

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE ARTE



### **Diseño de boya lagrangiana para detección de contaminantes en corrientes costeras superficiales.**

Tesis para optar el Título de Diseño industrial que presenta el Bachiller:

César Raúl Yachi Leiva

Asesor teórico:

Eduardo Ajito Lam

Lima, marzo 2014



*A mi padre, gracias por tu paciencia  
y confianza. Te quiero mucho papá...*

## Agradecimientos



El desarrollo del presente documento fue posible gracias al apoyo incondicional de instituciones y personas en formas que trascienden el plano académico. El autor desea expresar su profunda gratitud primero a su familia, entre ellos a su abuelo, sus tías y muy en especial a su abuela Norma Gálvez. Por su comprensión y cariño esta tesis se pudo realizar con la mayor dedicación: “abuela, muchas gracias por todo”. Es lógico también mencionar a sus colegas, ya que con ellos se ha gestado la formación que permite hoy escribir estas líneas. Gracias por acompañarme y motivarme Piero, Juan, Diego y Lucía; mis grandes amigos, y a sus familias por tratarme como un miembro más. Asimismo se agradece a los diversos profesionales que compartieron su valioso conocimiento. Gracias Eduardo Ajito, Renzo Aguilar, Omar Salomé, Jeison Beraun y Jorge Alencastre por su tiempo e interesarse en el proyecto. Finalmente se agradece a las instituciones que abrieron sus puertas y permitieron comprender la situación actual de nuestro mar: IMARPE en especial a sus miembros los oceanógrafos Luis Pizarro Pereyra, Luis Vásquez Espinosa y Alejandro Enrique Tello. También a la División de Hidrografía y Navegación de la Marina DHNM, al capitán de fragata M. Fernando y el técnico A. Martínez. A todos ustedes muchas gracias por su colaboración.

# 1 Índice

<b>1</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>MARCO CONTEXTUAL</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>CONTAMINACIÓN MARINA</b>	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>FUENTES DE VERTIDOS</b>	<b>11</b>
<b>5.3</b>	<b>TIPOS DE VERTIDOS</b>	<b>13</b>
5.3.1	CONTAMINANTES ORGÁNICOS	14
5.3.2	CONTAMINANTES PERSISTENTES	14
<b>5.4</b>	<b>DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES</b>	<b>15</b>
5.4.1	LA DISPERSIÓN EN LA COSTA PERUANA	16
5.4.2	LAS CORRIENTES	17
5.4.3	ESTUDIO DE CORRIENTES EN LATINOAMÉRICA	19
5.4.4	ESTUDIO DE CORRIENTES NORTE Y CENTRO-AMÉRICA	20
5.4.5	EL VIENTO	21
<b>5.5</b>	<b>EFFECTOS DE LA DISPERSIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MARINA</b>	<b>22</b>
5.5.1	DAÑOS EN ECOSISTEMAS MARINOS	23
5.5.2	DAÑO EN COMUNIDADES	24
5.5.3	SUMIDEROS TEMPORALES	24
5.5.4	PARCHES OCEÁNICOS	25
<b>5.6</b>	<b>ESTUDIOS ACERCA DE LA CONTAMINACIÓN MARINA</b>	<b>26</b>
5.6.1	GIRO DEL PACIFICO NORTE	26
5.6.2	TSUNAMI JAPÓN	27
<b>5.7</b>	<b>ACCIONES PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN MARINA EN PERÚ</b>	<b>28</b>
5.7.1	PLANTAS DE TRATAMIENTO	28
5.7.2	CAMPAÑAS DE RECICLAJE	28
5.7.3	BIODEGRADACIÓN ACELERADA	29
5.7.4	LEGISLACIONES	30
<b>5.8</b>	<b>LIMPIEZA DEL MAR A NIVEL INTERNACIONAL</b>	<b>31</b>
5.8.1	LIMPIEZA DE PLAYAS	32
5.8.2	PROPUESTAS DEL CPPS	32

5.8.3	BARCOS DE RECOLECCIÓN	33
5.8.4	PROYECTOS EN DESARROLLO	35
<b>6</b>	<b><u>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</u></b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b><u>HIPÓTESIS</u></b>	<b>38</b>
7.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	38
7.2	TIPOLOGÍA	39
7.3	FORMULACIÓN ESPECÍFICA DE LA PROPUESTA DE DISEÑO	40
<b>8</b>	<b><u>ANTECEDENTES</u></b>	<b>41</b>
8.1	BOYAS METEOROLÓGICAS	41
8.2	BOYAS LAGRANGIANAS	42
8.2.1	ANCLAS DE DERIVA	43
8.2.2	BOYAS LAGRANGIANAS COMERCIALES	45
8.2.3	BOYAS LAGRANGIANAS ADAPTADAS	50
8.2.4	BOYAS LAGRANGIANAS ARTESANALES	52
<b>9</b>	<b><u>JUSTIFICACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE DISEÑO</u></b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b><u>CONCEPTUALIZACIÓN</u></b>	<b>55</b>
<b>11</b>	<b><u>ENFOQUE</u></b>	<b>56</b>
11.1	DESIGN THINKING	56
11.2	EL ENFOQUE EN PRÁCTICA	58
<b>12</b>	<b><u>SINERGIA</u></b>	<b>58</b>
12.1	USUARIO	59
12.1.1	IMARPE	59
12.1.2	DHN MARINA	60
12.1.3	OTROS AGENTES	60
12.2	ENTORNO	61
12.2.1	ACIDEZ	61
12.2.2	OLEAJE	62
12.2.3	INCRUSTAMIENTO	63
12.2.4	DERROTA	64
12.2.5	REGLAMENTO DE SEÑALIZACIÓN IALA / AISM	69
12.2.6	REGLAMENTO DE SEÑALIZACIÓN DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ	71

<b>12.3 OBJETO</b>	<b>71</b>
12.3.1 DETECCIÓN DE CONTAMINACIÓN	72
12.3.2 AVISO DE BOYA ENCALLADA O SINIESTRADA	73
12.3.3 AUTONOMÍA ELÉCTRICA	73
12.3.4 RECUPERACIÓN Y SEÑALIZACIÓN	74
12.3.5 RASTREO EN EL MAR	75
12.3.6 REGISTRO DE RUTA	76
<b>13 BRIEFING</b>	<b>77</b>
<b>13.1 FACTORES FUNCIONALES</b>	<b>77</b>
<b>13.2 FACTORES FORMALES</b>	<b>78</b>
<b>14 ASPECTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>78</b>
<b>14.1 COMPONENTES COMERCIALES</b>	<b>79</b>
14.1.1 EMISOR DE DATOS /GPS DE PRIMER ORDEN	80
14.1.2 PANEL SOLAR	81
14.1.3 SEÑAL LUMINOSA/ SENSOR ACUÁTICO	83
14.1.4 SISTEMA DE SENSORES ÓPTICOS	84
14.1.5 SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO	85
14.1.6 CONVERTIDOR DE ENERGÍA	86
14.1.7 COSTO ESTIMADO	86
<b>14.2 COMPONENTES DE PRODUCCIÓN PROPIA</b>	<b>87</b>
14.2.1 CARCASA	88
14.2.2 CHASIS	89
14.2.3 REFLECTOR SONAR	89
14.2.4 CONTRAPESO	89
<b>14.3 ACABADO</b>	<b>90</b>
<b>15 BOCETADO</b>	<b>90</b>
<b>16 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS</b>	<b>94</b>
<b>16.1 PRUEBAS DE RESISTENCIA AL AVANCE Y SUSTENTACIÓN</b>	<b>95</b>
16.1.1 TÚNEL DE VIENTO	95
16.1.2 PRUEBAS EN TÚNEL DE VIENTO	96
16.1.3 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y SUSTENTACIÓN	98
<b>16.2 PRUEBAS DE FLOTACIÓN Y EQUILIBRIO</b>	<b>99</b>
16.2.1 FLOTACIÓN	99
16.2.2 EQUILIBRIO	100
16.2.3 RESULTADOS DE FLOTACIÓN Y EQUILIBRIO	101
<b>16.3 PRUEBAS EN SOFTWARE CFD</b>	<b>101</b>

16.3.1	MUESTREO DE LA SECCIÓN INFERIOR	102
16.3.2	DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN CENTRAL INFERIOR Y TOPE SUPERIOR	103
16.3.3	DESARROLLO DEL MODELO DE PRUEBA DE LA SECCIÓN SUPERIOR	104
16.3.4	PROCESO DE MUESTREO DE LA SECCIÓN SUPERIOR	105
16.3.5	DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN SUPERIOR	108
<b>17</b>	<b>DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA FINAL</b>	<b>111</b>
<b>17.1</b>	<b>COMPONENTES MODULARES</b>	<b>111</b>
17.1.1	TOPE DE OBRA MUERTA	112
17.1.2	CUERPO CENTRAL DE CARENA	114
17.1.3	BRAZOS DE OBRA MUERTA	116
17.1.4	ASPAS DE CARENA	117
<b>17.2</b>	<b>ENSAMBLAJE</b>	<b>117</b>
17.2.1	CIRCUITO ELÉCTRICO	119
17.2.2	DIMENSIONES Y PESO FINALES.	119
<b>17.3</b>	<b>UTILIZACIÓN</b>	<b>121</b>
17.3.1	FUNCIONAMIENTO	122
17.3.2	SOFTWARE	123
<b>18</b>	<b>CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y APRECIACIÓN</b>	<b>124</b>
<b>18.1</b>	<b>CONCLUSIONES DEL PROYECTO</b>	<b>124</b>
<b>18.2</b>	<b>RECOMENDACIONES FINALES</b>	<b>125</b>
<b>18.3</b>	<b>APRECIACIÓN PERSONAL</b>	<b>126</b>
<b>19</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</b>	<b>128</b>
<b>20</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>134</b>
<b>20.1</b>	<b>PLANOS CONSTRUCTIVOS</b>	<b>135</b>

## 2 Metodología

Partiendo de la idea del diseño como actividad proyectual encontramos la posibilidad de usar diversas metodologías. Más aun tratándose del diseño industrial, pues es frecuente que se asuma el desarrollo de un producto en su totalidad. Así, la labor del diseñador no se limita a dar forma al objeto, porque detrás de este resultado se encuentra todo el proceso que le da origen. Todo producto es un proyecto donde el tipo de método, el orden y el tiempo establecidos se ajustan al resultado que se desea obtener. Tal es el caso de esta tesis, que se emprende considerando un proceso de diseño tradicional basado en el aprendizaje dado en la especialidad, con aportes personales que el autor ha desarrollado en la práctica del diseño.

Las partes del proceso de diseño establecido por la Universidad Católica no son rígidas, pero se tienen en consideración tres puntos capitales: la identificación del problema, la creación de un concepto y la aplicación de un enfoque. De forma similar a la escuela de diseño Bauhaus, estos puntos son reforzados durante los estudios de especialidad mediante la ejecución de proyectos prácticos en talleres, mientras que en los estudios generales se imparte una teoría artística que refuerza la creatividad.

Para esta tesis, los puntos clave en la metodología son una visión lineal y organizada del proceso de diseño extraído del grupo formado por Bruno Munari, André Ricard y Gui Bonsiepe. Estos diseñadores presentan un método “tradicional” debido a que no han sufrido notables variaciones durante décadas y pertenecen a las primeras generaciones del diseño industrial del siglo XX. Si bien la metodología obtenida de la síntesis de los autores antes mencionados y la instrucción dada por la universidad son suficientes para establecer un proceso de diseño completo, existen etapas que han sido modificadas, ya sea añadidas o reorganizadas. Estos cambios, aunque menores, son relevantes pues incluyen el aporte personal y han sido originados durante el ejercicio de la carrera en las distintas empresas donde se tuvo oportunidad de trabajar.

En resumen, el proceso seguido para elaborar esta tesis está basado en una metodología formada por el conocimiento adquirido durante los años de estudios y la experiencia formada durante la práctica del diseño. Gracias a esto, se espera tener en consideración los factores envueltos en el desarrollo del producto previo a la etapa de producción y obtener como resultado un claro ejemplo del diseño industrial de la Universidad Católica. La Figura 1 muestra un cuadro realizado a inicios del 2013 donde se observa la perspectiva del proceso de diseño que se tenía en aquel momento y se aplicó al proyecto.



FIG.1



### 3 Objetivos

En una tesis de diseño industrial es posible definir diversos objetivos generales, pero se debe tener presente que un objetivo debe ser verificable y haberse concretado al final de la tesis. Lograr la solución al problema, o el análisis de los posibles alcances del producto una vez puesto en venta, son metas ambiciosas que añaden tiempo adicional al proyecto y una inversión económica significativa. Es aconsejable que los objetivos dependan íntegramente del autor o estén dentro de sus posibilidades. Por ello, esta tesis se propone realizar un proceso de diseño que plantee la solución a un problema específico bajo una metodología establecida. Esto se presenta como una opción viable dentro del campo de estudio de la especialidad y por tanto verificable. A su vez se puede interpretar como una reflexión sobre el estado profesional del autor, quien se sitúa dentro de un ejercicio práctico para observar los frutos de su evolución durante el ejercicio y estudio del diseño industrial.

#### 3.1 Objetivo general

Debido a las condiciones antes mencionadas, esta tesis plantea como objetivo general **diseñar un producto nuevo** dentro del alcance del autor. Esto consistirá en elaborar un modelo conceptual y, en lo específico, una propuesta enfocada a la ubicación de sumideros temporales en la corriente costera superficial.

#### 3.2 Objetivos específicos

Dentro de los objetivos específicos podemos encontrar cuatro aspectos determinantes:

- Exploración, identificación y análisis del problema para postular una alternativa viable de solución.
- Establecer un concepto y enfoque adecuado que permitan ejecutar la solución planteada tomando como referencia una investigación de antecedentes.
- Realizar un estudio de alternativas basadas en un *briefing* con los aspectos técnicos y formales definidos mediante una sinergia de información (normativa, usuarios, especialistas, antecedentes).
- Definir un producto tomando en consideración pruebas físicas y simulaciones de software, determinadas por los factores externos a los que el producto estará sometido.

### 4 Cronograma

La exploración para el tema de tesis empezó a finales del año 2012. Tras una serie de propuestas infructuosas, en 2013 se inició un proceso metódico en concordancia con el cuadro mostrado derivado del proceso de diseño en la Figura 1. Cada etapa ha contado con la supervisión del asesor teórico y a

partir de julio de 2013 se tuvo asesoría de ingenieros especialistas en electrónica, mecánica y telecomunicaciones

2meses (enero-febrero)	2meses (marzo-abril)	2 meses (mayo-junio)	3 meses (julio-agosto-setiembre)	2 meses ( octubre-noviembre)	3 meses (diciembre- febrero)
<b>Background</b>	<b>Tipología</b>	<b>Enfoque y Concepto</b>	<b>Planeamiento</b>	<b>Delineado</b>	<b>Documentación</b>
-Observación de eventos -entrevistas con involucrados -árbol causas y efectos	-análisis de problema -propuesta de solución -definición de tipología	-selección de enfoque -desarrollo concepto -definición del producto -antecedentes	-documentación Marco-teórico -requerimientos de producción. -sinergia -briefing	-sketching -pruebas físicas y virtuales -selección de componentes -definición del modelo	-modelado final -documento para sustentación -planos

FIG.1

## 5 Marco contextual

Siguiendo el cronograma establecido, el presente proyecto se inició en enero de 2013. La etapa de recopilación de información del marco contextual, referida en el cronograma como *Background*, tardó un aproximado de dos meses en completarse y tomó como punto de partida la observación del mar debido al interés por realizar un tipo de producto acuático. Con el objeto de reducir el área de investigación y focalizar los esfuerzos en temas específicos, esta etapa aplicó el método de Enfoque de Marco Lógico (EML), impartido en el curso de Teoría de diseño 2 por el profesor Eduardo Ajito.

La primera etapa del EML es el análisis de involucrados. Esta herramienta consiste en identificar agentes humanos que tengan relación directa o indirecta con la situación a estudiar. Una vez listados, realizar una exploración del tipo de relación establecida en el evento. Para obtener información de manera eficaz se utilizaron herramientas cuantitativas y cualitativas como entrevistas y encuestas. Las personas e instituciones investigadas con este fin fueron:

- Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS
- Instituto del Mar del Perú - IMARPE
- Marina de Guerra del Perú
- Capitanía de Guardacostas
- Organizaciones No Gubernamentales - ONG
- Surfistas
- Pescadores
- Municipalidades
- Socorristas
- Bañistas
- Organismos estatales

Finalizada la recopilación de información, la segunda herramienta consiste en el desarrollo de un árbol de problemas. Para formarlo se identifican los factores mencionados por el grupo de involucrados y se

reorganizan para darles una coherencia de causalidad. De esta forma se obtiene una visión general de la situación a enfrentar y se puede elegir un aspecto en particular que pueda ser propicio para la intervención del diseñador industrial, identificando un evento específico.

Gracias a estas herramientas unidas a una investigación de textos relacionados, se llegará a la profunda comprensión del contexto en el que se sitúa el producto. El Enfoque de Marco Lógico (EML) es un instrumento que ha probado su validez en la gestión de proyectos de distintos tipos. Además es esencial para la posterior identificación del problema. En nuestro caso, nos centramos en la observación de la contaminación en las orillas de las playas. La Figura 2 muestra el primer cuadro exploratorio realizado.

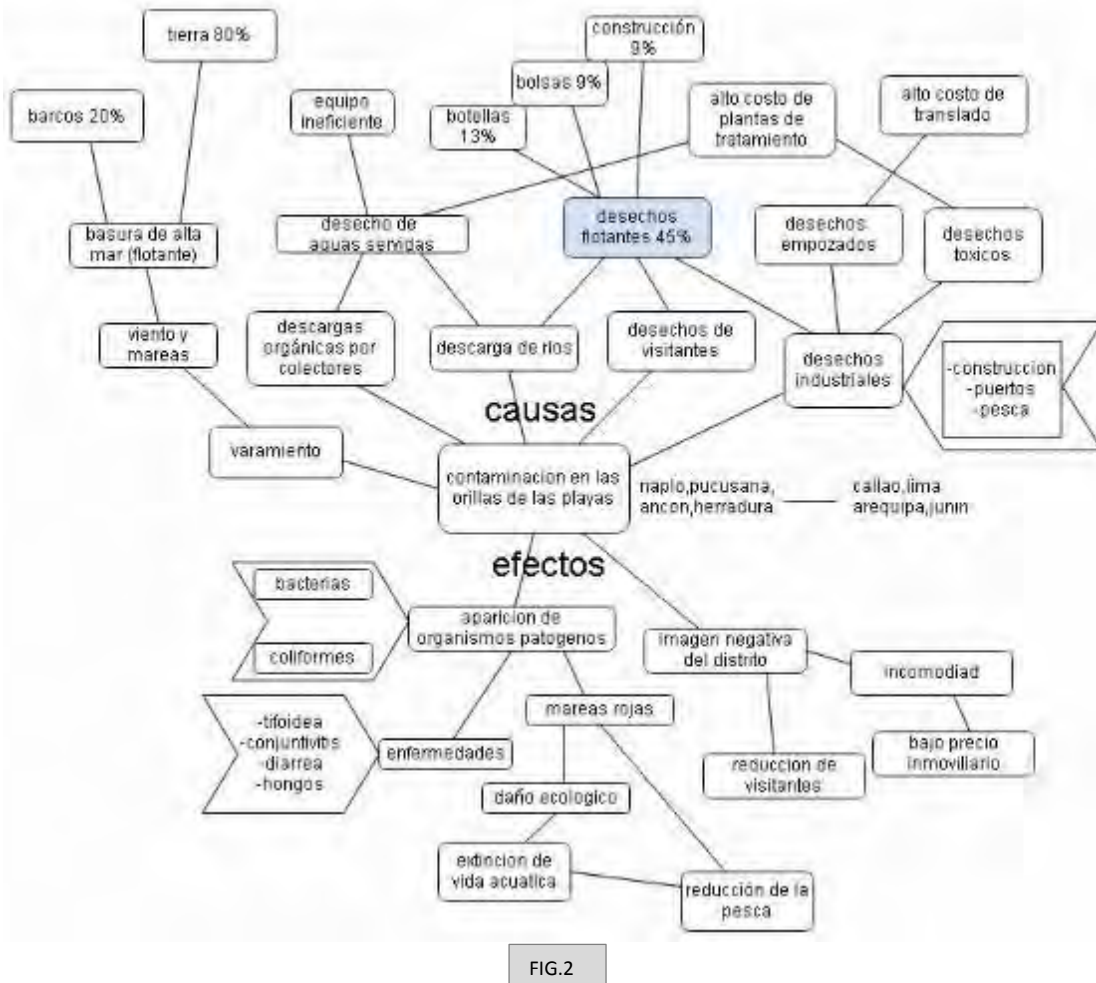


FIG.2

### 5.1 Contaminación marina

La contaminación marina es desplazada en tierra por efecto de los vientos y en el mar por la corriente costera peruana de dirección sur a norte. Este último flujo arrastra la contaminación muchas millas más allá del punto de origen. Dentro del estudio de campo se identificó concentraciones de contaminación en diversos puntos del litoral como Naplo, Pucusana, Costa Verde (Miraflores, San Miguel, Magdalena), la Punta y la Perla. Es muy probable que estas concentraciones presenten un desplazamiento similar a la encontrada en las costas del Callao, donde estudios realizados por la ONG Vida en el año 2012

mostraron que la mayoría de la contaminación procede de material de construcción. Esto fue informado por el vocero de Gerencia en Control Ambiental del Callao, Juan Malpartida. La entrevista se puede observar en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=rMXabsekg2Y>.

Tras realizar indagaciones en diversos puntos de la costa de Lima y Callao, se identificó la presencia de contaminantes en distinta medida en todas las playas. El Índice de Salud de los Océanos, una herramienta cualitativa basada en información de diversas fuentes científicas, indica que el Perú es el país sudamericano que peor cuida su mar <http://www.oceanhealthindex.org>. Esto permite señalar que la contaminación marina en las playas del Perú no es un evento aislado, pues afecta a todo su ecosistema y a las distintas áreas que lo componen.

La Figura 3 muestra la contaminación en zonas de Magdalena y San Miguel durante el verano del 2012.



FIG. 3

## 5.2 Fuentes de vertidos

La contaminación marina puede originarse en tierra o embarcaciones (Figura 4). Sin embargo, la cantidad producida en tierra firme llega a ser hasta 80% del total (ACOREMA, 2004:7). Si tomamos en cuenta que en la actualidad hay un mayor control del desecho producido por embarcaciones respecto al generado por las ciudades, esta cifra es lógica. Lamentablemente las actividades preventivas aplicadas en la ciudad parecen ser ineficientes o insuficientes.

En una entrevista realizada al ex ministro del Medio Ambiente, Antonio Brack, se mencionó que el 83% de los desperdicios generados en el Perú son lanzados al medio ambiente (Peru21, 23 de abril de 2010). En 2009 la ONG Ciudadanos al día, CAD, señaló que 3% de ese volumen es directamente arrojado a los ríos debido a una mala gestión en tierra (CAD, 2009:2). También indicó que el 61% de la basura de ese año fue destinada a botaderos abiertos. En 2010 se registró un porcentaje de 76% y en 2011 de 83%. De esta cantidad, entre 10% y 30% termina en el mar, según el estudio realizado por la ONG Vida y la Comisión Permanente del Pacífico Sur entre 2002 y 2006 (CPPS 2005: 10).

Por otro lado, los contaminantes originados por embarcaciones son más difíciles de estudiar ya que no se puede realizar seguimientos permanentes de todas las embarcaciones. Pero se sabe que un crucero para 3000 pasajeros genera entre 400 a 1200 metros cúbicos de desechos diarios. Aunque estos poseen depósitos para almacenar sus desperdicios por varias semanas, en muchos puertos de Latinoamérica no se cuenta con instalaciones adecuadas para retirarlos. Así lo indicó el vicepresidente de la autoridad portuaria de Jamaica, Ian Blair <http://www.tierramerica.net/2005/0115/articulo.shtml>.

Los barcos pesqueros también son un factor contaminante, pues resulta habitual que se deshagan en sitio de sus enseres de pesca dañados. Esta es una práctica común en el mundo, habiéndose encontrado diversos fragmentos de este tipo en animales durante los estudios realizados por distintas organizaciones todos los años, tales como la revista National Geographic. Puede verse el artículo completo en su página web con el título “Cuestiones críticas sobre la contaminación marina” (ver bibliografía).

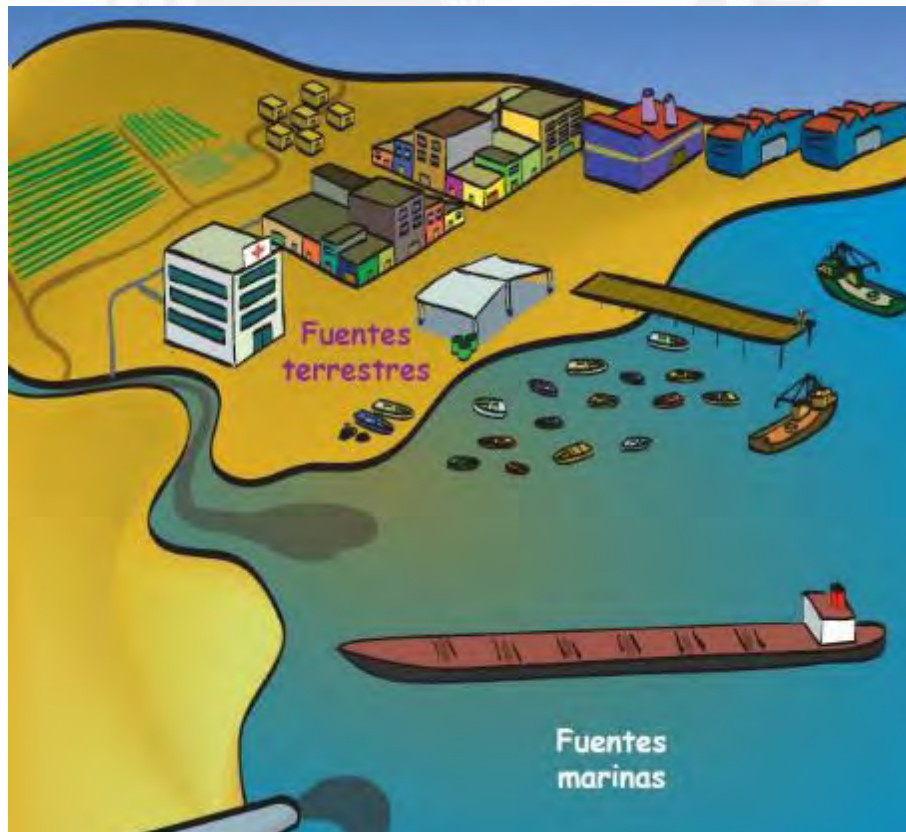


FIG.4

### 5.3 Tipos de vertidos

La primera gran clasificación entre los desechos se establece por el estado de su materia. Sólidos o líquidos, ambos usan los ríos como medio de propagación (salvo el arrojado directo en la costa) y en ambos se encuentran agentes tóxicos. Cabe mencionar que la contaminación sólida no ha sido tan estudiada como la líquida. Entre los mayores contaminantes encontramos los químicos usados para propósitos agrícolas y desechos industriales.

