse de manera que el extremo opuesto al cable sobresalga por la cara frontal, pasando el conector del otro extremo por los orificios de la cara posterior. La distribución de los elementos debe quedar de la siguiente manera:
 - Sensor EC
 - Sensor de Temperatura
 - Sensor de pH
 - Cable del sensor de pH
 - Sensor ORP
- Cierre del compartimento inferior.
- Introducción de los cables a través de las prensaestopas y conexión de cada uno de ellos a su PCB correspondiente.
- Cierre del compartimento superior.
- Introducción de las varillas metálicas del ROV a través de los orificios de la tapa superior de la caja.
- Colocación de los cuatro cilindros de caucho en los extremos de las varillas para fijar la posición de la Caja Estanca cuando se acople al ROV, haciendo contacto con la pared interior de la carcasa y la pared externa de la tapa.

- Acople de la Caja Estanca en el ROV colocando las varillas metálicas en sus lugares correspondientes.

8. Especificaciones de uso

Las condiciones de uso se rigen, en cierta medida, por las especificaciones técnicas del fabricante de OpenRov, al que se acopla la caja.

8.1. Especificaciones del fabricante de OpenRov

Características
<ul style="list-style-type: none">■ Aplicaciones: para fotografía■ Control: conectado por cable
Descripción
<p>Specifications</p> <p>Physical specifications:</p> <p>Weight 2.6kg</p> <p>Dimensions 30cm long x 20cm wide x 15cm high</p> <p>Nominal battery life using rechargeable lithium batteries is 2-3 hours (depending on use)</p> <p>Performance specifications:</p> <p>Maximum depth 100m (328ft)</p> <p>Maximum tether length 300m (100m tether provided)</p> <p>Maximum forward speed 2 knots</p> <p>LED brightness 200lm</p> <p>Temperature capability -10C to 50C</p> <p>Software controlled camera tilt (+/- 60 deg from center)</p> <p>Instrumentation:</p> <p>HD Webcam (120 deg FOV) with audio</p> <p>Red Scaling lasers (parallel, 10 cm separation)</p> <p>Current and voltage protection with feedback to ensure proper system function</p> <p>External I2C bus with 3.3V power for external instrumentation</p> <p>6 additional auxiliary wires for user-defined external instrumentation or devices. One power PWM channel and one servo control channel are preconfigured.</p>

Figura 34. Características y especificaciones técnicas del fabricante de OpenRov.

8.2. Especificaciones de uso particulares

Previamente a la inmersión del conjunto, se debe asegurar perfectamente los sistemas de cierre para evitar posibles filtraciones de agua dentro del compartimento estanco, así como la pérdida de componentes durante el período de extracción de datos.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

IV. MEDICIONES

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Índice de Mediciones

1. MEDICIONES	81
1.1. DISEÑO Y DOCUMENTACIÓN	81
1.2. MATERIALES	81
1.3. ELEMENTOS DE FIJACIÓN.....	81
1.4. MANO DE OBRA	81

1. Mediciones

1.1. Diseño y documentación

Referencia	Descripción	Personas/Días/Horas	Subtotal	Total
A.1	Trabajo de diseño	1 x 60 x 5	300	300

Tabla 11. Mediciones de diseño y documentación.

1.2. Materiales

Referencia	Descripción	Largo/Ancho/Alto (cm)	Subtotal	Total
B.1	Planchas de metacrilato	100 x 60 x 0,2	1	1
B.2	Carrete de policarbonato	210 x 0,175 x 0,175	3	3
B.3	Plancha de caucho	100 x 100 x 0,2	1	1

Tabla 12. Mediciones de materiales.

1.3. Elementos de fijación

Referencia	Descripción	Largo /Diámetro (cm)	Subtotal	Total
C.1	Varilla de Ace. Inox. 1	33,00 x 1,5	2	2
C.2	Varilla de Ace. Inox. 2	9,00 x 0,3	2	2
C.3	Anilla de Ace. Inox. 3		1	1

Tabla 13. Mediciones de elementos de fijación.

1.4. Mano de obra

Referencia	Descripción	Personas/Días/Horas	Subtotal	Total
D.1	Trabajo de fabricación	1 x 5 x 8	40	40
D.2	Montaje	1 x 1 x 5	5	5

Tabla 14. Mediciones de mano de obra.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

V. PRESUPUESTO

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Índice de Presupuesto

1. PRESUPUESTO	87
1.1. PRECIOS UNITARIOS	87
1.1.1. <i>Diseño y documentación</i>	87
1.1.2. <i>Materiales</i>	87
1.1.3. <i>Elementos de fijación</i>	87
1.1.4. <i>Mano de obra</i>	87
1.2. PRESUPUESTO.....	88
1.2.1. <i>Diseño y documentación</i>	88
1.2.2. <i>Materiales</i>	88
1.2.3. <i>Elementos de fijación</i>	88
1.2.4. <i>Mano de obra</i>	88
1.3. PRESUPUESTO TOTAL	89
1.3.1. <i>Presupuesto total de diseño y documentación</i>	89
1.3.2. <i>Presupuesto total de fabricación</i>	89
1.3.3. <i>Presupuesto total</i>	89

1. Presupuesto

1.1. Precios unitarios

1.1.1. Diseño y documentación

Referencia	Cantidad (horas)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
A.1	75	Coste del diseño	20,00€	1.500,00€

Tabla 15. Precio unitario de diseño y documentación.

1.1.2. Materiales

Referencia	Cantidad (unidades)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
B.1	1	Planchas de metacrilato	27,35€	27,35€
B.2	3	Carrete de policarbonato	21,02€	63,06€
B.3	1	Plancha de caucho	5,45€	5,45€

Tabla 16. Precio unitario de materiales.

1.1.3. Elementos de fijación

Referencia	Cantidad (unidades)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
C.1	2	Varilla de Ace. Inox. 1	3,99€	3,99€
C.2	2	Varilla de Ace. Inox. 2	2,06€	4,12€

Tabla 17. Precio unitario de elementos de fijación.

1.1.4. Mano de obra

Referencia	Cantidad (horas)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
D.1	40	Trabajo de fabricación	10,00€	400,00€
D.2	5	Montaje	10,00€	50,00€

Tabla 18. Precio unitario de mano de obra.

1.2. Presupuesto

1.2.1. Diseño y documentación

Referencia	Cantidad (horas)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
A.1	75	Coste del diseño	20,00€	1.500,00€
Total				1.500,00€

Tabla 19. Presupuesto de diseño y documentación.

1.2.2. Materiales

Referencia	Cantidad (uds.)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
B.1	1	Planchas de metacrilato	27,35€	27,35€
B.2	3	Carrete de policarbonato	21,02€	63,06€
B.3	1	Plancha de caucho	5,45€	5,45€
Total				95,86€

Tabla 20. Presupuesto de materiales.

1.2.3. Elementos de fijación

Referencia	Cantidad (uds.)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
C.1	2	Varilla de Ace. Inox. 1	3,99€	7,98€
C.2	2	Varilla de Ace. Inox. 2	2,06€	4,12€
Total				12,1€

Tabla 21. Presupuesto de elementos de fijación.

1.2.4. Mano de obra

Referencia	Cantidad (horas)	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
D.1	40	Trabajo de fabricación	10,00€	400,00€
D.2	5	Montaje	10,00€	50,00€
Total				450,00€

Tabla 22. Presupuesto de mano de obra.

1.3. Presupuesto total

1.3.1. Presupuesto total de diseño y documentación

Descripción	Presupuesto
Diseño y documentación	1.500,00€
Gastos generales (13%)	195,00€
Beneficio industrial (6%)	90,00€
Presupuesto de Contrata	1.785€
IVA (21%)	374,85€
Presupuesto total	2.159,85€

Tabla 23. Presupuesto total de diseño y documentación.

1.3.2. Presupuesto total de fabricación

Descripción	Presupuesto
Materiales	95,86€
Elementos de fijación	12,1€
Mano de obra	450,00€
Ejecución material	557,96€
Gastos generales (13%)	72,535€
Beneficio industrial (6%)	33,48€
Presupuesto de Contrata	663,97€
IVA (21%)	139,43€
Presupuesto total	803,40€

Tabla 24. Presupuesto total de fabricación.

1.3.3. Presupuesto total

Descripción	Presupuesto
Diseño y documentación	1.500,00€
Materiales	95,86€
Elementos de fijación	12,1€
Mano de obra	450,00€
Ejecución material	2057,96€
Gastos generales (13%)	267,535€
Beneficio industrial (6%)	123,48€
Presupuesto de Contrata	2448,01€
IVA (21%)	514,08€
Presupuesto total	2.962.09€

Tabla 25. Presupuesto total.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

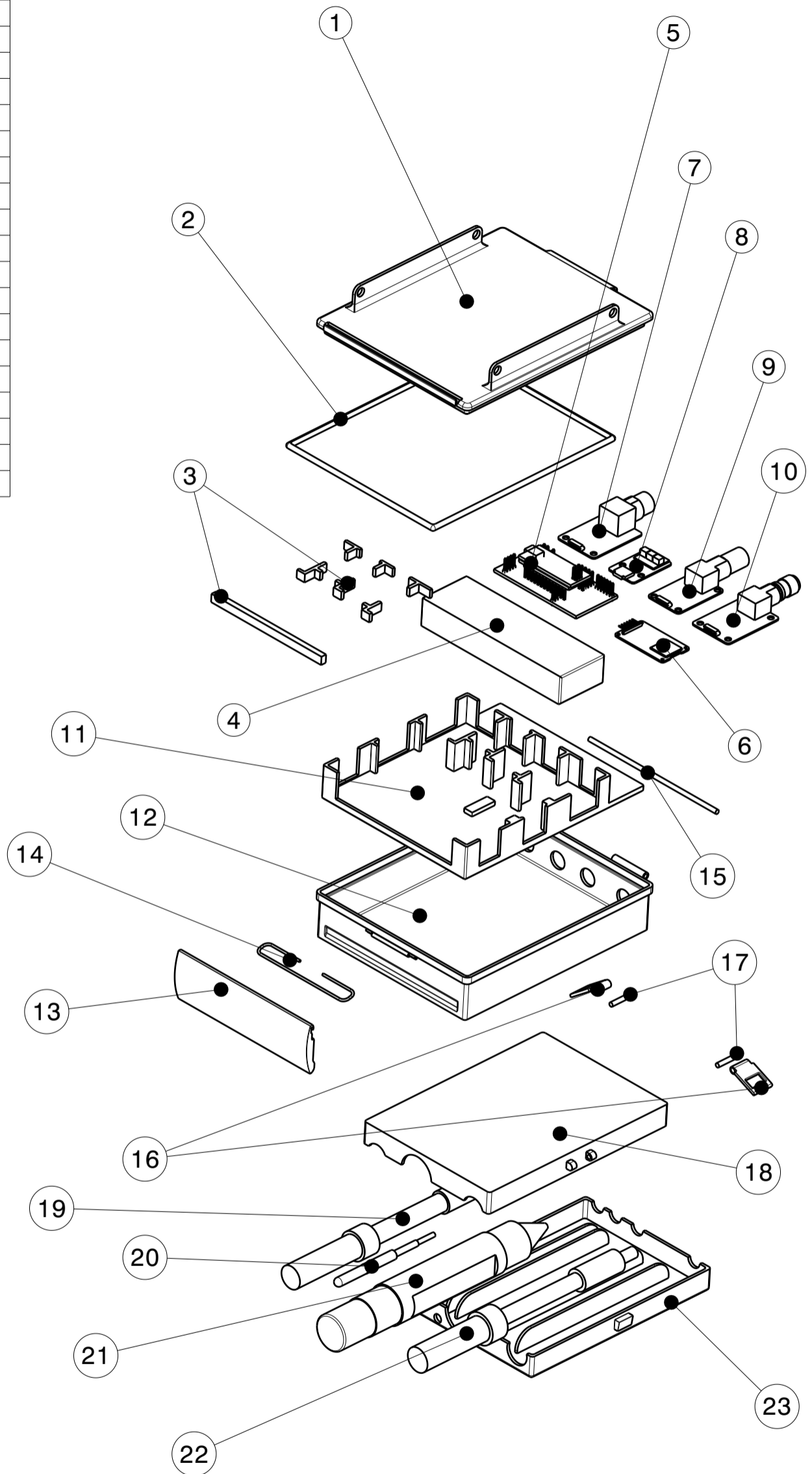
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO
DEL PRODUCTO

PLANOS

*DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN
ROBOT SUBACUÁTICO*

Puerto Real (Cádiz), a 10 de septiembre de 2018

Number	Component
1	Tapa de comp. superior
2	Junta de caucho
3	Inmovilizadores
4	Batería
5	Arduino NANO
6	Micro SD
7	PCB EC
8	PCB de Temperatura
9	PCB de pH
10	PCB ORP
11	Base
12	Contenedor de comp. superior
13	Cierre estanco
14	Anilla de cierre
15	Varilla de Acero Inox.1
16	Cierre de comp. inferior
17	Tapa de comp. inferior
18	Varilla de Acero Inox.2
19	Sensor EC
20	Sensor de Temperatura
21	Sensor de pH
22	Sensor ORP </td
23	Contenedor de comp. inferior



PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO 01/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: 1:3
PLANO: DESPIECE DE COMPONENTES	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

