



# Taller de robótica submarina

Manual de construcción  
de un ROV



# Créditos

Edita: Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)

Autores: Daura Vega, Carlos Rodríguez, Miquel Villanueva, Xavier Cufí

**Copyright © 2013** Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)

Financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología - Ministerio de Economía y Competitividad.

Colaboran: Universitat de Girona  
Obra Social "la Caixa"

Reservados todos los derechos. Queda autorizada la reproducción con fines educativos y divulgativos sin ánimo de lucro, siempre que se cite la procedencia.

Depósito Legal: GC 1119-2013  
ISBN: 84-695-8338-7  
978-84-695-8338-8

# Taller de robótica submarina

## Manual de construcción de un ROV

### Índice

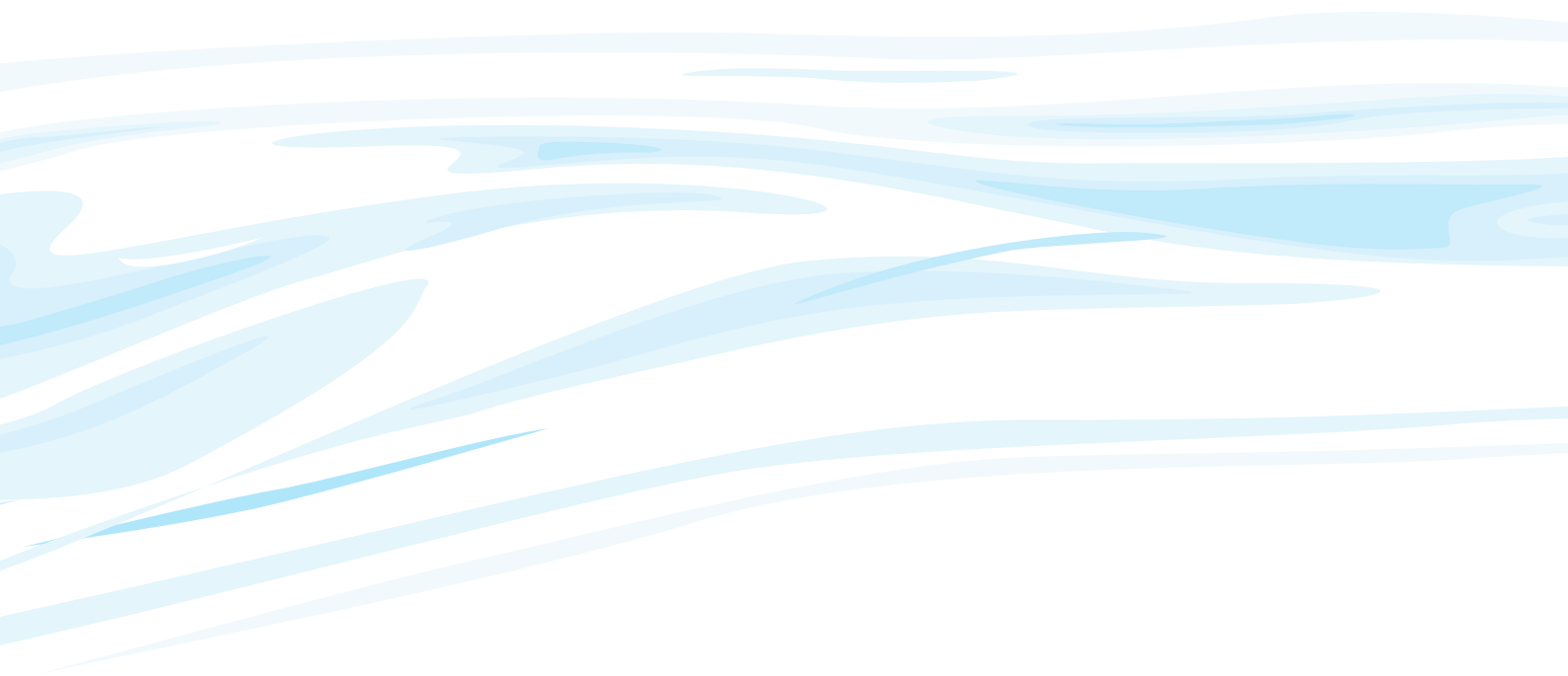
Objetivos generales / Objetivos específicos .....	4
Introducción .....	5
Construcción de la consola de control .....	6
Construcción del chasis.....	10
Cableado de la consola de control .....	15
Elaboración del umbilical .....	31
Pruebas de funcionamiento y flotabilidad.....	33

## Objetivos generales

- Fomentar el interés por la ciencia y la tecnología usando la exploración submarina y la robótica.
- Incentivar el trabajo en equipo, respetando valores y potenciando la creatividad.
- Construir teniendo en cuenta la necesidad tecnológica de uso marino, respetando el medio ambiente y usando materiales de uso cotidiano.

## Objetivos específicos

- Formar a docentes en las competencias y contenidos para la impartición y desarrollo del taller.
- Servir de apoyo a los centros docentes en la implantación del taller en sus aulas a través de soporte visual.
- Organizar encuentros de robótica submarina donde los participantes del taller puedan exhibir sus ROVs.



## Introducción

Este taller está inspirado en el MIT Sea Perch Program (<http://seaperch.mit.edu/index.php>), intentando atraer y motivar a los estudiantes y público en general hacia la Tecnología mediante la **Construcción y Operación Remota de Vehículos Submarinos (ROVs)**. Además se busca propiciar la imaginación de los participantes para que tengan en cuenta que los ROV's **deben respetar el entorno marino** en todos sus aspectos.

La idea principal es crear prototipos a pequeña escala, sencillos pero funcionales usando materiales de uso cotidiano.

La exploración del océano profundo supone un inmenso desafío para la humanidad que resulta muy atractivo y se plantea su utilización como estímulo de vocaciones de los jóvenes hacia las disciplinas técnicas y científicas.

Un **ROV (Remote Operated Vehicle)** es un vehículo submarino no tripulado controlado a través de una consola de mando unida al vehículo por un cordón umbilical. Estos ROVs deben ir equipados con motores para su propulsión y pueden ser además equipados con sensores, brazos mecánicos o cámaras submarinas.

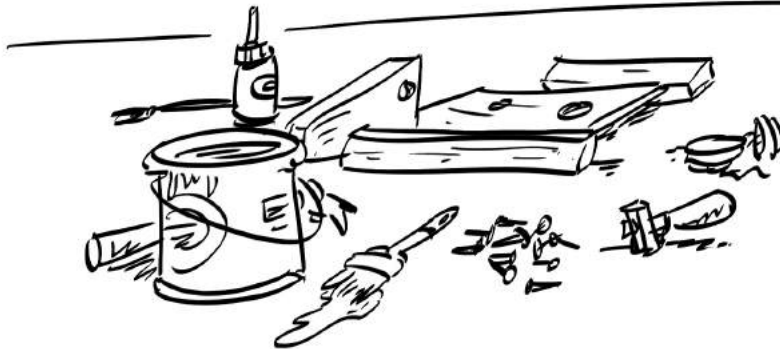
Este manual contiene las instrucciones paso a paso para la construcción de un ROV a partir de materiales sencillos como la madera, plásticos, PVC y elementos electrónicos en un tiempo medio de unas 15-20 horas de dedicación.



## CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL

### Material y herramientas

- Madera u otro material para su construcción.
- Cola o pegamento.
- Clavos.
- Pincel y pintura.
- Joystick.
- 2 pulsadores.



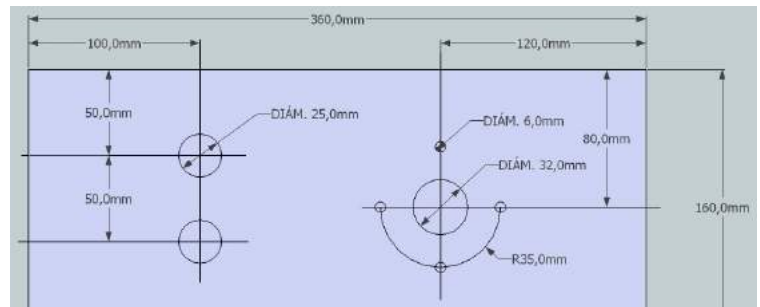


## Construcción de la consola de control 7

La consola de control o centro de mando puede ser fabricada en cualquier material y dimensión siempre que permita incluir los dos botones de control vertical del vehículo (botón verde y rojo de la imagen) y el joystick de control horizontal. A su vez debe ser cómoda de sostener mientras se pilota el vehículo. Para su construcción puede utilizarse madera, cartón, metacrilato, plástico o cualquier otro tipo de material que cumpla con dicha función.

Como ejemplo se mostrará la preparación de la consola en madera.

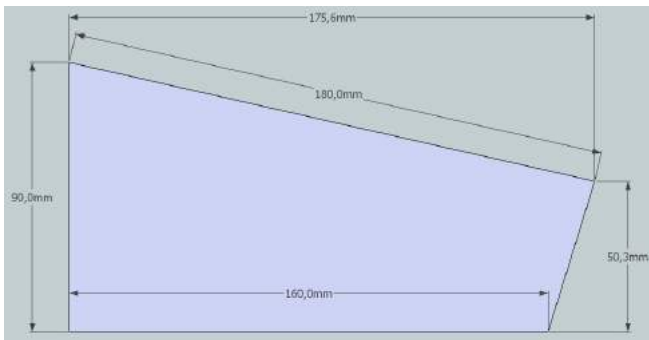
- Utilizar una pieza de madera fina rectangular donde se instalarán los botones y joystick de control. Con la ayuda de un lápiz realizar las marcas sobre la madera donde va ir el joystick y los pulsadores según las medidas que se muestran en la plantilla. Tener en cuenta donde va ir el joystick, a la derecha o a la izquierda dependiendo si el piloto es diestro o zurdo respectivamente.



Una vez dibujadas las marcas, realizar los orificios para los pulsadores y el joystick con la ayuda de un taladro.

Este modelo de consola se ha fabricado con un ángulo de inclinación para facilitar el pilotaje del ROV, pero puede ser construido completamente rectangular si se prefiere, o con cualquier otro tipo de forma o tamaño.

Los laterales de la consola en este caso tienen forma trapezoidal para conseguir dicha inclinación.