Las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, y el Ministerio del Ambiente, MINAM, se enfocan en los relaves mineros, aguas servidas y actividad agrícola (INEI, 2013: 16-42). Estas son detalladas y concisas; pero no consideran los desechos físicos que han sido arrojados por basurales. En contraste, la ONG Vida ha realizado estudios en los últimos 15 años mediante la recolección de basura en playas y riveras de ríos. Su último informe indica que cerca de 1,948 de toneladas de desechos han sido extraídos hasta el 2012 y más del 50% de la basura extraída ese año fue plástico. Sumando esto el porcentaje de madera, tela y tecnopor, se estima que más del 70% de la basura marina sólida es flotante o de suspensión (VIDA-ICC,2012:9).

Como podemos ver, los residuos sólidos son un agente primario en la contaminación marina. Las investigaciones realizadas por diversas instituciones sobre contaminación líquida son notables, pero también es necesario realizar estudios exhaustivos sobre la contaminación sólida. Esta puede clasificarse en dos tipos dependiendo del tipo de impacto que generan en el ambiente: persistentes u orgánicos. La Figura 5 muestra la dinámica de la contaminación marina sólida.

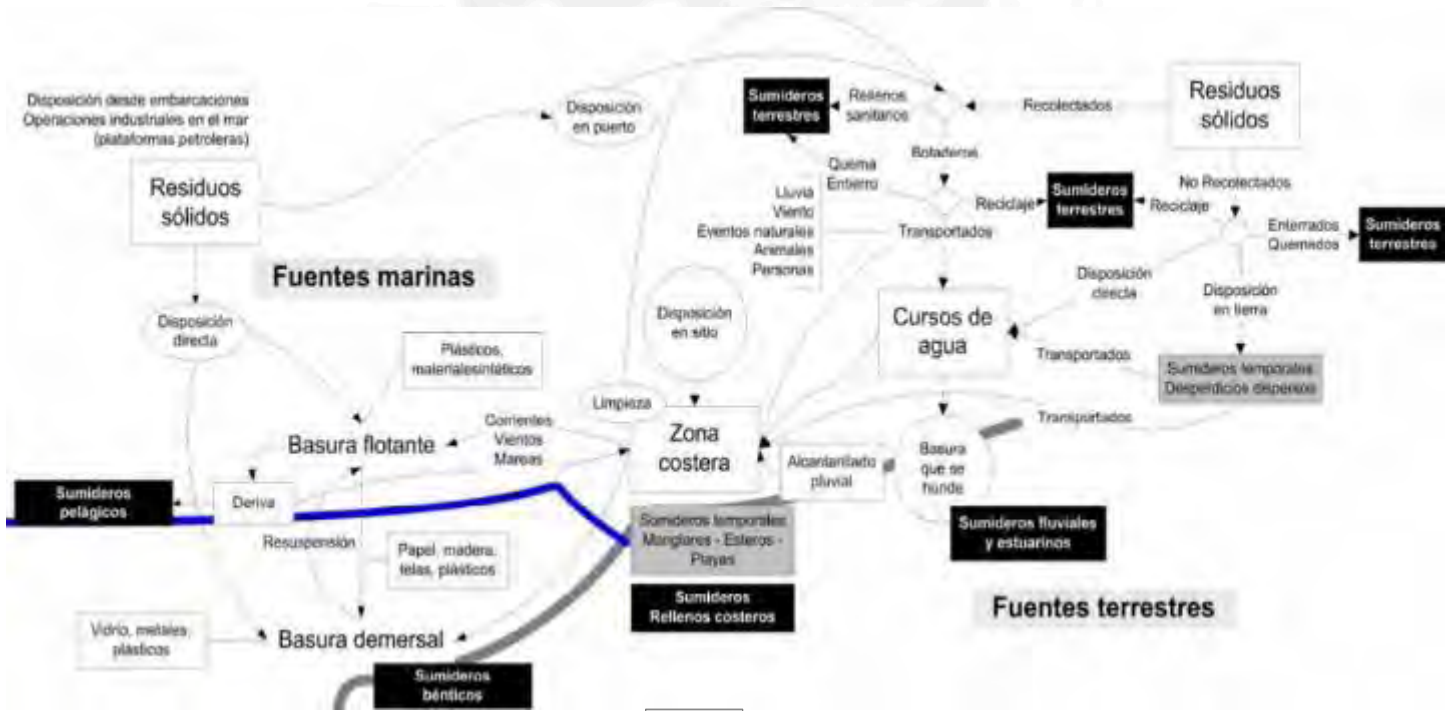


FIG.5

### 5.3.1 Contaminantes orgánicos

Los contaminantes orgánicos son desechos biodegradables que después de cierto tiempo y en condiciones favorables pueden reinsertarse en el medio ambiente de forma saludable. Gracias a las propiedades físicas y químicas del mar, este tiene una alta tolerancia a la contaminación. Así se generan bacterias que se encargan de descomponer la materia y reutilizarla para volverla parte de la cadena alimenticia. Sin embargo, si se excede el límite tolerado se generan desordenes biológicos que pueden formar mareas rojas, entre otros efectos nocivos. Este límite no es específico y depende de diversos aspectos tanto geográficos como climatológicos.

Si bien la contaminación generada ha sido alta, las actividades de prevención son efectivas, pues a largo plazo la contaminación desaparecerá sin necesidad de acción humana. Por ello, si reducimos nuestra contaminación o le damos tratamiento antes de llegar al mar estaremos generando un alto impacto positivo en nuestro mar. Cabe señalar que, según cifras oficiales, actualmente solo el 25% de las aguas servidas en el Perú son tratadas <http://radio.rpp.com.pe/cuidaelagua/en-el-peru-solo-la-cuarta-en-el-peru-solo-la-cuarta-parte-de-aguas-servidas-son-tratadasparte-de-aguas-servidas-son-tratadas/> .

En todo caso, se debe considerar que el porcentaje de basura vertido en el Océano Pacífico por el Perú durante el año 2000 fue un 25% del total del Pacífico Sudeste y represento más del 33% de la carga orgánica (CPPS, 2000: 29). Si consideramos que Chile presenta unas cifras similares, cabe pensar que es debido a la extensión geográfica del litoral. Sin embargo lejos de justificarnos, esto muestra el alto grado de responsabilidad que tiene la nación para la salud del Pacífico Sur. La Figura 6 muestra un brote de marea roja detectado en Paracas el 21 de octubre de 2009.



FIG.6

### 5.3.2 Contaminantes persistentes

Este tipo de contaminante no se reinserta al ciclo biológico: permanece decenas o cientos de años en el medio donde es arrojado dañando a sus ocupantes de diversas formas. La organización CPPS considera

el metal y vidrio como parte de este tipo de contaminantes. Pero el principal representante de este grupo es el plástico. A este material le corresponde más del 50% de basura extraída en 2012 en el informe presentado por la ONG Vida. Por otro lado, el plástico es el contaminante persistente más dañino pues su tasa de degradación usualmente es de cientos de años. Si llega a descomponerse, solo lo hace en pequeñas partículas que mantienen sus propiedades originales inalterables en el ecosistema.

Según el informe de Vida las botellas de gaseosa representan el mayor porcentaje de contaminantes plásticos con 13%, seguidos de bolsas con 9%, y pedazos plásticos del sector construcción con 9% (Vida-ICC, 2012: 10). Este plástico se suma al hule, madera, vidrio y metales que, además de dañar al ecosistema, causa una mala imagen en los distritos donde varan, repercute en su economía reduciendo el turismo y obliga a financiar programas de limpieza.

La Figura 7 muestra desechos arrojados a orillas del río Rímac en el distrito de Ate el 2012 <http://blog.rpp.com.pe/reporterow/2012/03/17/contaminacion-en-ate-basura-se-acumula-en-santa-clara-y-orillas-del-rio-rimac/>. Como se observa, están compuestos en su mayoría por plásticos de distintos tipos y es muy probable que eventualmente se desplacen al cauce del río.



FIG.7

#### 5.4 Dispersión de los contaminantes

Cuando los desechos llegan al mar son influenciados por distintos factores que permiten el proceso de limpieza del que se habló en la sección de contaminación orgánica (página 14), así en cuestión de días o semanas la contaminación es reinsertada en el ciclo biológico. No obstante en el caso de la contaminación persistente no se logra biodegradar los compuestos. Al contrario: en vez de limpiar el sector contaminado, se va desagrupando y extendiendo progresivamente en zonas limpias. Este proceso es conocido como dispersión.



La dispersión de la contaminación propiamente dicha se produce con contaminantes persistentes líquidos o sólidos, pues solo estos se mantienen un espacio de tiempo suficiente como para causar daño aun en cantidades mínimas. El ejemplo más conocido es la dispersión causada son los derrames de petróleo. Sin embargo es mucho más común que se produzca con contaminación flotante o en suspensión debido a que se presenta un mayor arroj de este tipo de contaminación y sus dimensiones permiten un mayor desplazamiento.

La dispersión se origina por distintos factores, de los cuales el más aleatorio o particular es la geografía costera. No existen dos playas iguales (Figura 8). Pueden variar en composición, profundidad, pendiente, topografía de su zócalo, etc. Estos aspectos se suman a aspectos más generales como oleaje, marea, afluentes y temperaturas. Como se puede inferir, los procesos costeros son muy complejos debido a la diversidad de factores envueltos y requieren una investigación profunda. Sin embargo, existe una variedad amplia de estudios sobre los dos factores más influyentes: las corrientes y el viento.

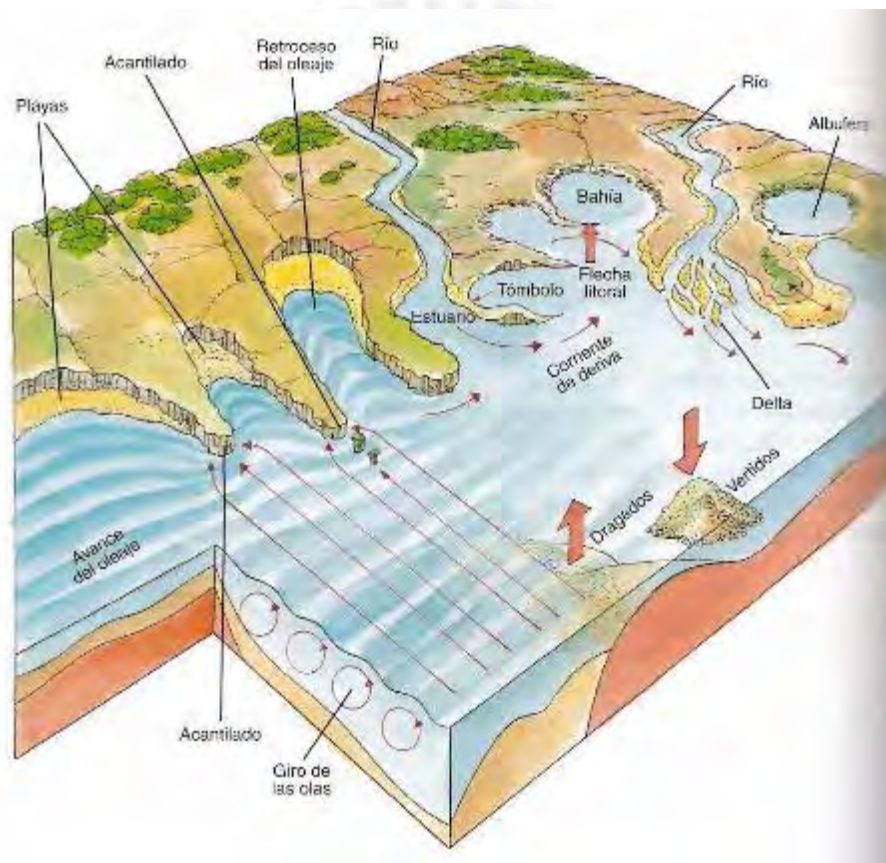


FIG.8

### 5.4.1 La dispersión en la costa peruana

En Perú, hasta el año 2012 no se han realizado estudios profundos sobre la dispersión de contaminantes en el mar. Pero sí existe información detallada del arroj de desechos y del comportamiento de los diversos factores que ocasionan la dispersión. Con las altas cantidades de desecho recolectado en las costas se puede generar una alta dispersión de contaminantes en el mar territorial.

Por ejemplo en julio del 2013, tras un fuerte oleaje de 3 días, se acumularon seis toneladas de residuos a lo largo de 500 metros en las costas del Callao [http://www.rpp.com.pe/2013-07-21-advierten-que-fuertes-oleajes-lenan-de-basura-playas-del-pais-noticia\\_615290.html](http://www.rpp.com.pe/2013-07-21-advierten-que-fuertes-oleajes-lenan-de-basura-playas-del-pais-noticia_615290.html) . Si bien es usual que se presenten varamientos en las costas de estas zonas, estos toman meses en acumularse. Aunque no se realizaron estudios al respecto, es muy probable que la basura estancada no fuera originada en los días del evento, sino que se hallara dispersa en el mar territorial, de modo que la tormenta la condensara al arrastrarla hacia la costa. La Figura 9 muestra las divisiones del espacio marino según la CONVEMAR y permiten identificar mucho mejor el probable punto de origen de la contaminación y su posterior propagación.



FIG.9

Así, la contaminación terrestre se inicia en las aguas interiores y debería mantenerse en la línea base a menos de 1 milla de la costa. Sin embargo los desechos logran atravesarla e ingresar al mar territorial, debido a los desfuegos naturales (corrientes de retorno), mareas y vientos. Una vez allí, las corrientes son el principal componente en la dispersión de contaminación. Siendo más específicos, las corrientes son las causantes directas, mientras que los demás factores influyen sobre la orientación de las diversas corrientes. De entre ellas, la corriente superficial costera causa la mayor dispersión.

#### 5.4.2 Las corrientes

En el mar peruano existen distintos tipos de corrientes según su origen: arrastre (viento), densidad (temperatura) o mareas (luna y rotación de la tierra). Entre ellas, tenemos tres corrientes que emergen a la superficie y se pueden considerar principales:

**Corriente oceánica** de Humboldt que usualmente se ubica más allá de la zona contigua ocupando el resto de la zona exclusiva hasta alta mar y se desplaza de sur a norte.

**Corriente costera** de Humboldt es la corriente emblemática de Perú, se desplaza de sur a norte y normalmente abarca el mar territorial y eventualmente llega a las costas siendo superficial.

**Contracorriente del Perú** divide a la corriente de Humboldt creando la corriente oceánica y la costera. Su dirección es opuesta, de norte a sur. Usualmente permanece cerca de la zona contigua o dentro de ella, y en ocasiones se vuelve sub superficial.

De estas corrientes, la costera superficial (de color verde en la Figura 10) arrastra los desechos flotantes o en suspensión durante su recorrido por el litoral causando su progresiva dispersión. Su velocidad promedio cerca de Lima ha sido registrada por el IMARPE (Instituto del mar peruano) en aproximadamente 3 nudos (5.5 Km/h). Por otro lado, se ha determinado que su desplazamiento diario de sur a norte en todo el litoral es de 28km.

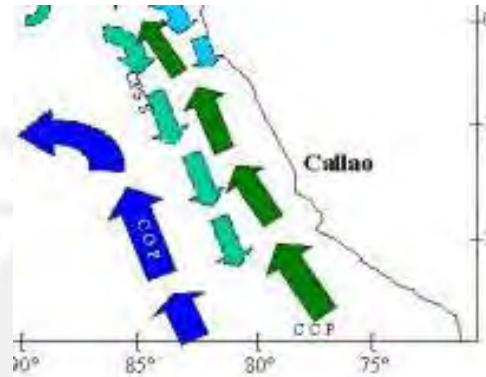


FIG.10

A través de su recorrido por el litoral, esta corriente encuentra ciertos factores como la geografía u otras corrientes menores, que conducen a la formación de remolinos llamados giros. Estos giros aparecen en cualquier área del mar territorial y permanecen durante un tiempo indeterminado, propiedades que los hacen difíciles de detectar. No obstante, mantienen un patrón en el tiempo que puede ser determinado mediante estudios constantes. Como ejemplo están los informes realizados en países como Estados Unidos, México, Ecuador y Panamá. La Figura 11 muestra una descripción genérica de los giros hallados en el mar cercano a California gracias al uso de boyas lagrangianas (Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de meso escala en el Pacífico Central Mexicano, ISSN 0185-3880).

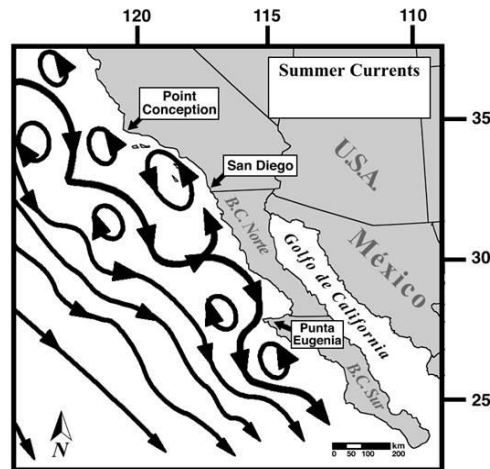


FIG.11

Si bien las boyas han facilitado el estudio de las corrientes superficiales, se debe considerar que estos objetos muchas veces se ven influidos por corrientes sub superficiales. Podemos considerar el mar como un conjunto de capas de corrientes opuestas entre sí, cuya profundidad o ubicación es variable y depende de la geografía marina. Por ejemplo, en las costas de Ecuador la corriente superficial se estima entre los 0 y 2 metros de profundidad, y la sub superficial entre los 5 y 7 metros (GEEAA, 2012:9). Los modelos de boyas lagrangianas actuales requieren del uso de paracaídas de grandes dimensiones. Por lo expuesto, captar únicamente las corrientes superficiales requiere un estudio previo de la zona a explorar y la adaptación de las boyas para estas condiciones.

La Figura 12 corresponde al estudio previamente mencionado. En ella podemos apreciar la oposición en la dirección de dos corrientes sub y superficial mediante el lanzamiento de boyas con paracaídas a distintas alturas.



FIG.12

### 5.4.3 Estudio de corrientes en Latinoamérica

En toda América Latina se han llevado a cabo estudios sobre las corrientes marinas que recorren el litoral del Océano Pacífico con diferentes objetivos. La mayoría busca determinar comportamientos meteorológicos para un control del clima o cambios en la flora y fauna marina. Otros buscan indicar los detalles geográficos que se presentan en las distintas áreas de navegación dentro de zonas exclusivas portuarias. Estos documentos se encuentran en cartas de navegación llamados “derrotas”, compendios enfocados en una zona marítima específica.

Dentro de las “derrotas” pertenecientes a la costa peruana no se encontró información relacionada con la contaminación. Tampoco se tienen datos precisos sobre los giros formados dentro del mar territorial. Aunque se tiene un esquema general del comportamiento de los flujos de aguas dentro de la costa peruana, son insuficientes para trazar rutas de deriva precisas así como sumideros. En ausencia de dicha información, se encontraron simulaciones por computadora a macro escala realizadas por el IMARPE, como en [http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id\\_seccion=I0108040600000000000000](http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0108040600000000000000) (fig.13)

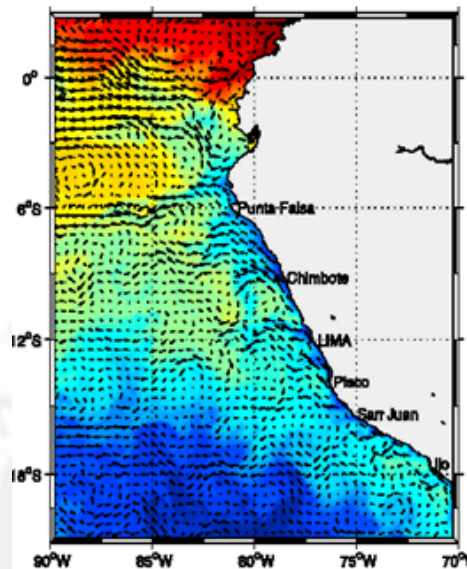


FIG.13

#### 5.4.4 Estudio de corrientes en Norteamérica y Centroamérica

En Norteamérica y Centroamérica se han realizado estudios de corrientes mediante el lanzamiento de boyas lagrangianas desde los años 80. Estas boyas son lanzadas al mar y rastreadas por satélite o radio. Así se puede refinar los modelos por computadora y hacerlos más precisos, ya que debido a la cantidad de factores implicados, no es posible llegar a un modelo perfecto. Por ejemplo en un informe del año 2003 titulado *Evaluation of an Oil Spill Trajectory Model Using Satellite-tracked Oil-spill-simulating Drifters*, realizado por la *Minerals Management Service* de USA, se menciona:

“The integrated effect of the errors in the input fields results in average discrepancies between the terminal ends of the simulated and modeled spill trajectories of 78, 229, 416, and 483 km after 3, 10, 20, and 30 days of drift, respectively” (MMS-MTS, 2003: 1303)”

Así, la similitud de los resultados entre boyas y computadoras presenta una diferencia en las trayectorias que aumenta progresivamente con el tiempo. Por eso es necesario realizar simulaciones con una frecuencia constante. No obstante, en el 2009 se necesitaba un promedio de 10 días para adquirir los datos necesarios para ejecutar una simulación (Instituto Canario de Ciencias Marinas, 2009: 6). Además se debe tomar en cuenta que debido a su forma las boyas pueden desviarse del curso de las corrientes si se encuentran ante fuertes vientos. Por esto también se realiza un seguimiento a los flujos de aire.

En el estudio a las corrientes del estado de Florida realizado en 2002 por el equivalente a IMARPE en Estados Unidos, la *National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA* (Figura 14), se registra la presencia de giros a un grado de maso y meso escala. Es raro apreciar aquellos que surgen en el mar territorial dentro de su corriente superficial. De manera similar, la mayoría de los estudios se realizan usualmente desde mar adentro o más allá de la zona contigua, debido en parte a que los modelos de boyas lagrangianas suelen ser voluminosos e imprácticos para aguas poco profundas.

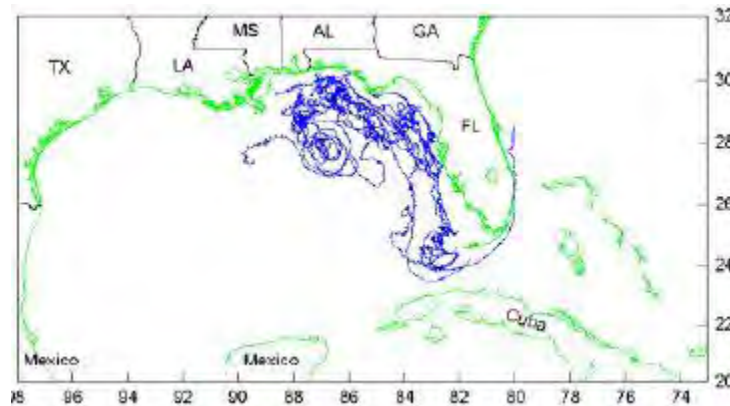


FIG.14

#### 5.4.5 El viento

Los flujos de aire intervienen en el desplazamiento de los desechos desde botaderos abiertos hacia los ríos y directamente en el mar. Los vientos principales en el mar peruano son alisios: de una orientación sudeste hacia noroeste en forma diagonal hacia el norte, capaces de alcanzar los 40 km/h y una media de 10 nudos (9.2 Km/h). Por su parte, los vientos locales en la costa poseen dirección opuesta, mientras en la sierra y selva son muy particulares por su geografía.

En tierra firme el viento empuja los desechos que no son bien gestionados por municipalidades hacia desagües, ríos o incluso directamente hacia el mar. Todo depende de la ubicación de descarga. Según una entrevista realizada al jefe de Dirección de Calidad Ambiental de MINAM, en el Perú solo se almacena el 25 % de la basura en rellenos sanitarios (Peru21, 28 de noviembre de 2010). Además, en 2013 se indicó que el país solo dispone de 8 rellenos autorizados mientras que se necesita un promedio de 100 (MINAM, 2013/2014: 39).

Por otro lado, la dinámica de vientos afecta la dirección en la dispersión de contaminantes y su recorrido dentro del mar. En el Océano Pacífico entra en contacto con la zona superficial del mar generando corrientes de arrastre cuya influencia llega como máximo a la zona fótica del mar (hasta los 100 metros aproximadamente), lugar donde se produce la mayor dispersión de contaminación tanto líquida como sólida. Estos vientos modifican la orientación natural de la corriente. Según los “Estudios de la circulación costera frente al puerto de La Libertad (Ecuador) utilizando flotadores”, basta un viento de 5 m/s para influir fuertemente en el curso de las corrientes (Instituto Oceánico de la Armada, 1992: 4). Cabe precisar que la influencia del viento no causa un movimiento solidario. En un ambiente controlado, sin alteraciones de temperatura y superficie uniforme, el viento puede causar una corriente opuesta en 180°. Esta característica resulta importante en la dispersión, pues implica que seguir la dirección del viento no equivale a trazar la ruta de los desechos.

La Figura 15 muestra un esquema de los principales flujos de viento en relación a las corrientes oceánicas del Pacífico.