C

B

A

8

8

7

7

6

6

5

5

4

4

3

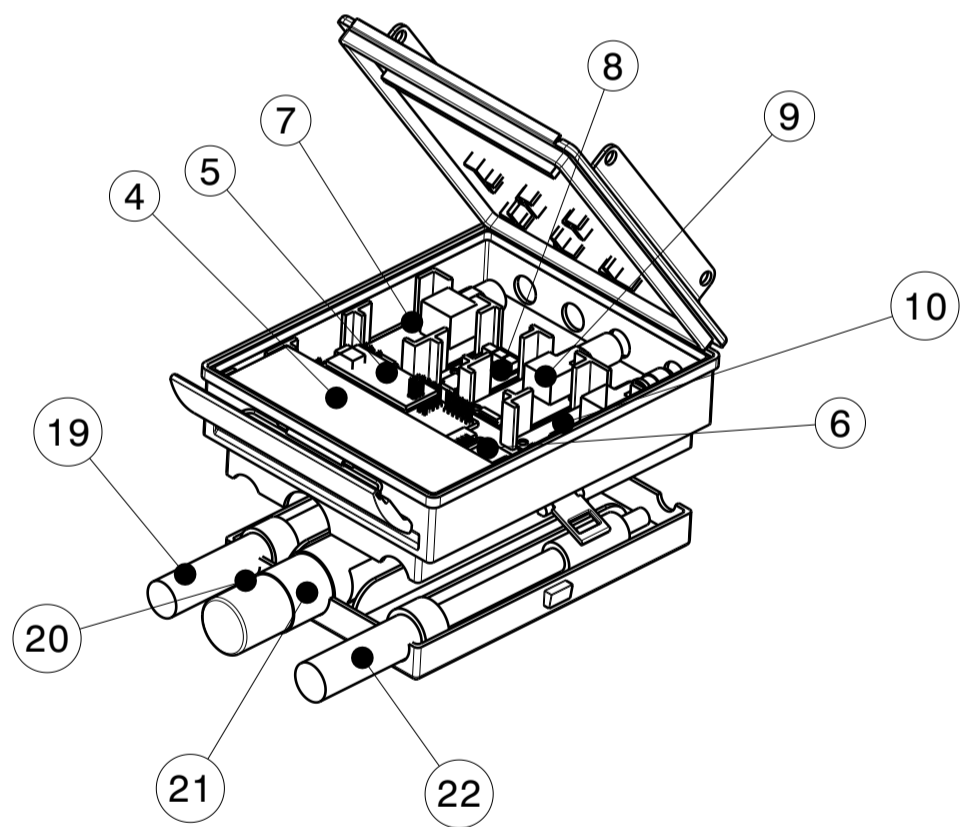
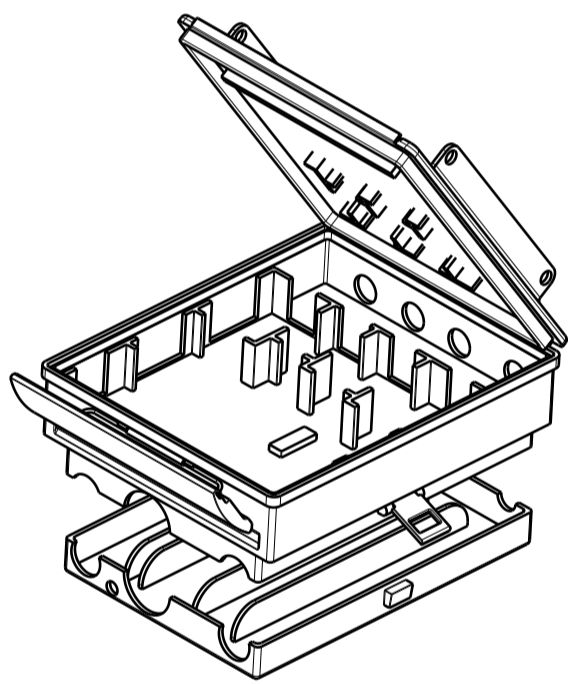
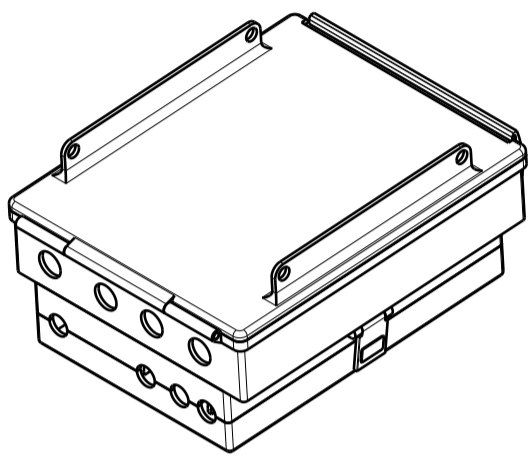
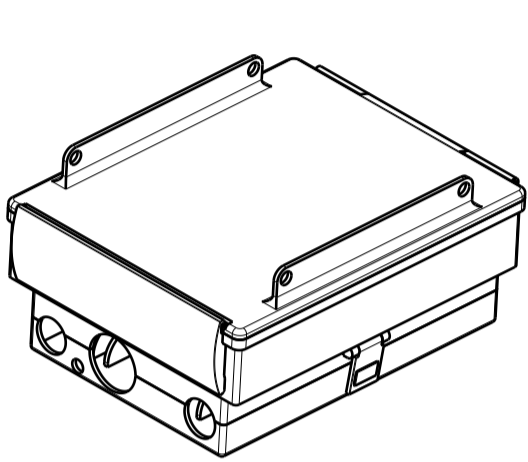
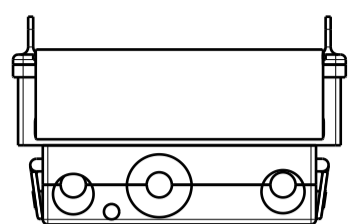
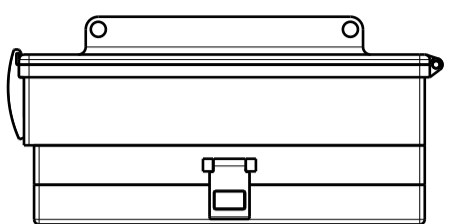
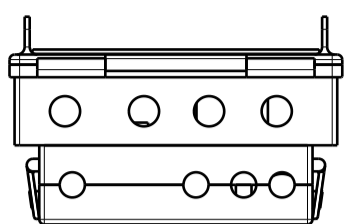
3

2

2

1

1



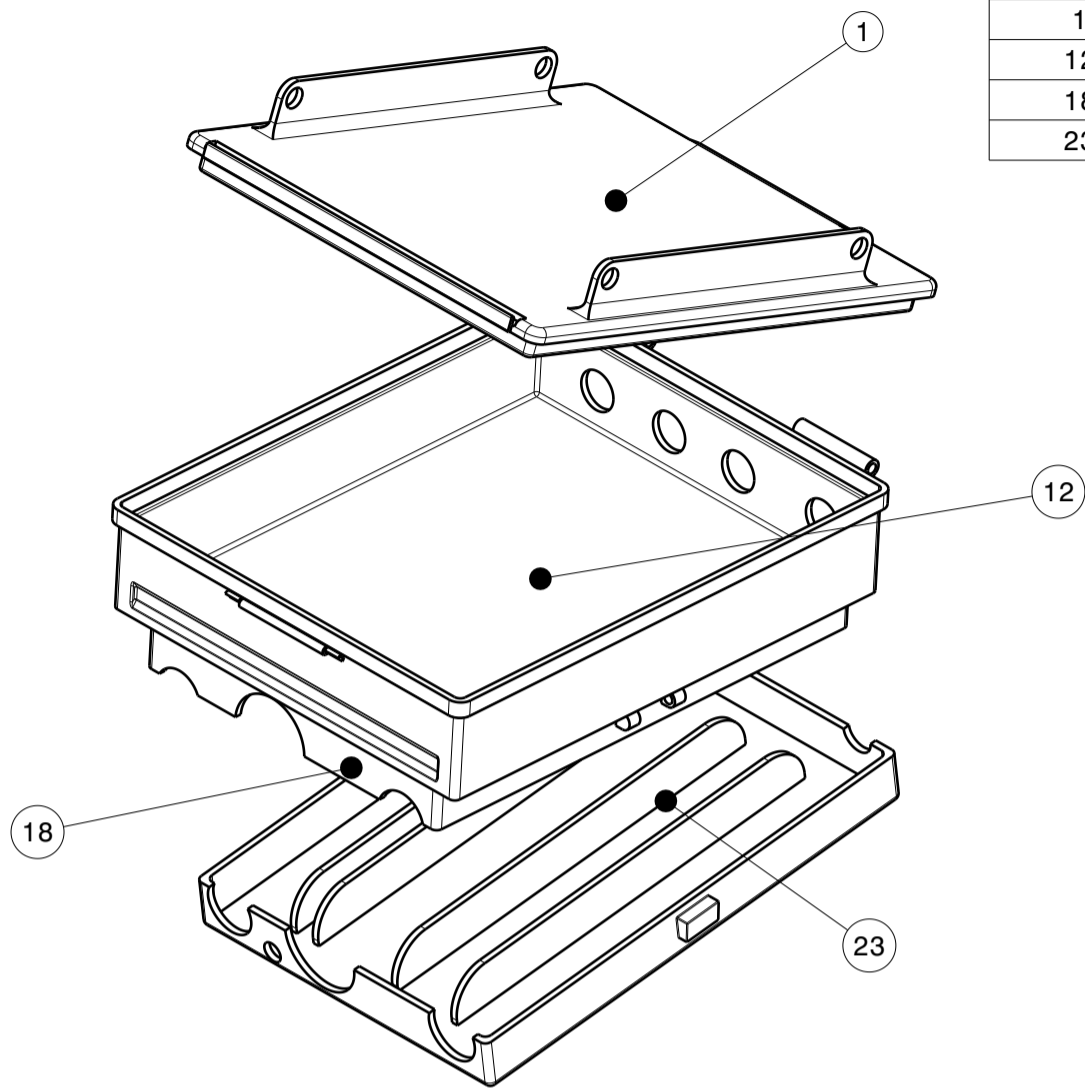
PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO <p style="text-align: center;">02/18</p>
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: <p style="text-align: center;">08/09/2018</p>
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: <p style="text-align: center;">1:3</p>
PLANO: <p style="text-align: center;">CAJA ESTANCA</p>	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

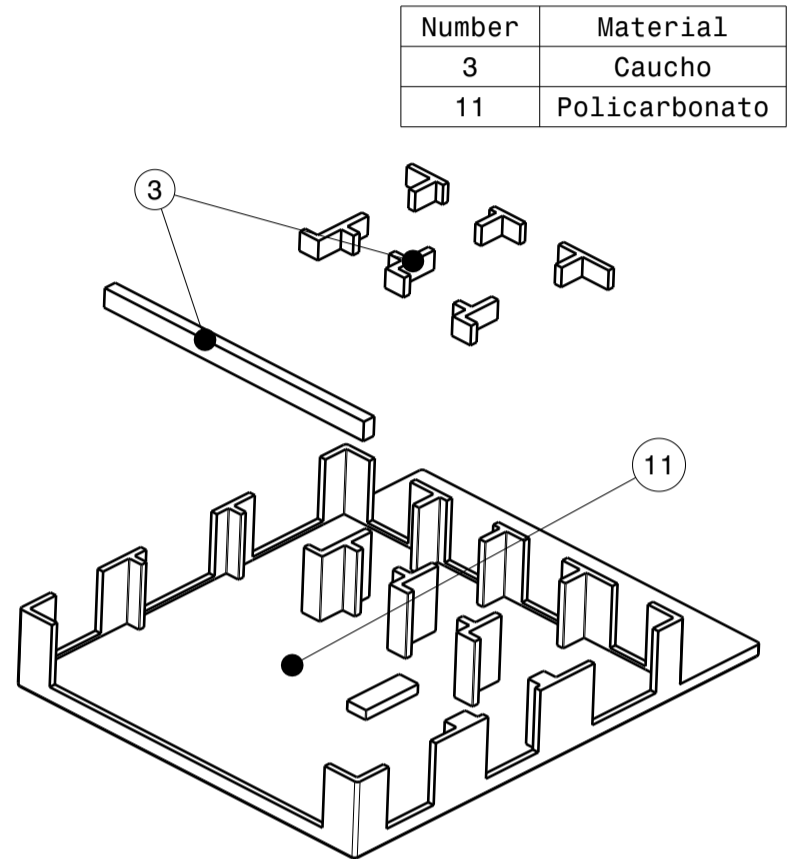
A

CUERPO DE LA CAJA ESTANCA



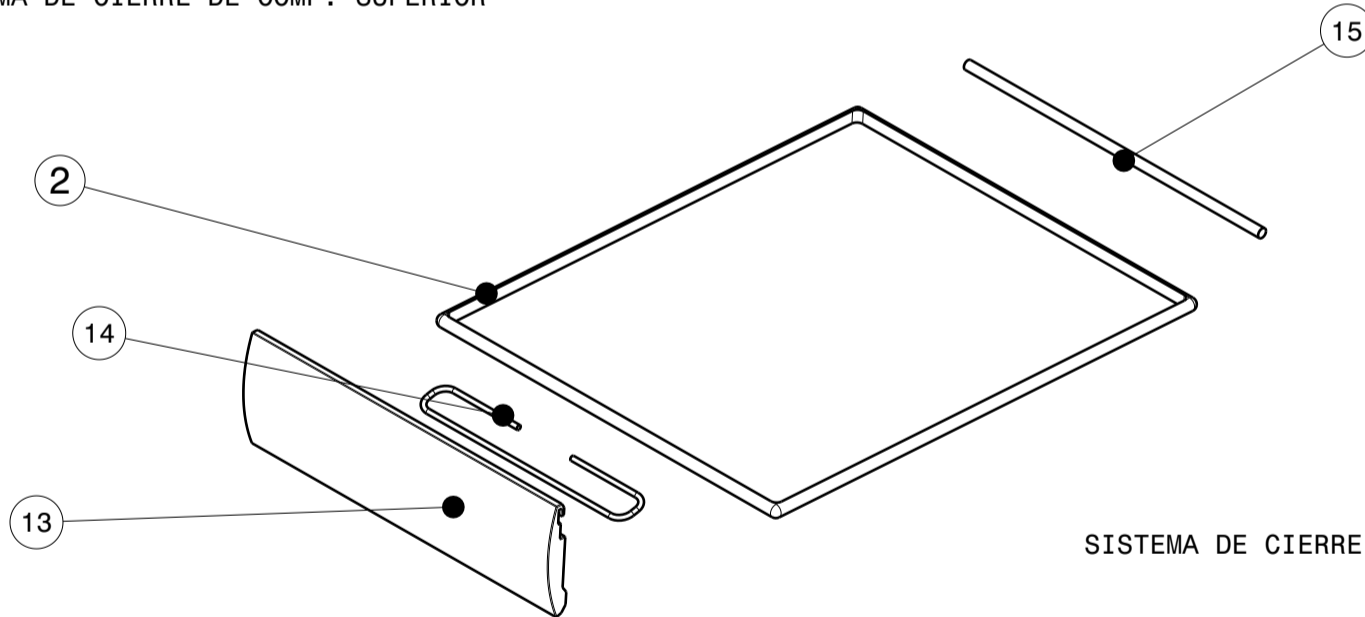
Number	Material
1	Metacrilato
12	Metacrilato
18	Metacrilato
23	Metacrilato

ELEMENTOS INTERNOS

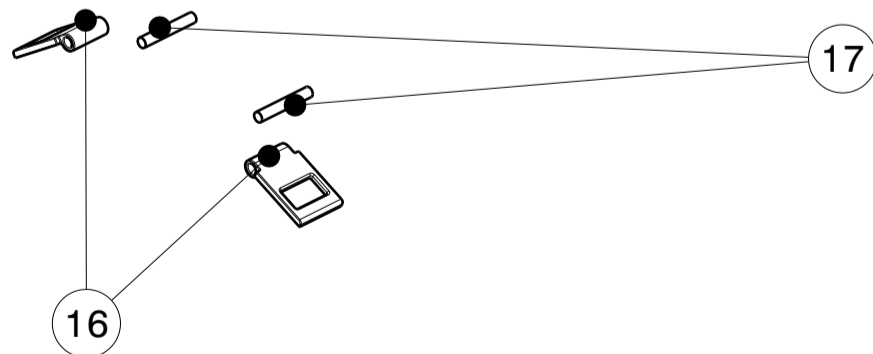


Number	Material
3	Caucho
11	Policarbonato

SISTEMA DE CIERRE DE COMP. SUPERIOR



SISTEMA DE CIERRE DE COMP. INFERIOR



Number	Material
2	Caucho
13	Policarbonato
14	Acero Inox.
15	Acero Inox.
16	Policarbonato
17	Acero Inox.

PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO 03/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: 1:2
PLANO: SELECCIÓN DE MATERIALES	FIRMA

D

C

B

A

8

8

SISTEMA DE CIERRE ESTANCO

7

7

6

6

5

5

4

4

3

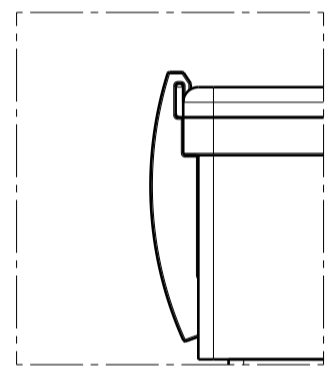
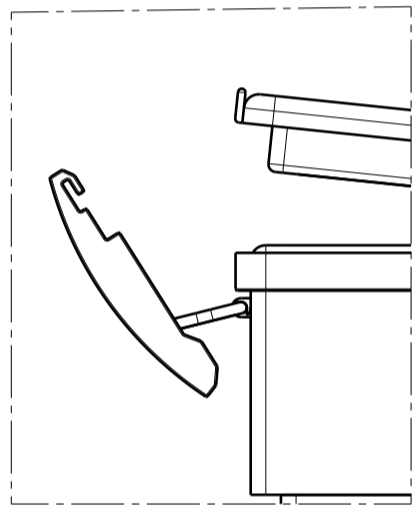
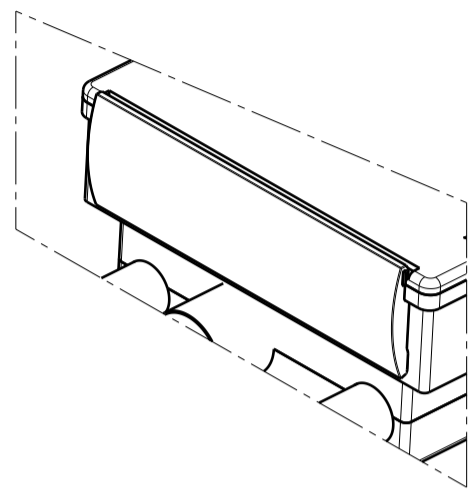
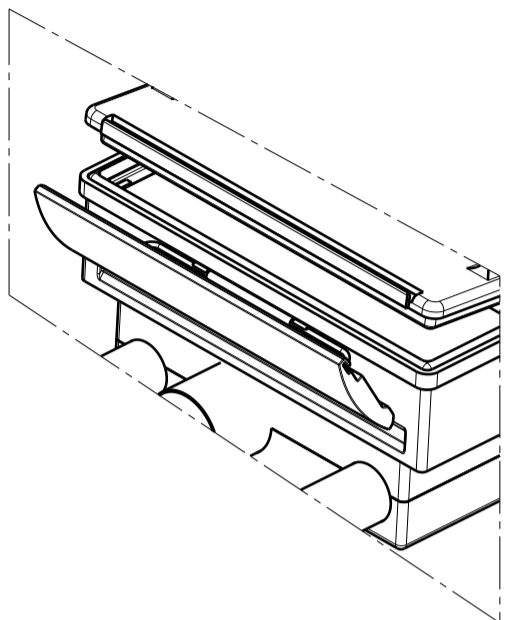
3

2

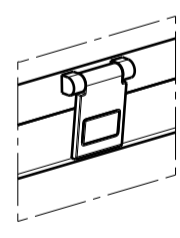
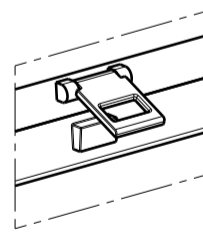
2

1

1



SISTEMA DE CIERRE COMP. INFERIOR



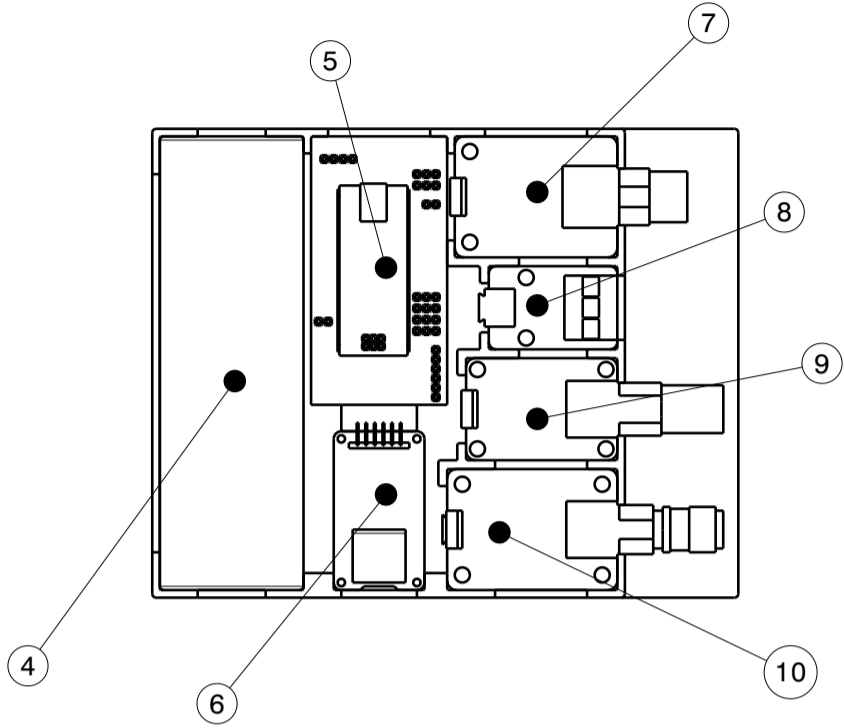
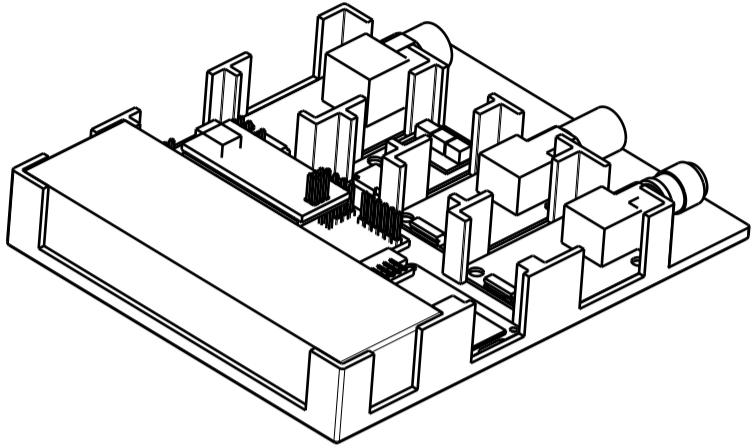
PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO <p style="text-align: center;">04/18</p>
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: <p style="text-align: center;">8/09/2018</p>
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: <p style="text-align: center;">1:2</p>
PLANO: <p style="text-align: center;">SISTEMAS DE CIERRE</p>	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

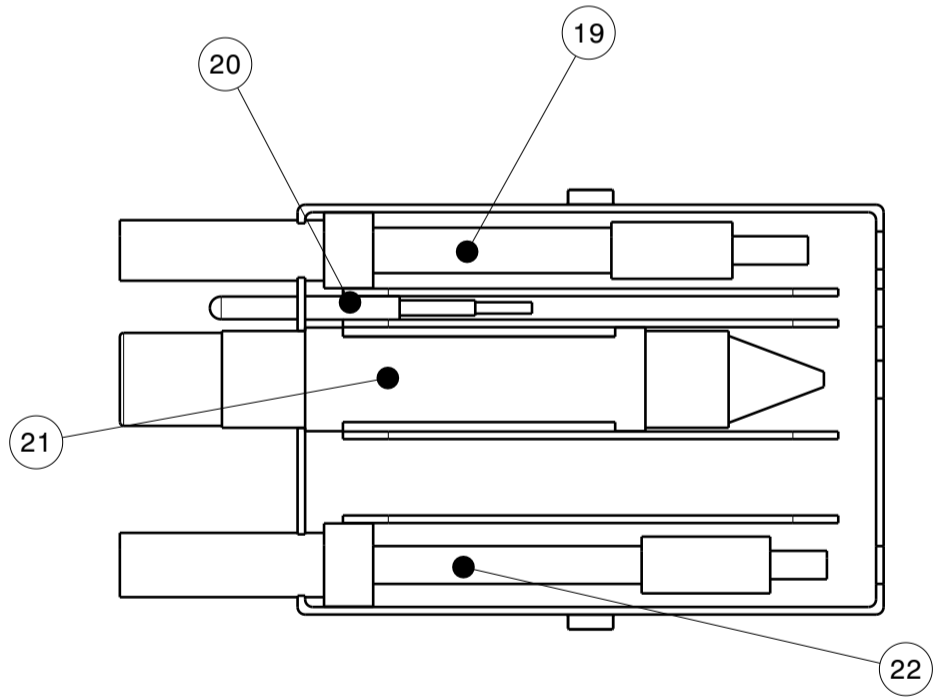
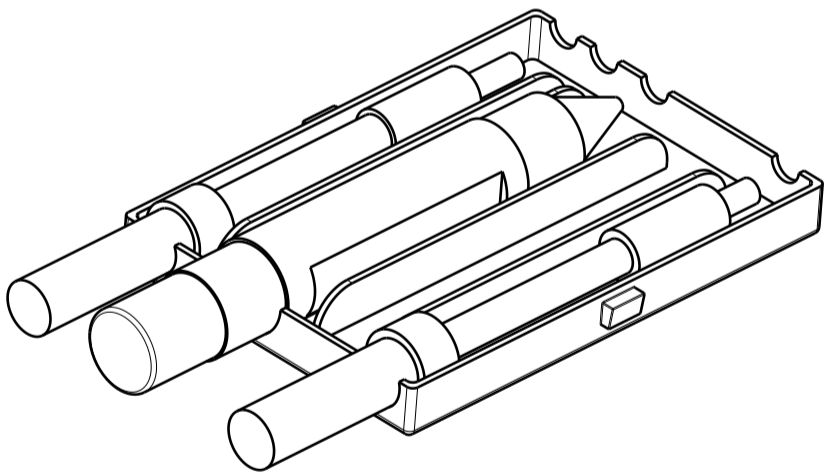
D

A

ELEMENTOS INTERNOS



ELEMENTOS EXTERNOS



PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO 05/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: 1:2
PLANO: ACOPLE DE ELEMENTOS DEL SISTEMA	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

C

B

A

8

8

7

7

6

6

5

5

4

4

3

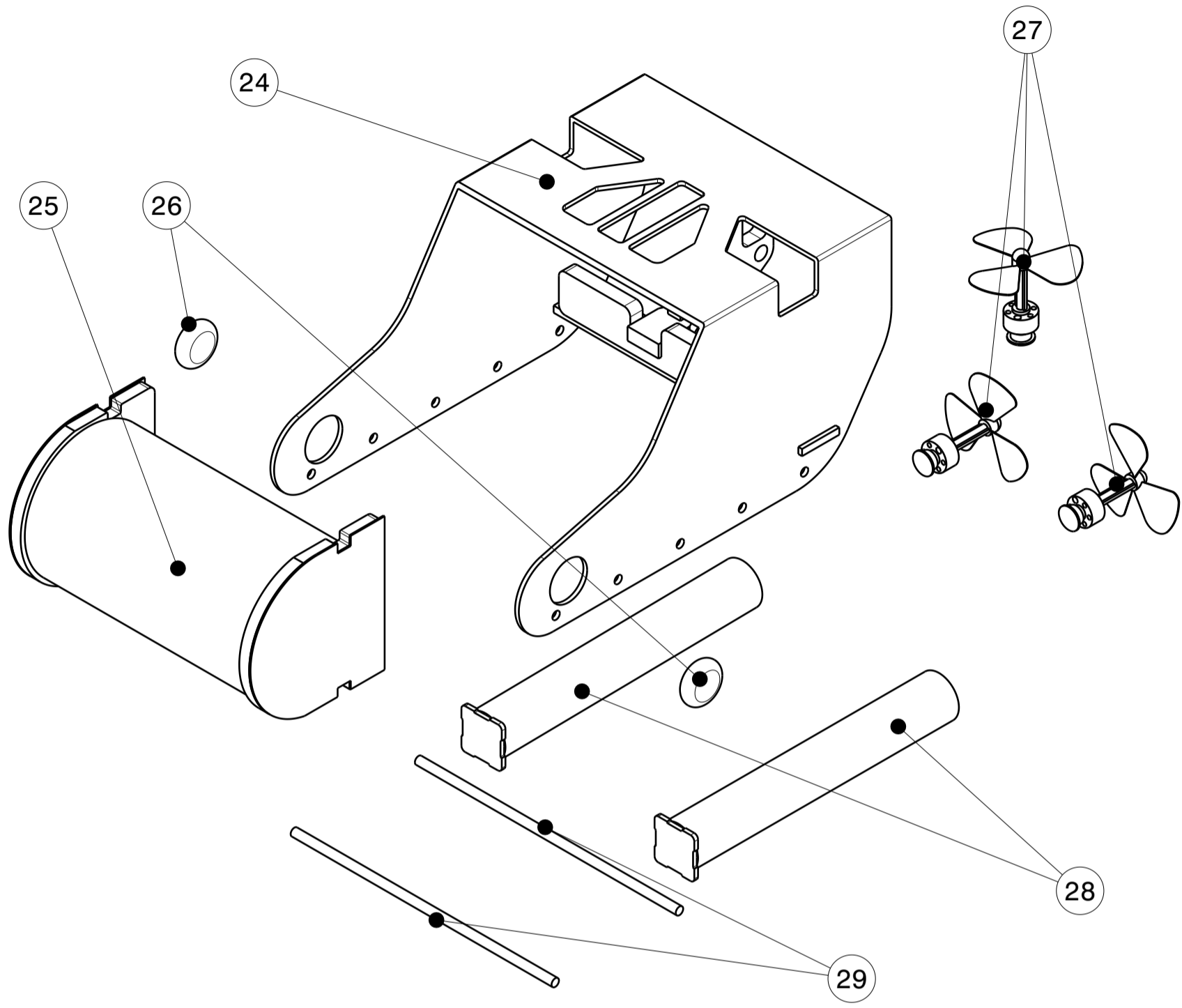
3

2

2

1

1



Number	Component
24	Carcasa
25	Tubo de componentes eléctricos
26	Lastres de plomo
27	Hélices
28	Tubos para baterías recargables
29	Varilla de Acero Inox.