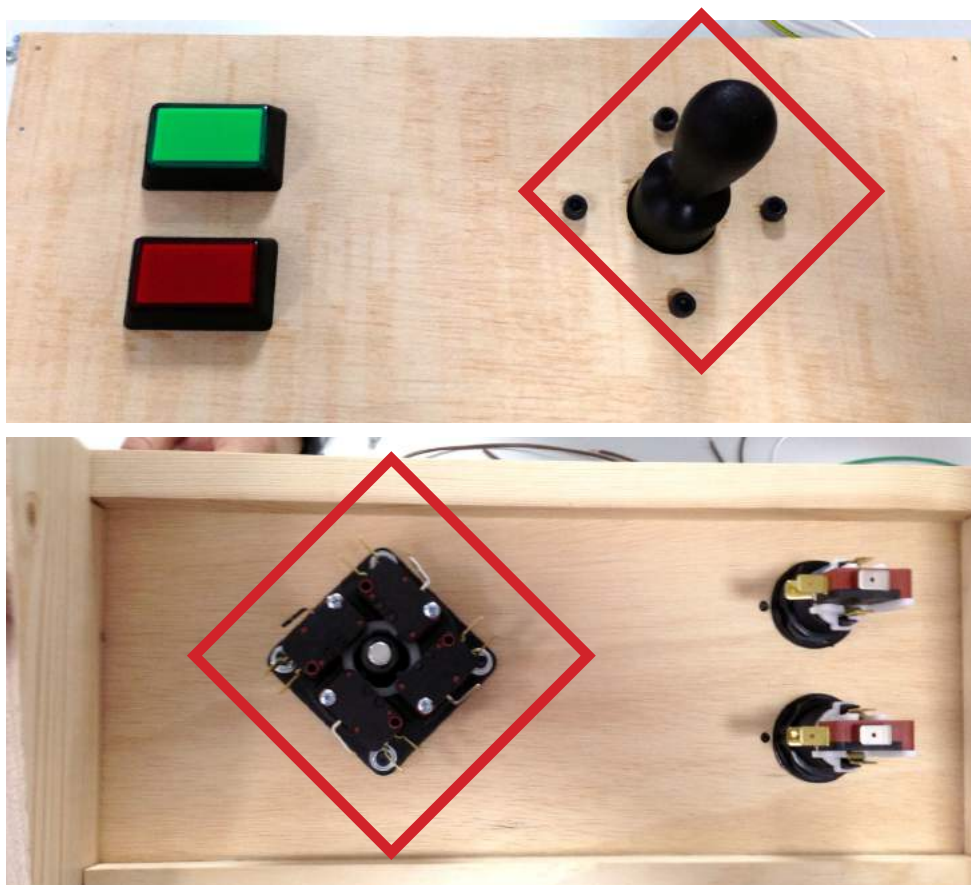


## 8 Taller de robótica submarina

Una vez cortadas todas las piezas, pegar con cola y añadir clavos a la estructura para que quede más sujeta. El exceso de cola que sobresalga retirarlo con papel.

Dejar secar entre 6 y 8 horas. Cuando esté seca, limar los cantos de la consola para suavizarlos si se desea. Finalmente si se quiere personalizar, pintar la consola y dejar secar. Es conveniente aplicar varias capas finas de pintura para un mejor acabado.

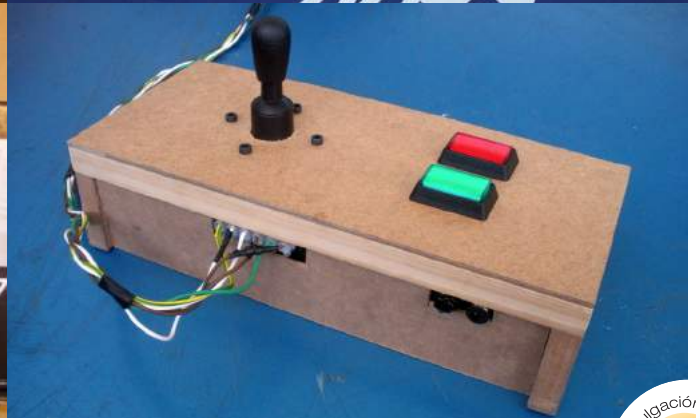
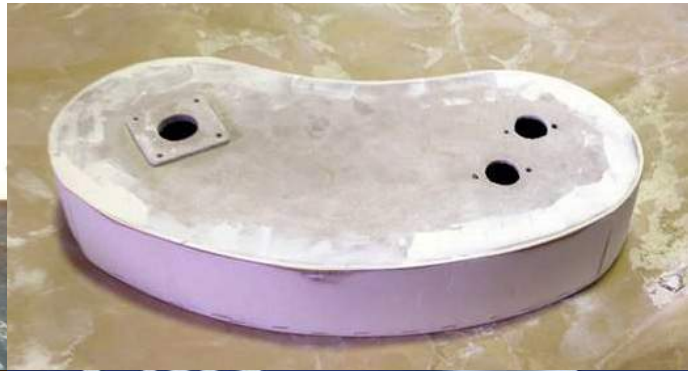
A continuación instalar los pulsadores y el joystick a la consola para su posterior cableado y conexión del circuito eléctrico. Es crucial que el joystick se sitúe en la consola con una distribución romboidal como se muestra en la figura y no cuadrada, ya que ese hecho será determinante para su correcto funcionamiento. Recordar instalar el joystick a la derecha de la consola en caso de ser diestro para facilitar el manejo y pilotaje posterior.





## Construcción de la consola de control 9

No hay un único modelo de consola válido, todos los modelos pueden ser igualmente útiles.



## CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

### Material y herramientas



- 1,6 metros de tubo de 20 mm de diámetro sin rosca.
- Codos de 90° de 20 mm.
- Codos de 45° de 20 mm.
- Uniones “T” de 20 mm.
- Corta-tubos o sierra.
- Papel de lija.

## Procedimiento

El chasis debe ser una estructura ligera pero al mismo tiempo robusta, que soporte todos los elementos que forman parte del ROV. Debe mantener los motores rígidamente acoplados para que el vehículo pueda maniobrar adecuadamente sin deformarse, un material óptimo para ello y fácilmente manipulable es el tubo de PVC.



Será necesario disponer de un boceto del modelo que se desea construir. Se muestran algunos ejemplos con sus medidas, en función del modelo será necesario un número diferentes de codos, tubos y uniones "T". Es totalmente personalizable, pudiendo crear tu propio diseño y pintarlo de colores vivos para que el ROV se vea bien dentro del agua, **ánimate a crear un diseño propio!!!**

Una vez que se ha decidido el modelo de submarino que se quiere construir, se corta cada tramo recto de tubo de PVC que forma la estructura: midiendo primero el tamaño, marcando y finalmente cortando.

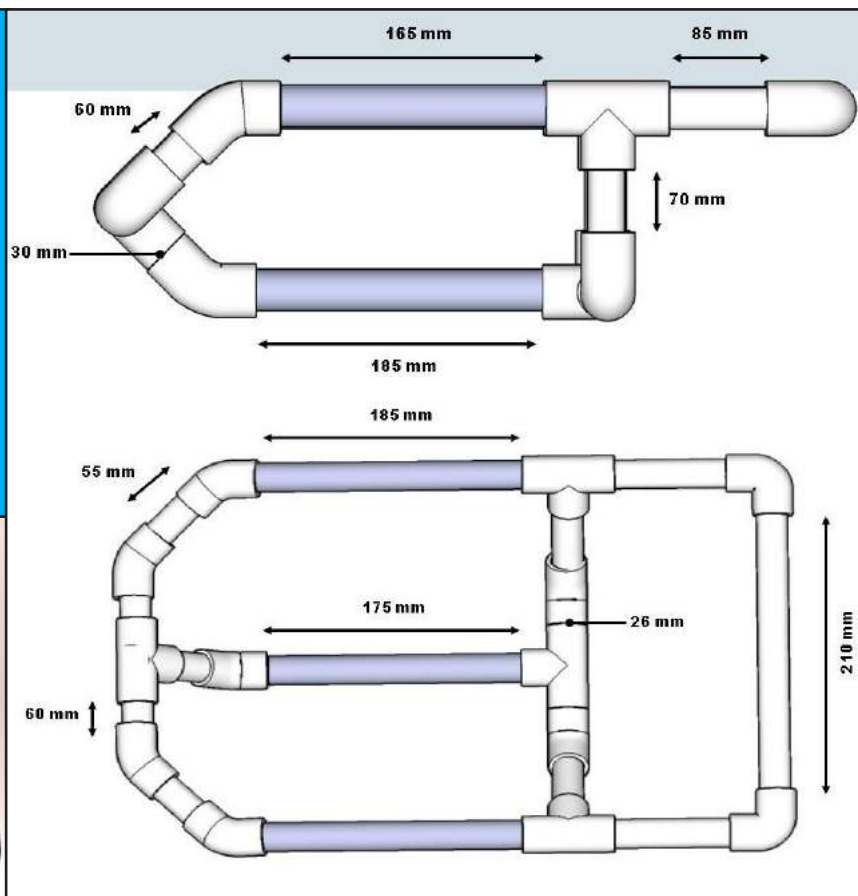
Para garantizar la seguridad en el corte de los tubos es imprescindible respetar las normas básicas de seguridad personal en el uso de herramientas, no colocando nunca ninguna parte del cuerpo delante de la trayectoria de la herramienta. Cuando se utilice una sierra para cortar será conveniente sujetar la pieza a la mesa utilizando un tornillo de banco o un sargento.



## Modelo de chasis estándar

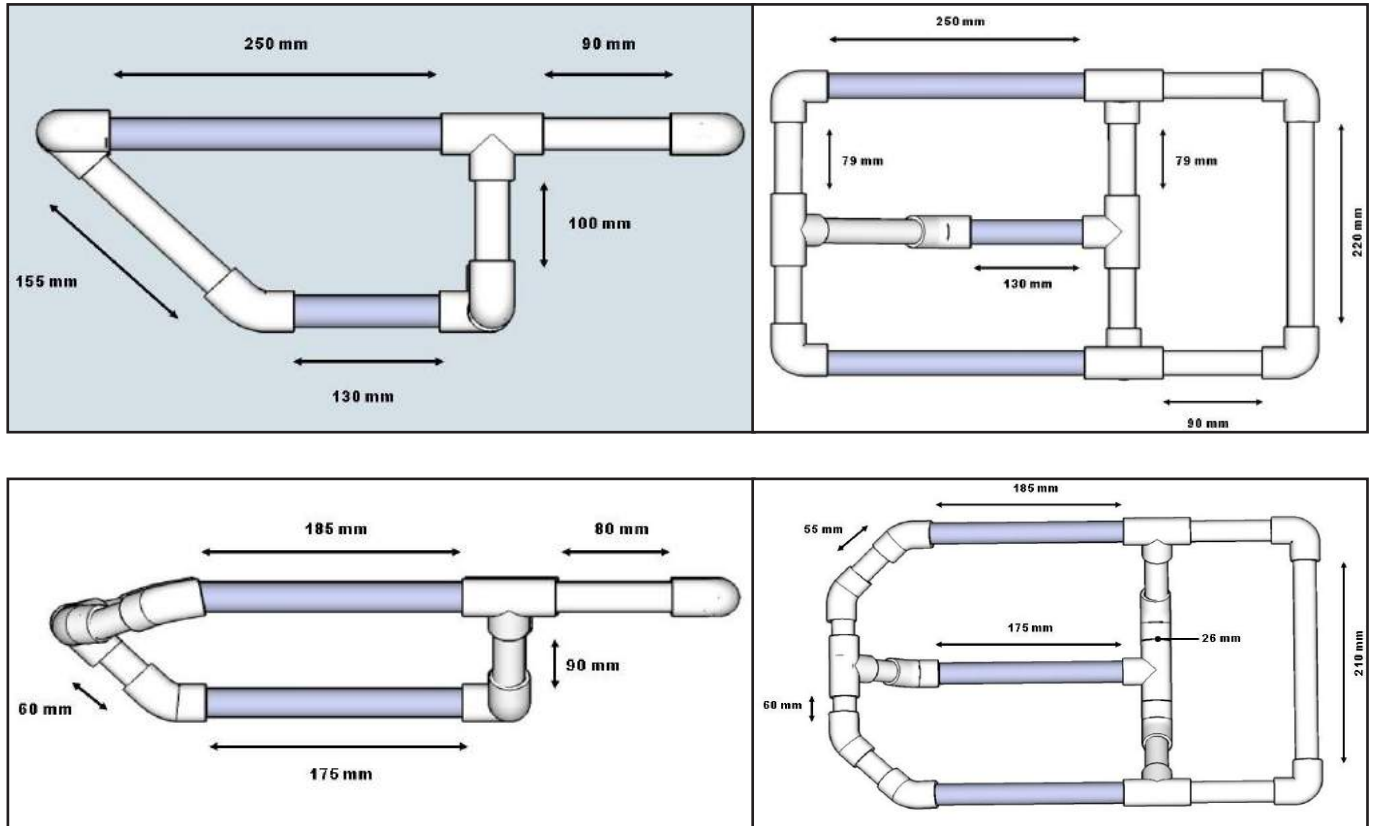
1600 mm de tubo de 20 mm de diámetro:

- 1 -- 210 mm (detrás centro)
- 1 -- 185 mm (central inferior)
- 2 -- 165 mm (laterales centrales)
- 4 -- 95 mm (horizontales)
- 2 -- 85 mm (laterales detrás)
- 2 -- 70 mm (verticales)
- 2 -- 60 mm (oblicuos delante)
- 1 -- 30 mm (oblicuos central)
- 6 codos de 90°
- 3 codos de 45°
- 4 uniones "T"





## Otros modelos de chasis





### Construcción del chasis

*Este manual se ha desarrollado basándose en el modelo de chasis estándar mostrado, pero es igualmente válido para cualquier otro modelo, tanto de los mostrados como modelos personalizados; sólo debes tener en cuenta instalar las dos barras laterales traseras para poder acoplar los motores traseros y una barra central para instalar el motor vertical (ver apartado de conexión de motores).*

Una vez cortados los tubos de PVC, lijar los extremos para eliminar el material sobrante y obtener un mejor acabado antes de realizar las uniones.

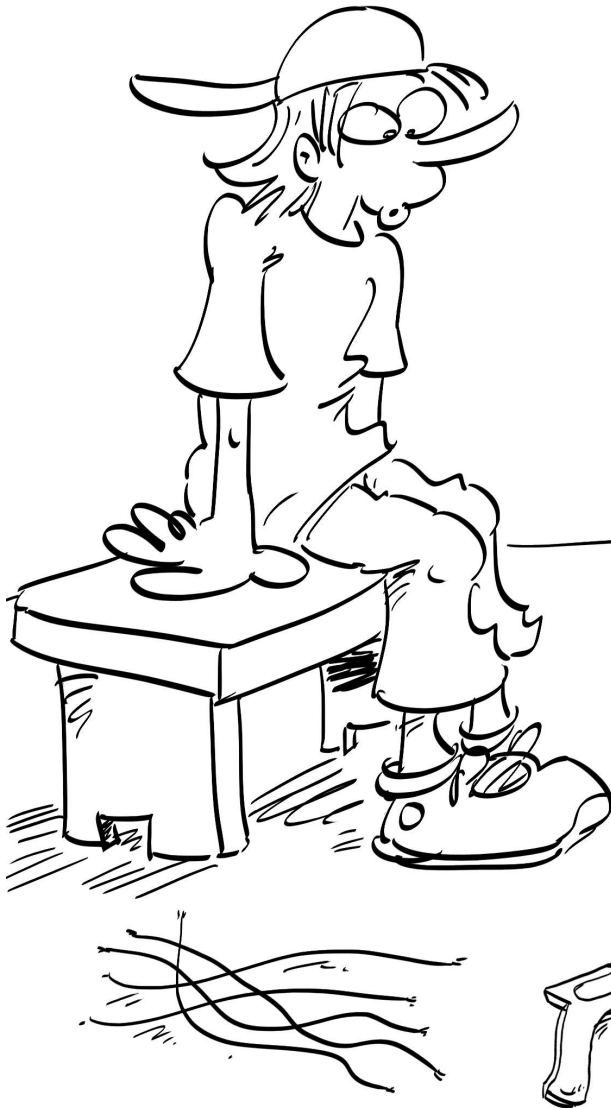
Para el montaje del conjunto del chasis se puede optar por ir ensamblando las piezas según se van cortando, o por el contrario, cortarlas todas antes de empezar el montaje. Para esta última opción es recomendable marcar cada pieza cortada con su longitud para su posterior identificación. Al final de esta etapa se dispondrá del chasis completamente montado, con la posibilidad de desmontar alguna parte en caso necesario para corregir posibles errores.

Una vez montada toda la estructura, taladrar en los codos y uniones para crear agujeros que permitan la entrada de agua una vez el vehículo se sumerja, en caso contrario se producirá la flotación del vehículo por contener aire en su interior y será muy difícil pilotarlo.



## CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

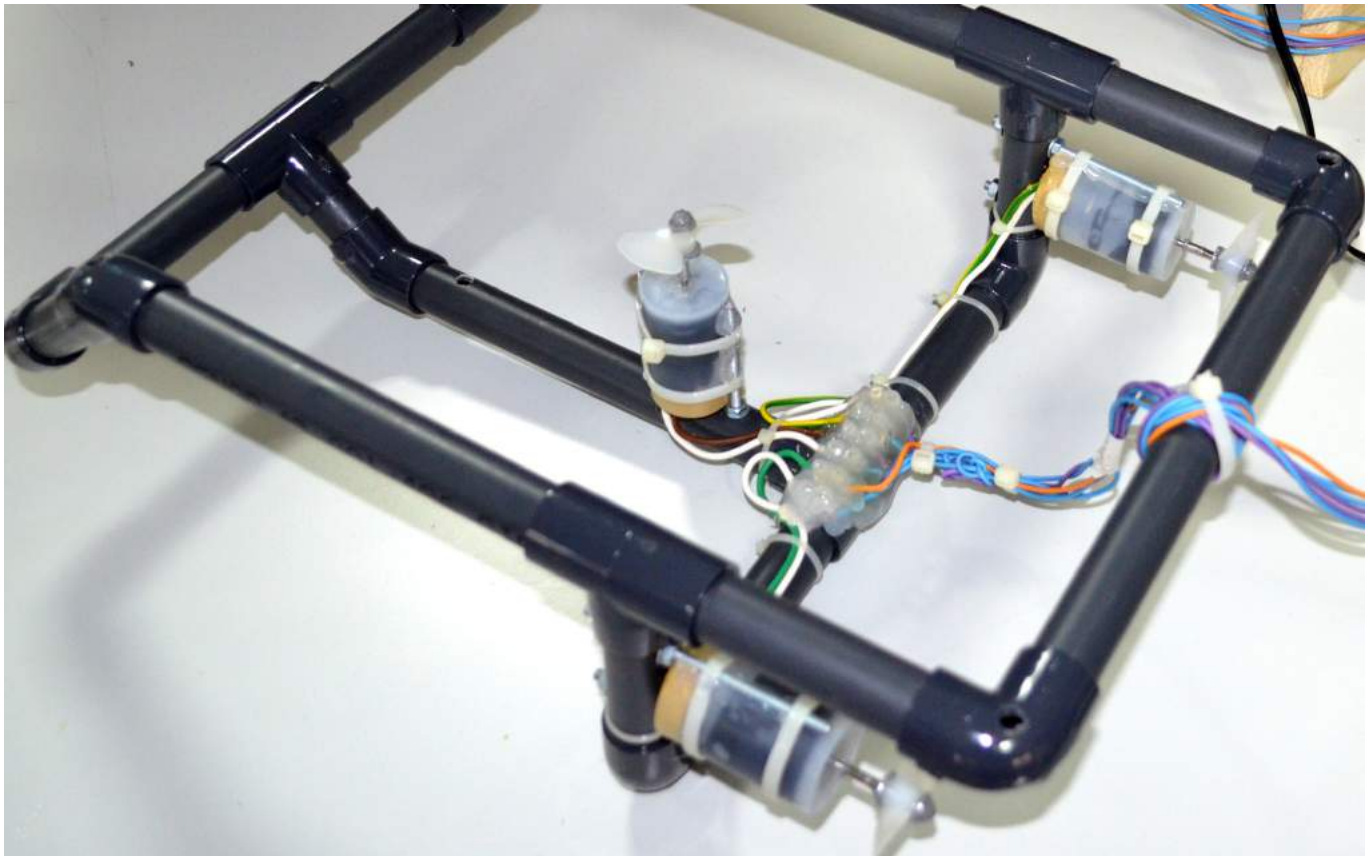
### Material y herramientas



- Cable de 1-1,5 mm de diámetro de distintos colores.
- Motor de C.C. 12 V-0,27 A, 5500 rpm (o similar).
- Conectores “Fast-on” hembra.
- Regleta grande (2 puertos).
- Regleta mediana (12 puertos).
- Bridas.
- Soldador de estaño.
- Alicates.
- Pistola de silicona.
- Cera caliente para depilación.

## 16 Taller de robótica submarina

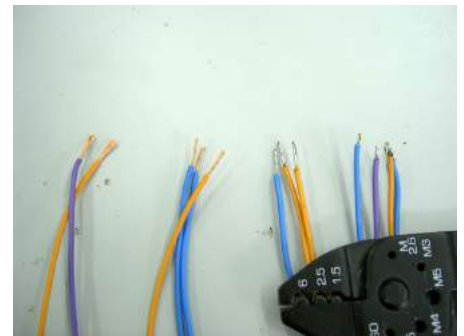
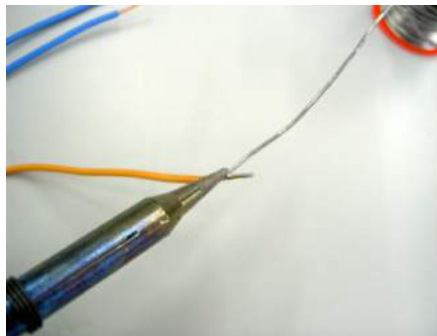
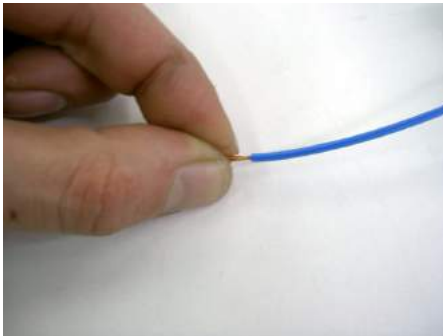
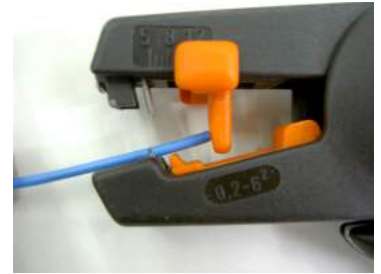
Este modelo de vehículo submarino dispone de dos motores situados en el plano horizontal y uno en el plano vertical, de forma que permite la navegación en las tres dimensiones del espacio subacuático. Básicamente se conseguirán los movimientos de subir-bajar, avanzar-retroceder en la horizontal y girar a la izquierda o a la derecha. Para la conducción adecuada del robot submarino se dispone de un joystick (que controla los movimientos en el plano horizontal) y de dos pulsadores (asociados al movimiento en el plano vertical). Estos elementos, adecuadamente combinados, harán que cada motor proporcione el empuje necesario para permitir la maniobrabilidad del vehículo.