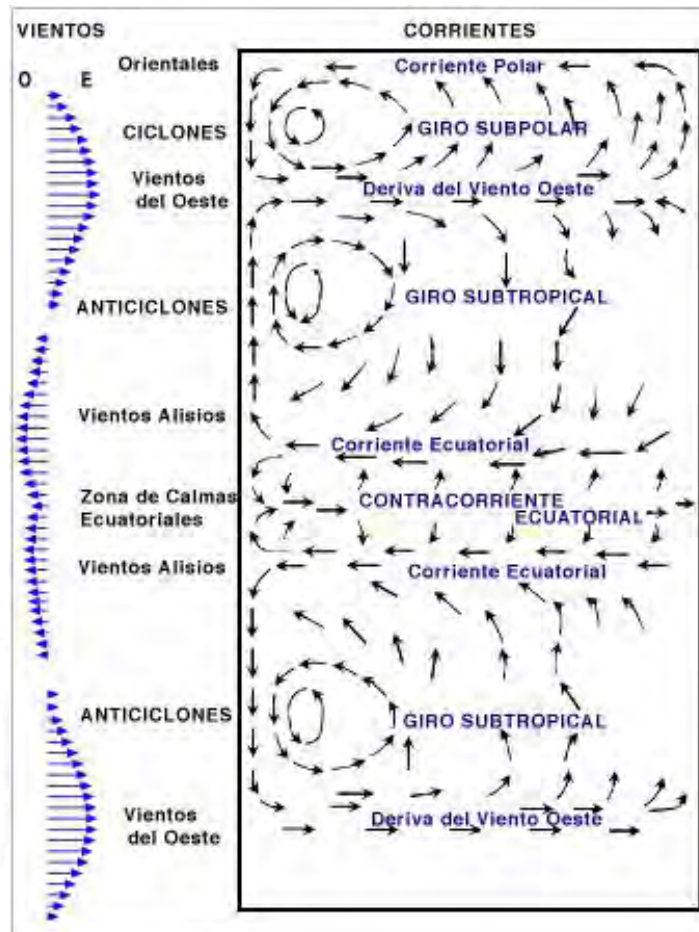


FIG.15

### 5.5 Efectos de la dispersión de la contaminación marina

La dispersión de la contaminación marina causa efectos de largo y corto plazo. Algunos se pueden percibir a simple vista, como el daño directo a los grupos humanos y a otros seres vivos.

Estos eventos son cubiertos por la prensa y se pueden encontrar en diversas fuentes de información todos los años. Pero existen otros eventos que no son detectados a menos que se investigue a profundidad. Esto sucede porque, a pesar del origen local, la dispersión permite la extensión de los contaminantes hasta presentar efectos a nivel macro escala. Un claro ejemplo son los parches de basura y los sumideros temporales. Ambos son referidos en los textos del CPPS y diversas ONG. Las campañas de prevención y limpieza buscan mitigar el impacto pero aún falta mayores avances para anular los diversos efectos negativos en nuestro medio.

### 5.5.1 Daños en ecosistemas marinos

El efecto de la contaminación marina en el ecosistema de los mares ha sido estudiado por investigadores de organizaciones mundiales desde mediados de los años 80 (Odell, 1987; Geraci y Lonsbury, 1993). Cabe señalar dentro de estos estudios el trabajo del Instituto de Investigación Marina Algalita de Estados Unidos. En sus investigaciones se ha visto como la contaminación persistente se vuelve parte de la dieta diaria de muchas especies, causando su muerte. También ha señalado que la contaminación orgánica (aguas servidas) promueve la formación de mareas rojas, llamadas así por la alta concentración de algas de ese color. Estas son altamente nocivas pues reducen la cantidad de oxígeno y, por consiguiente, la formación de plancton, dañando la cadena alimenticia y propiciando la formación de bacterias patógenas o biotoxinas.

En Perú, los animales más afectados por la contaminación son lobos marinos, gaviotas y pelícanos. Sin embargo también se han detectado tortugas, delfines, peces y hasta ballenas (Peru21, 12 de julio de 2013). Cada año se encuentran registros que indican la muerte de estas especies. Si bien la contaminación puede no ser causante directo, esta invariablemente amplifica el impacto. Por tanto aun la contaminación en zonas específicas de nuestro mar tiene efectos en toda la biodiversidad del litoral.

Uno de los más lamentables eventos sucedió en abril del 2012, cuando fueron hallados más de 1200 pelicanos muertos en las costas desde Chorrillos hasta Lambayeque (Peru21, 28 de abril de 2012). Poco después se detectó la muerte de más de 800 delfines (aunque estimaciones no oficiales, indican cerca de 3000). Los estudios realizados para determinar la causa de los decesos no han sido exhaustivos y se presume que han sido llevados a cabo para proteger intereses de terceros. Así lo afirma el rector de la universidad nacional de Trujillo, el biólogo pesquero Dr. Carlos Bocanegra García <https://www.youtube.com/watch?v=2SX8ebL4UQc>. Las causas nunca fueron esclarecidas, y no se llegó a una respuesta concluyente por el IMARPE. En su informe “Mortandad de delfines en el litoral de la costa norte, febrero a abril del 2012” menciona de forma ambigua que la muerte de estos animales: “... se presume estarían relacionadas a causas naturales ya sea por intoxicación por biotoxinas o enfermedades emergentes [...] registrando persistentes floraciones algales de regular extensión, principalmente entre el Callao y Paita” (IMARPE, 2012: 58). Se debe aclarar que el término “naturales” se usó para referirse a actividades humanas directas tales como la pesca, más no a las indirectas como la contaminación marina. Como se ha visto, sus efectos pueden exceder la zona de vertido y dañar diversos grupos biológicos. El delfín mostrado en la Figura 16 fue hallado junto a otros 10 delfines en las costas de Lambayeque el 21 de abril del 2013 <http://peru21.pe/actualidad/aparecen-otra-vez-delfines-muertos-playas-lambayeque-2126040>.



FIG.16



### 5.5.2 Daño en comunidades

Otro aspecto negativo de la contaminación marina se presenta en las comunidades de los distritos donde aparece. Debido a los varamientos se van formando acumulaciones que dan un aspecto lamentable a las playas. Esto daña el turismo, reduce el valor inmobiliario, puede ser foco de enfermedades y obliga a generar un proceso de limpieza que puede no estar en los presupuestos de muchos distritos o que sobrepasa los costos asignados. Por ejemplo la municipalidad de Magdalena tiene un programa de recolectores de desechos durante las mañanas del verano. O tras el evento del Callao en julio del 2013, seis toneladas de residuos vararon en sus costas y se estimó gastos de varios miles de soles que debería afrontar el distrito fuera de su presupuesto regular (Figura 17).



FIG.17

"El Municipio del Callao deberá invertir un aproximado de 15 mil nuevos soles en limpiar esta playa, la cual se volverá a llenar de basura por la acumulación que existe en el mar y lo que sigue llegando de distritos como Magdalena o San Miguel", mencionó Arturo Alfaro, presidente de la ONG Vida para RPP [http://www.rpp.com.pe/2013-07-21-advierten-que-fuertes-oleajes-lleñan-de-basura-playas-del-pais-noticia\\_615290.htm](http://www.rpp.com.pe/2013-07-21-advierten-que-fuertes-oleajes-lleñan-de-basura-playas-del-pais-noticia_615290.htm) . Así vemos que no solo la fauna marina es la única afectada, los seres humanos también pagamos un alto costo por la contaminación mal gestionada.

### 5.5.3 Sumideros temporales

Cuando la dispersión de contaminantes entra en contacto con giros, los desechos se concentran de nuevo (Figura 18), volviéndose un punto focal de contaminantes llamado sumidero temporal o pelágico. Estos han sido mencionados en diversos documentos del CPPS como el "Programa de basura marina del Pacífico Sudeste", 2007. Estas concentraciones fueron detectadas el año 2006 en los manglares de Tumbes, dañando la diversidad marina (página 14) y su existencia en las costas ha sido estudiada durante el 2003 en Chile (CPPS, 2007: 15).

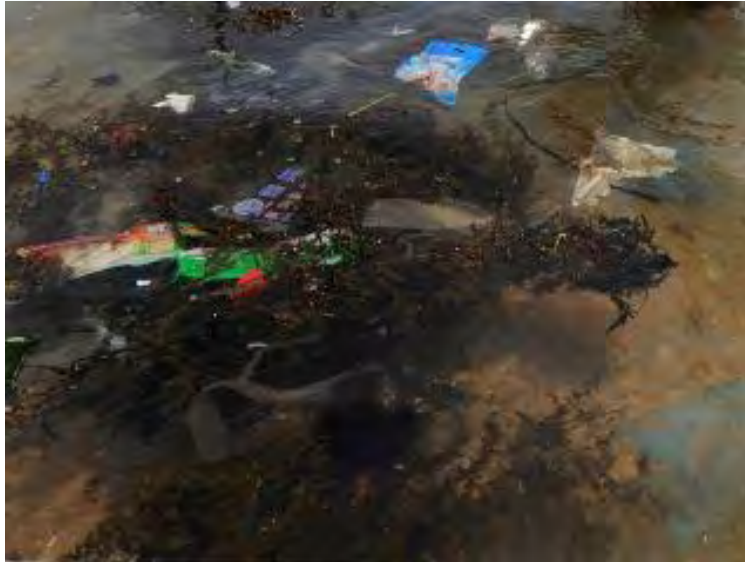


FIG.18

#### 5.5.4 Parches oceánicos

El fenómeno de los giros también se presenta a macro escala (Figura 19), debido al movimiento circular de las corrientes de todo el mundo que crea vórtices en sus centros. Así, los centros oceánicos han ido acumulando de basura debido a la fuerza centrípeta. Esta arrastra los desechos flotantes o en suspensión al centro y genera sumideros gigantes que han sido llamados “parches”. El más conocido es el parche del Pacífico Norte, que según estudios de Green Peace tiene la extensión del estado de Texas. Sin embargo, la contaminación dentro de estos vórtices es en su mayoría partículas cuyas dimensiones se miden en micras, debido a que el proceso de descomposición del mar unido al alto grado de radiación solar rompe las cadenas de polímeros plásticos. Estas pequeñas piezas son tragadas por los animales o se mantienen de manera estacionaria en el mar. Se puede encontrar numerosa información detallada y directamente de la fuente en <http://www.septiemecontinent.com/#!patrick-deixonne/c1b8p>, donde se aprecian los resultados de distintas exploraciones hacia el centro de diversos océanos.



FIG.19

## 5.6 Estudios acerca de la contaminación marina

Si bien los estudios sobre la contaminación marina se han llevado a cabo en diversas partes del mundo, el Pacífico es el mar más estudiado y donde se han realizado mayores estudios liderados por la ONU, gobiernos y ONG (destacan el programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente PNUMA, la NOAA y Algalita respectivamente). Además existen dos estudios que son particularmente importantes debido a la variedad de factores que han analizado dentro de sus aguas:

- El giro del Pacífico Norte
- El recorrido de los contaminantes del tsunami de Japón.

### 5.6.1 Giro del pacifico norte

Aunque no trabajan de forma conjunta, se han realizado estudios del Pacífico Norte por diversas ONG norteamericanas como: Algalita, The Clean Ocean Project y 5 Gyres. Si bien existen muchos otros organismos que también participan activamente con distintos proyectos, se menciona estos 3 por su tiempo, su impacto y la información acumulada. Los tres organizan exploraciones frecuentes en barcos provistos de diversos especialistas y equipos especiales (Figura 20).



FIG.20

En sus travesías recopilan muestras de distintas zonas del mar y muestran como el grado de contaminación afecta a los diferentes ecosistemas, así como su evolución en el tiempo. Por ejemplo, según el estudio realizado por investigadores de la Scripps Institution of Oceanography, los parches han incrementado su tamaño 100 veces en los últimos 40 años. El mayor aumento fue en la última década. De acuerdo a los datos obtenidos por Algalita, la cantidad de plástico en el Pacífico en el 2012 fue el doble que en el 2000 (Revista Eroski Consumery, 2012). Por otro lado se han registrado diversas especies afectadas por los desechos, como la tortuga mostrada en la Figura 21 en las costas de Hawái.



FIG.21

### 5.6.2 Tsunami Japón

La Figura 22 muestra el esquema de las corrientes locales que rodean Japón, Rusia, Canadá y USA. Al interactuar entre ellas se produce el giro del Pacífico Norte. Con el objeto de comprender mejor la dinámica marina, se han realizado excursiones a mar abierto rastreando los escombros causados por el tsunami de Japón del 2011. Entre ellas cabe mencionar el proyecto Kaisei de finales del 2012 hecha por la IPRC (International Pacific Research Center). Gracias a ello han realizado simulaciones por computadora donde se estimaron posibles rutas así como el grado de dispersión que se puede producir en el Pacífico. Se puede observar la simulación del evento realizada en flash en la siguiente página web: [http://iprc.soest.hawaii.edu/users/nikolai/2011/Pacific Islands/Simulation of Debris from March 11 2011 Japan tsunami.gif](http://iprc.soest.hawaii.edu/users/nikolai/2011/Pacific_Islands/Simulation_of_Debris_from_March_11_2011_Japan_tsunami.gif)

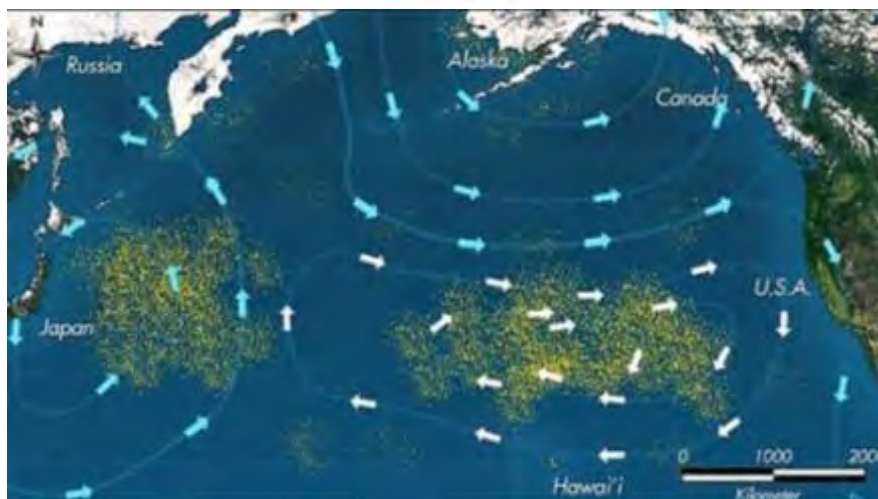


FIG.22

Se estimó que los objetos del mar de Asia pueden alcanzar las costas de Hawái en menos de un año y llegar al foco del giro en un estimado de 7 a 10 años. No sin antes afectar ecosistemas y matando diversos animales. Algunas de las costas más afectadas son las de Hawái, como se puede observar en cortos realizados a las islas Midway en el año 2009 por Chris Jordan. Puede verse parte de sus videos en <http://www.squidoo.com/midway-journey>. La Figura 23 corresponde a su muestra fotográfica.



FIG.23

## 5.7 Acciones para reducir la contaminación marina en Perú

La contaminación marina en el Perú es afrontada con un acercamiento preventivo. Gobiernos y ONG, buscan reducir la cantidad de desechos arrojados al mar, sean orgánicos o persistentes. Debido al aumento de la población y al escaso control ejercido durante años, es una acción prioritaria. Para ello se han establecido diversos proyectos de reciclaje, tratamientos, legislaciones y limpieza directa de playas. Lamentablemente, si bien son medidas efectivas para la contaminación orgánica, no tienen el mismo impacto en los desechos persistentes.

### 5.7.1 Plantas de tratamiento

Para mitigar el impacto causado por la contaminación orgánica el estado promueve la creación de plantas de tratamiento más eficientes. Por ejemplo, a mediados del 2013 empezó la construcción de la planta de “La Chira” (Figura 24) proyectada para el 2015. Su objetivo es dar tratamiento a las aguas servidas de Lima y Callao. Se espera cubrir el 100% de las aguas desechadas por la ciudad (Fuente: Peru21, 25 de junio del 2013) antes de su vertido en el mar de la capital. Desde febrero del 2013 se trata el 75% del total de las aguas servidas gracias a la planta Taboada. Sin ella solo se trataría el 16% de residuos generado por Lima y Callao. Gracias a estas plantas y la capacidad de auto limpieza del mar, la contaminación orgánica se combatirá eficientemente.



FIG.24

### 5.7.2 Campañas de reciclaje

La práctica del reciclaje permite reusar los materiales de difícil reinsertión en el ambiente. No obstante, el reciclaje realizado en el Perú para reducir la contaminación marina es escaso. Además solo existen algunas ONG y empresas que se dedican a su práctica en general. Sin embargo, siendo los residuos persistentes el mayor agente de contaminación en nuestro mar, aún una práctica reducida tiene un alto efecto positivo.

El material usualmente reciclado es el PET, que tiene entre otros usos la fabricación de botellas plásticas. Una ONG que las recicla y además está relacionada directamente con la preservación del mar es L.O.O.P. (Life Out Of Plastic). Este organismo realiza recolecciones de materiales varados en playas que luego reusa para fabricar diversos objetos. En su página web podemos encontrar información de sus eventos y productos: <http://www.lifeoutofplastic.com/> La imagen 25 fue publicada por Peru21 el 22 de noviembre del 2012 y corresponde a una campaña de limpieza realizada por LOOP en Playa Arica, en el kilómetro 36 de la Panamericana Sur. Se aprecian dos imágenes de la misma zona de la playa, antes y después de la recolección de 836 kg de plásticos.



FIG.25

### 5.7.3 Biodegradación acelerada

En la actualidad se están desarrollando plásticos que tienen un menor impacto en el ambiente. Su aplicación se puede apreciar en bolsas de compras en supermercados. Podemos encontrar opiniones justificadas en contra y a favor. Si bien se podría iniciar un extenso debate sobre las propiedades sostenibles del plástico biodegradable, no es el objeto de esta tesis determinar su validez. Lo cierto es sus efectos son invariablemente nocivos los primeros meses, ya que reunir los factores para iniciar su degradación tarda de un mínimo de 6 a 12 meses en condiciones específicas. Esta información puede ser consultada en la página <http://www.symphonyenvironmental.com/d2w/>, empresa dedicada a la fabricación de bolsas oxo-biodegradable y <http://www.epi-global.com>, fabricante usado por la mayoría de supermercados de Latinoamérica, incluyendo a Wong y Metro en el Perú.

Sin buscar desmerecer los esfuerzos por lograr materiales menos nocivos, se debe admitir las condiciones de ventilación, tiempo, iluminación y humedad que las bolsas requieren para iniciar su degradación son muy particulares. Hasta presentarse, estas bolsas (Figura 26) permanecen a la deriva causando daño al ecosistema: pueden atrapar animales pequeños o ser confundidos con alimento e ingeridos por otros animales medianos o grandes como tortugas y delfines, dañando gravemente su sistema digestivo. Según Arturo Alfaro del Grupo Vida, “Se estima que los residuos plásticos provocan la muerte de más de un millón de aves marinas cada año y de 100 mil mamíferos acuáticos que quedan atrapados en las redes de plástico o caen en la tentación de tragárselos” (La República, 6 de abril de 2013). Por ello, al menos por el momento la biodegradación no se presenta como una alternativa viable a la reducción de la contaminación persistente.



FIG.26

#### 5.7.4 Legislaciones

Se han establecido diversas leyes para evitar el arrojado de contaminantes por parte de las embarcaciones. El más importante es el convenio MARPOL establecido en 1973 a nivel internacional para prevenir la contaminación causada por los buques. Este convenio establece diversos aspectos del manejo de desechos en los barcos. A este se le han sumado otras iniciativas. Uno de los más recientes fue promulgado el 1 de mayo del 2011 por los países anejos al mar caribe debido a las alarmantes cifras registradas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Estas indican que pese a las leyes, los cruceros arrojan al mar hasta 70 litros diarios de residuos peligrosos debido a que no cuentan con el equipo para procesar todos sus desechos (<http://www.tierramerica.net/2005/0115/articulo.shtml>). Lamentablemente no se tienen estudios en Perú que indiquen el impacto de las embarcaciones, pero se puede indicar que en el primer semestre del 2012 llegaron más de 20 cruceros de lujo.

Respecto a tierra firme, existen leyes para controlar el arrojado de desechos. No obstante, su puesta en práctica en muchos países no es rígida. En el caso de Perú se tiene diversos organismos del estado que velan por su cumplimiento: la Marina, el IMARPE, Ministerio del Ambiente y el de Salud. Además, por lo menos en Lima y Callao, cada municipio tiene su propia sección encargada del medio ambiente y el manejo de desechos. Si bien esto debería traer cierta eficiencia en su manejo, en realidad causa ambigüedad y que cuando se presentan eventualidades los distintos organismos se laven la mano y atribuyan la responsabilidad los unos a los otros. Este hecho fue mencionado en la editorial del diario El Comercio titulado “Costa de nadie” citando una frase que resume la idea central: “[...] es un ejemplo perfecto a nivel de autoridades, de un bien que, al ser de todos, acaba siendo responsabilidad de nadie.” (El Comercio, 25 de enero de 2014). Para remediarlo, una de las ordenanzas más importantes de las municipalidades de Lima y Callao prohíbe y penaliza el arrojado de desechos cerca al mar (Figura 27). Con ello pretende evitar utilizar a nuestro mar como un botadero más, preservar el ecosistema costero para mantener una imagen limpia y un lugar sano donde los bañistas puedan estar durante el verano.



FIG.27

Sin embargo, en la segunda semana de diciembre del 2013, fue identificado el arrojado de material de construcción por más de 20 camiones en una playa de San Miguel en solo una hora. “La Marina estima que cada día ingresaban a la playa unos 490 camiones [...] esta actividad se efectuaba pese a que la municipalidad de San Miguel sanciona con S/.1850 el vertimiento de basura en la playa”, lo más lamentable es el hecho que parece que miembros de la municipalidad están implicados (El Comercio, 13 de diciembre de 2013). La Figura 28 muestra el desmote arrojado impunemente durante el día. Como se observa, la contaminación marina no puede ser contenida solo con leyes.



FIG.28

## 5.8 Limpieza del mar a nivel internacional

Si bien la recuperación de los vertidos es parte de las actividades realizadas para reducir la contaminación marina, en el Perú no son frecuentes; excepto en las campañas de limpieza de playas que igualmente tiene su origen en el extranjero. Por ello estas recolecciones en tierra son vistas en esta sección junto a las recolecciones en mar de distintas partes del mundo.



### 5.8.1 Limpieza de playas

La limpieza de playas se surge en los años 80 en organismos internacionales como Greenpeace y Ocean Conservancy. Primero a nivel local y gracias a su éxito fue imitado por muchas otras ONG alrededor del mundo. En la actualidad es un tipo de campaña (Figura 29) que se organiza frecuentemente en las costas de nuestro litoral (también se ha realizado limpieza de riveras de ríos). Si bien eventualmente es organizado por organismos del estado como la Marina de Guerra, es mucho más frecuente la participación de ONG. Se debe tomar en cuenta que aunque son campañas de “limpieza”, su principal objetivo es informativo ya que buscan concientizar a la población sobre el grado de contaminación del mar.

Tienen este objetivo pues de otra forma los gastos que generarían lo volverían una actividad impráctica. En la actualidad las campañas más frecuentes son realizadas en periodos de un mes y con miembros voluntarios. La recolección realizada sirve para generar datos que son expuestos a los medios de comunicación y de esta forma alertar a la población. Entre las principales ONG encontramos a VIDA, LOOP y Ecoplayas. Las tres han generado informes independientes durante varios años que han servido además para crear una radiografía de la contaminación marina peruana.



FIG.29

### 5.8.2 Propuestas de la CPPS

La CPPS, Comisión de Protección del Pacífico Sur, es el organismo más importante de protección del mar peruano. Reúne grupos de trabajos con representantes de todos los países colindantes al Pacífico de América del Sur y establecen medidas que puedan aplicarse a en todos los estados participantes. Desde 2006 este organismo trabaja en un plan de protección del medio marino desarrollando diversos informes. Si bien dentro de ellos se ha reforzado muchas leyes de control y manejo de desechos, los aspectos que más llamaron la atención en la investigación de esta tesis incluyen 3 objetivos de proyectos a largo plazo. Como se verá a continuación tienen relación con productos desarrollados o por desarrollar y por ello permitirían la intervención del diseño industrial.

El primero de ellos trata sobre el desarrollo de un sistema de identificación de aparejos. Estos son los instrumentos que se utilizan para la pesca tanto artesanal como industrial. En la actualidad el control del equipo que llevan los barcos es inefectivo o inexistente. Además se ha propuesto un programa de disposición de aparejos desgastados o dañados.

En segundo, se ha mencionado la posibilidad de invertir en sistemas de recolección dentro del mar. Aunque existen modelos específicos de embarcaciones adaptadas para costas y alta mar, sin apoyo del estado el costo en equipo y personal hacen su uso poco rentable. Por ello existen propuestas de equipos robóticos como el concepto Bio-cleaner (Figura 30) desarrollado por el diseñador industrial Hsu Sean <http://www.yankodesign.com/2012/05/21/sea-cleaning-drone/>. En la página web se observa una boya capaz de actuar en derrames de petróleo de forma autónoma. Si bien muchas propuestas son conceptos en distinto grado de desarrollo, muestran el interés de distintas entidades y personas por resolver un problema real.



FIG.30

Finalmente el tercer objetivo es el de incentivar universidades e institutos a investigar y desarrollar sobre aspectos claves la contaminación marina:

- Patrones de desplazamiento de basura marina.
- Identificación de sitios de acumulación de basura en el mar.
- Información sobre basura hundida no identificada.
- Desarrollo de materiales de desecho sostenibles.

### 5.8.3 Barcos de recolección

Si bien la limpieza de playas ha ayudado a definir la situación del mar, se necesita una intervención directa ante la cantidad de basura que permanece estacionaria en diversas zonas. Por ello muchos países promueven la llamada pesca de basura, que consiste en extraer los contaminantes directamente de la superficie del océano para luego ser retribuidos con un aliciente económico. Entre los promotores más importantes tenemos a Alemania, Francia y Dinamarca. Debido a la variedad de ubicaciones para realizar esta actividad, se han desarrollado equipos especializados de acuerdo a la zona.

En las riveras de ríos se utilizan embarcaciones de pequeñas dimensiones que permiten alta maniobrabilidad (Figura 31). Son muy utilizadas en los ríos de América del Norte. Para su labor incluyen aditamentos especiales como brazos y depósitos, que permiten una extracción precisa en zonas pequeñas.