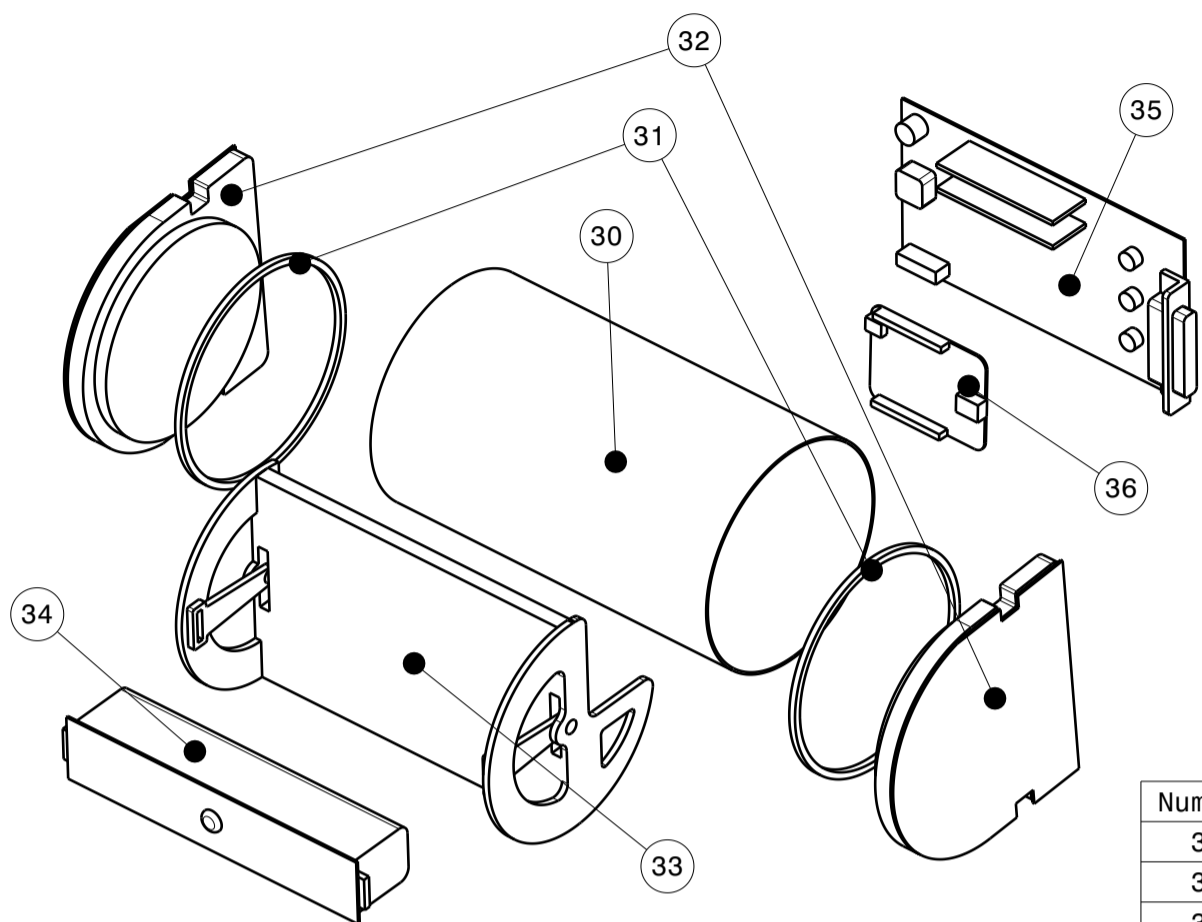
PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO <p style="text-align: center;">06/18</p>
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: <p style="text-align: center;">1:3</p>
PLANO: <p style="text-align: center;">DESPIECE DEL ROV</p>	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

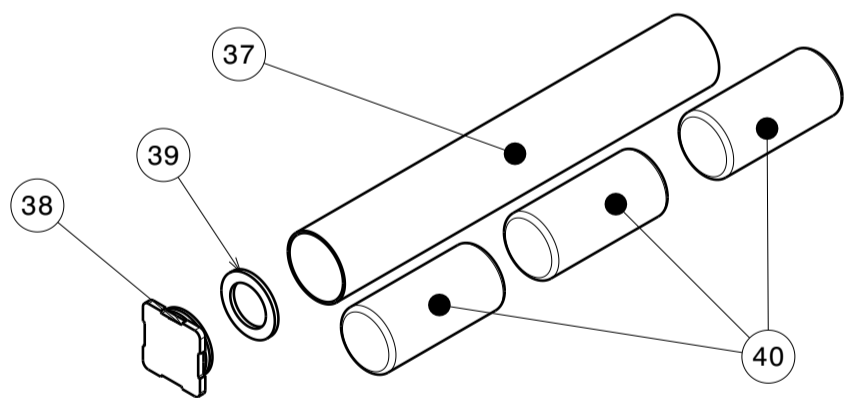
A

TUBO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS



Number	Component
30	Tubo de metacrilato
31	Juntas de caucho
32	Tapaderas
33	Base para componentes electrónicos
34	Cámara
35	Módulo Central/Arduino Mega
36	Placa Beaglebone Black

TUBO PARA BATERÍAS RECARGABLES



Number	Component
37	Tubo para baterías recargables
38	Tapa
39	Junta de caucho
40	Baterías de litio recargables

PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO <p style="text-align: center;">07/18</p>
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: <p style="text-align: center;">1:3</p>
PLANO: <p style="text-align: center;">DESPIECE DEL ROV</p>	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

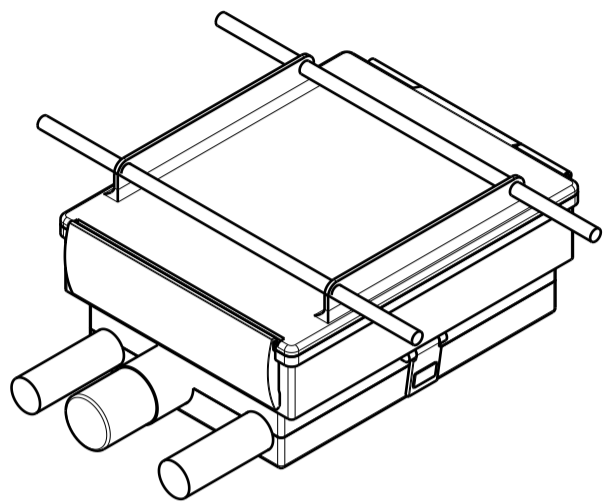
D

C

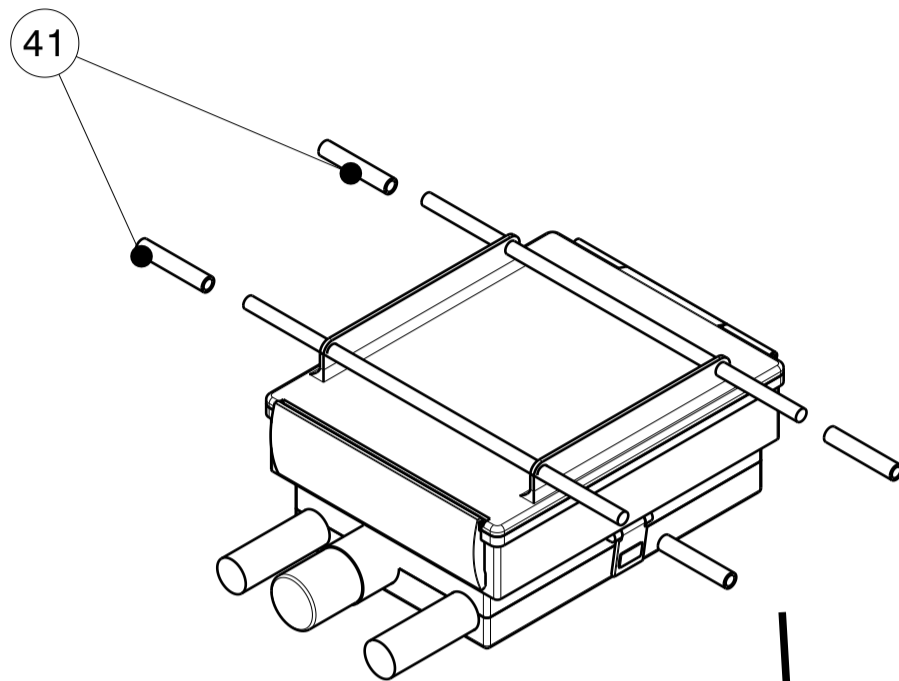
B

A

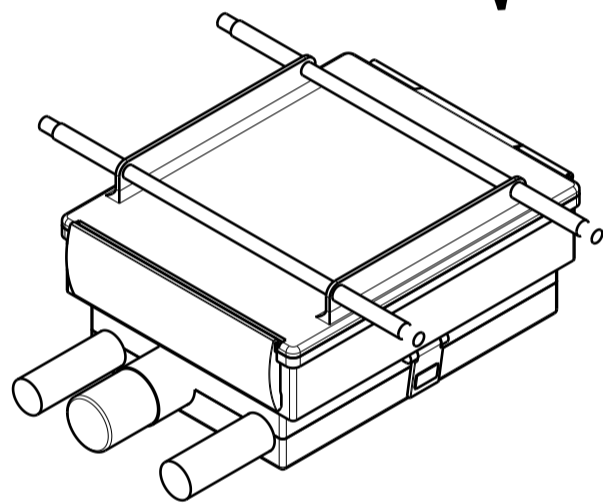
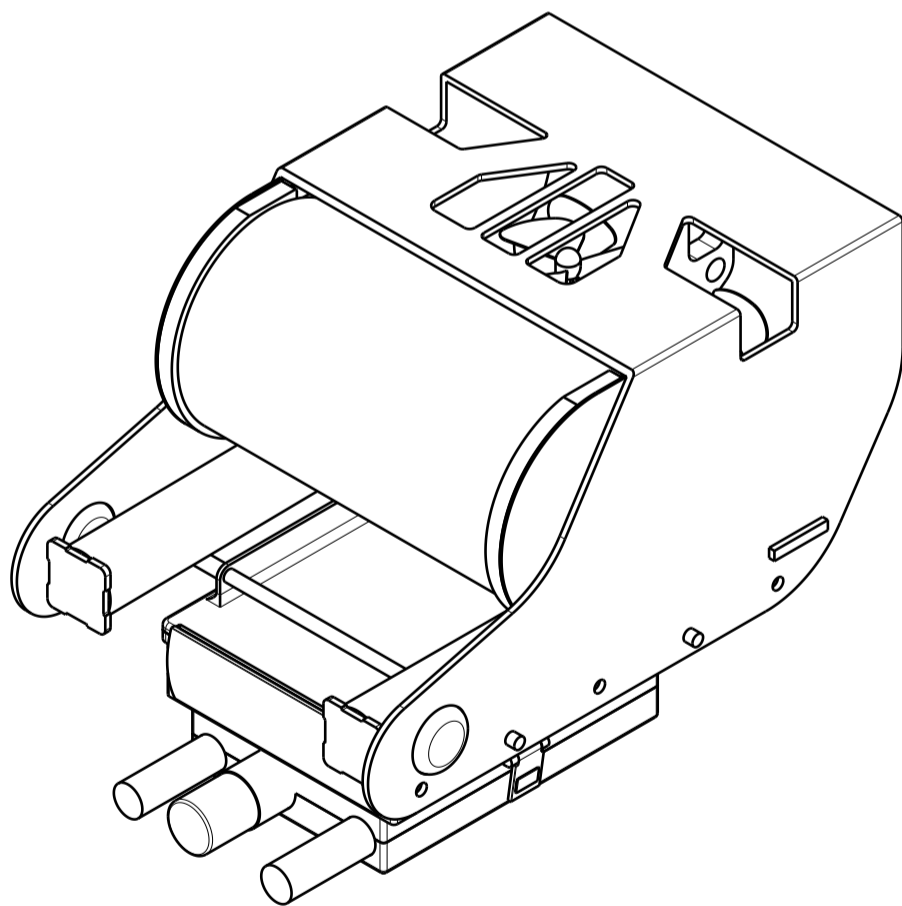
1. INSERTAR VARILLAS



2. INSERTAR CILINDROS DE CAUCHO EN LOS EXTREMOS



3. ACOUPLE DE LA CAJA EN EL ROV



Number	Component
41	Topes de caucho

PROYECTO FIN DE GRADO
 DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN
 HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO

No. PLANO
 08/18

PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ

FECHA:
 8/09/2018

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)

ESCALA:
 1:3

PLANO:

FIRMA

ACOPLE DE LA CAJA ESTANCA AL ROV

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

8
7
6
5
4
3
2
1

8
7
6
5
4
3
2
1

D

C

B

A

8

8

7

7

6

6

5

5

4

4

3

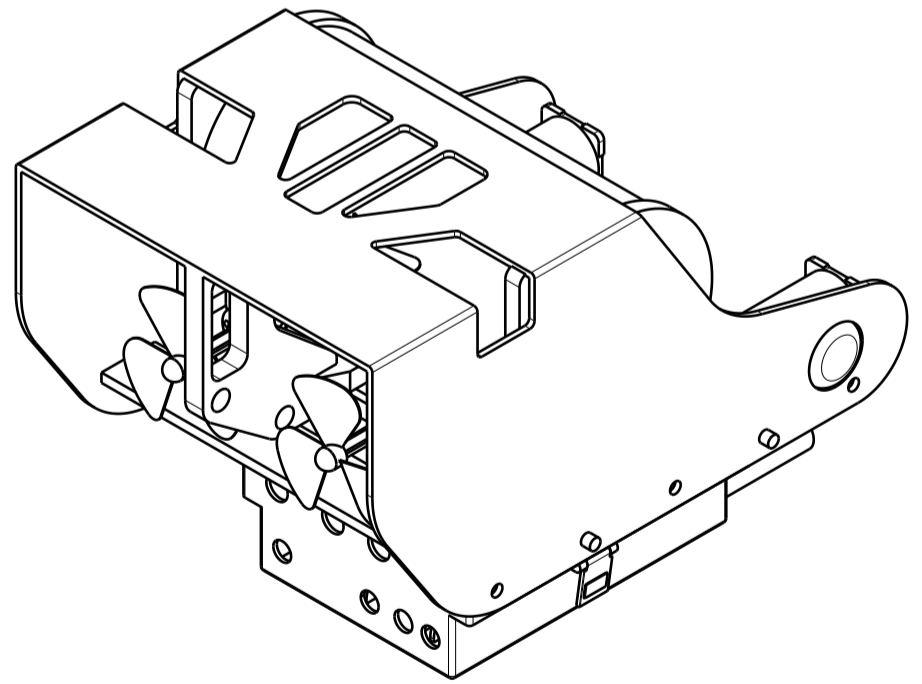
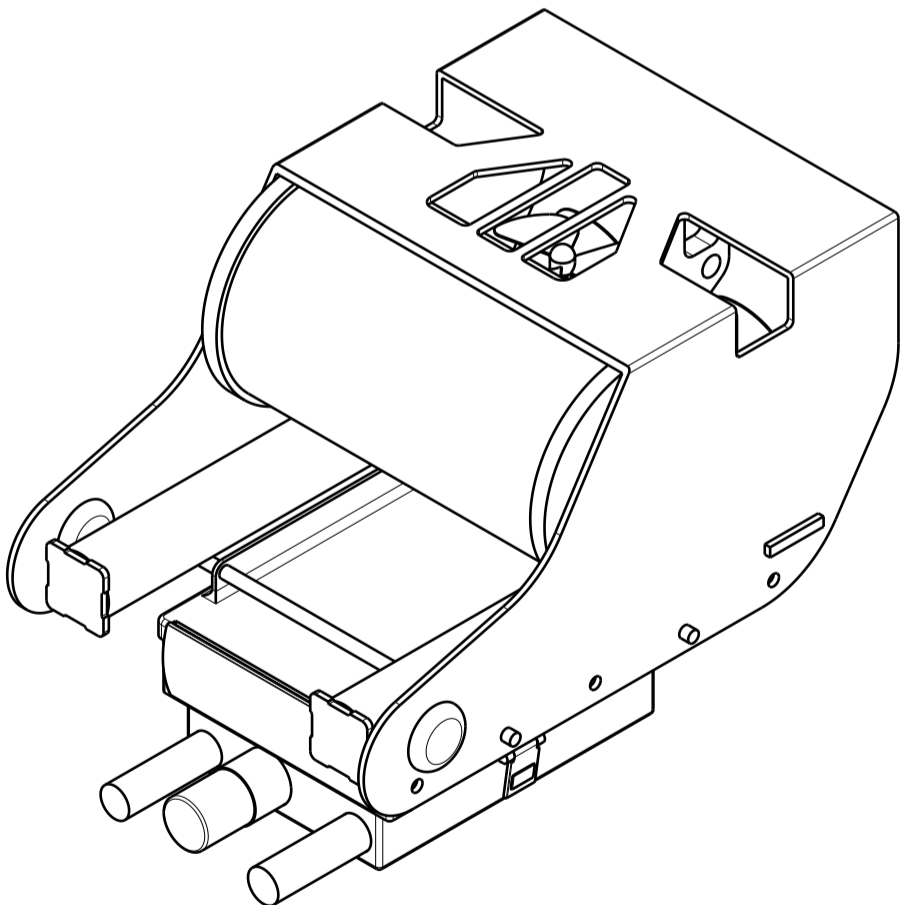
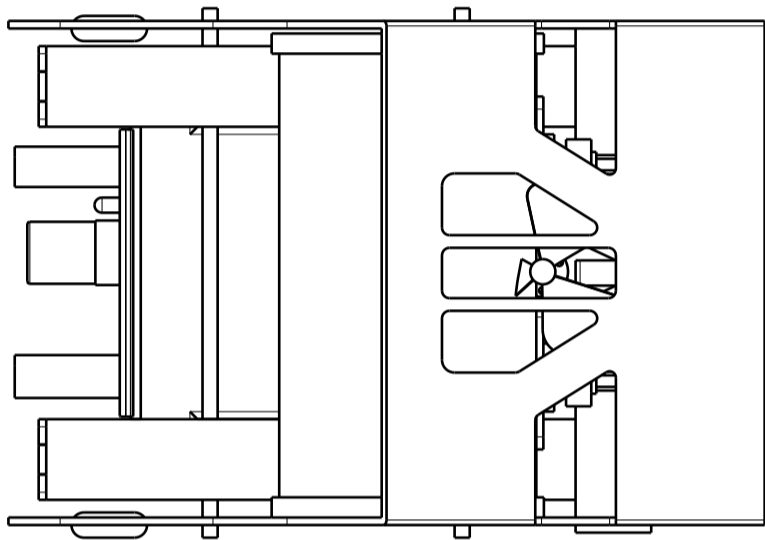
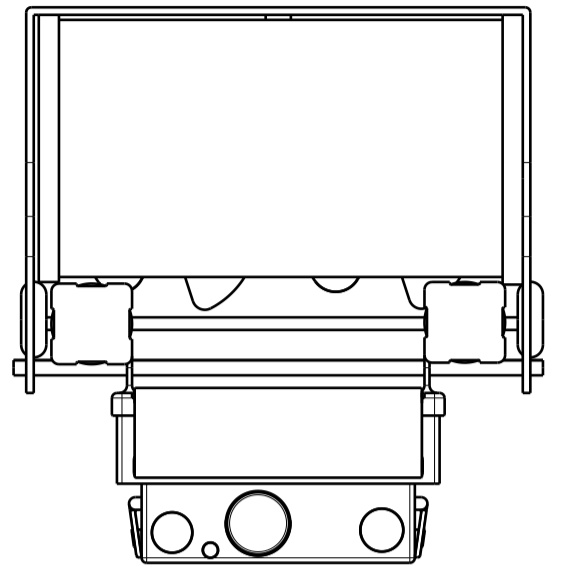
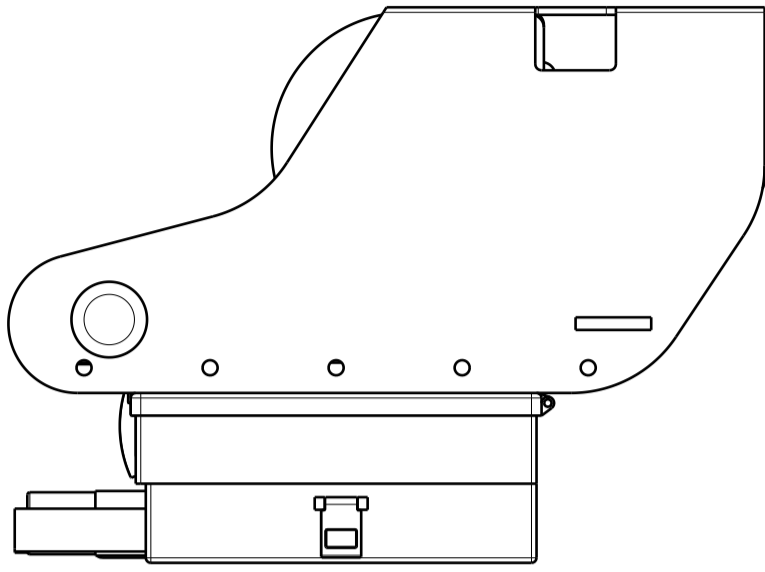
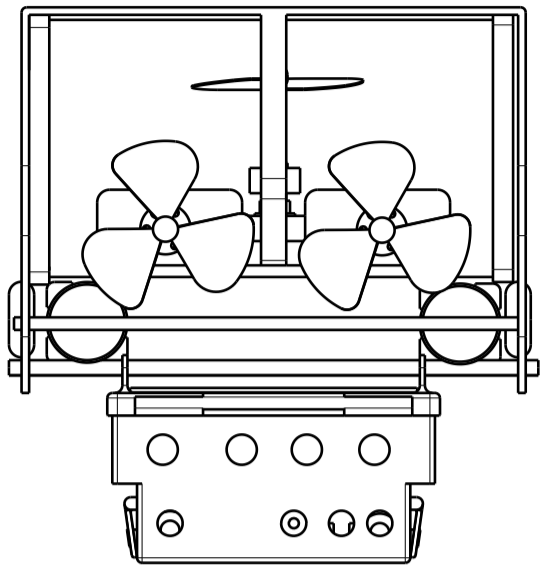
3

2

2

1

1

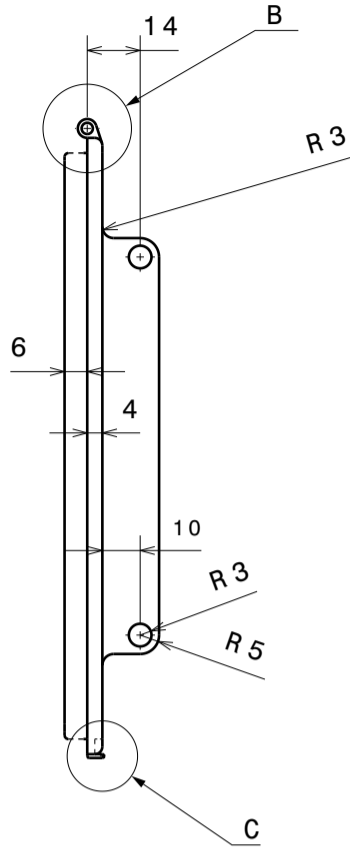
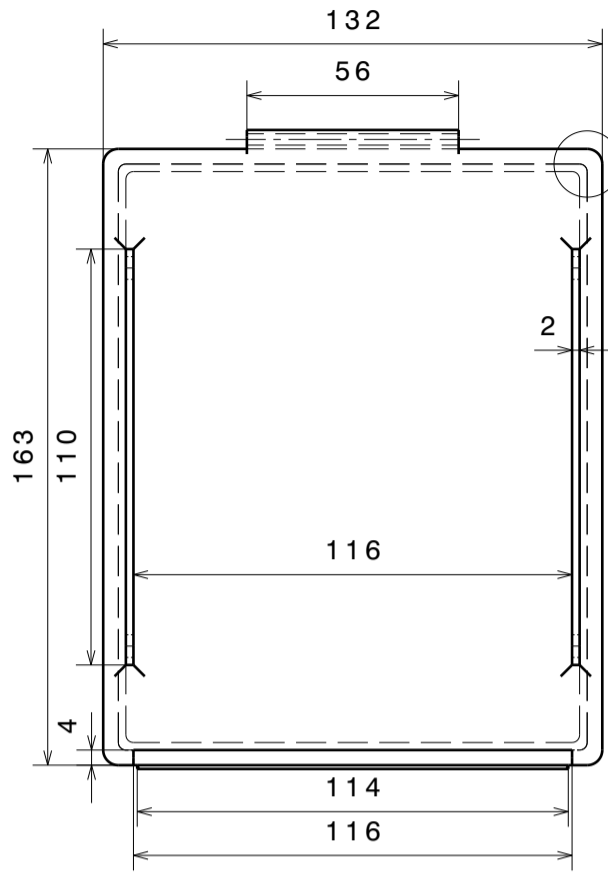


PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO <p style="text-align: center;">09/18</p>
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: <p style="text-align: center;">8/09/2018</p>
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: <p style="text-align: center;">1:3</p>
PLANO: <p style="text-align: center;">ROV Y CAJA ESTANCA</p>	FIRMA

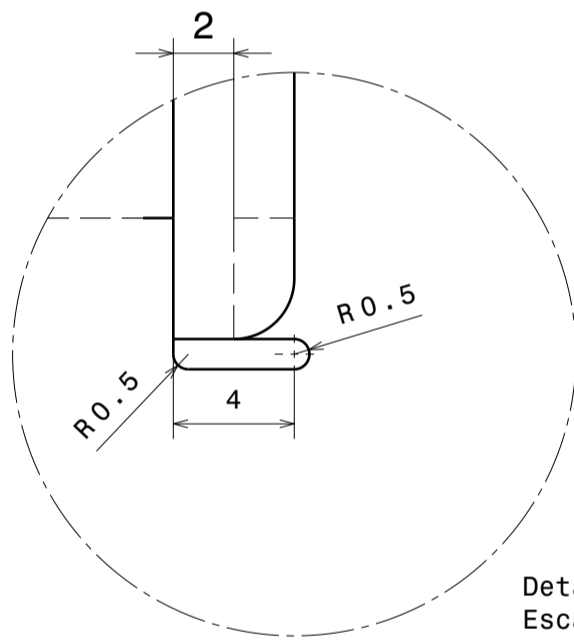
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