## Preparación de los cables

Para las conexiones entre el joystick, los pulsadores y los motores se utilizará cable aislado de 1 ó 1,5 mm de diámetro en fragmentos de aproximadamente 30 cm. Es conveniente utilizar cable de diferentes colores para facilitar su identificación o marcarlos de forma distinta para este fin. Serán necesarios un total de 24 cables de 30 cm cada uno.

Pelar los cables retirando 1 cm del aislante de un solo extremo del cable, utilizar si se dispone de un pelacables, en su defecto será suficiente una tijera o un alicate.



Estañar el cable recién pelado aplicando calor con el soldador sobre los hilos de cobre. Dejar unos 3 o 4 segundos para que el cobre adquiera la temperatura adecuada y aportar estaño entre el soldador y el cobre.

Las soldaduras brillantes y cóncavas indican una unión adecuada, mientras que las soldaduras con forma de bolas y opacas o mates son indicios de una mala soldadura (llamada soldadura fría).

Normalmente es muy difícil conseguir que el extremo del cable quede perfecto a la primera, para ello es recomendable realizar el pelado de los cables a una longitud de unos 10 mm para luego ajustar y cortar una vez estañado, dejando 5 mm de cable estañado.



Es necesario disponer de 24 cables de 30 cm cada uno, todos ellos estañados en un extremo y preferentemente en diversos colores para facilitar su identificación. En este manual se utiliza la siguiente combinación de colores para los cables:

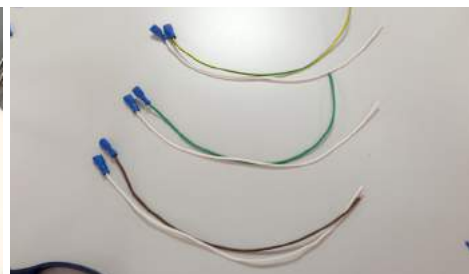
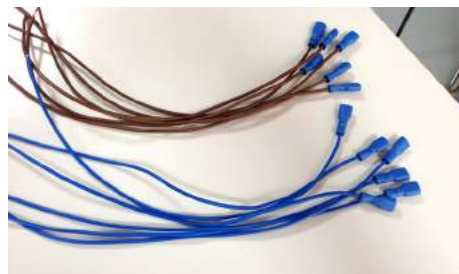
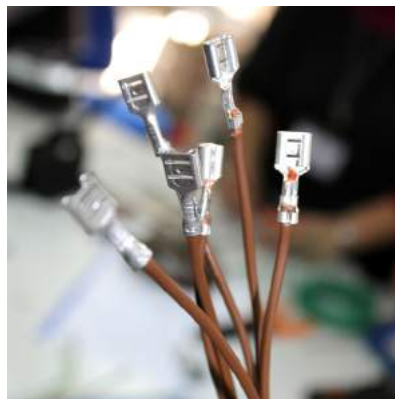
- 7 cables de color marrón
- 7 cables de color azul
- 6 cables de color blanco.
- 2 cables de color verde.
- 2 cables de color verde-amarillo.

### Grimpar los conectores “fast-on”



Para facilitar las conexiones y evitar fallos en el circuito eléctrico, utilizar conectores “fast-on” (ver imagen). Estos conectores no necesitan soldadura (por ello anteriormente se les denominaba *solderless*), pero se pueden soldar a los cables para asegurar la conexión si se desea.

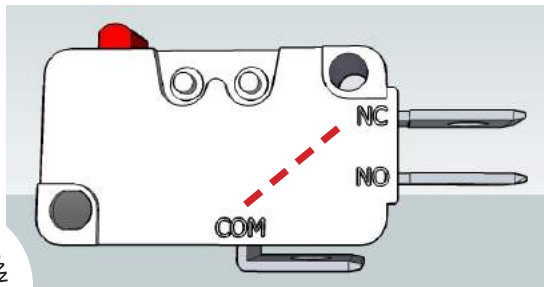
Colocar los conectores “fast-on” a 18 cables en total, en este manual se han utilizado 6 cables azules, 7 marrones, 3 blancos, 1 verde y 1 verde-amarillo. Para su conexión introducir por el extremo del cable el conector “fast-on” y con la ayuda de la herramienta apropiada (grimpador) o de un alicate se aprieta contra el cable hasta que quede bien sujeto, evitando así que se suelte el cable del conector. Asegurar que la lengüeta interna del conector atrape la parte conductora del cable (el cobre) y la otra lengüeta (la externa) atrape el aislante.



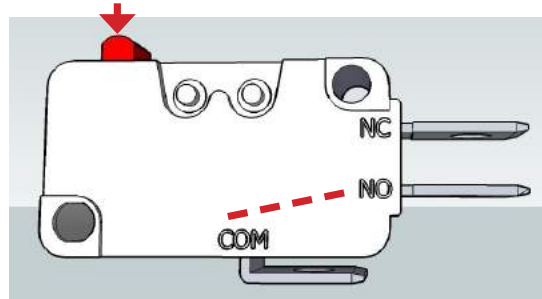
### Conmutadores del joystick y de los pulsadores

Un conmutador deja pasar la corriente eléctrica al circuito siempre y cuando esté pulsado, una vez se suelte dejará de pasar corriente (al contrario que un interruptor). Si el conmutador no está pulsado el circuito conecta directamente el terminal común (COM) con el terminal normalmente cerrado (NC – Normally Closed). Al pulsarlo cambia la conexión y el terminal común (COM) se conecta al terminal normalmente abierto (NO – Normally Open). A continuación se muestra un esquema de como funciona un conmutador:

■ Sin presionar el conmutador



■ Presionando el conmutador





## Preparación de los motores

De los 24 cables de 30 cm preparados inicialmente se han utilizado hasta ahora 18 de ellos conectándoles los fast-on. Para la conexión de los motores será necesario hacer uso de los 6 cables restantes (2 por motor y son 3 motores en total). Los pares utilizados en este manual son:

- Verde (polo positivo) y blanco (polo negativo): *motor horizontal izquierdo (babor).*
- Verde-amarillo (polo positivo) y blanco (polo negativo): *motor horizontal derecho (estribor).*
- Marrón (polo positivo) y blanco (polo negativo): *motor vertical.*

Lo ideal es hacer coincidir la combinación de colores de los cables que se conectarán a la pestaña **Común (COM)** de los conmutadores del joystick y de los dos pulsadores con los usados ahora para los motores (polos positivos), así será más fácil saber que motor irá en la vertical y cuales van en la horizontal.

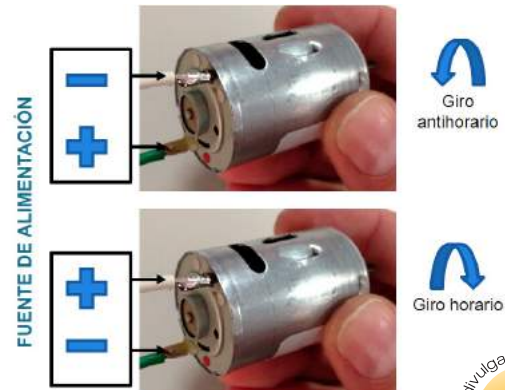
Una vez que se tienen los cables cortados, pelados y estañados, soldar los pares de cables a cada motor. En las dos pestañas del motor, hay una que tiene un **punto rojo (polo positivo)** donde se han soldado en este caso el cable verde, el marrón y el verde-amarillo de cada motor, y en la pestaña contraria se ha soldado para los tres motores un cable blanco, el cual en este manual se ha asociado al **polo negativo** de los motores.



Para ver el giro de los motores que se van a instalar en el ROV se debe tener en cuenta “La regla de la mano derecha”: si el motor realiza un giro en sentido contrario a las agujas del reloj (antihorario), empujará el agua hacia arriba y desplaza el vehículo hacia abajo.

Cambiando la polaridad con la fuente de alimentación conseguimos que el motor gire en sentido horario o antihorario.

**ANÍMATE** a hacer distintas pruebas para estudiar hacia donde gira el motor, para ello ayúdate poniendo un trozo de cinta adhesiva en el eje haciendo de bandera.



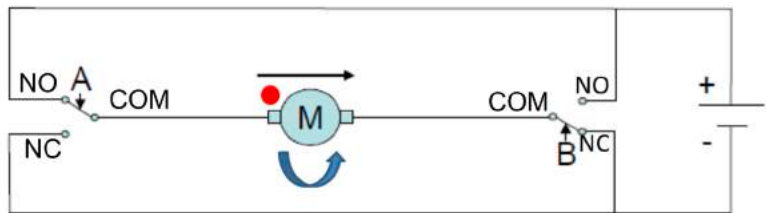
## Motores eléctricos de corriente continua

Como hemos visto los motores CC que se utilizan tienen dos terminales. Uno de ellos está marcado con un punto rojo. Cuando se conecta el polo + de la fuente al terminal del motor con el punto rojo, y el polo - de la fuente al otro terminal, el motor gira en sentido antihorario. Si se realizan las conexiones al revés el motor gira en sentido horario. Lo que realmente interesa es disponer de un circuito con el cual sea posible realizar esta inversión del giro del motor.



## El circuito inversor de giro

En el circuito inversor propuesto tenemos dos conmutadores (A y B) para realizar el control de cada uno de los motores eléctricos. Los terminales NO de los dos conmutadores están conectados al polo + de la fuente, mientras que los terminales NC de los dos conectores están conectados al polo - de la fuente.



Si analizamos atentamente la figura podemos ver que el conmutador A se encuentra pulsado (el terminal NO está conectado a COM), mientras que el conmutador B no está pulsado (el terminal NC está conectado a COM). Por lo tanto el terminal con el punto rojo del motor está conectado al polo + de la fuente y el otro terminal del motor está conectado al polo - de la fuente. Esto indica que el motor girará en sentido antihorario.

La que se presenta en la figura es una de las 4 configuraciones que puede tener el circuito.

Las cuatro posibles configuraciones son:

Conmutador A		Conmutador B		Giro Motor
Pulsado	C (A) es +	No Pulsado	C (B) es -	Antihorario
Pulsado	C (A) es +	Pulsado	C (B) es +	No gira
No Pulsado	C (A) es -	Pulsado	C (B) es +	Horario
No Pulsado	C (A) es -	No Pulsado	C (B) es -	No gira



El circuito se repetirá para cada uno de los 3 motores de los que dispone el vehículo submarino. Estos 3 motores son: motor vertical, motor de estribor y motor de babor.