FIG.31

En 1998 Brasil detectó condensaciones de contaminantes cerca a las playas de Rio de Janeiro. Desde entonces ha implementado un servicio de limpieza que consta de pequeñas embarcaciones provistas de palancas para recolectar y acumular los desechos (Figura 32). En 2009 estas naves fueron remodeladas y presentadas por la empresa Renove con el nombre Ecoboat en la Cumbre de Desarrollo Sustentable RIO+20. Estos barcos pueden almacenar hasta tres veces más que su versión anterior, llegando hasta la tonelada y media. El costo de mantenimiento en uso ronda los USD 1,473 mensuales y la fabricación de 3 unidades cuesta alrededor de USD 50,000 puede obtenerse más información en el link: <http://infosurhoy.com/es/articulos/sai/features/society/2012/10/11/feature-02>



FIG.32

Los Ecoboat son efectivos cerca a la costa, pero en alta mar son necesarias embarcaciones de mayor tamaño. Países como Inglaterra, Francia y Dinamarca promueven la recolección de desechos con retribuciones económicas. Para esta “pesca de basura” se utilizan embarcaciones de gran tamaño (Figura 33) con sistemas de arrastre que permiten extraer grandes cantidades de desechos en un solo recorrido. Si bien existe una amplia oferta, los productos investigados son en su mayoría de la marca española Ugarbi <http://www.ugarbi.eu>



FIG.33

#### 5.8.4 Proyectos en desarrollo

En la actualidad vemos dos proyectos destacables entre los vehículos de limpieza en desarrollo. Sin embargo, llama la atención divergencia de opiniones dentro de la comunidad dedicada a este quehacer. Mientras el primer proyecto es apoyado por diversos especialistas, sus avances están en el anonimato. Por su parte, el segundo ha recibido una gran cobertura mediática sin tener sólido sustento científico que respalde su efectividad.

El primero es avalado por La ONG The Ocean Project, que ha organizado exploraciones mar adentro encontrado grandes cantidades de plástico. Por ello busca recolectar los desechos para transformarlos en combustible y de esta forma lograr auto sustento en las embarcaciones de recolección. Se puede encontrar información sobre su motor prototipo (Figura 34) en su página web <http://www.thecleanoceansproject.org/plastictofuel.php>. Este proyecto ha recibido aportes de diversos estudios en varios países creando equipos funcionales y modelos comerciales. La imagen mostrada pertenece a una de las máquinas de la compañía Blest Corporation <http://www.blest.co.jp/seihin-english.html>



FIG.34

Por otro lado, el proyecto Ocean Cleanup propone la creación de una embarcación para la recolección de los desechos flotantes con una red especial de gran dimensión mientras recorre el mar (Figura 35): <http://www.boyanslat.com/plastic/> . Esta idea del estudiante Boyan Slat, pese al apoyo de la prensa y el reconocimiento de funcionarios públicos, pero ha recibido críticas de especialistas en el área de contaminación marina, entre ellos el presidente de la ONG 5 Gyres, quien sostiene que el tamaño y magnitud de la dispersión de contaminantes es tan alta que los costos hacen inviable este proyecto. Además las propiedades de desgaste del océano impiden establecer un equipo permanente de limpieza debido a las posibles fallas en sus componentes tras un uso constante. Finalmente la tecnología de motores por energía undimotriz es aún primitiva y requiere más años de desarrollo. Su ensayo explica de forma precisa los puntos críticos del proyecto: <http://inhabitat.com/the-fallacy-of-cleaning-the-gyres-of-plastic-with-a-floating-ocean-cleanup-array/> .



FIG.35

## 6 Definición del problema

Realizado el estudio del contexto se organizó la información en un árbol de problemas que permite identificar posibles áreas de intervención. Este método es propio del EML y permite tener un panorama completo de la situación actual. Se realizó una mayor aproximación hacia los desechos persistentes por constituir el mayor porcentaje total de contaminantes (70%), además de ser un problema pendiente de solución y con pocos aportes de acción directa. Se debe recordar que los contaminantes persistentes son los que dañan más al ecosistema marino por su tiempo prolongado. Por ello no basta con prevenir desechos futuros, la contaminación ya ha sido causada y es muy probable que se encuentren grandes cantidades de residuos de manera estacionaria en nuestro mar.

En la página siguiente se puede apreciar el mapa o árbol de problemas desde donde se analizó e identificó la problemática de la presente tesis.



Los puntos agrupados en este mapa presentan situaciones ambivalentes como causas y efectos. Estos aspectos son estados de un mismo evento, mientras que el problema vendría a ser el catalizador del cambio entre dos de ellos. Por ello se buscó dos aspectos que determinen el problema objetivo (cuadros resaltados) y luego una característica propia de ambos. Esta característica viene a ser dada por el criterio y el análisis del contexto en su totalidad.

Pasando al plano práctico, dentro de los aspectos considerados en este mapa llamaron la atención los altos costos de limpieza del mar. Al no existir una zona clara de intervención, recorrer todo el mar para su limpieza implica una alta inversión de personal, tiempo y equipos que hace impráctica su aplicación. La dispersión de contaminantes origina áreas de limpieza de gran dimensión, siendo este aspecto el que se considera como el problema que da origen al desarrollo del producto en esta tesis.

## 7 Hipótesis

Si bien las acciones de limpieza son un aspecto donde el diseño industrial puede intervenir mediante el desarrollo de equipos, en el análisis del problema se observó que en la actualidad las zonas que requieren ser limpiadas son demasiado vastas; por lo que se convierten en una actividad inviable económica y tecnológicamente. En cambio, si se logra reducir las áreas de limpieza se pueden realizar proyectos factibles a gran escala. Por ejemplo: si se identifica los patrones de ruta de los desechos y en especial su reagrupamiento en sumideros se podría realizar la limpieza en dichos puntos, evitando lidiar con la dispersión a mar abierto.

Para detectar los patrones de ruta y los sumideros se tiene que realizar un barrido de todo el litoral en diversas ocasiones. Si esto se realizara por agentes humanos se obtendría otra vez un costo muy alto y un ratio de efectividad limitado. Por otro lado, si bien las simulaciones por computadora ya pueden crear modelos a macro y meso escala, sus resultados deben ser comparados con tomas de campo y requieren la constante preparación de datos para suministrar al simulador, por lo que su precisión se puede deteriorar en cientos de kilómetros en pocas semanas. Por si fuera poco, la información sobre la contaminación que se obtenga por este medio solo es aproximada, debido a la cantidad de factores involucrados.

Teniendo en cuenta los puntos mencionados, esta tesis propone diseñar un producto que permita detectar los sumideros temporales de forma autónoma

### 7.1 Descripción del proyecto

Se propone el desarrollo de dispositivos que permitan el rastreo de los sumideros dentro del mar territorial para su posterior limpieza: instrumentos autónomos similares a una sonda que repliquen las condiciones de los contaminantes para registrar y establecer sus rutas en aguas interiores y territoriales. De esta forma se podrá detectar los puntos focales o sumideros temporales para posteriores campañas de información y limpieza de forma económica y precisa.

De lograr la solución planteada, se puede crear modelos a micro escala de la ruta de los contaminantes trazadas por las corrientes que generan los giros. Como estas son originadas por factores que siguen patrones establecidos, con una constante observación se puede determinar frecuencias en su aparición y localización. A partir de estos datos se pueden realizar proyectos de limpieza a un costo menor.

## 7.2 Tipología

Cuando el autor tuvo oportunidad de trabajar en la dirección del Área de Diseño de la empresa JHS se presentó la necesidad de desarrollar una *data warehouse* (base de datos) para organizar el catálogo de productos y sus numerosos planos. Gracias al tiempo invertido en esta investigación se encontró una interesante variedad de herramientas como *Top Down*, *Bottom Up*, *Hybrid Design* o mix de productos; aplicadas por las carreras de Ingeniería de Sistemas (propuestas por Bill Inmon en el caso de las dos primeras herramientas mencionadas) y Marketing (propuestas por Philip Kotler en el caso de las dos últimas). Esta información sumada a los casos de empresas automotrices y de electrónica dio al autor una perspectiva sobre la formación de los grupos de productos clasificados por familias, líneas, series y versiones que fue aplicada efectivamente en la mencionada empresa (Figura 36). Además permitió establecer una relación clara entre los procesos de diseño, rediseño, reconfiguración y adaptación. Sin embargo, el aspecto más importante fue comprobar cómo estos distintos grupos y procesos originan resultados distintos: ya sea formación de tipologías mediante la identificación del problema, productos de competencia si se toman tipologías existentes, obsolescencia si se utiliza un mismo concepto para un producto ya establecido y productos sustitutos si se adaptan objetos ya fabricados.

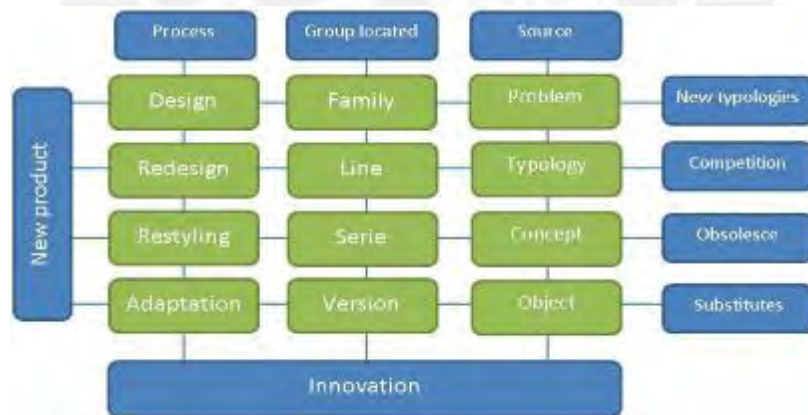


Fig. 36

Al analizar el cuadro se concluye que la tipología es una definición que se le da a un grupo de productos que comparten una forma de solución al problema. Como ejemplo para hacer más comprensible el diagrama anterior, se definirá un grupo de productos de cubiertos (Figura 37). Este es similar al que se origina en una empresa, diferenciándose en que las empresas no consideran productos de la competencia. Pensemos en el término “cubiertos”. El término engloba una serie de tipologías enfocadas en el problema que, sin necesidad de analizarse profundamente, dejan claro que tratan sobre la forma como se suministra la comida desde los platos. Cada una de estas posibles soluciones origina tipologías independientes que se engloban en la familia de productos de los cubiertos. Pueden ser palillos chinos,



una cuchara, un tenedor, un cuchillo, etc. Cada uno de estos productos es una tipología que posee su propia línea de productos en base a diferentes aspectos y generada por distintas empresas. Imaginemos como cada una de estas líneas, dentro y entre empresas, puede poseer sus propias series, así como productos similares pero con conceptos y enfoques diversos por las variaciones en tiempo o autores distintos que le confieren apariencias únicas. Estas son modificadas ligeramente en algunas ocasiones, sumándoles o restándoles alguna característica específica, generando versiones clasificadas. Cabe señalar que todo proyecto que se origine es un nuevo producto, sin importar la ubicación, y el término “modelo” hace referencia al producto específico del que se habla, independientemente de si es una versión o serie (aunque también de manera ambigua puede referirse a líneas e incluso a familias de productos).



Fig. 37

### 7.3 Formulación específica de la propuesta de diseño

Al concebir un equipo para la detección de puntos de coalición de basura flotante se requiere el rastreo del flujo de objetos a la deriva a través de las corrientes marinas. Esto tiene cierta relación con los sistemas de detección de tsunamis y los estudios de las propias corrientes marinas, los cuales se realizan mediante el uso de boyas lagrangianas. El nombre obedece a que estas boyas utilizan el método lagrangiano, que consiste en dejar un objeto a la deriva y rastrear su ruta para obtener datos de la corriente que la empuja. Las boyas lagrangianas, llamadas en inglés *drifters* son usadas frecuentemente por oceanógrafos en todo el mundo, en especial por el programa mundial dirigido por Estados Unidos. Sirven tanto para el estudio de corrientes locales, globales, submarinas y superficiales. Estas boyas se han convertido en una manera eficiente de comprender los procesos marinos en distintas partes del mundo, aunque en las zonas costeras presentan complicaciones por el dimensionado de sus aditamentos llamados anclas de deriva.

La tipología del producto a desarrollar se ubica dentro del grupo de boyas lagrangianas destinadas al rastreo de contaminantes en el mar, un grupo que ha surgido en este milenio con la aparición de modelos destinados al rastreo de derrames de petróleo y seguimiento de redes fantasma en altamar. No obstante, no se ha desarrollado ninguna con el objeto de detectar los sumideros temporales dentro de los mares territoriales. Los modelos mencionados anteriormente han servido ocasionalmente como productos sustitutos por medio de adaptaciones. El siguiente esquema facilita la ubicación del producto dentro de su familia (Figura 38).

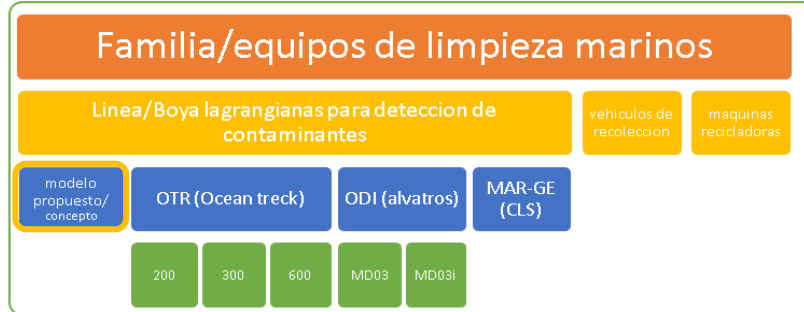


Fig. 38

## 8 Antecedentes

El uso de boyas para realizar estudios oceanográficos se realiza desde los años 70 gracias al avance de la tecnología y al despliegue de satélites enfocados en la transmisión de datos como el TIROS-N. (UNESCO, 1998: 2). Desde fines de 1978 se ha establecido el sistema de satélites ARGO en la mayoría de boyas que se usan para estudios a nivel mundial. Estos equipos pueden ser fijos o móviles, dependiendo de la función que deben desempeñar. También pueden ser fabricadas en masa o en forma particular para un estudio determinado.

A pesar de la variedad de modelos actuales, se puede clasificar a las boyas orientadas a estudios científicos en dos categorías. Boyas meteorológicas y boyas lagrangianas. Si bien ambas poseen componentes muy similares, los objetivos y la forma como recopilan los datos son distintos. Esto hace que su aspecto formal sea diametralmente opuesto. El tipo de estudio también varía, ya sea un equipo meteorológico o uno para mareas tipo undimotriz, por lo cual el tipo de información adquirida es distinta, dándoles formas específicas como se ve en la Figura 39.

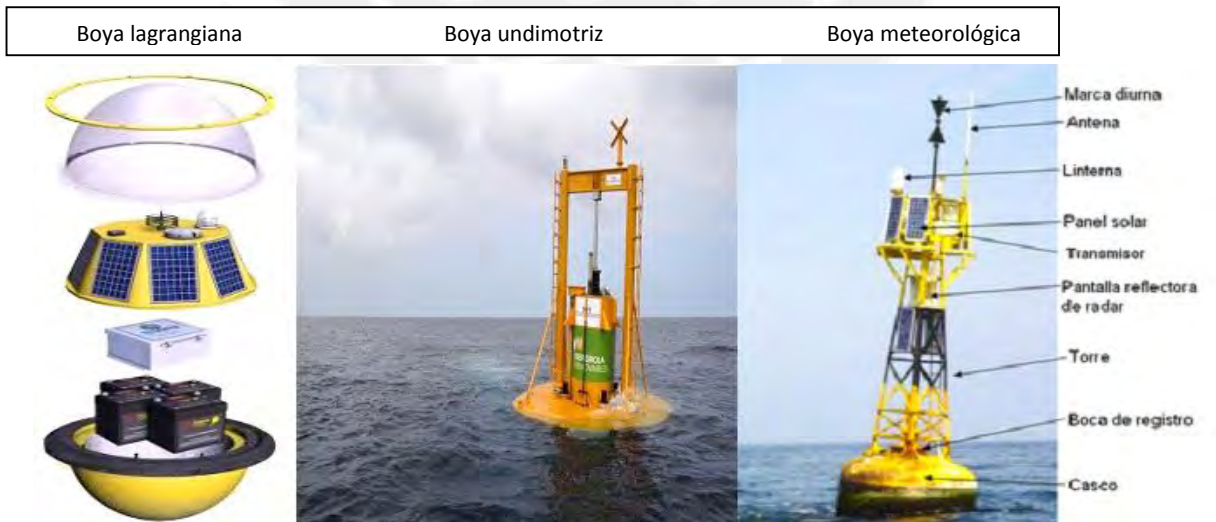


Fig. 39

### 8.1 Boyas meteorológicas

Las boyas meteorológicas (Figura 40) son el tipo más usado en oceanografía. Sirven para el estudio del clima mediante el registro de distintas variables ambientales como presión, temperatura, humedad, etc. Con este fin se usan diversos instrumentos, por lo que usualmente se necesitan boyas de grandes dimensiones. Estas pueden estar fijas a una zona con grandes pesos, dándoles un recorrido con cadenas de gran longitud, o dejarse a la deriva y recogerse frecuentemente. No es común ver modelos adaptados o artesanales, pues hay una gran variedad de empresas que fabrican productos de alta calidad y específicos para cada necesidad. Entre ellas destacan: Polyform, Mobilis y Basf. Cabe señalar que las tres son proveedoras de la marina del Perú.



FIG.40

## 8.2 Boyas lagrangianas

Según los datos sobre estudios lagrangianos de la UNESCO, los primeros estudios fueron realizados por Leonardo da Vinci en el siglo XV. Junto a estos se han encontrado pruebas de estudios chinos y japoneses (Sverdrup, 1942:1087). No obstante, es desde los años 80, tras la 32 Reunión del Comité Ejecutivo de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) que se da un gran impulso al uso de este tipo de boyas (UNESCO, 1988: 4). Desde ese momento diversos organismos han desarrollado sus propios modelos de boyas (Figura 41). Uno de los grupos más activos es la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Ellos han desarrollado un modelo de *drifter* específico para estudios globales y que en la actualidad es aplicado en la mayoría de estos proyectos. Entre las características más notables de este tipo de boyas destaca su bajo peso y reducida dimensión. Esto les permite describir con relativa facilidad los flujos de corrientes marinas para comprobar los modelos numéricos y estudios meteorológicos.

Sin importar su procedencia, la efectividad del funcionamiento de este tipo de boyas fue muy debatida hasta los años 90. Debido a la intrínseca relación entre el viento y las corrientes, se hacía muy difícil discernir los datos que habían sido influenciados por el viento debido a las grandes dimensiones de los sensores usados. Por ello se planteó sumergir completamente las boyas. No obstante, y gracias a la reducción de los componentes, las nuevas dimensiones han hecho que la influencia del viento se haya reducido. Por otro lado, desde 1997 existe un grupo de trabajo creado por el Comité Científico de Investigaciones Oceánicas (SCOR), el Grupo de Trabajo 88 (SCOR WG88). Entre pruebas realizadas para corrientes superficiales está la marcación de zonas del mar con tintes orgánicos. Los modelos de boya que se someten a prueba son arrojados dentro de estas manchas y se hace un seguimiento durante semanas hasta obtener datos que permitan una proyección temporal. Dentro de los resultados obtenidos con boyas amarradas y otros dispositivos se realizó una comparativa, la cual comprobó que la correspondencia entre las corrientes y la ruta seguida por los *drifters* es muy alta, aunque va decreciendo con el pasar de los meses (UNESCO, 1988: 7).

Dentro de los diversos modelos de boyas lagrangianas podemos clasificar tres grupos:

- Comerciales
- Adaptaciones
- Artesanales



FIG.41

### 8.2.1 Anclas de deriva

Un punto general a considerar antes de la revisión de los modelos de boyas existentes en el mercado es el accesorio cuya denominación en inglés, *drogue*, se traduce literalmente como paracaídas; aunque una mejor traducción en este contexto es ancla de deriva.

El ancla de deriva consiste en una extensión sumergida totalmente unida a la estructura flotante. Este instrumento es usado en las embarcaciones para hacer frente al desvío causado por el viento, aprovechando el empuje de las corrientes (recordar las diferencias de dirección, expuestas en la página 25). La efectividad de su uso depende de diversos factores, pues aunque no reduce notablemente el movimiento vertical producto del vaivén de las olas, genera una carga horizontal al enfrentarse al desplazamiento continuo del fluido.

El ancla de deriva es usada con frecuencia en los modelos lagrangianos por minimizar los efectos del viento. Un modelo tradicional es el ancla de capa (Figura 42). Se usa con frecuencia en catamaranes o kayaks y es de dimensiones pequeñas. Está formado por una estructura en forma de cono con entrada y salida. Su funcionamiento consiste en canalizar agua por la parte más ancha y expulsarla por la zona más estrecha generando una tracción en dirección a la corriente. Este efecto es similar al empuje que generan los paracaídas. Sin embargo, si el área flotante (obra muerta) tiene una mayor área de arrastre al viento, se pueden generar errores al rastrear la verdadera dirección de la corriente.

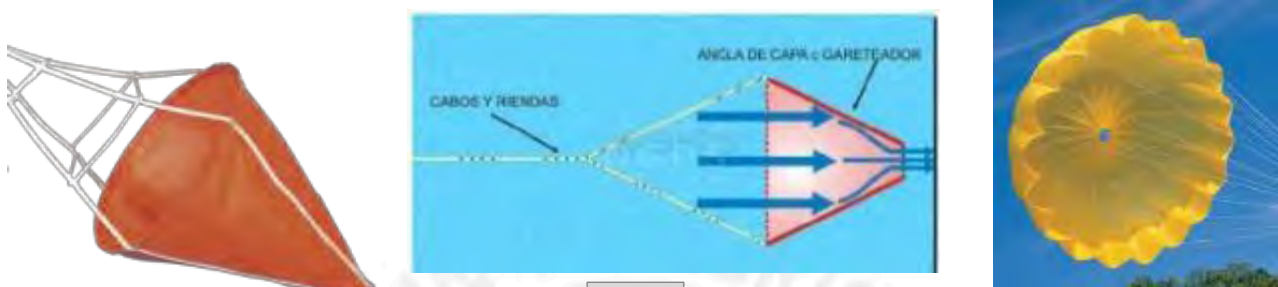
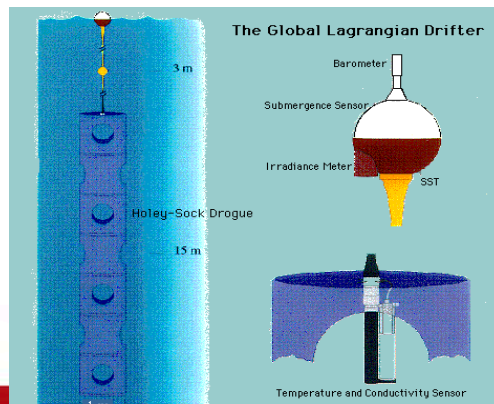


FIG.42

Otro modelo que ha adquirido mucha popularidad es el ancla flotante de forma tubular usado en las boyas lagrangianas de la NOAA. Desarrolladas en 1988 para el Surface Velocity Program del WCRP (World Climate Research Program), no son el modelo más eficiente pero se presentan como una opción notablemente económica (AOML, 2005: 6). Estas anclas tienen un largo total que ronda los 15 metros. Por este motivo, su despliegue requiere de una corriente significativa. De lo contrario se corre el riesgo de que se enrede con su cordaje. Por esta razón se usan de preferencia en profundidades mayores a 30 metros (UNESCO, 1988: 13).

Si bien no son usadas para corrientes superficiales, la profundidad de uso es variable desde los 3 metros hasta los 100 metros. La estructura de estas anclas cuenta con diversos factores que favorecen su efectividad. En primer lugar, están seccionadas en anillos reforzados por discos que aumentan la rigidez estructural, fabricados con fibra de vidrio o ABS dependiendo del fabricante. El tope posee un anillo de poliuretano que le da cierto grado de flotabilidad. Cuentan con un sensor de pérdida, ya que un problema común es la rotura del cable que lo une al flotador antes que cese el funcionamiento de la boya. También, basado en el principio que se aplica para las pelotas de golf, posee agujeros en distintas direcciones para evitar la formación de turbulencias. En general, este modelo apunta a un coeficiente de área de arrastre estándar (aunque son producidas por distintos fabricantes). Gracias a ello el efecto del viento se ve reducido (AOML, 2005: 10). La Figura 43 corresponde a una boya lagrangiana global moderna equipada con esta ancla.

FIG.43



Se han realizado diversos modelos que en teoría tendrían un desempeño mejor al de las anclas actuales, sobre todo para estudios superficiales. Sin embargo el costo de su fabricación es considerado un factor decisivo para su descarte. Dentro de los modelos más logrados se encuentra el modelo Tristar (Figura 44), cuya configuración permite usarse en aguas bajas de 2 metros. No obstante es un modelo poco visto en la práctica.

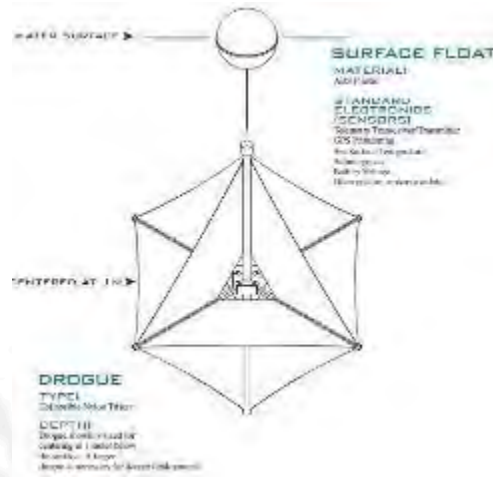


FIG.44

### 8.2.2 Boyas lagrangianas comerciales

Las boyas lagrangianas comerciales son normalmente esféricas (Figura 45), siguiendo la configuración del modelo oficial de la NOAA. Estas boyas dejan el empuje a cargo de las anclas de deriva, mientras que la forma esférica les permite un coeficiente aerodinámico menor frente a vientos de alta intensidad. Cabe señalar que son altamente resistentes a impactos, al punto que en ocasiones son desplegadas por aire desde alturas de hasta 12 metros. Considerando además sus frecuentes controles de calidad y el uso de materiales de alta calidad, resultan altamente confiables. Característica imprescindible, ya que este tipo de boyas no son recogidas frecuentemente y un fallo puede significar la pérdida definitiva del equipo.