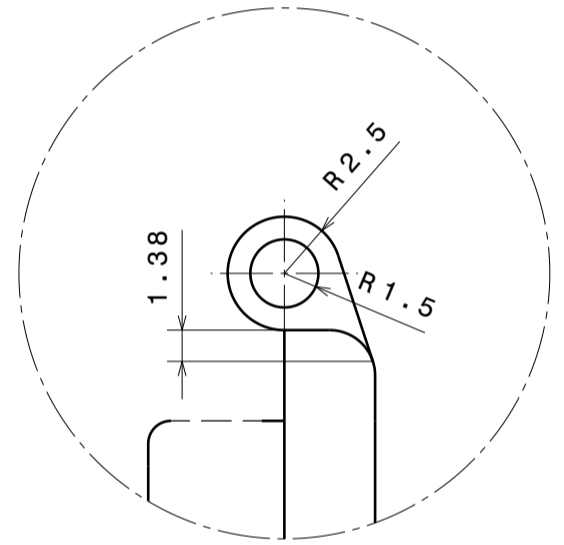
A



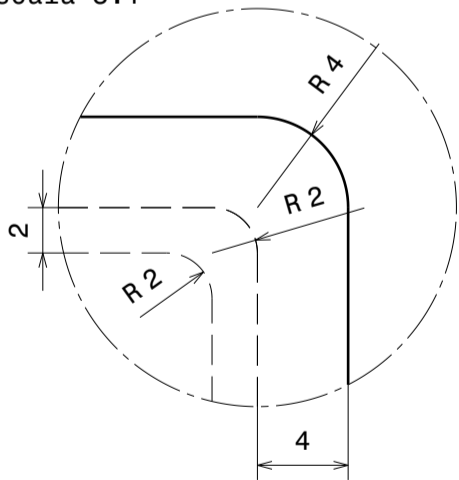
Detalle B
Escala 3:1



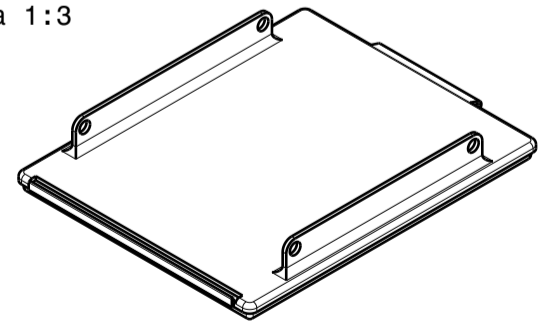
Detalle C
Escala 3:1



Detalle A
Escala 3:1



Isométrica
Escala 1:3



PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO 10/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: 1:2
PLANO: TAPA DEL COMPARTIMENTO SUPERIOR	FIRMA

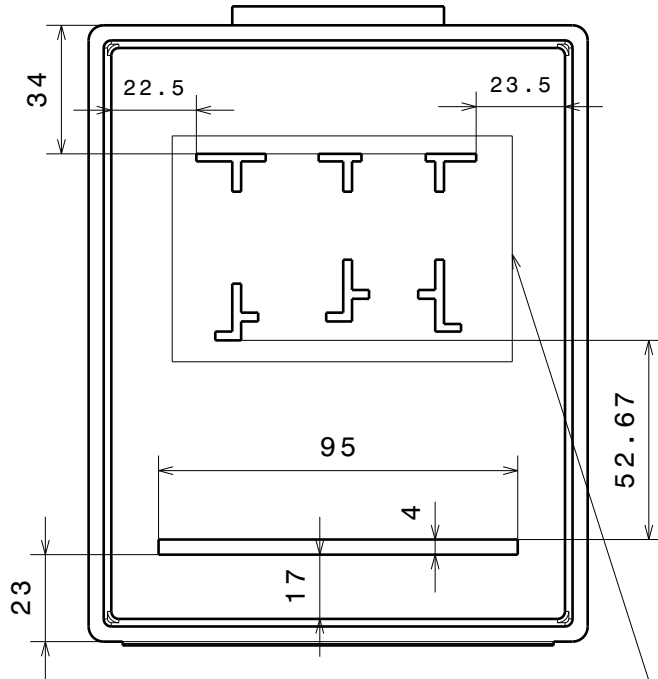
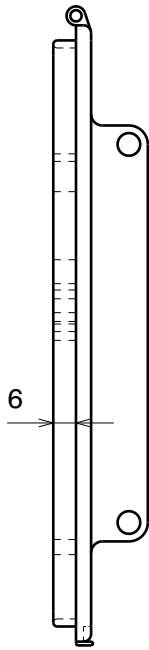
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

C

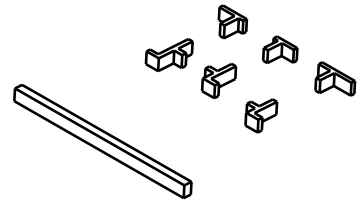
B

A



VER MEDIDAS EN PLANO 13

Isométrica
Escala 1:3



PROYECTO FIN DE GRADO
**DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN
 HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO**

No. PLANO

11/18

PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ

FECHA:

8/09/2018

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)

ESCALA:

1:2

PLANO:

FIRMA

INMOVILIZADORES

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

4

4

3

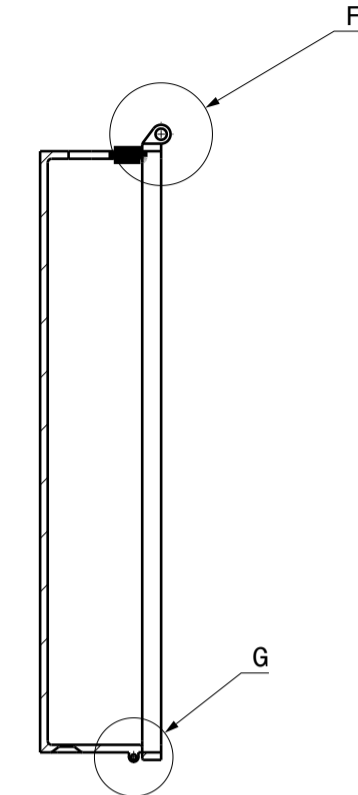
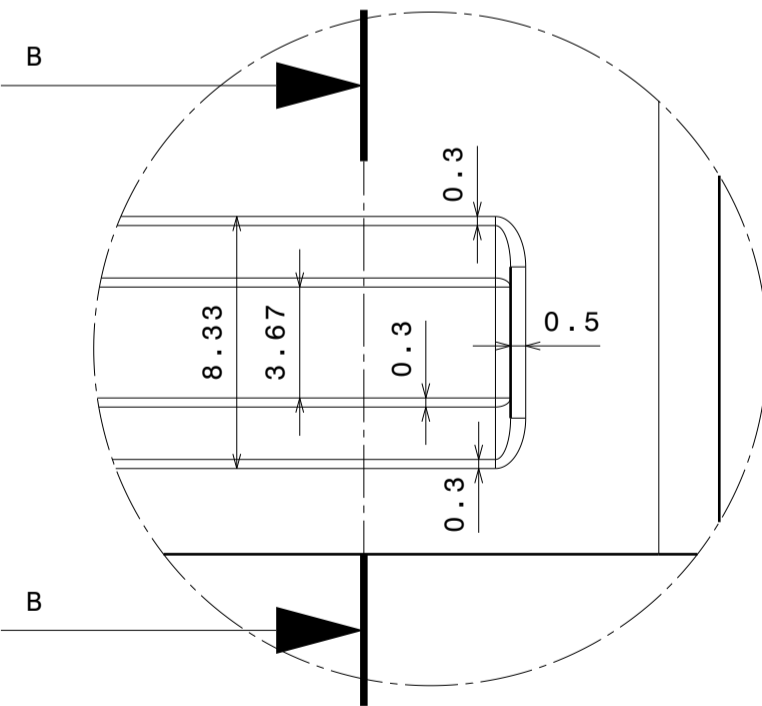
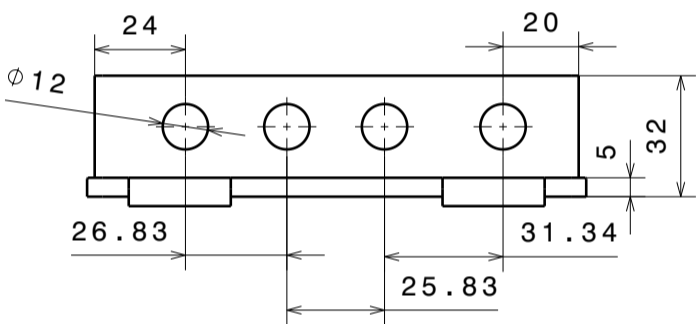
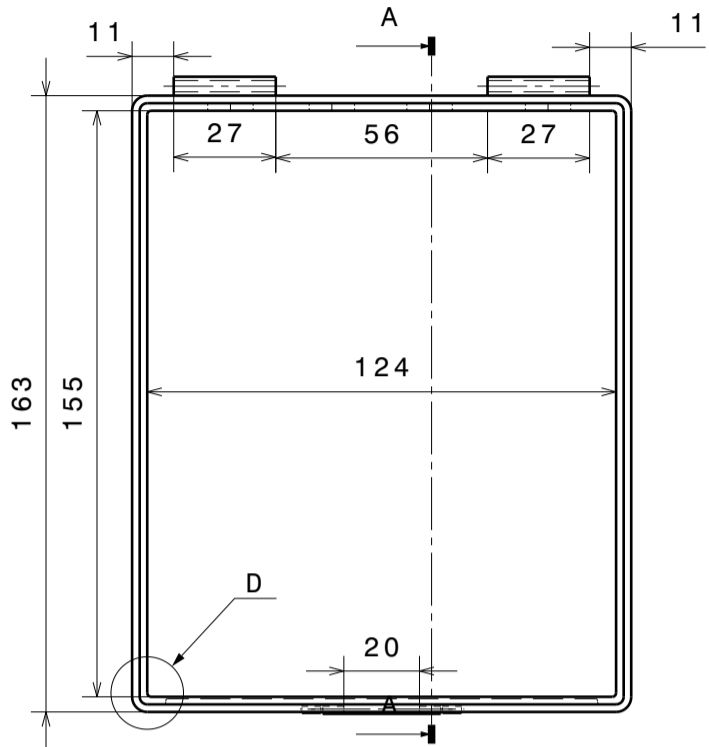
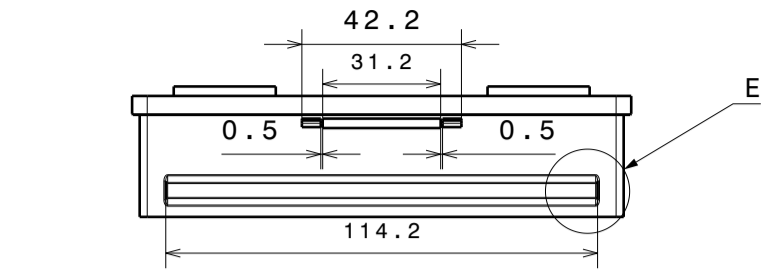
3

2

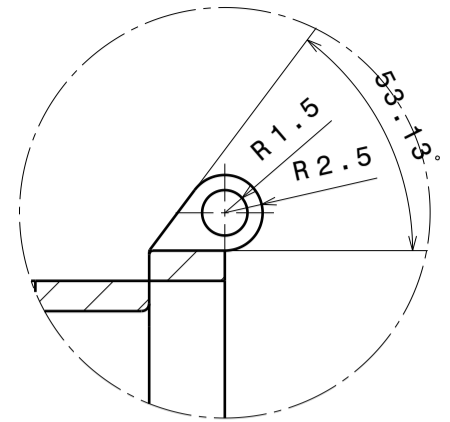
2

1

1

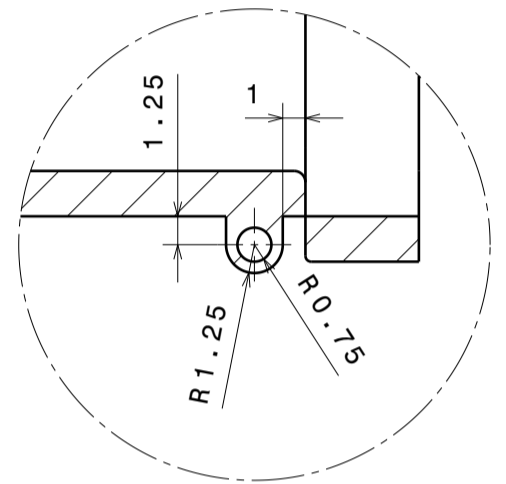


Sección A-A

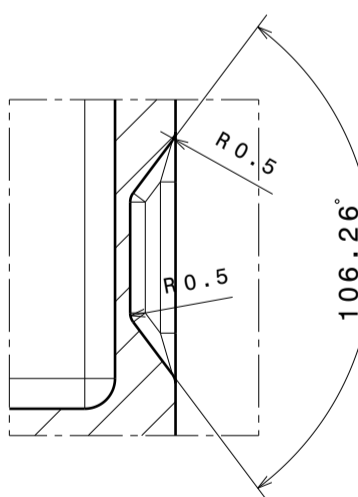
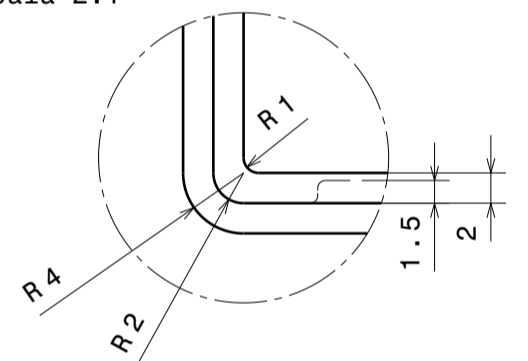