El motor vertical viene controlado por los dos pulsadores que tiene la consola de operación.

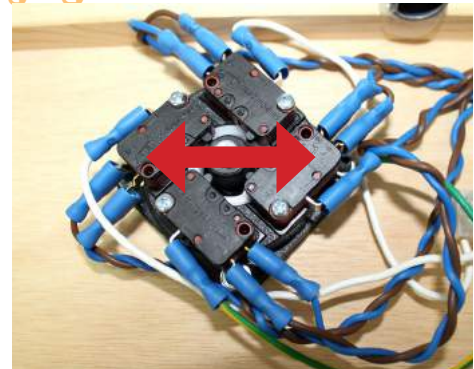
Los dos motores laterales (estribor y babor) vienen controlados por el joystick, que dispone de 4 conmutadores (dos para cada uno de los motores).

### Asignación de los conmutadores del joystick

El joystick debe ayudar a la conducción del vehículo de una forma razonable e intuitiva. Debe ubicarse el joystick en disposición romboidal sobre la consola de operación.

Las asignaciones de los 4 conmutadores a los dos motores se realizan de la siguiente forma:

- Motor babor: conmutadores marcados con la flecha roja.
- Motor estribor: los dos conmutadores restantes.

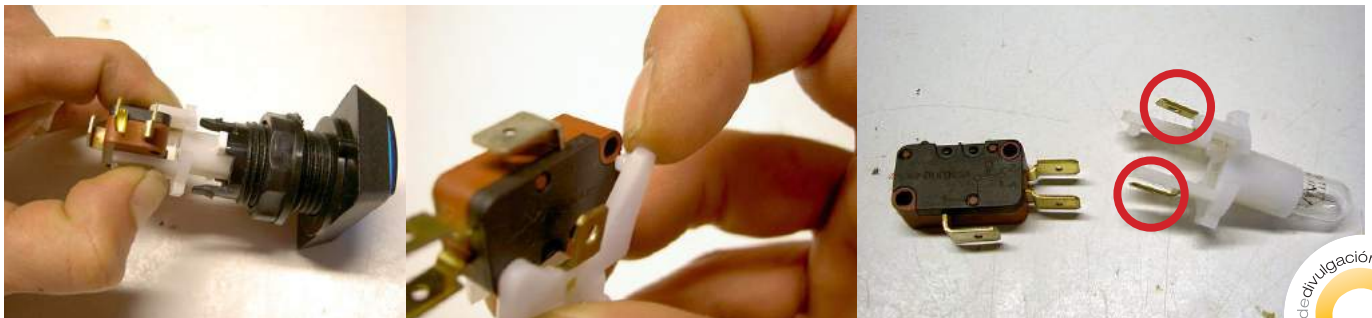


Parte inferior de la consola.

### Conexión de los cables

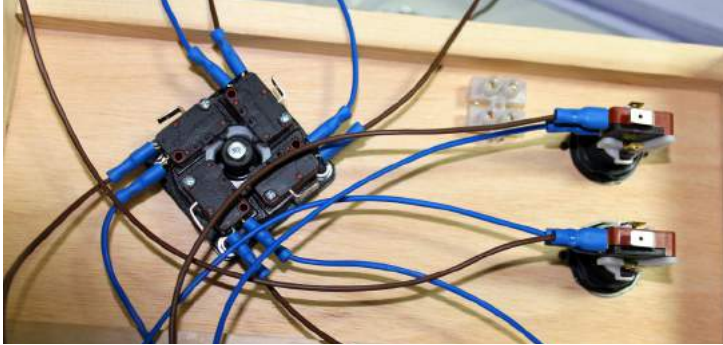
Una vez explicada la conexión entre los conmutadores y los motores se realizará la conexión de cables. Se usarán los cables a los que previamente se les ha acoplado los conectores “fast-on” que encajarán en los conmutadores del joystick y los pulsadores de la consola.

Los conmutadores de los pulsadores tienen dos clavijas mas, que son para el encendido de los bombillos cuando se presiona el pulsador. Más adelante se detalla su conexión si se desea instalar.

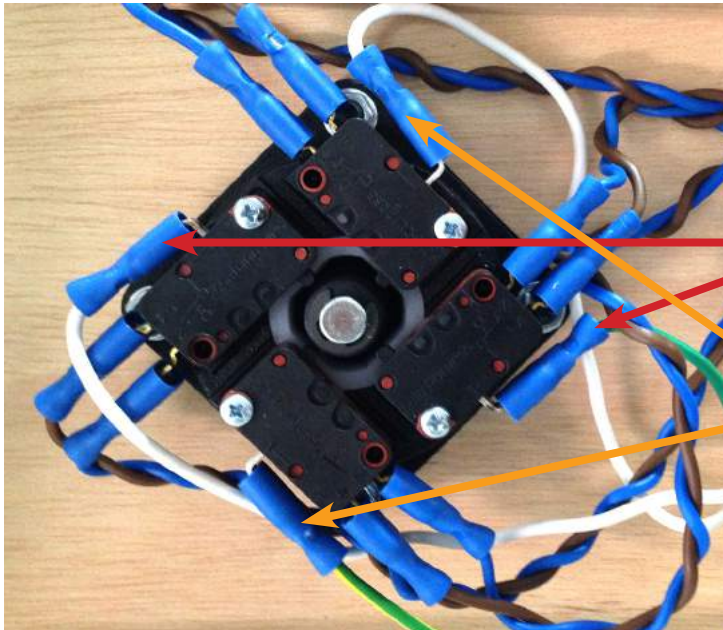


## 22 Taller de robótica submarina

Conectar 6 cables azules al NC de cada uno de los conmutadores del joystick y de los pulsadores y 6 cables marrones al NO de los conmutadores (pestaña NO, normalmente abierto). Todos los cables azules se conectarán juntos en un puerto de una regleta de 16 mm y los cables marrones irán a su vez todos juntos en otro puerto independiente.



Una vez realizado, conectar un cable en cada una de las pestañas **Común (COM)** de los conmutadores del joystick, en este caso se han usado dos cables blancos, un cable verde y otro cable verde-amarillo. Los cables blancos serán el polo negativo de los motores y el resto, el polo positivo de los motores que harán los movimientos en la horizontal. Para cada motor horizontal los polos positivo y negativo están situados en los conmutadores de posición opuesta tal y como se ve en la figura.



La combinación de colores para formar el par de cables de los dos motores horizontales son:

Verde (polo positivo) y blanco (polo negativo).

Verde-amarillo (polo positivo) y blanco (polo negativo).

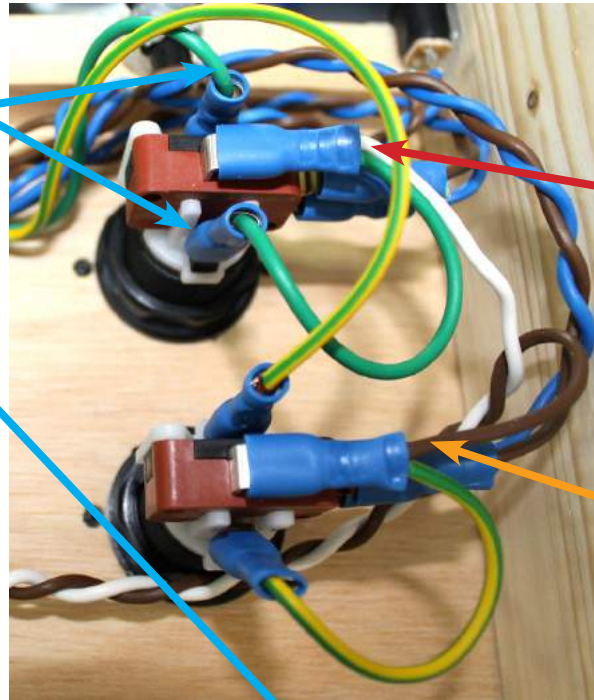
Una vez finalizado el joystick, conectar los cables de los pulsadores que determinarán el movimiento vertical. Conectar dos cables a la pestaña **Común (COM)** de los dos pulsadores, en este caso se ha conectado un cable blanco al pulsador superior de ascenso (polo negativo) y un cable marrón al pulsa-

dor inferior para el descenso (polo positivo), que irán conectados al motor que hará los movimientos de subir/bajar el vehículo. Como opción adicional se pueden conectar los cables que permiten que se encienda el pulsador al presionarlo, si se desea, preparar 4 cables adicionales con “fast-on”, en este caso se han usado dos cables verdes y dos verdes-amarillos.



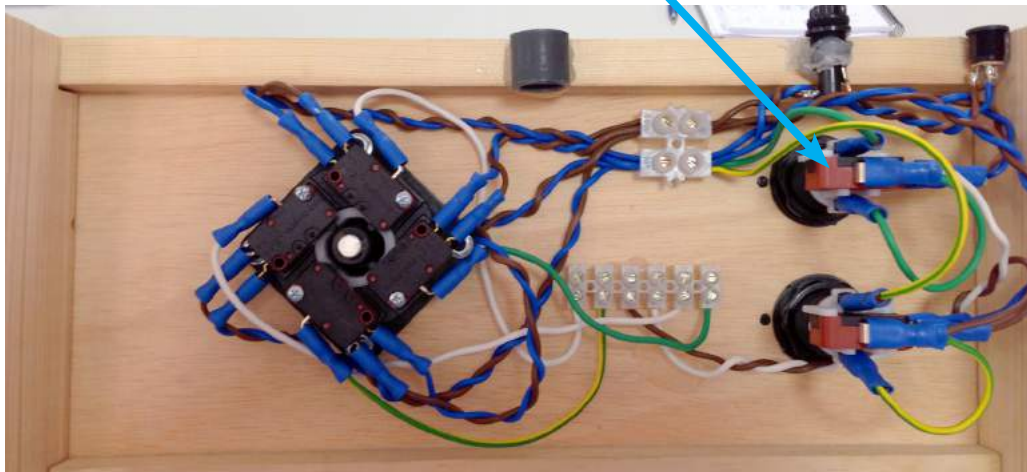
### ■ Para el encendido de los pulsadores

Añadir un cable adicional al ya existente en la pestaña COM y conectar a una de las pestañas de la bombilla (cable verde inferior en la imagen), en la otra pestaña de la bombilla irá un nuevo cable que se conectará en la regleta de dos puertos junto con todos los cables del polo negativo (cables color azul) procedentes de las pestañas NC de los conmutadores (ver imagen de abajo, regleta superior).

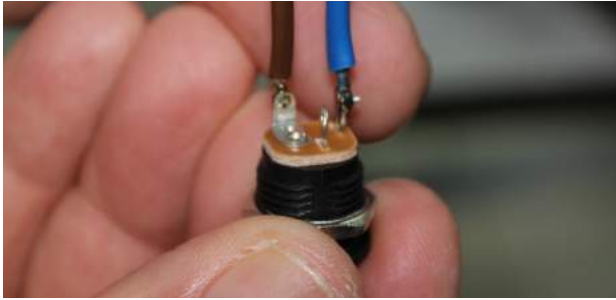


Cable blanco  
(polo negativo).