FIG.45

Entre los componentes que la componen se suele encontrar:

- Barómetro
- Transmisor satelital o UHF
- Termómetro aire
- Termómetro agua
- Correntómetro
- Velocidad de viento
- Dirección del viento
- Baterías (consumo 2.5mA-530mA)
- Microprocesador
- Anclas flotantes

La Figura 46 muestra la ubicación de los distintos componentes:

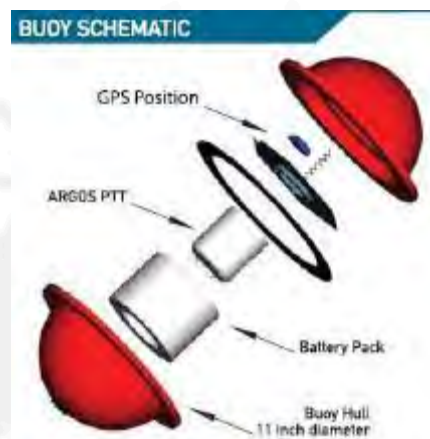


FIG.46

En la actualidad el costo de estos equipos se ha reducido notablemente. En 1990 un equipo normalizado podía llegar a costar USD 13000. En 2002 se podía conseguir un mini derivador por USD 5000. En la actualidad se puede comprar una boya Albatros modelo ODI (Figura 47) con transmisor de radio por USD 900 o si se prefiere con transmisor satelital, por USD 1650. Este modelo es usado tanto para estudios de corrientes como para el seguimiento de vertidos de petróleo. Hasta la fecha es el modelo más económico encontrado dentro de los que se venden listos para su despliegue.

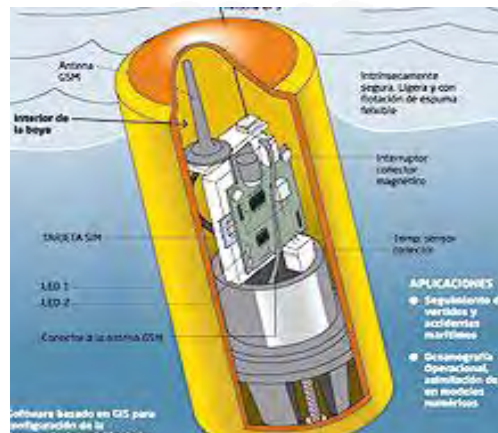


FIG.47

Esta boya presentada en 2012 reemplazó un modelo esférico que, aunque de pequeñas dimensiones, era impráctico para estudios cerca a costas. Por el contrario, la ODI (Ocean Drifter Iridium) fue ideada para realizar estudios en corrientes superficiales en aguas poco profundas. Para ello se redujo el peso y mejoro la aerodinámica en condiciones de viento fuerte. Se bajó el centro de flotación y redujo la zona de arrastre al viento dejando una pequeña cúpula. También se aumentó la zona de contacto con la corriente superficial, con un cuerpo más resistente a impactos gracias a su cubierta en espuma.

Se puede encontrar toda la información detallada además de imágenes de su puesta en uso en la página de la compañía <http://www.albatrosmt.com/>

El desarrollo de modelos con formas no esféricas es reciente (posterior al 2000). La demanda de este tipo de boyas está en ascenso. Esto se debe sobre todo al incremento de estudios en derrames de petróleo. Dentro de las formas que están tomando más popularidad se hallan las cilíndricas, en parte por la eficacia mostrada por los modelos de toma de muestras ARGOS para inmersión profunda. Otra razón de este cambio es que aprovechan mejor el empuje de las corrientes gracias a la inclusión de aspas y canales de mayor tamaño, como la mostrada en el modelo MAR-GE (Figura 48). Este modelo es muy conveniente en el rastreo de derrames petrolíferos y ha sido usado por plantas de extracción de petróleo en altamar alrededor de todo el mundo. Sin embargo en un principio fue pensado para acoplarse en pequeñas embarcaciones pesqueras, por lo que no dispone de instrumentación especial para analizar el entorno (SPC, 2009:9). Esto es un problema, pues el movimiento de los derrames de petróleo no siempre es solidario con el movimiento de las corrientes superficiales (ARPEL, 2010:5). Por dicha razón, modelos recientes incluyen foto sensores que indiquen la presencia cercana del vertido y adviertan si la boya ha perdido rumbo, reduciendo la necesidad de verificaciones aéreas.

Si bien los estudios de este tipo de boyas no están directamente relacionados con la búsqueda de sumideros temporales, es conveniente tomar en cuenta su desarrollo; ya que se usan como producto sustituto para estudiar los desplazamientos de corrientes superficiales. Estas boyas son prueba del creciente interés en equipos para este tipo de estudios e indirectamente han impulsado el desarrollo de modelos específicos de boyas lagrangianas modernas como las presentadas a continuación.



FIG.48



En 2011 la NASA desarrollo tres prototipos para el monitoreo de las riveras de ríos y costas durante el paso de huracanes (Figura 49). El modelo, muy similar a los vistos anteriormente, cuenta con sensores térmicos y barométricos, además de paneles solares que aseguren su autonomía. En el exterior, un “flotador” hecho de poliestireno expandido sirve como protección contra impactos y además su forma cúbica busca obtener una mayor superficie de empuje. A partir del éxito obtenido en su uso, a finales de 2012 se ha planteado su desarrollo en escuelas. Se puede leer el informe del proyecto e imágenes en: <http://www.nasa.gov/centers/stennis/news/newsreleases/2012/CLT-12-106.html#.UuFfNBAo7cd>

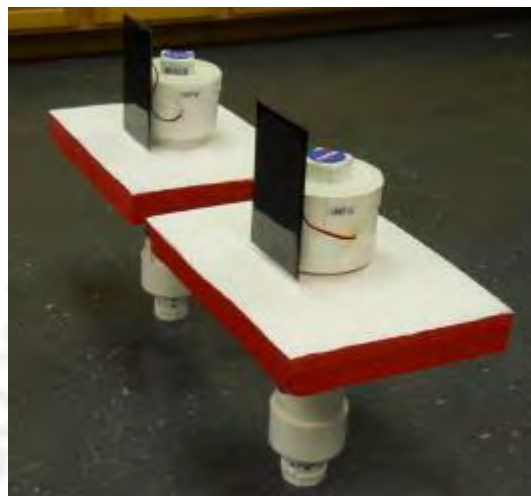


FIG.49

En 2008, la empresa Ocean Trek lanzo el modelo OTR-200 (Figura 50). Esta boya, junto a sus series 300 y 600, usan el sistema satelital Inmarsat de doble vía (recibe y envía información) que les permite ajustarse a las necesidades de distintos tipos de estudio al contar con una variada gama de sensores opcionales. Esta boya ha sido usada por el programa de búsqueda de redes fantasma <http://www.highseasghost.net> patrocinado por la NOAA desde el 2011. Para ello se le adiciona anclas o escombros que simulen las redes de grandes dimensiones y les permitan seguir una ruta más real. Se puede hallar información detallada sobre los tres modelos de boyas en: <http://oceantrekresearch.com>.

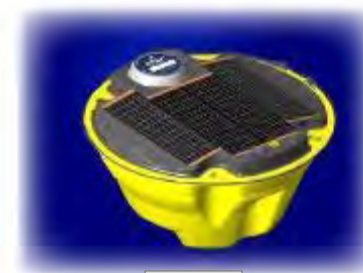


FIG.50

El OTR-200 es similar al modelo desarrollado por la NOAA en 2001 (Figura 51). En ese entonces la agencia decidió desarrollar su propia boya de investigación para corrientes superficiales en aguas poco profundas gracias al apoyo de las instituciones AOML Y RSMAS. El modelo buscó cumplir con objetivos primarios como ser capaz de operar en aguas inferiores a 1m y ser independiente por más de 2 semanas. Ese fue el tiempo estimado para realizar los estudios en la bahía de Florida entre 2002 y 2004.



FIG.51

Si bien no tiene un nombre oficial, se desarrollaron varias decenas de boyas del modelo mostrado en la imagen superior. Su peso, menor de 5 Kg, maneja un equilibrio de forma que si es volcada por las olas, regresa a su posición original. Por otro lado, la zona de contacto al viento es un domo termo-formado por Lexan de 3 mm a 3 cm de la línea de flotación. Esto buscaba reducir el arrastre del viento al mínimo. Sin embargo, durante las primeras pruebas reales, el modelo demostró tener una aerodinámica insuficiente para mantener el rumbo y recibió una gran desviación por el viento, que en términos marinos es llamado “derrota”. Para resolver esto fue necesario adicionar un ancla de deriva de 75 cm (Figura 52). Si se considera la zona inferior de la boya, una cruceta hecha en PVC con 15cm de alto, se estima una altura total 90 cm desplegada, lo que al final compromete su funcionalidad en aguas poco profundas. Se puede encontrar esta y mayor información del modelo y su aplicación cerca a las costas de Florida en [http://www.aoml.noaa.gov/phod/instrument\\_development/swdrifter/index.php](http://www.aoml.noaa.gov/phod/instrument_development/swdrifter/index.php)



FIG.52

En proyectos realizados por agencias internacionales que no contaron con el modelo realizado por la NOAA se ha usado otro tipo de boya superficial que es fabricada por distintas compañías. Este modelo cuenta con la ventaja de tener una estructura de forma similar a la de un ancla de deriva (tipo cruceta). Así realmente se puede aprovechar el impulso de la corriente desde la superficie.

Este modelo es mucho más fácil de desplegar por tierra, mar o aire (Figura 53), que el tradicional usado por la NOAA. Además no cuenta con cordones extensos que pueden trabarse. Además, el uso de una antena de gran dimensión le permite ser sumergido completamente. Sin embargo, su peso y dimensión, superiores a 8 Kg y 1 m respectivamente, se alejan de las características planteadas para los estudios de contaminantes en corrientes superficiales. La imagen inferior corresponde al modelo BP GRI usado en el proyecto italiano de la superficie del Mar Adriático. Se puede encontrar mayor información sobre su uso durante el 2002 en su página web: [http://doga.ogs.trieste.it/doga/sire/dolcevita/database\\_dolcevita/](http://doga.ogs.trieste.it/doga/sire/dolcevita/database_dolcevita/)



Fig. 53

Cabe resaltar que esta boya puede considerarse el producto comercial más cercano a la tipología que se busca realizar. Si bien su objetivo se centró en las corrientes por tiempos cortos y no en la dispersión de la contaminación en un prolongado plazo, su estudio se ubicó dentro del mar de baja profundidad, a diferencia del modelo OTR que es lanzado mar adentro. Por esto se tomó en cuenta los factores formales de una manera más compleja y, al momento de realizarla, se pensó que debía depender únicamente de su forma externa para reducir la influencia del viento y aprovechar el empuje de las corrientes (si bien la eficiencia dinámica de la configuración sumergida es debatible). Debido a que no puede estar atada a escombros o usar anclas de gran tamaño, se aprovechó la conformación de su estructura. A pesar de ello, y como se mencionó en el párrafo anterior, el diseño final no cubre las características necesarias para estudios de contaminantes de la forma planteada en la hipótesis. Del mismo modo que el modelo de la NOAA no cubrió las expectativas y se le tuvo que adicionar un ancla.

### 8.2.3 Boyas lagrangianas adaptadas

Las boyas lagrangianas adaptadas para estudios de corrientes superficiales son populares dentro de la exploración oceanográfica. Debido a que los modelos comerciales tenían un elevado costo hasta hace pocos años, se suele utilizar boyas tradicionales de señalización o pesca y se les añade elementos para convertirlas en equipos lagrangianos. Un elemento esencial es la pantalla o ancla de deriva. Cuando no cuentan con los componentes electrónicos utilizan un elemento marcador como una bandera. En la Figura 54 se muestran los elementos básicos mencionados.

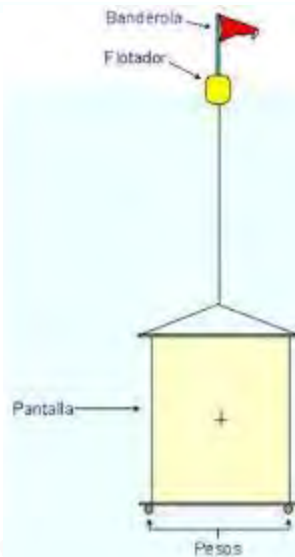


FIG.54

Los flotadores tienen usualmente forma de esferas de color naranja similares a las desarrolladas por la NOAA. Fabricadas por muchas empresas, se venden sueltas y selladas. La Figura 55 corresponde a un estudio realizado cerca de las costas de México: se usó una boya hueca amarrada a un sensor satelital y un ancla de deriva tipo cruceta, frecuentemente usadas en los estudios de corrientes superficiales. Nótese la cinta adhesiva alrededor de la esfera flotante que sujeta el transmisor satelital.



FIG.55

Existen modelos más elaborados que permiten un acople más limpio y cuentan con instrumentos electrónicos esenciales como el transmisor satelital, baterías y/o paneles. Estos pueden unirse a estructuras más grandes que pueden usarse como boyas meteorológicas o ser acoplados a anclas para convertirse en boyas de deriva. Uno de los mejores modelos dentro de este grupo es la MLI (Figura 56) fabricada por Marine Instruments. Esta boya de pequeñas dimensiones se integra muy bien a un ancla tipo aspa para corrientes superficiales.

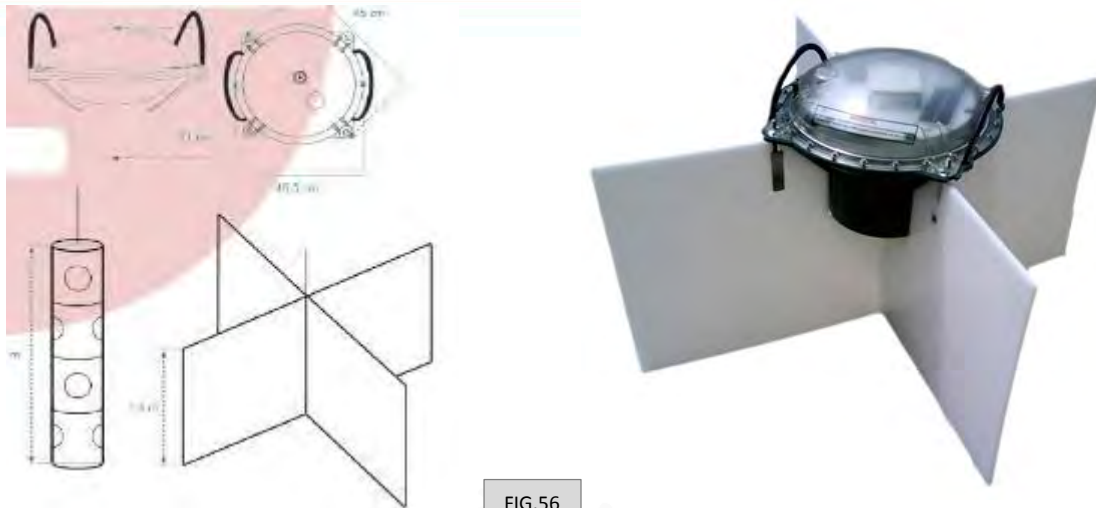


FIG.56

8.2.4 Boyas lagrangianas artesanales

Las boyas artesanales se diferencian de las adaptadas en que no tienen ningún equipo pensado originalmente para ser usado específicamente como una boya o parte de ella. Son hechas en su mayoría por universidades que orientan a oceanógrafos jóvenes a realizar estudios por un corto periodo de tiempo. No es común que estas boyas posean equipos electrónicos, pero en ocasiones se les instala temporalmente.



FIG.57

Las imágenes de la Figura 57 pertenecen a las desarrolladas por estudiantes de Oceanografía de distintas universidades (SMCC y UMASS entre otros), las dos primeras en colaboración con la NOAA durante el periodo 2005 - 2010. La memoria de los trabajos puede encontrarse en la siguiente página web <http://www.nefsc.noaa.gov/epd/ocean/MainPage/lob/driftdesign.html>.

Uno de los aspectos que llamo más la atención dentro de los modelos revisados fue la popularidad del ancla tipo cruceta para estudios superficiales cerca de la costa. Al parecer la configuración de sus aspas permite mantener una posición estable, a diferencia de los modelos amarados. También aprovecha mejor el empuje, como se vio en los modelos comerciales de la NOAA y OTR.

## 9 Justificación de la intervención de diseño

En la actualidad no existen instrumentos especializados para registrar y establecer los patrones de movimiento de la basura flotante y/o en suspensión dentro del mar territorial. Oceanógrafos e ingenieros han tratado de adaptar los datos e instrumentos de hidrografía para realizar esta labor. Sin embargo el éxito es escaso, en parte por una ausencia de comunicación entre ambas áreas. El modelo OTR es impráctico pues requiere acoplarse a desechos de gran dimensión. A su vez, el modelo de la NOAA resultó tener una configuración incapaz de soportar vientos de alta intensidad. El diseño de instrumentos no es una especialidad de los oceanógrafos. Por otro lado, los ingenieros que han participado hasta el momento deciden relegar el diseño a la adaptación de componentes dentro de los modelos existentes. Por ello surge la necesidad de equipos con un diseño nuevo, que permitan estudios de la contaminación marina más precisos y que estén destinados específicamente a esta labor.

La intervención del diseño industrial se hace tangible en el desarrollo de este proyecto al tener en consideración la variedad de factores formales como funcionales dentro de un producto que se halla en un sector industrializado. Esto se define en dos puntos:

En primer lugar, aunque quizás no de manera evidente, la forma del producto está íntimamente relacionada con la realización de la tarea. Sobre todo en los aspectos aero e hidrodinámico del que actualmente las boyas carecen, lo cual les obliga a proveerse de los accesorios conocidos como anclas de deriva. Pero aunque estos accesorios no impliquen un aumento significativo de peso, si los hacen bastante voluminosos e imprácticos para aguas poco profundas y para estudios de contaminación como el que se pretende realizar.

En segundo lugar, el funcionamiento del producto toma en consideración el *know-how* de distintas especialidades además de los requerimientos de usuarios específicos. La complejidad del proyecto hace inviable que pueda ser asumido íntegramente por solo un solo especialista. Por esto es necesario sintetizar los factores de electrónica, materiales y mecánicos (funcionales) con el origen funcional del *streamline*, semánticos y de estructura (formales), entre otros. Todas estas características deben ser definidas en un objeto integrado donde la fiabilidad sea percibida y su usabilidad esté garantizada. La aplicación del diseño industrial permite visualizar la posibilidad de un producto pensado para ser fabricado en serie por empresas, de modo que su participación puede aportar un punto de vista alternativo al de los otros profesionales mediante un modelo conceptual que sirva de referencia.

Como referencia, la aplicación del diseño industrial en equipos con un corte netamente funcional ya ha sido realizada en diversas áreas, yendo más allá del aspecto estético o ergonómico hacia una herramienta estratégica para la innovación y optimización del desempeño de sus funciones. En este grupo podemos encontrar una variedad notable de ejemplos:

- Encontramos proyectos “únicos”, “*one-offs*” realizados para un proyecto en particular, como el del satélite Open Space, proyecto multidisciplinario en el cual Rafael Mayani, diseñador industrial, integró las diversas necesidades técnicas de diversas áreas de ingeniería. Su intervención definió la ubicación y despliegue de distintos componentes, beneficiando tanto su transporte como funcionamiento (Figura 58). Se debe resaltar que la realización de este proyecto le permitió obtener su licenciatura de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://www.behance.net/gallery/OPEN-SPACE/1650190>



FIG.58

- Se hallan productos especializados como los ROVs de exploración submarina realizados por la empresa canadiense de robots autónomos ISE (fig. 59), que menciona la participación de diseñadores industriales como medio de enlace entre los requerimientos de sus clientes con las capacidades de sus ingenieros.

<http://www.ise.bc.ca/aboutus.html>



FIG.59

- También encontramos productos exclusivos como los generadores eólicos Revolution Air, realizados por el famoso diseñador Philip Stark, quien en 2008 realizó un par de modelos para la empresa Pramac tras un desarrollo de dos años (Figura 60). El diseño industrial aplicado se mostró esencial para definir no solo el aspecto formal del objeto, sino también el funcional.

<http://sustentator.com/blog-es/blog/2010/02/12/revolutionair-mini-turbinas-elicas-creadas-por-philippe-starck/>



FIG.60

- En ejemplos más comerciales tenemos los productos realizados por la firma de diseño industrial americana Ideo, la cual es una de las mayores promotoras del *design thinking* desde el año 2000. Su trabajo es interdisciplinario y frecuentemente consideran la usabilidad como un factor esencial en el desarrollo de sus productos. Por ejemplo en la campana de cocina hecha para Fotile (Figura 61) <http://www.ideo.com/work/china-cook-top-and-range-hood/>



FIG.61

- Para terminar, en el Perú actualmente existe colaboración entre diseñadores e ingenieros mecatrónicos de la Universidad Católica para la fabricación de robots como el de la Figura 62. Como menciona el ingeniero y profesor de esta institución Cesar Lucho: “un trabajo interdisciplinario, no solamente entre ingenieros sino también con especialistas de Arte”. Si bien su colaboración es reciente y todavía está en fase de desarrollo, se puede apreciar la intención y utilidad que puede tener la aplicación del *design thinking*: <http://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/como-se-fabrica-un-dron-impresora-3d-veo/>



FIG.62

## 10 Conceptualización

Si bien existen diversas definiciones y procesos para desarrollar el concepto, la etapa de conceptualización varía notablemente entre diseñadores. Cuando no está dado de antemano en el proyecto, el desarrollo del concepto puede ser considerado como una actividad propia y habitual del diseñador industrial más que de otras especialidades. Desde el punto de vista del autor, el concepto es “la razón de ser el producto”, un eje que orienta el desarrollo del proyecto. Esta razón tiene un carácter funcional y se establece en un plano práctico sin dejar de lado el factor estético.

El concepto, desde esta perspectiva, está orientado a definir la utilidad del objeto aprovechando la forma del mismo. Esta visión marca la diferencia con corrientes conceptuales como el funcionalismo y racionalismo, pues no busca subyugar la apariencia a la función o “trabajo” del objeto (Charlotte y Fiel, 2007: 90), una filosofía acuñada en la conocida expresión “la forma sigue a la función” del arquitecto



Louis Sullivan. Por otro lado, al considerar el objetivo de la tarea como verdadera esencia del producto se tienen una gran influencia de la “usabilidad” y su enfoque derivado, el diseño centrado en el usuario planteado por Donald Norman.

Bajo este pensamiento se define el objetivo de la hipótesis y se establece el concepto de esta boya: **detección de sumideros temporales en mares territoriales**. Se busca detectar los giros formados en aguas poco profundas y en lo posible replicar la ruta de la contaminación flotante o en suspensión que se origina en tierra firme.

## 11 Enfoque

El uso de enfoques es un punto controversial dentro de un proceso tradicional de diseño. Podemos encontrar diseñadores famosos que consideran al enfoque como una etapa previa que permite definir el concepto (cfr. Blume, 2008). Por el contrario, otro grupo considera al enfoque como una forma de **interpretar** el concepto, para enriquecerlo y volverlo un aporte personal del diseñador (opinión compartida por quien escribe la presente tesis). Este último punto de vista es común para la mayoría de estudios de diseño (cfr. Taschen, 2001). Al igual que en el concepto, este proceso se considera de carácter personal. Por lo tanto, esencialmente es recomendable juzgar su efectividad en base a los resultados dejando de lado las apreciaciones personales. Por otro lado, no se puede negar que los enfoques son parte del modelo de metodología tradicional del diseño industrial y se pueden encontrar ejemplos de diversas corrientes por distintos autores.

Así, al haberse revisado distintas propuestas brindadas por universidades, diseñadores y estudios de diseño, se encontró una perspectiva similar a la que se desea plantear. Para ello se tuvo en cuenta que la interacción del usuario con el producto a realizar es limitada. Debido a que este no tiene contacto directo con el equipo ni el entorno en el que se va a desenvolver, se pensó ubicar este proyecto dentro del grupo de productos autónomos. Entre los ejemplos de proyectos de este tipo mencionados en la sección de justificación, vemos que el diseño industrial se ha aplicado bajo el enfoque del *design thinking* una corriente que ha cobrado impulso desde finales de la primera década del 2000 apoyada por el Instituto de Diseño de Stanford y el estudio de diseño IDEO.

### 11.1 Design thinking

El aporte nuevo de este enfoque del diseño industrial radica en presentar la participación del diseño en las distintas áreas del desarrollo del producto y no solo en las comerciales. Esto significa que el diseñador va más allá de considerar las distintas etapas de producción al momento de definir el producto o de estar activo solo en una parte determinada del proyecto. Considerando que el diseño no es un área más dentro de la empresa sino una metodología que sirve como puente entre todas ellas, se convierte en el engrane dentro de las diversas áreas de producción. “El *design thinking* se concentra en el proceso de diseño, más que en el producto final e integra conocimientos técnicos del diseño, las ciencias sociales, la empresa y la ingeniería” (Steinbeck, 2011: 28).

Cabe señalar que del mismo modo que se puede intuir una profunda y estrecha relación entre la usabilidad y el diseño centrado en el usuario, se puede presentar una perfecta analogía entre el *design thinking* y la gestión de diseño. Este enfoque no desmerece el diseño como herramienta comercial, pero considera que no solo se crea valor a través de la estética o ergonomía, pues al mejorar el trabajo interdisciplinario se ofrece un mejor resultado al usuario (Ecole de Ponts ParisTech, 2011, pág. 9). En conclusión, el *design thinking* busca integrar al diseño industrial en proyectos, sin importar la producción en masa o su condición comercial. Tim Brown, CEO del estudio Ideo, describió al *design thinking* como “un enfoque que utiliza la sensibilidad del diseñador y sus métodos de resolución de problemas para satisfacer las necesidades de las personas de un modo tecnológicamente factible y comercialmente viable” (Harvard business publishing, 2008: 86).