Detalle F
Escala w:1

Detalle G
Escala 3:1

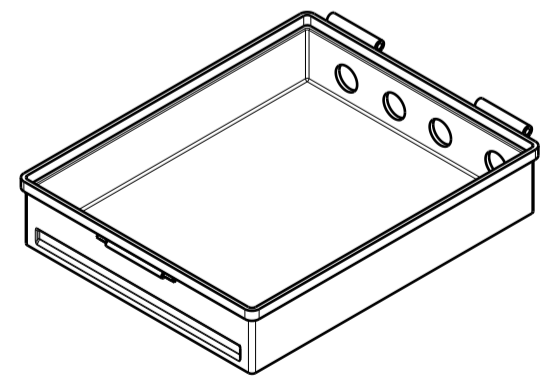


Detalle D
Escala 2:1



Sección B-B
Escala 4:1

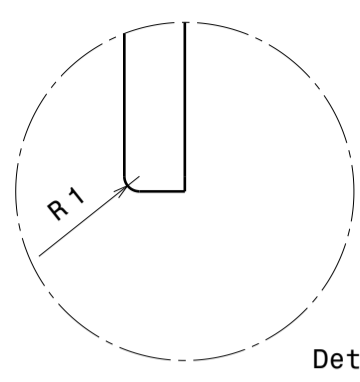
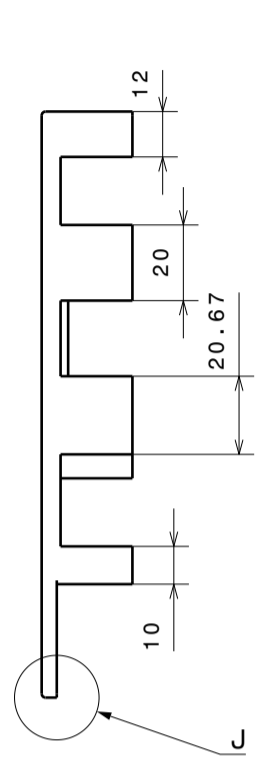
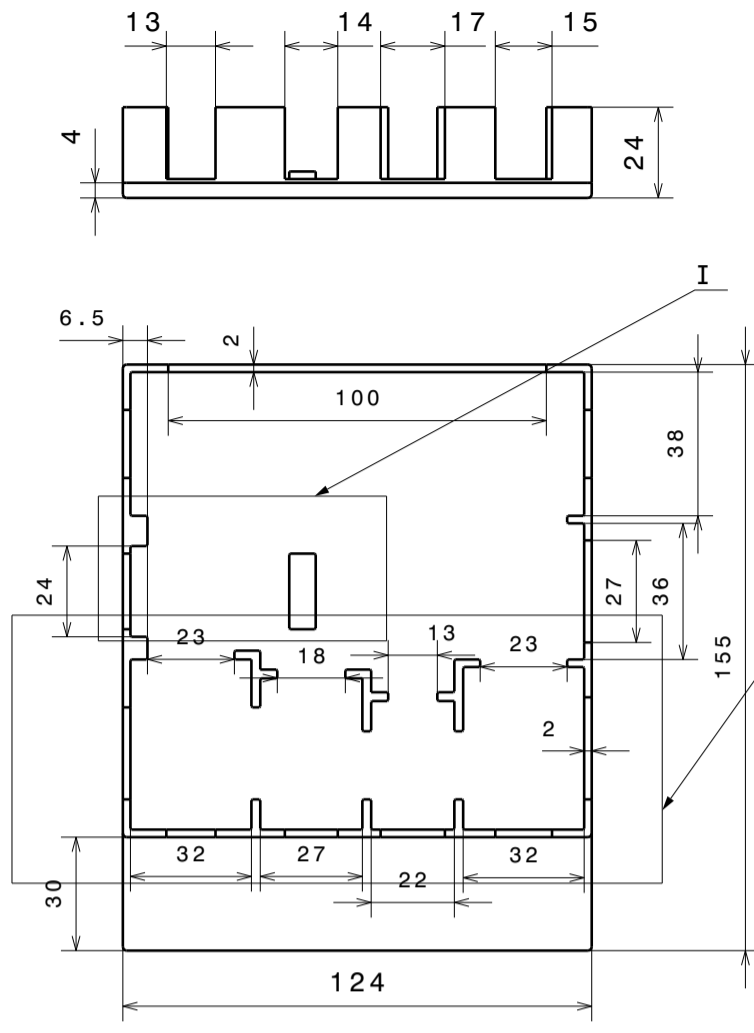
Isométrica
Escala 1:3



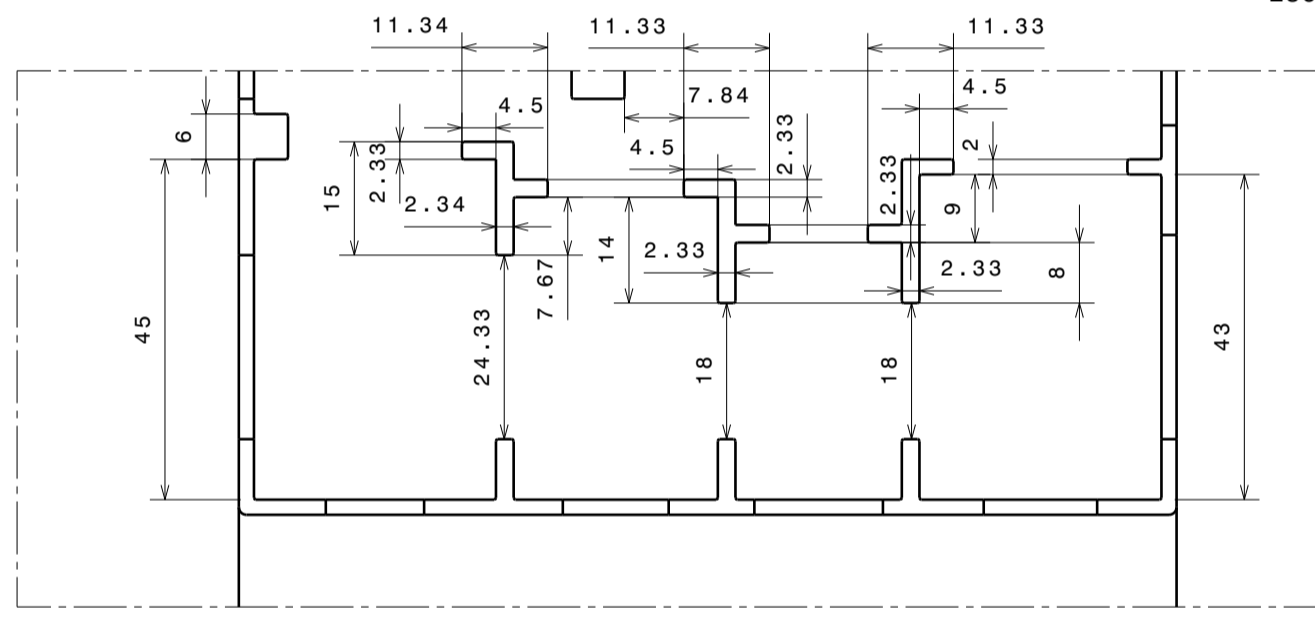
Detalle E
Escala 4:1

PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO 12/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: 1:2
PLANO: CONTENEDOR DE COMPARTIMENTO SUPERIOR	FIRMA

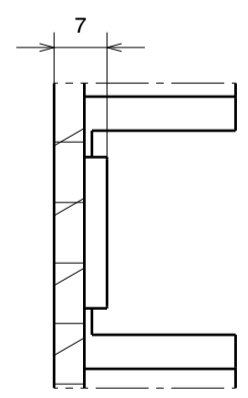
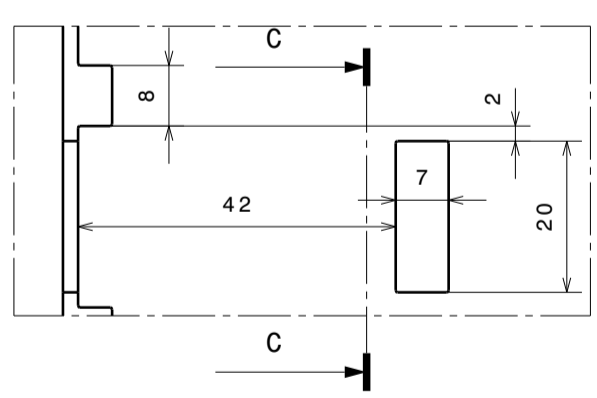
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



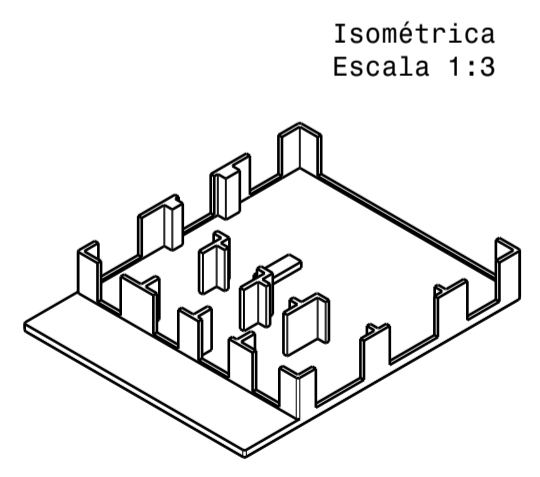
Detalle J
Escala 2:1



Detalle H
Escala 1:1



Sección C-C



Isométrica
Escala 1:3

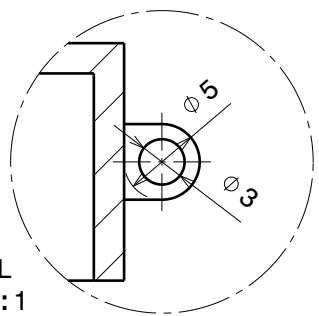
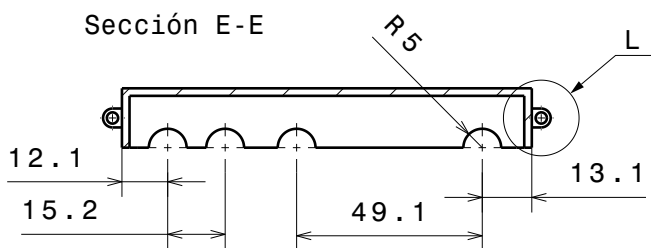
Detalle I
Escala 1:1

PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO		No. PLANO 13/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ		FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)		ESCALA: 1:2
PLANO: BASE INTERNA DE COMPARTIMENTO SUPERIOR		FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

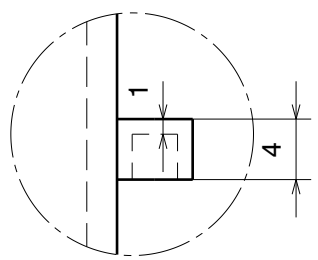
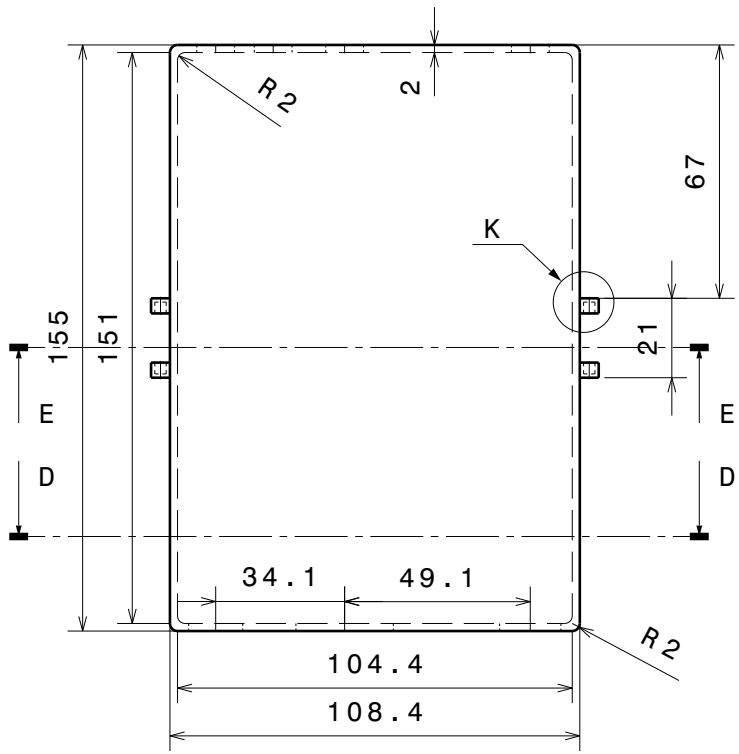
D C B A

4



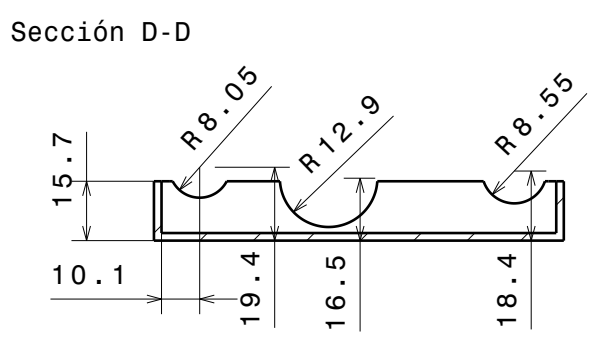
Detalle L
Escala 2:1

3

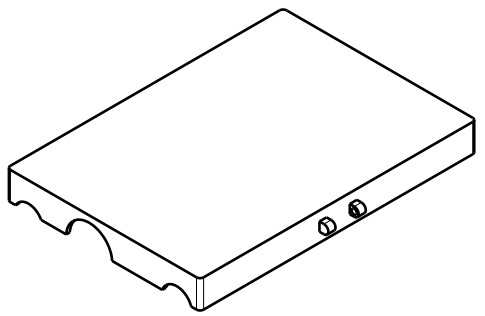


Detalle K
Escala 2:1

2



Isométrica
Escala 1:3

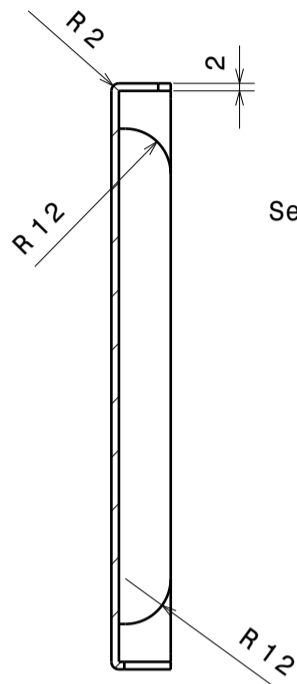
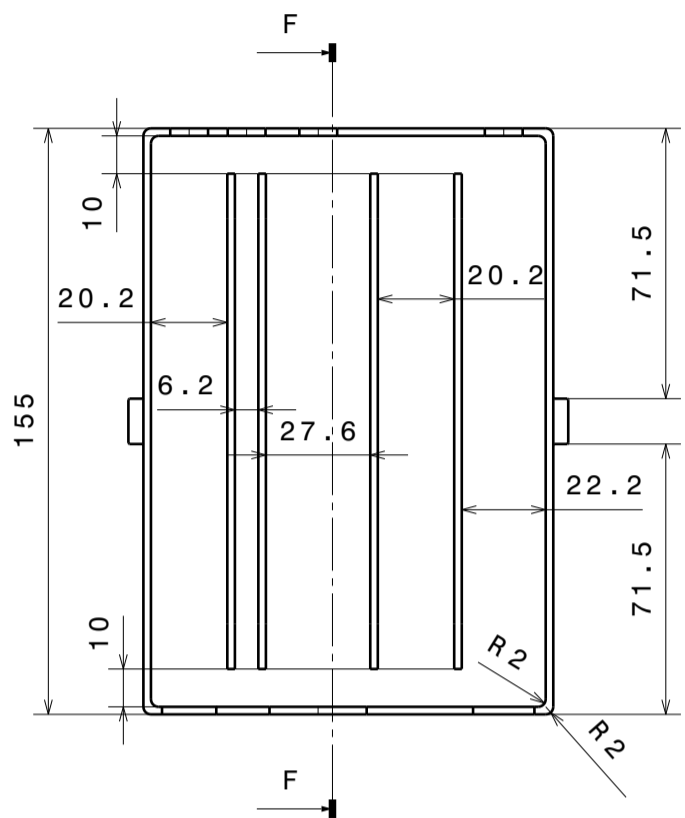
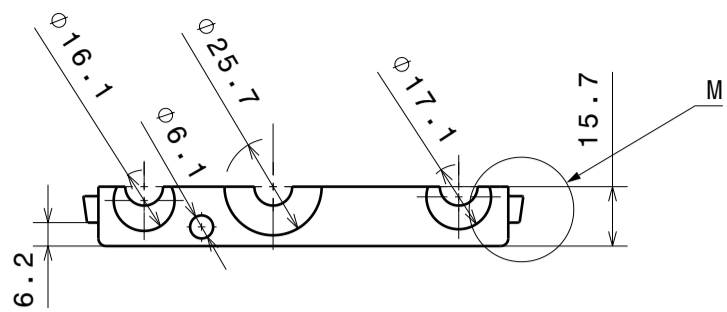