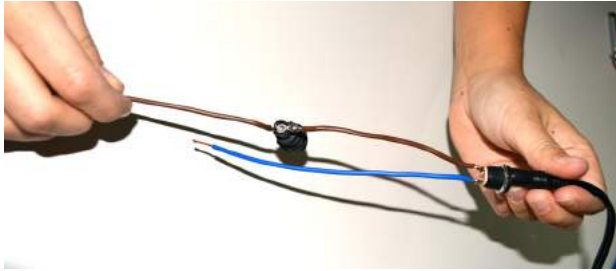
Cable marrón  
(polo positivo).







Para el funcionamiento de este modelo de robot submarino se debe disponer de una fuente de alimentación o batería, por lo que será necesario realizar también las conexiones eléctricas adecuadas para ello. En este caso se ha utilizado una fuente de 12V - 5 A y un jack hembra apto para dicha fuente.

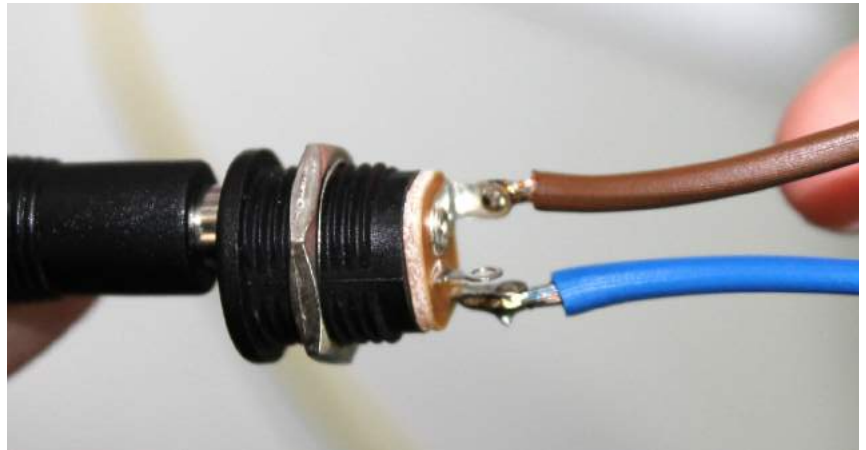


En el jack hembra a la fuente soldar un cable azul de unos 25 cm en el polo negativo y un cable marrón del mismo tamaño en el polo positivo (pestaña en forma "L"), ambos cables deberán haber sido previamente preparados (cortados y estañados los hilos de cobre de ambos extremos).

A la mitad del cable marrón se le soldará un portafusible (con un fusible de 3A). Se recomienda trenzar los cables entre sí una vez conectados y aislados para organizarlos mejor.



Fusible.



Clavija para la fuente de alimentación.

Finalmente, pegar con silicona caliente el jack hembra y el portafusible a la consola para evitar que queden sueltos.

Para una correcta conexión y para garantizar tener ordenados los cables, trenzar los pares de cables y pegar a la consola dos regletas con silicona caliente, una de ellas de dos puertos y de tamaño grande y la otra regleta de 6 puertos y algo más pequeña.

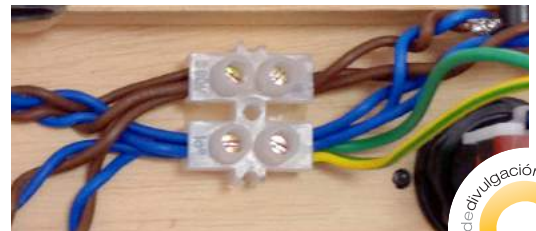
En la imagen se muestran las conexiones finales tal y como deben quedar, a continuación se detallan cada una de ellas:

Si se desea se puede pegar un pequeño trozo de tubo de PVC para pasar el cordón umbilical y conseguir que se mantengan así agrupados a la salida de la consola.



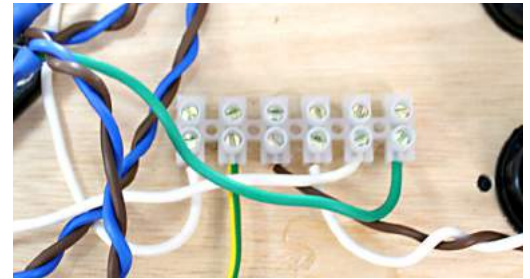
Regleta donde irán las conexiones con el umbilical y posteriormente con la otra regleta que une con los motores del vehículo en el chasis

En la regleta de 2 puertos irán conectados todos los cables azules (polo negativo) procedentes del joystick y de los pulsadores en un puerto, junto con los dos cables de las bombillas de los pulsadores y el polo negativo procedente de la fuente de alimentación. En el otro puerto de la regleta conectar todos los cables marrones procedentes del joystick y de los pulsadores más el polo positivo procedente de la fuente de alimentación (en este caso procedente del portafusible).



## 26 Taller de robótica submarina

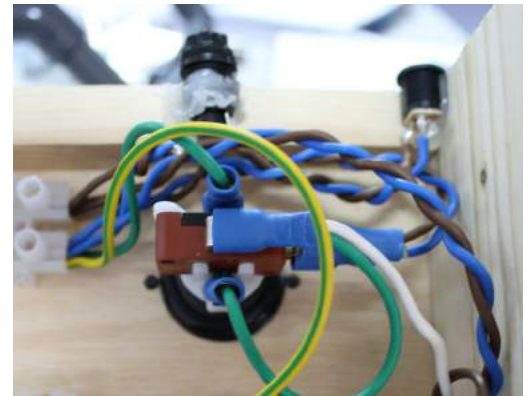
En la regleta de 6 puertos irán todos los cables procedentes de las pestañas **Común (COM)** tanto del joystick como de los pulsadores para el control de los 3 motores (2 horizontales controlados en el joystick y el motor vertical controlado con los pulsadores). Al otro lado de la regleta irán las conexiones con el ROV (concretamente con el cordón umbilical que se explicará más adelante) y los motores una vez se realicen dichas conexiones.



Cableado y posición final del jack hembra de la fuente de alimentación y del portafusible, el detalle de este cableado se comentó en el apartado correspondiente.

### Aislamiento de los motores

Para el correcto funcionamiento del robot es fundamental realizar el aislamiento de los motores del medio acuoso. Esto se hará en varios pasos: envolver los tres motores con cinta aislante adhesiva, envolver todo el motor menos el rotor delantero y la parte trasera. Evitar dobleces donde pueda entrar el agua. Es recomendable hacer este paso despacio estirando bien la cinta aislante mientras se coloca.



Los agujeros de la zona trasera del motor se sellan con silicona caliente. No añadir silicona al rotor trasero ya que debe poder moverse para garantizar el giro del motor. Añadir vaselina en el rotor trasero y encima colocar un pequeño pedazo de plástico cortado en círculo del tamaño del rotor, puede utilizarse el plástico de una tarjeta u otro material no permeable lo suficientemente flexible para cortarlo. Una vez añadido el plástico que cubra el rotor y la vaselina debajo de él, añadir silicona caliente hasta cubrirlo por completo.



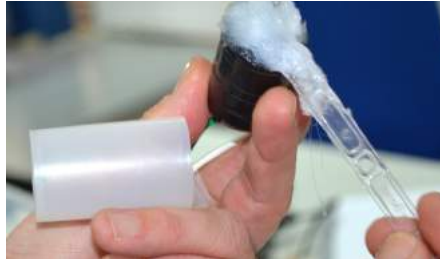




El siguiente paso es el encapsulado de los motores, utilizar para ello un bote de plástico cilíndrico cuyas dimensiones interiores sean lo más parecidas a las dimensiones del motor. Para el tipo de motor utilizado en este manual son apropiados los botes de los antiguos carretes fotográficos.

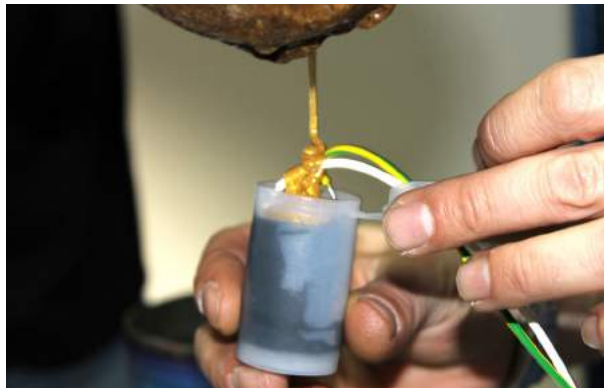
Es necesario abrir un agujero en su base para permitir el paso del eje del motor, si se dispone utilizar un taladro con una broca de 2,3 mm, en caso contrario ir abriendo el agujero poco a poco de forma que garanticemos que el agujero tiene el tamaño justo para el eje, no debe quedar encajado para permitir su movimiento, pero tampoco debe sobrar espacio entre el eje y el plástico para evitar la entrada de agua.

Antes de introducir el motor en el bote de plástico, recubrir con vaselina alrededor del eje del motor formando un pequeño cono tal y como se muestra en la figura, no exceder la cantidad para que pueda entrar bien el motor.



## Aislamiento de los motores

Una vez encapsulados los motores (con el eje sobresaliendo al otro lado del bote de plástico), derretir perlas de cera (cera caliente de depilación) en un recipiente para luego cubrir toda la parte trasera del motor hasta el borde del bote de plástico. Sujetar simultáneamente los cables en posición vertical mientras se vierte la cera líquida (mejor entre dos personas). Verterlo despacio para que no se formen burbujas y quede bien sellado. Dejar secar.



### Montaje de las hélices

En este modelo de ROV se han utilizado hélices de 2 aspas de 2 cm cada aspa y adaptadores para su unión con el eje del motor. Para el montaje de cada hélice necesitaremos además tres arandelas de 3 mm por hélice, una tuerca pequeña de 3 mm (del diámetro del adaptador) y pegamento para metal.

Colocar 2 arandelas en el conector antes de insertar la hélice, añadir pegamento en el conector y colocar la hélice con la ranura o muesca orientada hacia abajo (hacia el lado de las 2 arandelas), cubrir con más pegamento. Añadir una nueva arandela y la tuerca, tener cuidado si el pegamento es de secado rápido. Poner la tuerca con la ayuda de unos alicates y finalmente cubrir toda la tuerca con más pegamento. No añadir pegamento a la parte inferior del conector (donde se introducirá el eje del motor).



### Montaje de los motores y de las hélices

Para la sujeción de los motores al chasis, hay que seleccionar el lugar en que se desean instalar, hay que tener en cuenta que el vehículo se desplaza propulsando agua, con lo cual el lugar donde se instalen no debe tener nada que obstaculice la propulsión, debe quedar el espacio completamente libre en la trayectoria de los motores, tal y como se muestra en el modelo de la imagen.



El motor vertical debe estar preferentemente situado en el centro de gravedad de la estructura y se orientará hacia arriba. Los motores de movimiento horizontal se colocarán en las barras laterales de la estructura orientados hacia atrás para facilitar la propulsión y han de estar bien alineados uno con el otro.