De esta forma, se pueden hallar ejemplos de este enfoque dentro una amplia variedad de rubros. Desde objetos muy sencillos como los mini tachos Ecobyn (Figura 63), realizados por la empresa Beach Trotters, utilizados en estudios que demuestran que el mayor contaminante arrojado al mar son las colillas de cigarro; hasta proyectos tan complejos como el Nuevo Rover (Figura 64). Este proyecto formará parte de la próxima misión a la Luna en 2020 y se realiza bajo la dirección del área HDC (Habitability Design Center) de la NASA, que desde 2005 ha incorporado a cinco especialistas en diseño industrial, considerando el *design thinking* como herramienta de cooperación. Aunque pueda parecer que no es una cifra alta, se debe considerar que desde su fundación y salvo raras excepciones, como el caso de Raymond loewy, han pasado casi 50 años sin la participación de diseñadores industriales en esta institución. Puede encontrarse mayor información en la página web:

[http://www.core77.com/blog/featured\\_items/designing\\_for\\_space\\_core77\\_visits\\_nasas\\_industrial\\_design\\_team\\_by\\_glen\\_jackson\\_taylor\\_11565.asp](http://www.core77.com/blog/featured_items/designing_for_space_core77_visits_nasas_industrial_design_team_by_glen_jackson_taylor_11565.asp)

Por otro lado, el *design thinking* se ha aplicado a productos con niveles y tipos de interacción con el usuario muy variados. Desde empaques, como el desarrollado para el software Windows 8 (Figura 65), hasta el diseño de servicios como “Keep The Change” del Bank of America (Figura 66). Ambos productos han sido realizados por el estudio de diseño IDEO, uno de sus máximos representantes.



FIG.63



FIG.64



FIG.65

Your Purchase	Item Price	Entered Up To	Transferred to Savings
	\$3.50	\$4.00	\$0.50
	\$5.25	\$6.00	\$0.75
	\$33.39	\$36.00	\$2.61
			<b>Total transferred to savings account = \$3.86</b>

FIG.66

## 11.2 El enfoque en práctica

A diferencia de otros enfoques, el *design thinking* posee una metodología previamente establecida, ya que busca ser accesible para carreras no familiarizadas con el proceso de diseño. Por ello es usado por especialistas de ramas tan diferentes entre sí como administración o ingeniería. En general, todos buscan la innovación mediante el uso de una metodología muy similar al modelo tradicional aplicado por el diseño industrial. Esta incluye cinco etapas. La primera es llamada empatía y busca crear el marco contextual del proyecto. La segunda, llamada “definir”, establece el problema a resolver. Después encontramos la etapa de “idear”, de la que podríamos afirmar que establece la clase de tipología, sea existente o nueva. Durante la penúltima etapa, “prototipado”, se generan modelos físicos y virtuales de la misma forma que en el diseño tradicional. En la última etapa, nombrada *test*, los prototipos se someten a pruebas que permitan asegurar el mejor desempeño posible (Institut of Design at Stanford, 2010). Cada etapa ha ideado métodos propios para desarrollarse en equipo y guardan cierta similitud con los métodos del EML usados en esta tesis.

Debido a que las técnicas del *design thinking* son muy detalladas, en teoría cualquier persona puede aplicarlas. Incluso algunos especialistas como el Ing. Donald Norman afirman que la metodología presentada ya es usada por toda clase de profesionales de forma intuitiva y como parte natural en su labor durante el desarrollo de cualquier proyecto. *Ergo*, la existencia del diseñador se hace innecesaria y es relegada a la estética. Se puede leer su ensayo para la página Core 77 en el siguiente enlace: [http://www.core77.com/blog/columns/design\\_thinking\\_a\\_useful\\_myth\\_16790.asp](http://www.core77.com/blog/columns/design_thinking_a_useful_myth_16790.asp)

En respuesta, el diseñador fundador de IDEO, Bill Moggridge, expone que el enfoque del *design thinking* versa sobre la aplicación del diseño como gestor de un proyecto; no sobre el método. Si se lleva a la práctica por un diseñador (destacando al industrial, gráfico y de experiencias) se puede sacar el máximo provecho al enfoque, pues ha recibido una preparación en la práctica de los métodos a usar. Esta réplica aparece en: [http://www.core77.com/blog/columns/design\\_thinking\\_dear\\_don\\_17042.asp](http://www.core77.com/blog/columns/design_thinking_dear_don_17042.asp).

Volviendo a este proyecto, la aplicación de la filosofía del *design thinking* se observa de forma clara al promover que la metodología del diseño se involucre en un proyecto que requiere de la intervención de distintas especialidades, cada una con distintos objetivos, donde el rol del diseñador orienta y define al producto final. Así, el diseñador trasciende el plano estético, pues su participación se da desde la identificación del problema hasta la definición del funcionamiento del producto durante su uso. De forma análoga al diseño sostenible donde se concibe el producto *from cradle to grave*.

## 12 Sinergia

En la etapa conocida como sinergia se reúne datos desde distintas áreas, para ampliar el conocimiento *de facto* sobre el objeto a realizar. Como su nombre indica, busca la participación conjunta de todas las personas relacionadas con los diferentes aspectos del producto. Por ello, esta etapa es quizás la que más expresa la filosofía del *design thinking* y es indispensable para el desarrollo del *brief*. Para su desarrollo, el autor la divide en tres vertientes de información:

- Usuario
- Entorno
- Objeto

Cada uno de ellos agrupa especialistas de diversa índole que permiten enriquecer la visión del producto: sean los requerimientos de los usuarios, las características del entorno donde se planea ubicar el producto o las funciones que debe realizar. La investigación trató de cubrir la mayor información posible mediante textos, y cuando fue necesario se realizaron reuniones con especialistas que brindaron su indispensable información.

## 12.1 Usuario

Los usuarios objetivos a los que se destina este producto son oceanógrafos interesados en realizar investigaciones sobre la contaminación marina en mares territoriales. Estos profesionales se encuentran en todo el mundo, tanto en organismos públicos como privados. Dentro del país, las dos instituciones más cercanas al modelo de usuario corresponden a las divisiones de oceanografía de la Marina y del Instituto del Mar IMARPE. Aunque se tuvo contacto con algunas ONG que también investigan la contaminación marina, estas no realizan estudios fuera de las playas (a diferencia de sus homólogos internacionales).

El método usado para adquirir información fue realizar entrevistas, conseguidas luego de solicitar reuniones formales en las distintas instituciones. Por procedimiento de los organismos del estado, los temas a tratar fueron entregados junto a cartas para solicitar información a cada institución. El tiempo estimado de espera fue de dos días hasta obtener respuesta positiva y proceder a pactar una fecha. Cabe destacar la voluntariosa colaboración de los distintos representantes y de sus instituciones.

### 12.1.1 IMARPE

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) cuenta con un área de Oceanografía Física, habituada a realizar estudios con boyas científicas. En su página web encontramos la siguiente descripción: “*órgano encargado de realizar las investigaciones de los aspectos físicos y dinámicos del Océano Pacífico frente al Perú, con el fin de conocer sus características y variaciones espacio - temporales en meso, macro y micro escala*”. [http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id\\_seccion=I0108010000000000000000](http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0108010000000000000000)

En la entrevista realizada a finales del mes de julio participaron los ingenieros Luis Pizarro Pereyra, Luis Vásquez Espinosa y Alejandro Enrique Tello. Además de aclarar dudas sobre las corrientes y los giros, se obtuvo puntos a considerar para el desarrollo de la boya:

- El cuerpo de los giros es cónico. Por lo tanto su empuje es mayor a nivel superficial.
- Un peso bajo para simular el movimiento de contaminantes, siendo prescindibles los componentes meteorológicos (termómetros, barómetros, correntómetros, etc).
- Características ajustadas a las usadas por el equipo reglamentado de la NOAA.

- Autonomía de 1 año.
- Dimensiones reducidas de las anclas de deriva, pues los giros son de alturas diversas.
- Alcance mínimo de 100 millas sobre línea de mar.
- Alta autonomía debido al difícil mantenimiento.

### 12.1.2 DHN MARINA

La Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) tiene una División de Oceanografía, con la que se confirmaron los datos de la sección sobre corrientes. La información más relevante brindada por esta institución para el desarrollo del *briefing* se dio en el Área de Señalización, HIDRONAV. Como indica su página web: “*encargada de la instalación y mantenimiento de los equipos de señales visuales y electrónicas, fijos y flotantes*”. Información disponible en <https://www.dhn.mil.pe/index.asp?pag=senalizacion#>

Esta área de la DHN es la que usa boyas con mayor frecuencia. Tanto la División de Oceanografía de la marina como del IMARPE suelen utilizar equipos a distancia y modelos numéricos en mayor proporción que equipos lagrangianos. Por esto, la experiencia de campo dada por el Área de Señalización resulta invaluable. Durante la entrevista a su personal, presidida por el capitán de fragata M. Fernando y apoyada por el técnico A. Martínez, se observó una preferencia por las boyas de metal, en especial de aluminio, debido a su bajo costo y durabilidad. Las fibras, espumas y plásticos son considerados más costosos de producir sin ofrecer ventajas claras. Además se identificaron los siguientes requerimientos, originados por el constante uso de boyas meteorológicas y de señalización:

- Contar con equipo específico para la detección de sumideros que valide el envío de equipos de limpieza.
- Requerimientos ajustados a la normativa internacional de la IALA.
- Uso de GPS de primer orden.
- Autonomía concebida para un tiempo de mantenimiento mínimo de 6 meses.
- Bajo costo.
- Seguridad contra vandalismo y robo.
- Resistencia a impactos contra rocas y barcos.
- Considerar el uso de paneles solares por robo y desgaste.
- Considerar el efecto nocivo de la fauna marina tales como gaviotas, cuyos desechos tiene alto grado de acidez.
- Prevenir el proceso del “incrustamiento” de material marino.
- Facilidad de recojo por aire y tierra.

### 12.1.3 Otros agentes

En la actualidad las ONG no realizan estudios dentro del mar territorial. Esto es comprensible por la alta inversión requerida. Sin embargo, el producto de esta tesis busca reducir estos costos con equipos de larga duración y baja inversión. Por ello se puede considerar dentro de posibles usuarios a estas

instituciones. Durante las investigaciones de sumideros temporales se pudo entablar conversación con el presidente del Grupo VIDA, Arturo Alfaro, quien expresó su apoyo al proyecto y manifestó que su uso puede complementarse con de mapas de presencia de basura marina elaborados en base a las campañas de limpieza.

Por otro lado, tras hacer el estudio del marco contextual se observó la fuerte influencia de la NOAA dentro de proyectos europeos y latinoamericanos como GOOS (Global Ocean Observing System) e ISABP (Programa Internacional de Boyas del Pacífico Sur). Por dicha razón, la mayoría de estos proyectos toma como referencia a los modelos de la NOAA. Estos a su vez adecúan sus parámetros a los emitidos por la IALA (International Association of Lighthouse Authorities), el organismo internacional que rige los parámetros de los equipos de señalización en el mar.

## 12.2 Entorno

Las características estudiadas en el contexto permiten comprender por qué el entorno marino es uno de los más rudos al que se puede someter un objeto. Sea por la interacción de los distintos factores naturales o la intervención del hombre, encontramos 4 eventos que cualquier objeto en el mar debe enfrentar: acidez, oleaje, deriva e incrustamiento. En el caso particular de este proyecto estos eventos toman vital importancia pues el objeto se plantea aislado de personal de asistencia y debe ser autosuficiente durante un prolongado espacio de tiempo. Asimismo, es claro que muchos aspectos de la normativa se originan a causa del medio y son dictados a causa de este. Si bien la normativa puede beneficiar a los usuarios y al funcionamiento, en general surgen y existen por las circunstancias ambientales que rodean al objeto. Por ello se consideran dentro de la sección de entorno.

### 12.2.1 Acidez

El mar posee un alto grado de salinidad y su acidez está en aumento debido a un efecto conocido como “acidificación oceánica” (Nature, 2003: 365). Esto lo convierte en un componente abrasivo y degradador por excelencia. Si añadimos la exposición permanente a los rayos UV y el movimiento constante, el mar es como una gran lavadora que eventualmente puede degradar cualquier material. En el caso de los plásticos y otros materiales persistentes, los reduce a partículas pequeñas. Este proceso es mucho más notorio mar adentro y en especial al centro de los giros globales. Esto se debe a que los objetos primero circulan por las costas un par de años hasta salir de los mares territoriales. Por ejemplo, la botella de la figura 68 fue extraída por la ONG 5 Gyres en su ruta de exploración al parche de basura del pacifico norte. Se estima que cuando esta botella llegue al centro solo será partículas en suspensión: <http://5gyres.org/what-is-the-issue/the-problem/>.



FIG.68

Las empresas del medio aplican distintos protectores al plástico para evitar el mismo efecto en las boyas. Además utilizan pintura con protección UV, con un estimado de duración entre 5 y 10 años. También disponen de un correcto sellado para reducir el desgaste. Para el uso de metales es común la instalación de ánodos de sacrificio (Figura 69), usualmente de zinc u otro metal mucho más blando del que se busca proteger (debido a que se trata de un efecto electroquímico). El ánodo actúa recibiendo todo el deterioro de la oxidación y consumiéndose en vez de la pieza a la que está unida.



FIG.69

### 12.2.2 Oleaje

En el mar, un fuerte oleaje puede sumergir completamente una boya de pequeñas dimensiones. Para volver a flotar requiere de un índice de flotación positivo. Al hacerlo el cuerpo se comporta de acuerdo al principio de Arquímedes: “Todo cuerpo sólido sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba con una fuerza igual al peso del volumen de fluido desalojado”. Esto significa que para asegurar la flotabilidad de la boya, su peso total debe ser inferior al peso en agua del volumen que desplaza hasta la línea de flotación deseada.

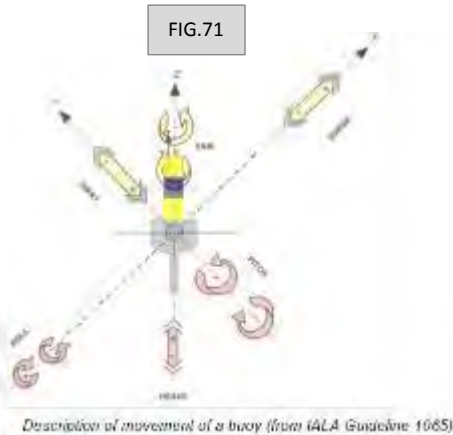
El constante vaivén producido por las mareas también puede causar la escora (inclinación) o incluso el volcamiento de la boya. Para evitarlo, la IALA recomienda que haya un dimensionado mayor en la base que el alto. Además, mientras mayor sea la superficie en la línea de flotación, mayor será la estabilidad. “In a normal cylindrical buoy the greater the diameter of the buoy the more stable it will be” (IALA, 2013: 7).

Desde otro punto de vista, las embarcaciones atraviesan problemas similares en el entorno marino. Una de las soluciones tradicionales es el uso de una quilla horizontal, llamada orza o brazo adrizante. Esta es una extensión vertical de la quilla en forma de aleta que desplaza el punto de gravedad al momento de inclinarse para mantener el equilibrio. Las imágenes de la Figura 70 muestran un cuerpo sin brazo adrizante (izquierda) y otro que sí cuenta con uno (derecha). También se aprecia como el punto de gravedad (G) es desplazado.



FIG.70

Se puede encontrar estudios más detallados sobre otros tipos de movimientos dentro de la bibliografía sobre arquitectura naval. En el caso de las boyas, por la forma sencilla de su base, se puede tratar toda inclinación como si fueran escora, fenómeno vulgarmente conocido como cabeceo. La Figura 71 muestra la denominación de los tipos de movimiento estudiados. El diagrama ilustra utiliza la descomposición de fuerzas y la ubicación de momentos. Para determinar su influencia en el modelo a realizar se contó con el apoyo del Ing. mecánico Jorge Alencastre, docente de la PUCP.



### 12.2.3 Incrustamiento

Con el paso del tiempo, todo objeto sumergido en el mar sufre un efecto conocido como “incrustación” (*fouling* en inglés). Consiste en el crecimiento de material marino creándose un ecosistema similar al de los corales. Mientras más tiempo pase, crecerá de forma exponencial y su remoción será más difícil. En el caso de embarcaciones también incrementa el consumo de combustible al reducir su hidrodinámica. La Figura 72 muestra la típica apariencia de una boya al extraerse después de dos meses.



Este proceso empieza con la aparición de bacterias que fomentan la floración de algas que se pegan a la superficie. Al crecer, estas sirven de alimento a mejillones y otros moluscos, formando un ecosistema que cubre completamente al objeto. Para evitar esto se hace uso de pinturas especiales llamadas patentes, que desprenden tóxicos que matan a las bacterias antes que surjan las algas. La duración de las pinturas puede variar de 1 año a 5 en en las de mejor calidad. La Figura 73 muestra un barco con una capa recién aplicada (azul).





FIG.73

Otro método para evitar el *fouling* es usar equipos de ultrasonido. Estos se ubican en contacto directo con la parte sumergida interna del casco. Desde allí emiten vibraciones mínimas (Figura 74) que, según diferentes estudios, repelen o matan a las bacterias. Por ejemplo, el “Informe biológico sobre dos muestras de agua tratadas con ultrasonido” indica que “...el efecto del proceso de emisión ultrasónica ha destruido células y por tanto clorofila activa y productividad del fitoplancton” (GBS, 2011:3). Si bien se evita la formación de la capa de algas, cortando el proceso de crecimiento, tras revisar diversos foros de marinos que han comprado productos de esta tecnología se concluye la efectividad es solo parcial dependiendo de las dimensiones y forma del barco. Lamentablemente no se tuvo acceso directo a los informes, pues pertenecen a empresas privadas que los mantienen como parte de su know-how. Dentro de la poca información pública se indica que las frecuencias que son usadas varían entre 20 a 60 kHz.



FIG.74

#### 12.2.4 Derrota

El término náutico derrota hace referencia al desvío que sufre una embarcación debido a diversos factores, como vientos y corrientes. Esto ocasiona que los objetos en el mar sean susceptibles a impactos contra rocas, embarcaciones u otros objetos errantes. Para evitar perforaciones que puedan causar el hundimiento, las empresas fabricantes de boyas sellan los espacios con espuma de poliuretano, la cual se puede adaptar a cualquier forma (Figura 75). También es frecuente el uso de plásticos en vez de metales para boyas lagrangianas, pues un metal puede perder su cubierta protectora con un raspado y acelerar su oxidación.

FIG.75



Izquierda: relleno de espuma de poliestireno expandido (EPS)  
Derecha: relleno de espuma de poliuretano de célula cerrada (PUR)

Volviendo al efecto de desviación, la corriente costera peruana tiene vientos alisios con una dirección a favor de entre 40° a 70°, usualmente con una velocidad mayor. Esto hace probable que el objeto a la deriva se desvíe de la ruta marcada por las corrientes. Se espera que esto no ocurra la boya a diseñar. Para garantizarlo se debe considerar los efectos del flujo de la corriente y del viento. A pesar de ser distintos elementos, los principios de la dinámica de fluidos se aplican en ambos. Además, el aspecto formal de la boya deberá realizarse a través del análisis de la resistencia al avance y los factores que lo determinan.

La resistencia al avance está definida como “el componente de la fuerza sobre el obstáculo en dirección y sentido del viento relativo. En obstáculos que se mueven a través del viento (un avión, un coche, un tren, un ciclista, una bola de golf, un balón, [...]) dicha fuerza se opone al avance. En la mayoría de los casos interesa reducirla” (Da Riva, 1971: 111). Existen diversos tipos de resistencia que se pueden generar durante un movimiento; sin embargo, para viento o corriente marina, los dos principales son la de fricción (rozamiento) y la residual (forma o presión).

Sobre la resistencia de fricción se puede decir que “responde al efecto de frotamiento viscoso entre el fluido exterior y la superficie exterior del cuerpo” (Sosa, 2007: 85). Este contacto provoca un efecto denominado “capa límite”, “una delgada zona de fluido cercana a la superficie de los cuerpos en la cual se presentan grandes variaciones de la velocidad y donde se concentran los efectos viscosos.” (Universidad de Oviedo, 2008). Desde inicios del siglo pasado se comprobó que el desprendimiento de esta capa causa una desaceleración continua (Da Riva: 113). Además del grosor, dependiendo del tipo de superficie, la capa límite puede adoptar una forma laminar o turbulenta (Figura 76). Una capa laminar se presenta cuando el flujo es uniforme, ya que el fluido recorre la superficie con partículas alineadas y no se desprende de él. Por el contrario, una capa turbulenta se genera tras la capa laminar por un desprendimiento de la superficie (Figura 77), “lo que ocasiona torbellinos y una mayor resistencia al avance” (Da Riva: 113).

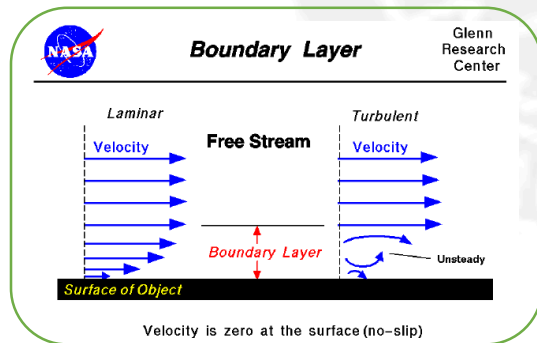


FIG.76

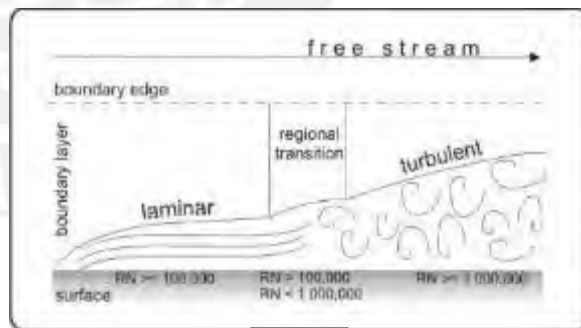


FIG.77

Este desprendimiento se presenta cuando “la capa límite se desacelera (comparativamente más en las láminas próximas a la pared) por el necesario gradiente adverso de presión, al menos cerca del borde de salida” (Da Riva: 113). Una menor capa turbulenta denota mayor presión y se conoce como resistencia residual. En términos simples, es la presión que evita el desprendimiento de la capa límite debido al espacio que ocupa el objeto en el espacio y el desplazamiento de fluido durante la traslación del objeto. Esto es un proceso natural que no se puede evitar, pues “esta conceptuada como una resistencia debida a las formas, a la variación de presión dinámica que actúa sobre el cuerpo...” (Sosa, 2007: 85).

Por lo expuesto, la apariencia del objeto toma vital importancia. De ella depende mantener el tipo de capa límite. Aun considerando que un objeto presente una capa límite laminar al inicio de su superficie, se desprenderá si no se orienta hasta el final de esta, creando una turbulencia que desacelerará el objeto (Figura 78). Así, al tener en cuenta la resistencia residual y su naturaleza, “la perspectiva de conseguir capas laminares son bastante remotas. Es necesario [...] pensar en convivir con la capa límite turbulenta” (Da Riva, 1971: 114). En la figura 79 podemos observar como distintas formas generan diferentes estelas. Mientras más grande sean, mayor será su resistencia al avance.

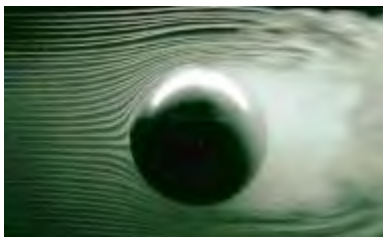


FIG.78

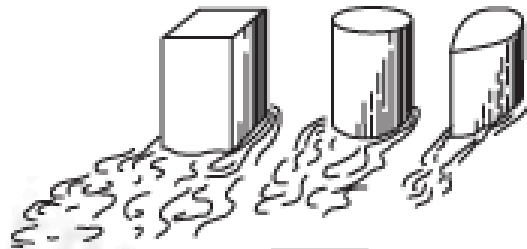


FIG.79

Habiendo visto la relación entre presión y turbulencia, se debe sumar en consideración la velocidad. Esta se rige por el principio de Bernoulli, que establece el equilibrio de un fluido ideal en un ambiente controlado. Las fórmulas de Bernoulli muestran que a menor presión se obtiene mayor velocidad. Sin embargo, esta relación depende de ciertos aspectos que se presentan en casos específicos. Dos de los más usuales son el efecto Venturi (Figura 80) y las capas límite laminares (Figura 81). El primer caso se presenta cuando el fluido está rodeado de paredes que estrechan el conducto de salida. En la capa laminar, el flujo se encuentra entre otro en diferente presión y un objeto sólido. Esta característica también se mantiene al desprenderse de la superficie, pues hasta disolverse interactúa con el flujo libre y la capa límite turbulenta (Figura 81).

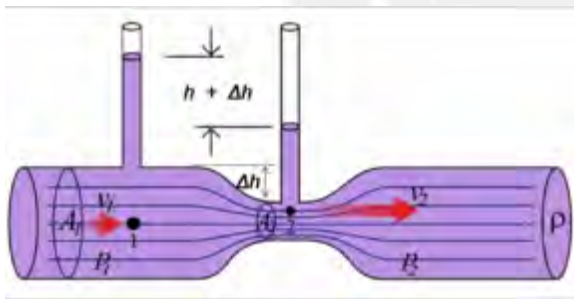


FIG.80

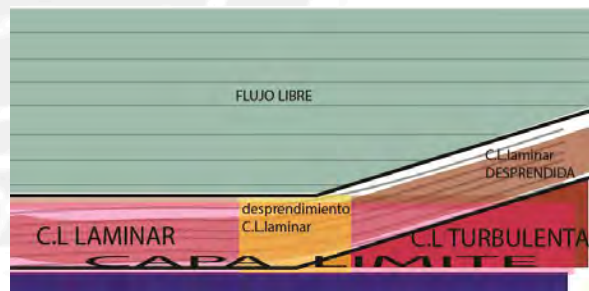


FIG.81

Tras comprender la naturaleza de los principales componentes de la resistencia al avance, se presenta la oportunidad de optimizar la capa límite y con ella el desempeño de la boya en con el aire y el agua. Para ello existen cuatro aspectos que interactúan directamente: Densidad del fluido, velocidad, superficie de arrastre y coeficiente de arrastre. Los dos últimos son características físicas que pertenecen al objeto y por tanto son ajustables. La superficie de arrastre (también llamada superficie frontal en textos de aerodinámica) está relacionada con la dimensión, porque viene a ser el área que proyectada se opone al flujo del fluido (área “s” en la Figura 82). Durante la lectura de la diversa documentación de los antecedentes, se hizo mención constante a la superficie de arrastre en las anclas de deriva, indicando que se buscaba obtener la mayor área posible. “The holey-sock should be [...] computed to provide a drag-area-ratio of 40 or larger” (Data Buoy Co-operation Panel, 2005: 26). Así, a pesar de la diferencias

en las dimensiones de los modelos del ancla tubular hechas por distintos fabricantes, siempre se buscó mantener una misma área. En teoría, mientras más grande sea la superficie de arrastre mayor es su resistencia al avance (Figura 83), ya que esta área detiene el avance del fluido y lo desplaza.