1

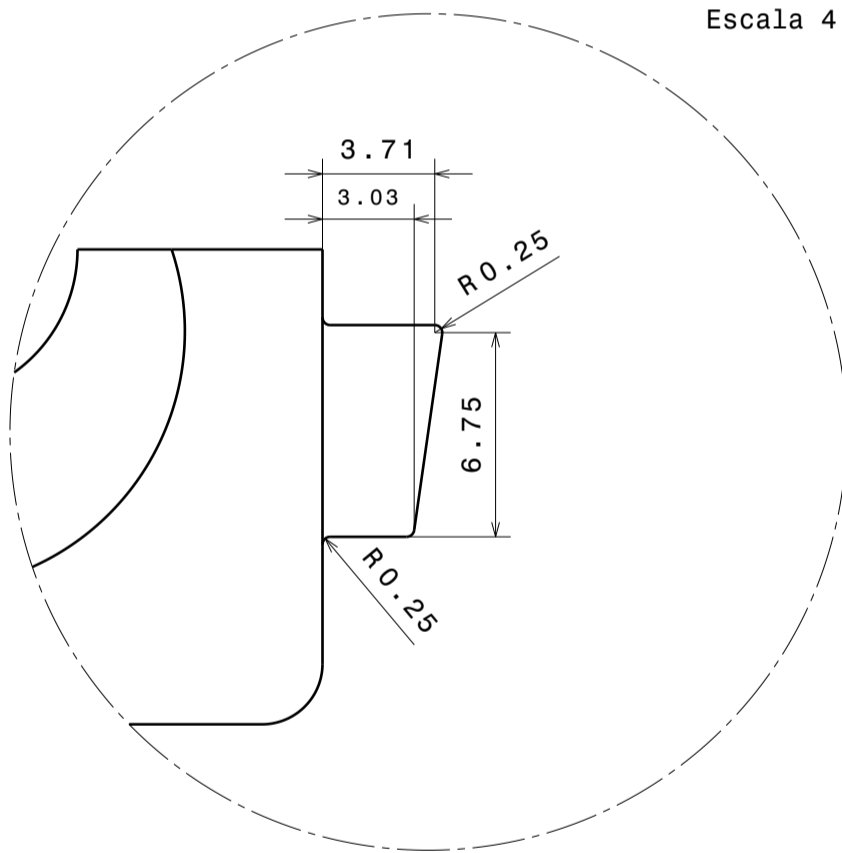
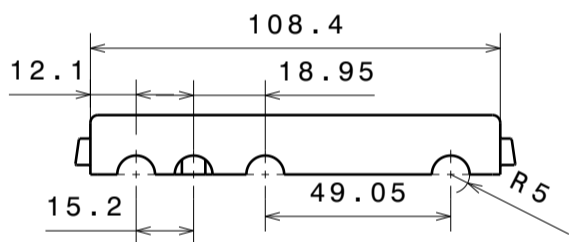
<p>PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO</p>	<p>No. PLANO 14/18</p>
<p>PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ</p>	<p>FECHA: 8/09/2018</p>
<p>GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)</p>	<p>ESCALA: 1:2</p>
<p>PLANO: TAPA DEL COMPARTIMENTO INFERIOR</p>	<p>FIRMA</p>

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A

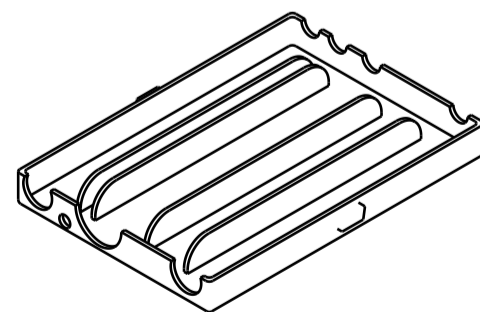


Sección F-F



Detalle M
Escala 4:1

Isométrica
Escala 1:3

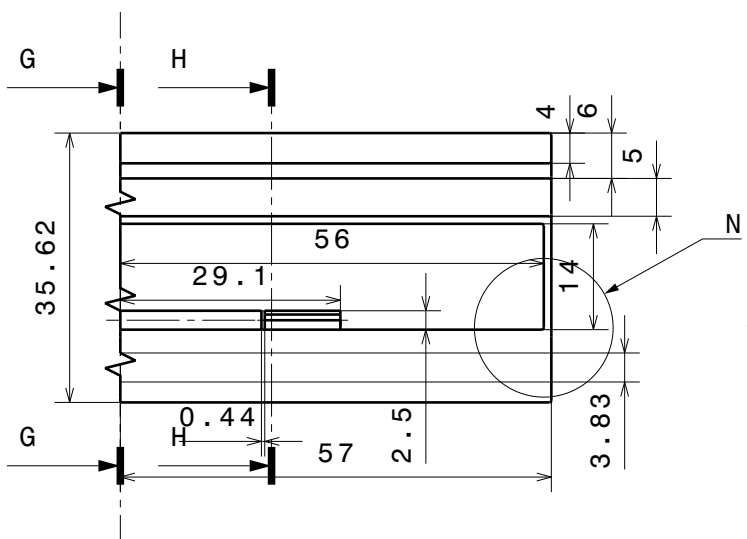


PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO 15/18
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: 8/09/2018
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: 1:2
PLANO: CONTENEDOR DE PARA ELEMENTOS INTERNOS	FIRMA

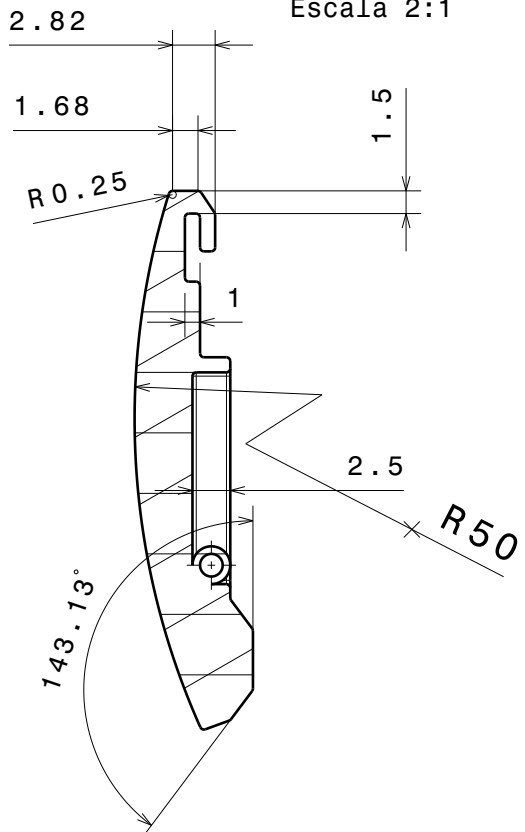
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D C B A

4

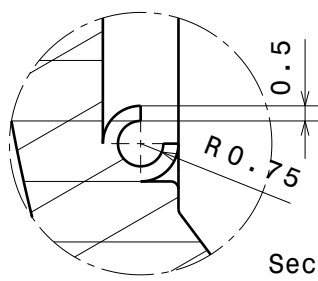


Sección G-G
Escala 2:1



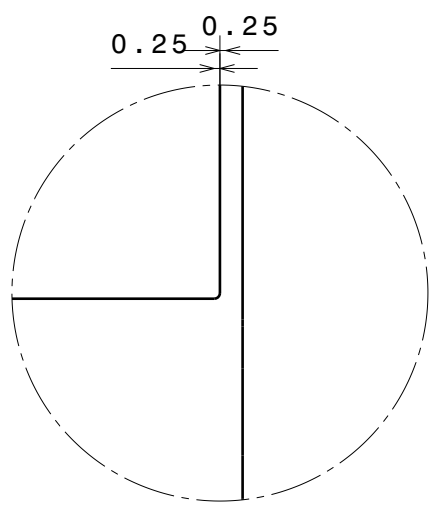
Isométrica
Escala 1:2

3

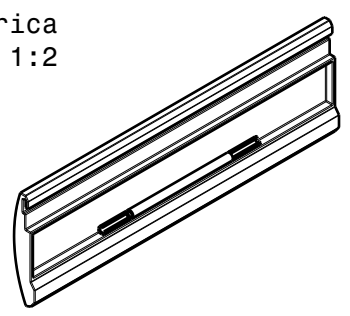


Sección H-H
Escala 4:1

2



Detalle N
Escala 3:1



1

PROYECTO FIN DE GRADO
DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN
HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO

No. PLANO
16/18

PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ

FECHA:
8/09/2018

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)

ESCALA:
1:1

PLANO:

CIERRE ESTANCO DEL COMPARTIMENTO SUPERIOR

FIRMA

D A

D

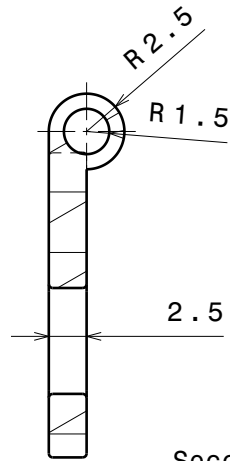
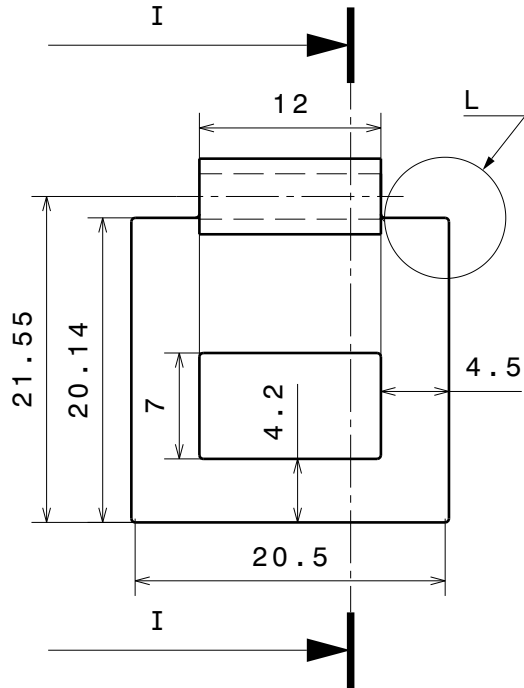
C

B

A

4

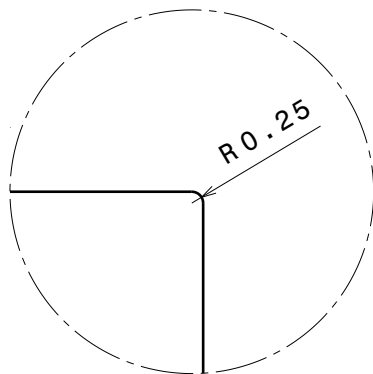
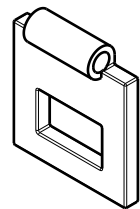
4



Sección I-I

3

3

Detalle L
Escala 6:1Isométrica
Escala 1:1

2

2

1

1

PROYECTO FIN DE GRADO
DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN
HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO

No. PLANO

17/18

PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ

FECHA:

8/09/2018

GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)

ESCALA:

2:1

PLANO:

CIERRE DEL COMPARTIMENTO INFERIOR

FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

C

B

A

4

4

3

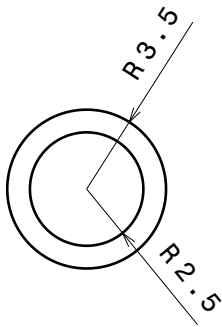
3

2

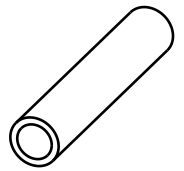
2

1

1



Isométrica
Escala 1:1



PROYECTO FIN DE GRADO DISEÑO DE UNA CAJA ESTANCA PARA UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN HIDROLÓGICO ACOPLADA A UN ROBOT SUBACUÁTICO	No. PLANO <p style="text-align: center;">18/18</p>
PROPIETARIO/A: ISABEL MARÍA RIVERA PÉREZ	FECHA: <p style="text-align: center;">8/09/2018</p>
GRADO EN INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA (UCA)	ESCALA: <p style="text-align: center;">3:1</p>
PLANO: <p style="text-align: center;">TOPE DE CAUCHO</p>	FIRMA

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