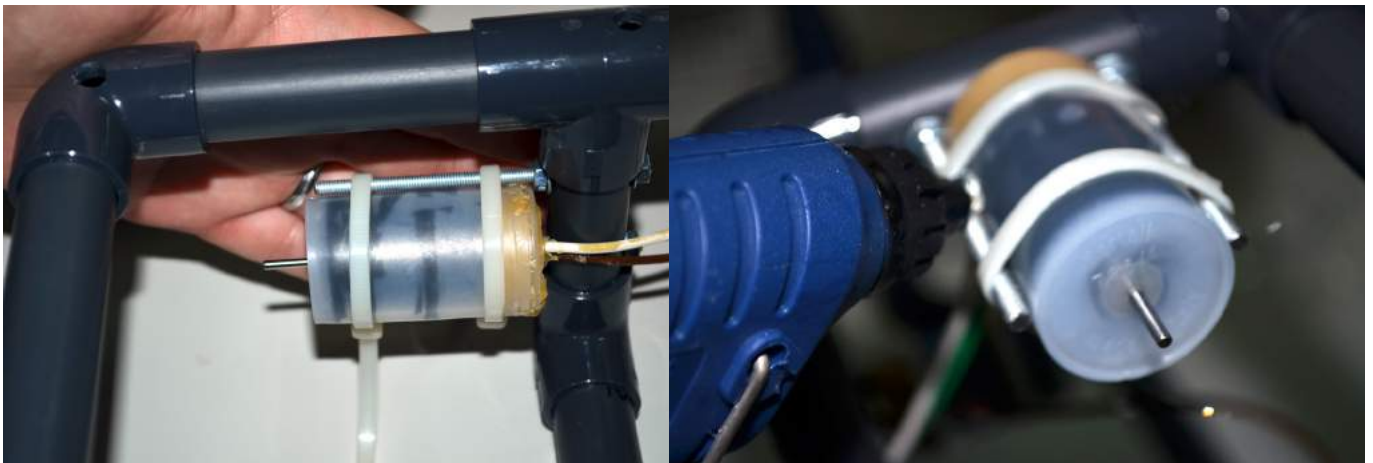
Con la ayuda de un taladro y una broca pequeña (4 mm) perforar el chasis e insertar entre 8-9 cm de una varilla roscada de 4 mm de diámetro, a cada lado añadir una arandela y una tuerca de 4 mm de forma que quede bien sujeta. Para cada motor será necesario instalar 2 varillas separadas la distancia exacta del diámetro del motor ya encapsulado.

Para la sujeción de los motores a las varillas utilizar bridas en la parte superior e inferior del motor, apretar bien pero no en exceso, ya que podría generar que la cera se quiebre y crear por tanto fisuras por donde pudiera entrar el agua.

En el modelo desarrollado en este manual se ha instalado en babor el motor horizontal con la combinación de cables blanco y verde, en estribor, el motor con la combinación de cable blanco y verde-amarillo. El motor vertical (de ascenso y descenso) tendrá por tanto la combinación blanco y marrón. De esta forma coincidirá la combinación de cables con los seleccionados en la regleta de la consola (regleta de 6 puertos).

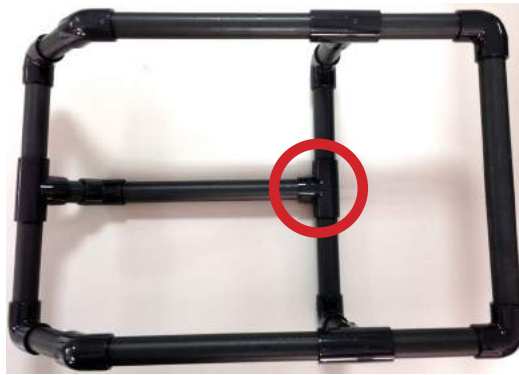
En cualquier caso antes de su sujeción definitiva es conveniente probar las conexiones para ver que son las correctas respecto a la consola de control y que los motores se mueven como se espera.

Para la sujeción, utilizar bridas (dos para cada motor) y luego le añadir silicona caliente para mayor agarre.



## 30 Taller de robótica submarina

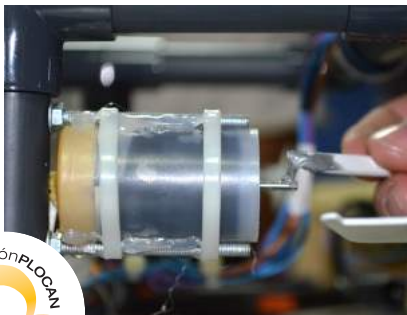
Pegar con silicona caliente una regleta de 6 puertos en el chasis, donde irán conectados los cables de los tres motores al cordón umbilical del ROV.



Conectar los cables de los tres motores a la regleta del chasis respetando la distribución de colores en la misma posición que la regleta de 6 puertos instalada en la consola, la cual conectará con el joystick y los pulsadores. Sujetar los cables al chasis con bridas para que no queden sueltos.

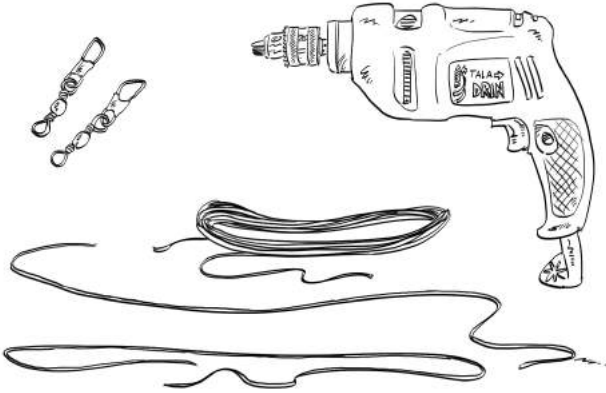


Por último se procede a colocar las hélices a los motores. Aplicar pegamento para metal en el extremo del eje del motor, tener **precaución** que no llegue a la base del eje ya que impediría su funcionamiento. Poner la hélice y apretar con unos alicates para que quede bien fijo. Repetir el procedimiento para cada uno de los motores.



## ELABORACIÓN DEL UMBILICAL

### Material y herramientas



- 60 metros de cable (preferentemente en tramos de 10 metros en distintos colores).
- Conectores giratorios (como los utilizados en utensilios de pesca).
- Taladro.

### Conexión consola-vehículo

Para la elaboración del umbilical son necesarios 6 cables de aproximadamente 10 metros cada uno (el tamaño del cable limitará la distancia que puede recorrer el ROV). Se puede hacer a una distancia entre 7-12 metros, no es conveniente una longitud excesiva para evitar enredos del cable en la operación. Los cables se trenzarán por pares, se pueden trenzar a mano o de una forma mucho más sencilla utilizando un taladro y dos conectores de gancho giratorio, comúnmente llamados “quita-vueltas” (artículo que se utiliza en pesca con caña).

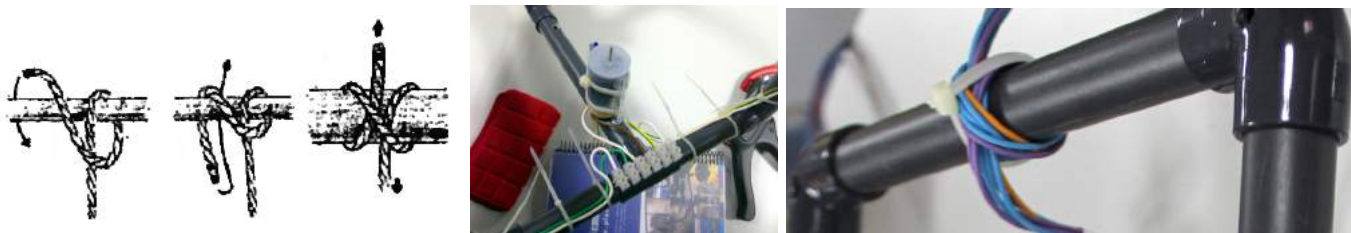
Para realizar el trenzado sujetar en un extremo un par de cables con el taladro (ver imagen) y en el otro extremo amarrar un gancho giratorio a cada uno de los cables (puede sujetar cada gancho una persona o amarrarlo a algún lugar). Al poner en marcha el taladro los cables se irán trenzando automáticamente y con el quita-vueltas evitamos que se enreden. Es de utilidad que una tercera persona vaya recorriendo el par de cables a medida que se van trenzando para asegurar la operación.



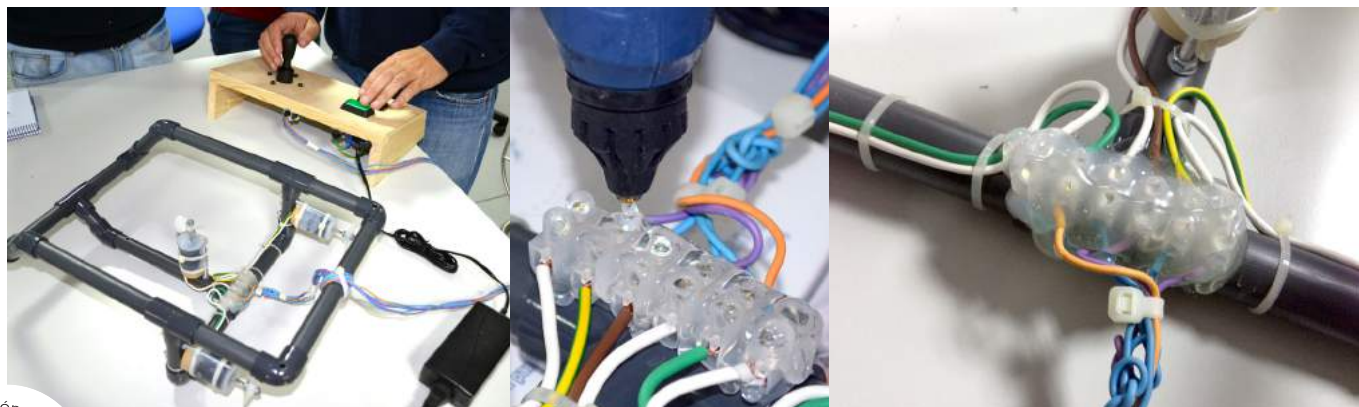
## 32 Taller de robótica submarina

Una vez trenzados de esta forma cada par de cables realizar una trenza tradicional entre los tres pares y unir con cinta aislante a cada medio metro o un metro para evitar que se separen. Una vez terminado, medir la distancia necesaria para que los cables lleguen a la regleta ubicada en el chasis y anudar los cables a la parte trasera del vehículo tal y como se muestra en la figura, de esta forma cuando se maneje el ROV en el agua no se forzarán las conexiones de la regleta. Se recomienda realizar un nudo tipo **“ballestrinque”** y sujetarlo con una brida al chasis.

Conectar un extremo de los cables a la regleta de la consola e imitar las conexiones del otro extremo en la regleta del vehículo (coincidiendo los colores), ya que el cordón umbilical no es más que un alargador o prolongador de las conexiones de cables de la consola. En cualquier caso una vez instalados comprobar que los movimientos se corresponden con lo esperado al operar el joystick y pulsadores desde la consola.