FIG.82



FIG.83

No obstante, pueden presentarse casos donde esta relación no se cumpla debido a la forma del objeto. Esto se debe al coeficiente de arrastre ( $C_x$ ), “un numero adimensional que nos permite conocer el grado de eficiencia de un perfil” (CESVIMAP 59, 2007: 15) En la Figura 84 vemos valores asignados a distintas formas, estandarizados a través de pruebas en túneles de viento. Sin embargo, las variaciones en la superficie de la forma pueden alterar el comportamiento de la capa límite y con ello el coeficiente final (Figura 85).

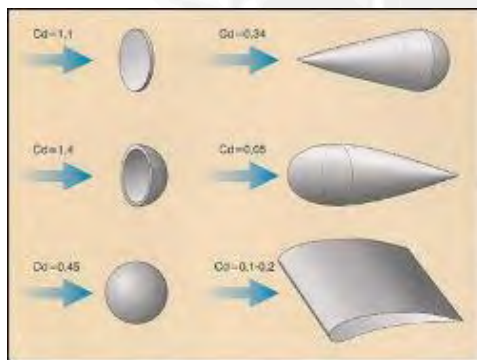


FIG.84

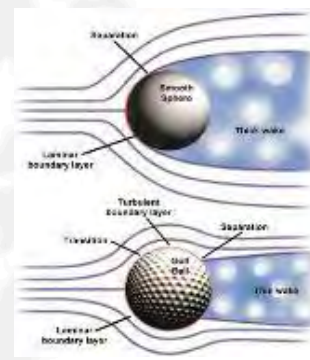


FIG.85

Desde el punto de vista práctico, el diseño de la boya debe ofrecer la menor resistencia al viento para una mínima interferencia en la navegación (arrastre). También debe obtener el mayor impulso de las corrientes ofreciendo la mayor resistencia a estas. Los modelos vistos en los antecedentes son en su mayoría esferas lisas, que reciben una influencia del viento significativa (Figura 86), ya sea para desviar o detener el movimiento solidario a las corrientes. Por ello han surgido los modelos de cruceta, los cuales aprovechan mejor el empuje de corriente, pero tienen la desventaja de presentar una resistencia significativa durante su avance. Por eso no son una opción viable (Figura 87). Durante la etapa de bocetos se tomará en consideración la información obtenida para determinar la forma adecuada.

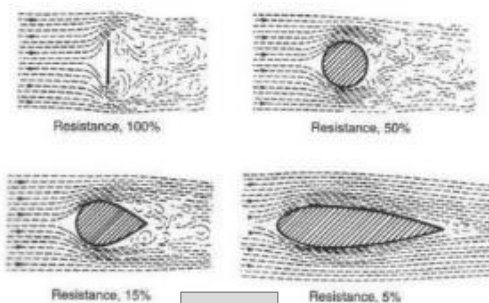


FIG.86



FIG.87

Si bien la información anterior servirá para definir los aspectos formales de la sección superior de la boya, hay ciertas características que deben ser consideradas para la sección sumergida. Estas nacen de un detalle importante: los estudios mencionados son circunstanciales al objeto contra el flujo. Aunque son principios que permiten aumentar o disminuir la resistencia al avance, no son definitivos respecto a las fuerzas que influyen en el movimiento del objeto, llamadas en aerodinámica “sustentación”.

Para entender la sustentación se debe estudiar objetos que utilizan el flujo como impulso. El más claro ejemplo lo representan las velas de las embarcaciones. El comportamiento de estas es bastante complejo. Puede parecer que el empuje directo es el que direcciona el bote, pero muchas veces una correcta manipulación de la vela permite que la embarcación vaya contra el viento. En estos casos, si se hace un análisis de la capa límite en la cara en dirección al flujo del viento (extradós o sotavento), se observa que al tener menor superficie de arrastre la presión es menor y se genera turbulencia (Figura 88). Las diferencias de presiones alrededor de la vela causan una fuerza de succión que desplaza al objeto (Figura 89).

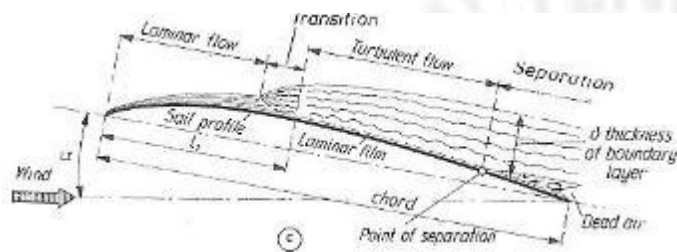


FIG.88

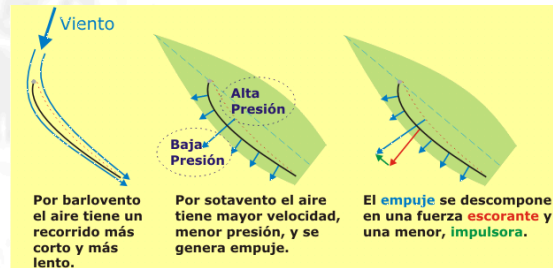


FIG.89

Si bien en teoría esto basta para explicar el funcionamiento de la vela, en realidad esta fuerza es secundaria. “The shape of the wing affects the efficiency and stall characteristics of the wing but not the lift” (Anderson, 2009: 2). El verdadero origen de la sustentación es el ángulo de ataque y la velocidad del fluido (independientemente de la forma). Aun con una capa turbulenta, el primero determina la dirección del desvío del flujo de aire, mientras el segundo determina la cantidad de aire desplazada (Figura 90). En este proceso se forma una corriente ascendente (*upwash*) y una descendente (*downwash*), llamadas “circulación de velocidad” en términos de navegación. Esta se origina por el desplazamiento de la turbulencia fuera de la superficie del objeto, actuando como un “engranaje” a una circulación mayor y remarcando la diferencia de presiones (Figura 91).



Figure 5. True airflow over a wing with lift showing upwash and downwash.

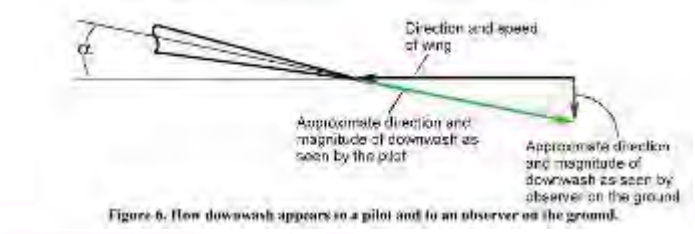
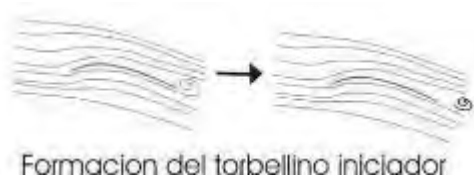


Figure 6. How downwash appears to a pilot and to an observer on the ground.

FIG.90



Formación del torbellino iniciador



Engranajes Imaginarios  
 El pequeño representa al torbellino iniciador el cual abasteció al grande que representa la circulación

FIG.91

En conclusión, las nociones de arrastre serán útiles para la sección superior; pero en la sección inferior también debe considerarse el efecto de desviación que se puede experimentar si no se controla la forma. La Figura 92 muestra el proceso de “la circulación de velocidad” para un velero. Como se puede observar, el flujo cambia antes de tocar la vela (Figura 92 - 2b), como si esta predijese su corte. Este evento es causado por el círculo de presión mostrado en la Figura 92- 2d. Cabe señalar que este evento refuerza la dirección originada por la succión de la que se habló previamente. Así, un análisis de las capas límite puede predecir con bastante precisión la dirección que tomará el objeto.

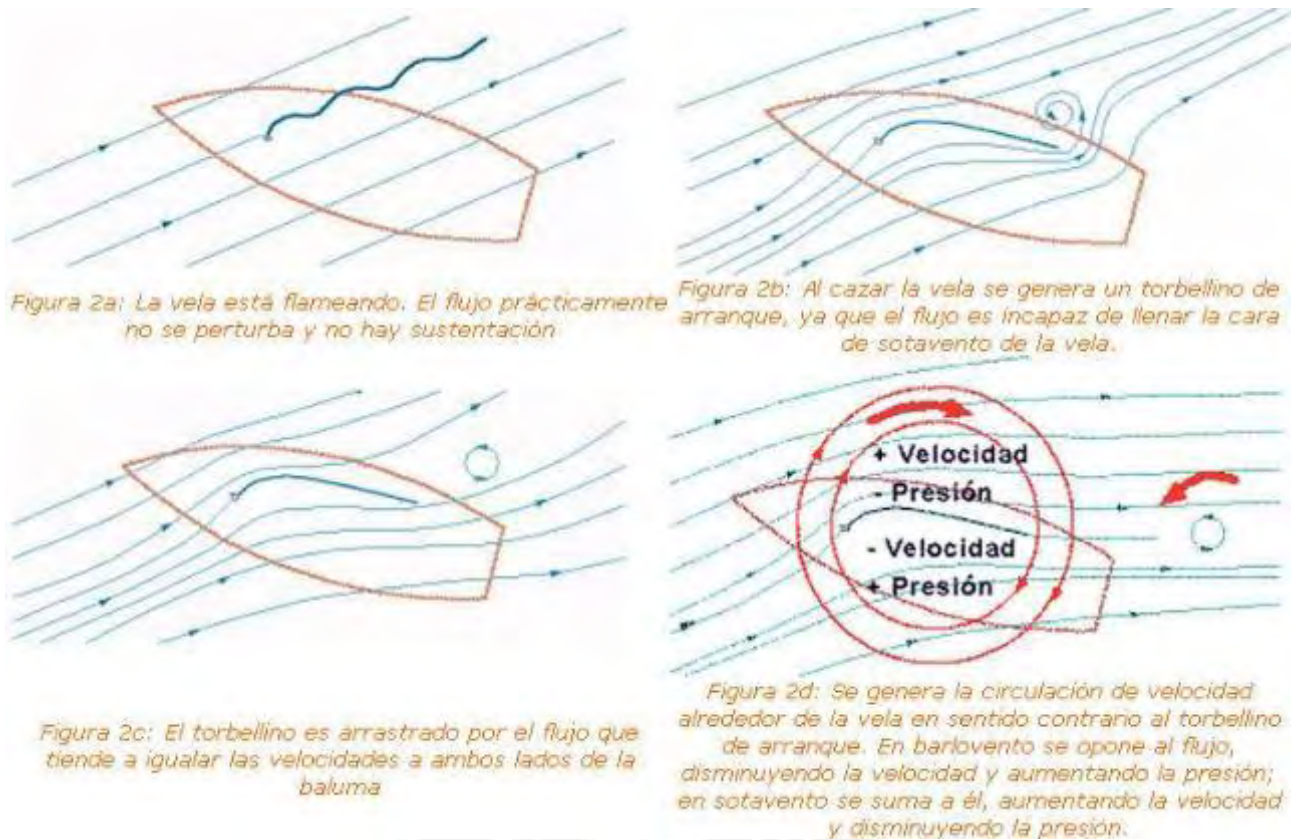


FIG 92

### 12.2.5 Reglamento de Señalización IALA / AISM

La Asociación Internacional de Señalización Marítima fue establecida en 1957, buscando reunir a las autoridades, fabricantes e investigadores de los diversos equipos de señalización del mundo. Su objetivo es establecer estándares que sirvan a la navegación internacional. Si bien no son leyes, han establecido requerimientos que la mayoría de los países ha introducido dentro de sus propias normas sin mayor variación. Un ejemplo claro a nivel local está en el Reglamento de Señalización peruano. Revisándolo exhaustivamente se puede encontrar que es casi idéntico a los diversos documentos suministrados por este organismo internacional. Por otro lado a nivel internacional se nota su influencia en los requerimientos de la NOAA.

Tras registrarse en la página del organismo (<http://www.iala-aism.org/>) se puede solicitar una copia gratuita de los diversos documentos, la mayoría reeditados en el 2008. De ellos, se ha extraído las siguientes directrices:

-Sobre control remoto y monitoreo (cabe señalar que se trata sobre boyas meteorológicas)

- Aviso de problemas y su estado.
- Reducir el tiempo de inactividad.
- Se permite cualquier forma de comunicación, la satelital no tiene restricción.
- Se solicita una fácil lectura de información recibida.
- La autonomía debe ser informada en watts-hora/días.
- Permitir el reseteo del equipo a distancia.

- Sobre los componentes electrónicos

- Evitar controles expuestos.
- La placa debe tener un grupo de leds que indiquen el funcionamiento de las distintas etapas del circuito.
- No se obliga pero se recomienda el almacenamiento electrónico de estado sólido.
- El acceso a los integrados debe estar protegido.
- Las boyas de plástico pueden almacenar estática y dañar el equipo, por lo que requieren un elemento metálico para hacer tierra.

-Sobre el exterior

- Una coloración efectiva puede durar hasta 15 años, pero se reduce hasta 5 años por efecto de la radiación UV si va estar permanentemente expuesta.
- Durante su vida de trabajo, la boya debe soportar las malas hierbas, raspaduras y agua a alta presión.

-Consideraciones medioambientales

- Evitar el uso de componentes descartables y mejorar el tiempo de vida.
- Cambiar las baterías primarias por generadores ecológicos como paneles solares o eólicos.
- Facilitar la limpieza para el uso de menos elementos solventes.
- Usar colorantes con resistencia a la radiación UV.

-Seguridad

- Siempre dividir los compartimientos de baterías.
- El compartimiento de baterías debería estar ventilado o permitir su fácil ventilación.
- Sensor de sobrecarga de batería.
- Informar constantemente el nivel de carga de batería.
- Evitar el movimiento de los componentes en caso de volcadura.

-Materiales recomendados

- Acero.
- Polietileno de alta intensidad.

- Fibra de vidrio (GRP).
- Poliuretano.
- Foam.

### 12.2.6 Reglamento de señalización de la República del Perú

Emitido en 1985 y reimpresso en el 2004. Como se mencionó antes, la normativa Peruana HIDRONA-38 toma como modelo las guías dadas por la IALA. Aunque las características técnicas antes mencionadas se describen superficialmente, existen otros puntos que están claramente especificados para boyas con funciones especiales, tales como meteorológicas y oceanográficas.

- La coloración oficial es amarilla.
- El color negro se puede usar para segmentos siempre q no se confunda con una señal cardinal.
- Su señal luminosa es amarilla y debe tener un alcance mínimo de 3 millas (atm 0.4, normado).
- El ritmo puede ser cualquiera que no se confunda con los otros tipos solicitados a la DHN.
- El texto, si lo tiene, debe ser en color negro. La letra de referencia de estas boyas es la “O”
- La marca tope es una “x” de color amarillo (sus medidas dependen de la variedad de boya)

Existen 2 modelos de boya especiales de acuerdo a su tipo de base. Si tienen una base flotante en forma circular, son clase A. Todas las demás formas de base pertenecen a la clase B (HIDRONA -38, 2004: 22-33). En la Figura 93 se pueden apreciar las medidas y formas de acuerdo a la clase.

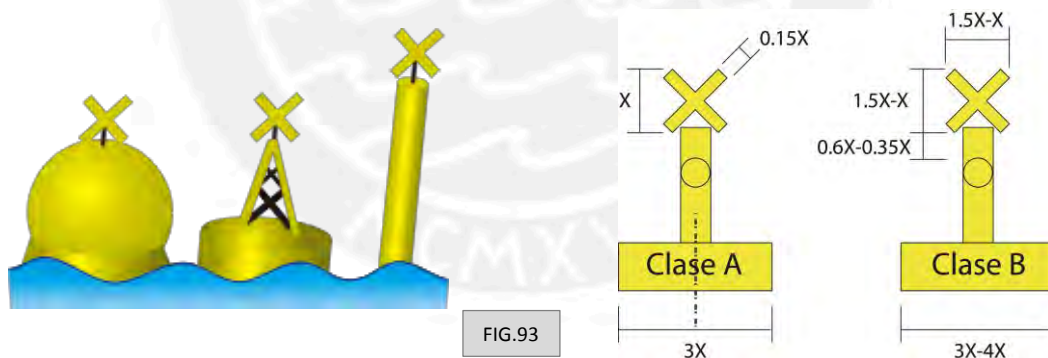


FIG.93

### 12.3 Objeto

Los aspectos a considerar establecidos por el objeto son los medios a través de los cuales se logra la función (solución) para la que se concibió el producto. Por eso se definen en base a su tipología.

En el caso de una boya lagrangiana para el rastreo de contaminantes en aguas superficiales se elaboró un listado mínimo de características necesarias, las cuales fueron determinadas mediante el análisis del funcionamiento y uso de los antecedentes. Así, se determina la configuración del objeto y se marca la diferencia respecto a otros productos.



Dentro de las funciones que se deben realizar se consideran:

- Detección de contaminación.
- Aviso de boya encallada o siniestrada.
- Autonomía eléctrica.
- Señalización luminosa y reflexión de sonar.
- Rastreo en tiempo real.
- Registro de los recorridos realizados.

Para desarrollar estos aspectos se investigó la tecnología disponible y se contó con el apoyo de ingenieros que prestaron parte de su tiempo para reunirse y seleccionar las alternativas más viables. Entre los especialistas consultados se debe mencionar en forma particular:

- Renzo Aguilar, magister en ingeniería electrónica, y el principal asesor práctico de esta tesis.
- Omar Salomé, ingeniero electrónico, profesor de telecomunicaciones en la PUCP y corrector de estilo.

La participación de los ingenieros fue fundamental para esclarecer diversas incógnitas y definir ciertas características técnicas. Aunque se pensó buscar asesoría en aspectos de software y dinámica de fluidos, se encontró bibliografía abundante sobre los temas específicos requeridos para esta tesis. Además, las dudas puntuales sobre el uso del software fueron resueltas con ayuda de la especialidad de electrónica, que cubre parcialmente esta área; mientras las dudas prácticas acerca de dinámica de fluidos fueron resueltas mediante simuladores físicos y virtuales.

### 12.3.1 Detección de contaminación

Como los sentidos en los humanos, los sensores de un objeto autónomo permiten analizar su medio. Por ello, la lista inicial de sensores incluyó una gran variedad del tipo oceanográfico. Sin embargo, estos aumentan considerablemente el precio, peso y consumo eléctrico del producto final. Al recibir la asesoría del ingeniero Aguilar, se concluyó que no aportan directamente a la búsqueda de sumideros y al contrario aumentan el consumo energético, por lo que se les retiró del listado. Desde aquel momento los únicos sensores considerados fueron aquellos que facilitan la tarea planteada o refuerzan la seguridad del producto.

Los sensores principales deben detectar la presencia de contaminantes cercanos. De ser posible, también su cantidad y tipo. Al estar impulsados por las corrientes, es normal que en su recorrido se encuentren con desechos flotantes o en suspensión. En este sentido, el producto debe tener la capacidad de discernir entre un objeto solidario a su ruta y una zona de concentración de desechos. Esto permitirá realizar un estudio preciso y tener la certeza para enfocar programas de limpieza en puntos clave.

Para realizar esta identificación se buscó tecnología existente, considerando como primer paso la capacidad de detectar la presencia de otros objetos. Estos componentes electrónicos se clasifican en tres tipos: inductivos, capacitivos y ópticos. Lamentablemente los dos primeros, aunque tienen la capacidad para diferenciar los componentes químicos, poseen un alcance muy limitado (un máximo de

10 cm) y un alto costo (superiores a USD 80 cada uno). Por ello que se decidió usar un sensor óptico, tal como una cámara, y enviar las imágenes por medio del transmisor para ser analizadas en tierra. Así se puede obtener un filtrado de alta calidad sin necesidad de un sistema costoso.

### 12.3.2 Aviso de boya encallada o siniestrada

La boya depende de un sensor capacitivo para indicar si ha sido retirada del mar o se encuentra varada en una playa. Este sensor desprende un arco eléctrico de determinada longitud que reacciona de distinta forma ante distintos tipos de material y además puede estar cubierto. Con una adecuada calibración permite discernir si se encuentra sumergido o si fue retirado del agua. Así se puede tomar acciones oportunas para evitar su vandalismo hasta que la persona que la extrajo llegue a tierra. Existe diversidad de modelos sueltos de este componente y también vienen incluidos en diversos productos.

Basándonos en los datos de ingenieros electrónicos incluidos en el informe “Boya para una red de sensores oceanográfica” de la Universidad Politécnica de Cartagena (DSIE, 2010), este sensor y los demás componentes electrónicos requerirán de un circuito integrado que controle su funcionamiento. En la Figura 94 se muestran los dos grupos electrónicos utilizados para controlar y almacenar la información de dos sensores oceanográficos sumergidos y uno de temperatura. También se muestra la boya sobre la que se realizó el informe mencionado (Figura 95).



FIG.94

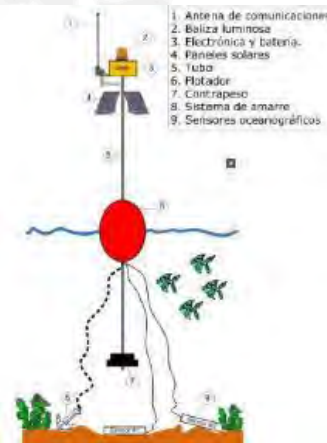


FIG.95

### 12.3.3 Autonomía eléctrica

Las boya lagrangianas necesitan un generador que suministre energía constante y que esta pueda ser almacenada. Si bien algunos modelos (incluidas las boyas de señalización de la marina) utilizan baterías descartables, su uso no es recomendable ya que su tamaño y peso son considerables, su impacto ecológico es alto por ser desechables y su remplazo requiere el desensamble del equipo. Además no se puede soslayar las eventualidades que retrasarían el cambio de batería y que en el peor de los casos ocasionaría la pérdida definitiva del equipo. Por ello que se busca alternativas que permitan la independencia durante un tiempo prolongado.

Dentro de estas opciones, el método más reciente y prometedor es el generador por energía undimotriz (energía causada por el movimiento ondulatorio del mar). La investigación sobre esta tecnología llevo a la lectura de la tesis sobre el “Sistema de monitorización y supervisión de una boya para generación de energía undimotriz” del ingeniero electrónico Martin Cataño para la Universidad Politécnica de Cataluña. Esta tesis presenta una visión muy completa de la participación de la electrónica en el desarrollo de una boya climatológica. Aunque el mecanismo para obtener la energía no está muy detallado, se ha de suponer que es el modelo que se usa es similar al de los vistos en el informe titulado “Diseño eléctrico de una boya para energía olamotriz” realizado por la ingeniera Sara Hoya Arijá para la Universidad Carlos III de Madrid en conjunto con la Chalmers University of Technology de Suiza. El documento incluye un conjunto de antecedentes que se caracterizan por, al igual que el modelo de Cataluña, requerir del amarre de la boya al zócalo marino (Figura 96).

Si bien se puede lograr su aplicación en objetos móviles, esta tecnología muestra su real eficiencia en boyas fijas (al igual que la eólica). La investigación descrita en los textos mencionados llevó a concluir que se requiere un desarrollo profundo de esta tecnología, aún no disponible actualmente. Concretarla demandaría un tiempo extra con el que no se cuenta. Además, el objetivo de esta tesis no es el desarrollo de nuevos sistemas energéticos, sino presentar un producto de fabricación sea viable. Por esta razón se prefiere optar por la tecnología de paneles solares, que ya está madura y es usada frecuentemente en este tipo de proyectos.

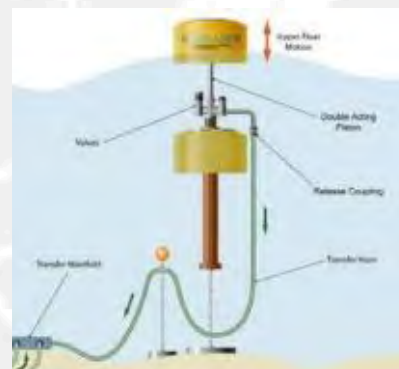


FIG.96

### 12.3.4 Recuperación y señalización

Durante su estancia el mar, las boyas deben ser detectadas a una distancia prudente que evite la colisión con embarcaciones y facilite su recuperación. Dentro de los documentos de la IALA se sugiere el uso de reflectores de radar (Figura 97) y señales luminosas. Los primeros consisten en planchas metálicas de pequeña dimensión que ofrecen una superficie de reflexión plana en embarcaciones de formas curvas. Los segundos deben estar garantizados en condiciones de baja visibilidad.



FIG.97

Para este tipo de funcionamiento la potencia específica de la luminaria es similar al del equipo de salvataje en los chalecos salvavidas. Estos disponen de una señal luminosa permanente que, dependiendo del modelo, cumple con diversas certificaciones internacionales. La más importante es la SOLAS (Safety of Life at Sea), que incluye la normativa LSA (Life Saving Appliances Code, IMO, Sección 2), que cubre con holgura los requisitos de iluminación para las boyas a nivel nacional y por la IALA. Por ello no es necesario realizar pruebas y basta con adquirir un producto que cumpla con cualquiera de estas certificaciones. Puede encontrarse mayor información en los informes de la International Maritime Organization: <http://www.imo.org/Pages/home.aspx>.