Como comprobación final asegurar que los motores funcionan bien de acuerdo con las órdenes dadas desde la consola: los pulsadores controlan el movimiento vertical (arriba- abajo) y el joystick los movimientos en la horizontal. Recordar la **“regla de la mano derecha”** para asegurar el sentido de la marcha de los motores y por tanto que estén bien realizadas las conexiones. Una vez confirmado sellar bien la regleta y las posibles conexiones de cobre con silicona caliente para aislar el circuito eléctrico del agua.

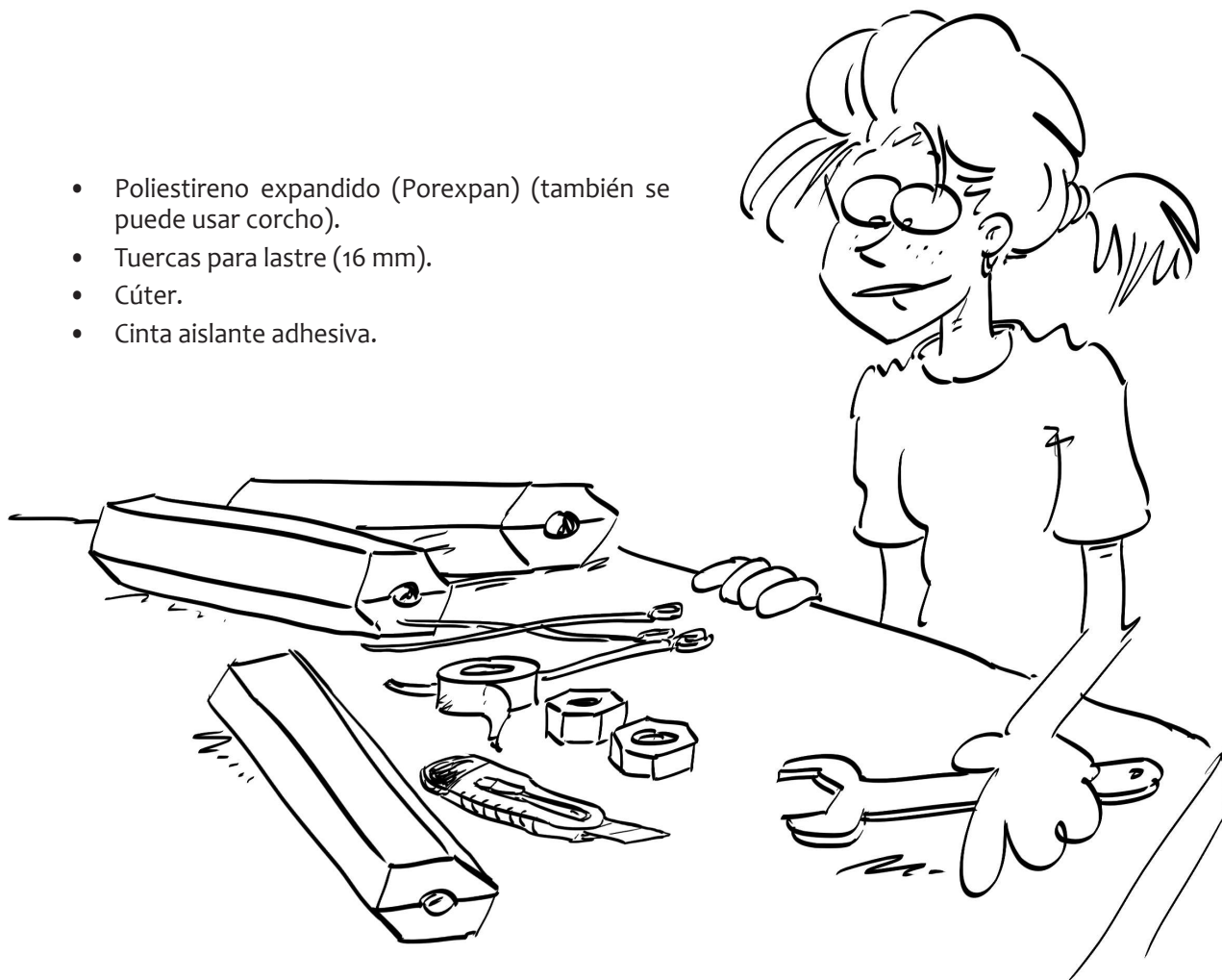




## PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y FLOTABILIDAD

### Material y herramientas

- Poliestireno expandido (Porexpan) (también se puede usar corcho).
- Tuercas para lastre (16 mm).
- Cúter.
- Cinta aislante adhesiva.



## 34 Taller de robótica submarina

Para un correcto funcionamiento del ROV en el agua es necesario que el vehículo disponga de **flotabilidad neutra**, es decir, que no tenga tendencia ni a hundirse ni a flotar, y además que su masa se encuentre bien equilibrada en la horizontal, presentando una flotabilidad similar en la parte de delantera y trasera del vehículo, quedando de esta forma en posición horizontal en el agua. Para ello se deben equilibrar las masas del propio vehículo, siendo necesario incluir lastre en la parte delantera debido al exceso de masa que generan los motores en la parte trasera.

Añadir varias tuercas de 16 mm (u otro material de lastre de masa similar) en la zona delantera del chasis y sujetar con bridas. Una forma de comprobar que el ROV está equilibrado horizontalmente es averiguar si el centro de gravedad del vehículo está situado aproximadamente en la mitad del mismo, para ello se puede probar a sujetarlo con dos dedos a la mitad del vehículo y comprobar si tiende a permanecer recto.

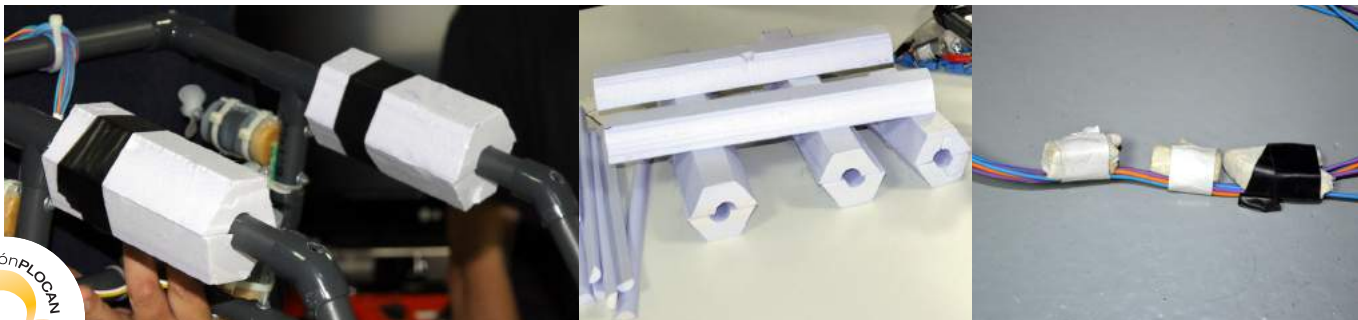


Para obtener la flotabilidad neutra deseada y terminar de compensar la posición horizontal del ROV en el agua se debe añadir al vehículo puntos de flotación con poliestireno expandido u otro material de baja densidad. Aunque la flotación debe comprobarse para cada diseño de vehículo en particular, generalmente la necesidad de flotación suele estar de la mitad hacia atrás del vehículo debido a la presencia de los motores (que en comparación con la estructura tienen una masa elevada que es necesario com-

pensar). Si se desea se puede adaptar la forma del porexpan al tamaño de los tubos de PVC para que se acoplen perfectamente a la estructura. Los sujetamos al chasis con cinta aislante adhesiva o preferentemente con bridas.

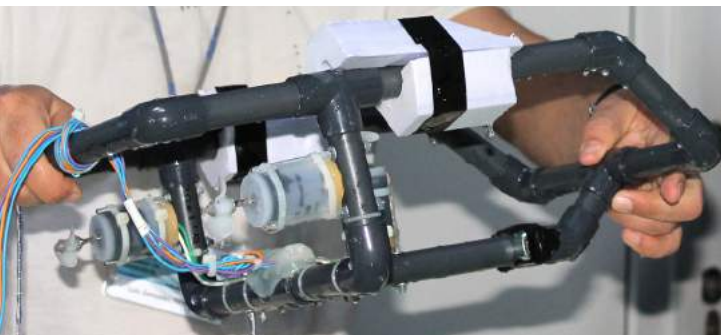
Para aligerar el peso del umbilical en el agua añadir pequeños trozos de porexpan cada cierta distancia (cada metro aproximadamente).

La comprobación de la flotabilidad neutra de la estructura se consigue introduciéndola en un tanque de agua y observando su comportamiento (preferentemente agua dulce como una piscina o bañera), compensando las desviaciones observadas añadiendo o retirando pequeñas cantidades de poliestireno hasta conseguir que esté en posición horizontal.

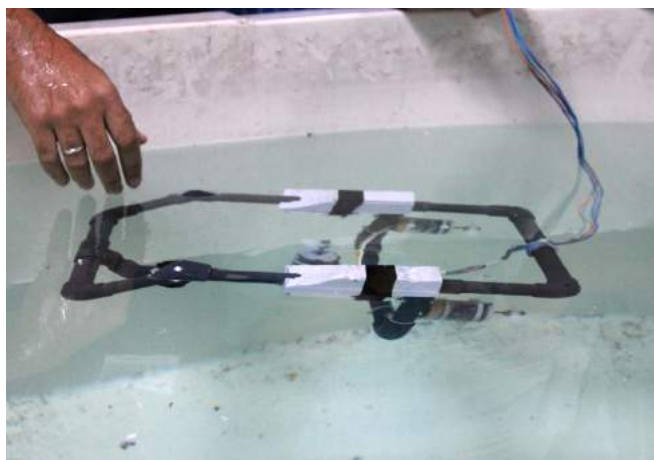




Este modelo que se muestra en la imagen tiene defecto de flotabilidad en la parte trasera, tendiendo a salir fuera del agua primero la parte delantera del vehículo en vez de permanecer en posición horizontal.



En la imagen inferior se observa que una vez adicionado esa flotación trasera extra su flotabilidad es la óptima.



El ROV está terminado. El siguiente paso es añadirle accesorios para poder realizar misiones en el agua, un accesorio sencillo es añadir un lápiz en la parte delantera que permita recuperar objetos perdidos en una piscina (se recomienda añadir a los objetos anillas que permitan la recuperación). También se pueden añadir brazos hidráulicos articulados o una cámara submarina.

**¡Ánimate a experimentar creando misiones reales y pilotando un auténtico ROV!**



PLATAFORMA OCEÁNICA DE CANARIAS



## Plataforma Oceánica de Canarias

Carretera de Taliarte, s/n.

35214 Telde - Las Palmas - España

Teléfono +34 928 134 414

Fax: +34 928 133 032

[www.plocan.eu](http://www.plocan.eu)



### Obra Social "la Caixa"



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

FECYT



FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA

Colaboran:



Universitat de Girona



CAMPUS  
ATLÁNTICO  
TRICONTINENTAL  
CANARIAS  
2010/2015

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL DE ÁMBITO REGIONAL

<http://divulgacion.plocan.eu>