### 12.3.5 Rastreo en el mar

El punto básico en el funcionamiento del equipo es el seguimiento a distancia de la boya. Para esto se requiere un transmisor que envíe la ubicación registrada por un GPS. Dentro de las opciones usadas por estudios lagrangianos se encuentran los sistemas de radio y satélite. El sistema VHF (radio) fue muy popular durante los años 90 pero necesita un equipo voluminoso y un aparato de recepción especial en tierra (ESEOO, 2007). Su alcance es de varios cientos de kilómetros pero eventualmente fueron desplazados por los marcadores satelitales, que son más económicos en fabricación e incluso se venden productos listos para su uso. Estos son usados para estudios biológicos como, por ejemplo, la migración de tortugas del caribe. El único inconveniente es el costo por el envío de señal, como si fueran mensajes de texto por tele operadoras mundiales. Dentro de las empresas más reconocidas encontramos IRIDIUM, GLOBALSTAR e INMARSAT. Todas ofrecen planes relativamente económicos (empiezan desde USD 20 mensuales) de acuerdo a la frecuencia y peso de la información enviada. También cuentan con un servicio de GPS de primer orden capaz de indicar la posición exacta, a diferencia de un GPS tradicional cuyo rango de precisión varía de 1 a 10m.

Dentro de las páginas de las distintas empresas, GLOBALSTAR posee el catálogo más variado de transmisores en distintas etapas de fabricación. Sus modelos SMARTONE y STX-2 llaman la atención por su fácil puesta a punto. Sin embargo, el representante de la firma en Latinoamérica indicó que el modelo STX-2 requiere de una homologación, otorgada por un inspector después de la instalación en el equipo donde se desee usar. Al no requerir esta aprobación, el modelo SMARTONE se presenta como una alternativa mucho más viable y se planteó su uso en el proyecto. Además, su cobertura tipo SIMPLEX (solo envío de datos) cubre toda la zona marítima que se plantea estudiar. La Figura 98 fue proporcionada por la empresa en el 2012 y muestra las áreas donde la transmisión es factible.

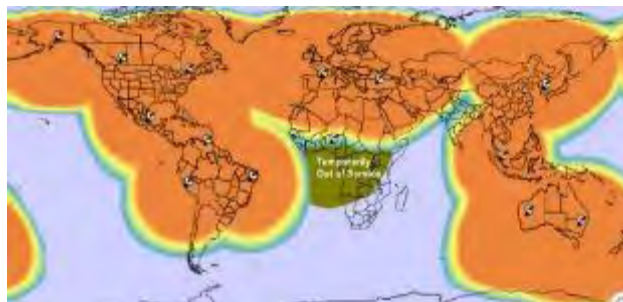


FIG.98

### 12.3.6 Registro de ruta

Los productos GLOBALSTAR poseen su propio software de rastreo, pero no incluye la visualización de información aparte de las coordenadas ni un registro detallado de la ruta. Por otro lado, hacen uso del API (interfaz de programación) de Google Maps de manera bastante simple. Dentro de los aspectos a mejorar se consideran:

- Almacenamiento de rutas
- Disponibilidad para dispositivos móviles
- Fácil lectura de información recibida
- Comparación de rutas seguidas
- Visualización y organización de imágenes tomadas

Al igual que el control electrónico, el desarrollo del software no está considerado dentro de esta tesis. La realización de estos componentes no se encuentra dentro de las especialidades del autor. Aun si se intentaran realizar, probablemente no estarían tan bien logrados como si fueran desarrollados por personal calificado dentro de las áreas que les corresponden. No obstante, al comprender su actividad es posible sugerir aspectos que puedan mejorar su funcionamiento, desempeño o fabricación; tal como lo indica la filosofía del *design thinking*. Así, aunque no corresponda al diseñador concretar estos componentes, su participación puede enriquecer su desarrollo presentando características que lo orienten.

Cabe mencionar que el proceso tradicional para la realización de software tiene una historia similar al del diseño industrial. Se ha encontrado referencia en distintos sitios web sobre su origen entre los años 50 o 60, pero la información validada por fuentes literarias (Zulma Cataldi, 2000: pág. 23) nos habla de la Metodología Cascada (Figura 99) surgida en los 70. En este método, y en general para la Ingeniería de Sistemas, el diseño se concibe como: "El proceso de definición de la arquitectura, componentes, interfaces y otras características de un sistema o componente que resulta de este proceso (IEEE, 1990:25). La codificación o programación se da en la etapa de implementación. Cuestión curiosa, ya que se puede afirmar que se ha diseñado un software sin llegar a concretar el código.

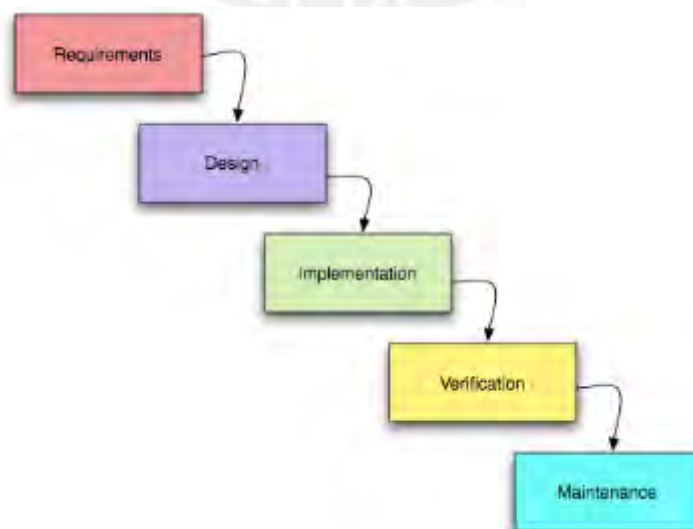


FIG.99

## 13 Briefing

Se considera el *brief* como una síntesis de los requerimientos para que el producto cumpla con sus objetivos. Usualmente es dado por el cliente, ya que reúne sus intereses. Sin embargo, en este proyecto se le ha llevado a cabo tras el análisis de la investigación realizada durante la sinergia. Se sintetizó la información de las tres fuentes: usuarios, funcionamiento y objeto. También se toma en consideración la información basada en los antecedentes de boyas lagrangianas, ajustando los requerimientos que se solicitarían a un modelo con el concepto formulado. Eventualmente se presentaron casos de información repetida, por lo que se filtró la información en múltiples ocasiones. Al finalizar, se formó la lista de puntos a considerar que se presentan a continuación como los aspectos formales y funcionales esenciales para el correcto desempeño del producto.

### 13.1 Factores funcionales

Este grupo incluye las características que permiten al objeto desempeñar la función para la que fue concebido.

- Inclusión de un elemento metálico para hacer tierra, pues las boyas de plástico pueden almacenar estática y dañar el equipo.
- Compartimientos de baterías divididos.
- Cada compartimiento de baterías debería estar ventilado o permitir su fácil ventilación.
- Capaz de desplazarse en profundidades menores a 1 m.
- Uso de GPS clase 1.
- Resistencia a impactos.
- Protección contra vandalismo pero de fácil desensamble.
- Sensores de contaminación limitados al uso específico por el peso.
- Prevenir el efecto de la fauna marina.
- Tiempo estimado de vida útil mayor 1 año.
- Evitar manipulación por extraños.
- Facilidad de recojo y reconocimiento.
- Un peso bajo buscando ser fiel a las condiciones a simular, con 5 Kg como máximo.
- Equipo viable tanto en ríos como costas.
- Registro permanente de ruta, grabada o enviada.
- Despliegue rápido.
- Señal luminosa amarilla con ritmo reglamentado.
- Compartimientos extraíbles y modulares para su fácil reparación o fabricación.

Cabe señalar que la necesidad de un paracaídas o ancla de deriva es necesaria por a un ineficiente diseño exterior en la boya que requiere la adición de accesorios. No se debe concebir su uso en este proyecto para lograr un correcto desempeño.

## 13.2 Factores formales

Los aspectos formales son aquellas características físicas que permiten al usuario la comprensión del objeto dentro del espacio. Es posible y frecuente que muchas de ellas permitan un mejor uso del objeto al mismo tiempo que definen la apariencia del objeto.

- Formas sencillas y lisas para facilitar la limpieza y mejorar la aerodinámica.
- Evitar zonas de difícil acceso donde se pueda acumular el incrustamiento.
- Área flotante con mínima resistencia al viento.
- Configuración que aproveche el impulso de las corrientes.
- Señalización clara y visible.
- Seguridad contra vandalismo.
- color amarillo – reglamentado.
- Marca de tope "X" – reglamentado.
- Sección inferior de dimensiones reducidas para fácil desplazamiento en mar poco profundo.

## 14 Aspectos de producción

Al inicio del proyecto, la ausencia de un colaborador comercial o fabricante es una ventaja que permite canalizar los esfuerzos hacia un plano académico. En la práctica profesional el autor ha observado que ajustarse a presupuestos o cronogramas de otras áreas sacrifica aspectos que, al ser investigados, enriquecen y mejoran la práctica del diseño. No obstante, la elaboración del *briefing* toma en consideración aspectos técnicos dentro de los antecedentes realizados por empresas que han fabricado boyas por años, y la normativa de la IALA incluye recomendaciones de producción para empresas. Juntos, estos datos exponen toda la información necesaria para idear una propuesta de fabricación viable, además de competitiva, para cualquier fabricante a nivel global. Así se establece un presupuesto máximo representado por el producto sustituto más económico: la boya Albatros ODI, con un precio de USD 900.

Dicho esto, el producto que se plantea puede y debe considerarse como un “modelo concept”, similar a los que se plantean en la industria automotriz. Estos, si bien de producción viable, tienen un objetivo que trasciende el aspecto comercial para explorar la capacidad del “diseño” (industrial, vehículos, automotriz, etc.) y sirve de punto de partida para su adaptación a las posibilidades de los distintos mercados.

Lamentablemente en el Perú no existen empresas especializadas. Por eso es difícil que una sola empresa logre cubrir los diversos componentes que requieren ser desarrollados para este proyecto. Si se planteara el requerimiento desde un cliente nacional, es probable que el proveedor deba optar por delegar los componentes a terceros para luego realizar un ensamblaje manual. El proyecto considera esta alternativa y se plantea el mejor escenario posible, seleccionando los procesos más convenientes para cada componente dentro de la oferta local. Debido a la variedad de procesos, conveniente dividir los componentes en dos grupos: comerciales y de producción propia.

## 14.1 Componentes comerciales

Los componentes comerciales son aquellos que tras la compra están listos para el ensamblaje y su selección ha contado con el apoyo del ingeniero Renzo Aguilar (Ingeniería Electrónica - PUCP) y Omar Salomé (Ingeniería de las Telecomunicaciones - PUCP). El listado se basa en la investigación realizada en la sinergia, gracias a la cual se estableció un diagrama de funcionamiento (Figura 100) y la siguiente lista de componentes, realizada por el Ing. Aguilar, que permite estimar el consumo y dimensionado de los paneles solares:

### Lista de componentes:

#### 1) Emisor de Datos:

Smart Globalstar

#### 2) Generador de Energía:

Paneles solares monocristalinos. Baterías.

Convertidor DC-DC.  
Controlador de carga.  
Protección.

#### 3) Señal Luminosa:

Electric fuel, adaptación en cápsula para las señales.

#### 4) GPS de primer orden:

Smartone-Globalstar

#### 5) Software:

Modificación soft. Globalstar / Aplicación-Google Maps-lab view.

#### 7) Sensores:

Sensor de ausencia de agua-electric fuel.  
Cámara tipo de seguridad modelo chino.  
Sensor de proximidad-ultrasonido. (40-70 Hz).

#### 8) Sistema de control electrónico:

Codificación de imagen.  
Codificador y control de carga de la batería.  
Micro-controlador de toma de fotografía.  
Sensor día-noche para señal luminosa (fototransistor).  
Codificador de ausencia de agua.



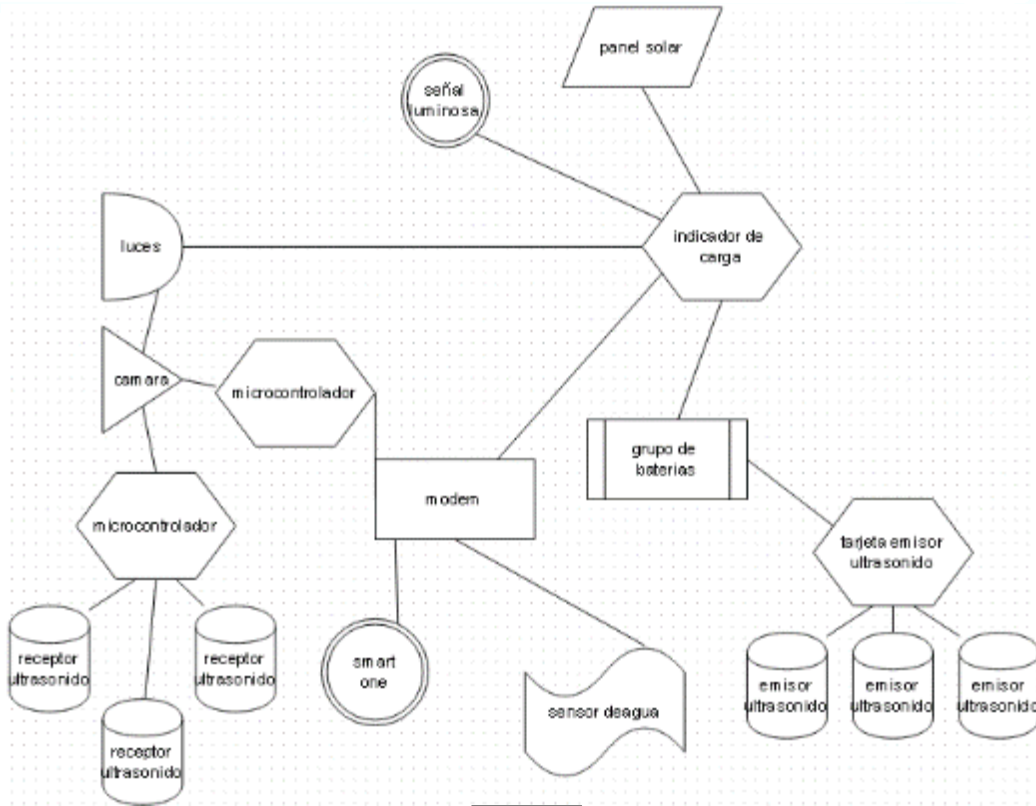


FIG.100

14.1.1 Emisor de datos / GPS de primer orden

El transmisor SMARTONE cuenta con un sistema de recepción y transmisión de datos. Esto lo hace compatible con las cámaras planteadas en este proyecto. Para verificar si la información es correcta, el Ing. Salomé revisó la hoja de datos y el manual de usuario. Tras ello, proporcionó el esquema de funcionamiento (Figura 101), indicando que desde su perspectiva la adaptación del sistema es un proceso bastante simple y su funcionamiento es similar al de un teléfono celular.

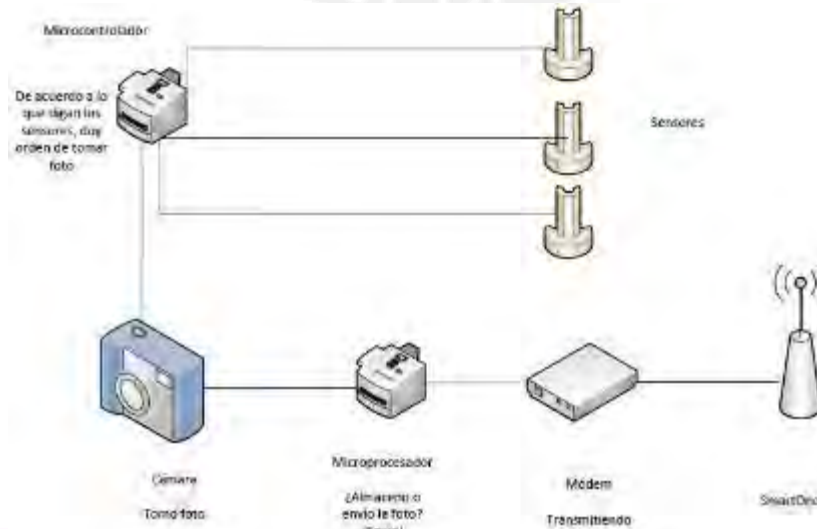


FIG.101

El costo es del SmartOne es USD 200. A esto se suma USD 50 por el envío desde Panamá. El paquete incluye los cables de configuración y el transmisor en una carcasa rectangular de 80 x 165 x 25 mm. Sin embargo, la mitad inferior es el depósito para 4 pilas AA de 1.5 V (Figura 102). El peso con pilas es 385 g. Por cuestiones prácticas se plantea retirar el circuito de la carcasa original e integrarlo al resto de componentes electrónicos. Esto no afecta el desempeño del dispositivo y es permitido por el fabricante.



FIG.102

#### 14.1.2 Panel solar

La energía solar se aprovecha en paneles fotovoltaicos y térmicos, los cuales se usan para generar energía eléctrica y térmica, respectivamente. Entre los paneles eléctricos encontramos dos tipos usuales: monocristalino y policristalino. El ideal para el proyecto es el panel fotovoltaico monocristalino, ya que son más eficientes y fáciles de hallar que la versión policristalino.

La Figura 103 corresponde a dos células de panel: monocristalina (izquierda) y policristalina (derecha). Nótese la diferencia de superficie. Se debe señalar que este sistema de abastecimiento requiere de una batería secundaria que soporte el funcionamiento cuando los paneles están inactivos y/o con un rendimiento menor del esperado, ya sea por el anochecer o la presencia de neblina. El cálculo de la energía necesaria para alimentar todo el conjunto electrónico fue proporcionado por el ingeniero Renzo Aguilar, revisando cada componente y sugiriendo el cambio de algunos por otros de mejor rendimiento. Los datos se pueden observar en el cuadro mostrado a continuación. Además, el ingeniero Aguilar asistió y aprobó la elección del panel específico para el proyecto. En base a este consumo y al funcionamiento en uso, se estima el consumo en watts-horas.



FIG.103

**Consumo de energía de los distintos componentes del sistema.**

Tabla que muestra los diversos consumos de los componentes de la boya:

<u>Dispositivo</u>	<u>UN</u>	<u>Voltaje de Operación</u>	<u>Potencia Operación mW</u>	<u>de Total mW</u>
Smart Globalstar	1	3.3v	120	120
Electric Fuel	1	3v	450	450
Sensor de ausencia de agua-electric fuel	1	3v	450	450
Smartone-Globalstar	1	6v	900	900
Cámaras espías modelo chino	3	8-9v	200	600
Sensor de proximidad-ultrasonido.(40-70 Hz).	3	6.5-8.5v	60	180
Sistema Embebido(Control electrónico).	1	5v	3500	3500
Total:				4220

Haciendo cálculo de las potencias conocidas obtenemos 4220mW, esto es 4.220W. Entonces, para poder cubrir la potencia desconocida de algunos componentes, así como potencia extra de resguardo. Consideremos un sistema de panel solar de 8-10w con salida de 6-12V.

**Consumo de energía por tiempo y funcionamiento.**

Tabla que muestra consumos en KWH en los distintos componentes:

<u>dispositivo</u>	<u>Máximo uso diario</u>	<u>Consumo por hora</u>	<u>Consumo diario 24h</u>	<u>Consumo mensual 30días</u>
Smart Globalstar*	4h	0.02wh	0.48wh	11.52wh
Electric Fuel	12h	0.45wh	5.4wh	162wh
Sensor de ausencia de agua-electric fuel	24h	0.9wh	10.8wh	324wh
Smartone-Globalstar	4h	0.3wh	7.2wh	216wh
Cámaras espías**	4h	0.05wh	1.2wh	36wh
Sensor de proximidad-ultrasonido (40-70 Hz). ***	24h	1.17wh	28.08wh	842.4wh
Sistema Embebido(Control electrónico).	24h	3.5wh	84wh	2520wh
Total de consumo:		6.39wh	153.36wh	5587.2wh

\*enviando información a una frecuencia de 5min.  
\*\*con un tiempo de enfriamiento de 5 min por foto sea de la misma cámara u otra  
\*\*\*encendido en todo momento.

Para la elección del conjunto de paneles se consideró el consumo energético diario, establecido a un aproximado de 153 wh. Esta cifra se divide sobre la irradiación solar promedio en la costa peruana: 5.5 KWh/m<sup>2</sup> (SENAMHI, 2003: 20). Como resultado, se requiere que el conjunto de paneles solares rinda 28 Wh. Dentro de las opciones disponibles se planteó el uso de la nueva generación de alto rendimiento: su desempeño permite aprovechar entre 30% - 50% de la radiación recibida. Para mantener una superficie de arrastre reducida, se toma como opción el uso de celdas de la marca Alta Devices (rendimiento de hasta 33.5%), cuyas dimensiones son reducidas y permiten ensamblarse en módulos que se ajusten a la forma del objeto a diseñar. Tienen una dimensión de 50 x 20 mm con un peso de 0.18 g y generan 1 Hw x 5V (Figura 104). Para obtener la energía necesaria se requiere el uso de treinta paneles, con un estimado de 30 Wh. Si bien el costo es alto, USD 10 por watt, a diferencia de los modelos tradicionales de USD 0.75 por watt, la reducción del espacio es aproximadamente de 60%. Este es un factor decisivo en la reducción de la superficie de arrastre. Se puede encontrar mayor información en: [http://www.altadevices.com/pdfs/single\\_cell.pdf](http://www.altadevices.com/pdfs/single_cell.pdf)



FIG.104

#### 14.1.3 Señal luminosa/ sensor acuático

Entre los productos certificados que se comercializan en el Perú se encontró el modelo WAB-MX8, producido por la empresa Electric Fuel (Figura 105) y comercializado por TECSEG a un precio de USD 45. Este instrumento cumple la certificación SOLAS y posee una independencia a plena carga de más de 8 horas de encendido continuo. Además cuenta con un sensor de presencia de agua que prende la luminaria al activarse. Como se indicó en la sección anterior, el sensor capacitivo puede diferenciar su entorno. Por esto, podría desensamblarse e integrarse a la boya para advertir si es extraída del mar, ahorrando la compra y búsqueda de un componente más. En cuanto el direccionamiento de luz, se deberá realizar un difusor en acrílico para optimizar la salida y mejorar su visibilidad.



FIG.105

14.1.4 Sistema de sensores ópticos

Para el funcionamiento de la cámara se requiere un dispositivo que comande la toma de fotografías. Esto se logra mediante un sensor de ultrasonido. El único percance a considerar es el envío de imágenes por error, pues el costo por uso del sistema satelital puede incrementarse drásticamente. Para evitarlo, es necesario un tiempo de “enfriamiento” entre la toma capturada y el espacio recorrido. Este podría ser configurado por el usuario en el sistema de control electrónico de acuerdo a sus necesidades. Así, los sensores de ultrasonido (Figura 106) que complementan el sistema activan la cámara designada para el área específica. Son relativamente económicos y fáciles de conseguir (menos de USD 10 USD cada par). Su potencia es suficiente para cubrir un área de más de 3 metros en aire. Estar dentro de la boya no será inconveniente, pues los materiales sólidos son mejores conductores acústicos, en especial el metal (Figura 107). Además el circuito integrado es fácil de reproducir y en internet se encuentran diversos tutoriales para su realización. Un video muy explicativo puede verse en la siguiente página: <http://www.sharatronica.com/ultrasonido.html>

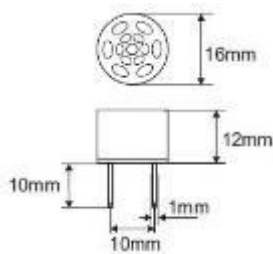


FIG.106



**Tabla 1: Velocidad del sonido en m/s.**

Gas de Hidrógeno	1250
Aire (0°C)	313
CO <sub>2</sub>	254
Agua (20°C)	1480
Vapor de agua (130°C)	1260
Hielo	3200
Cobre	3900
Aluminio	5040
Plomo	1280
Vidrio	hasta 5300
Acero	5000
Goma vulcanizada	~ 35

FIG.107

El Ing. Aguilar recomendó el uso de múltiples cámaras en vez de una motorizada debido al mayor consumo eléctrico de esta última. Así, se requieren 3 cámaras de pequeñas dimensiones: 20 x 20 x19 mm y de baja resolución (380 pixeles) para un bajo costo en la emisión de datos. Luces de iluminación nocturna, a color, con salida RCA y de un peso menor a 20 g (Figura 108). Su costo varía entre 50 y 70 soles y pueden encontrarse fácilmente en el mercado peruano. Estarán conectadas a través de sus puertos USB a un adaptador con entradas hasta para 4 cámaras que se encuentra a la venta por S/. 70.



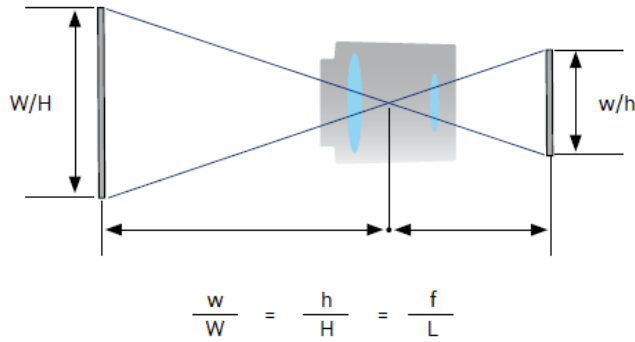
FIG.108



FIG.109

Por otro lado, el cálculo de distancia de uso se basa en información dada para la instalación de cámaras de seguridad Bosch (www.boschsecurity.com). Su documentación técnica muestra la forma de calcular el área que se puede cubrir (Figura 110). En base al campo de visión (FOV en inglés) se determinó que la altura mínima de las cámaras respecto a un área de 40 cm estaría en 210 mm de altura.

El FOV puede ser calculado de la siguiente manera:



- W = altura del objeto
- H = peso del objeto
- w = altura del formato del sensor de imagen  
 Formato 1/2 = 6.4 mm., formato 1/3 = 4.8 mm.,  
 formato 1/4 = 3.6 mm.
- h = peso del formato  
 Formato 1/2 = 4.8 mm., formato 1/3 = 3.6 mm.,  
 formato 1/4 = 2.7 mm.
- f = distancia focal
- L = distancia al objeto

FIG.110

#### 14.1.5 Sistema de control electrónico

El funcionamiento de componentes electrónicos requiere de microprocesadores que regulen los distintos sensores y un módem que codifique la información para ser enviada por el SMARTONE. Según el ingeniero Omar Salomé, el módem puede ser adquirido de forma prefabricada y sus dimensiones no exceden una caja de fósforos. Por otro lado, los microprocesadores son en circuitos integrados de placas personalizadas que pueden ser fabricadas por un especialista en electrónica. Si bien no se requiere el desarrollo de estos componentes, es necesario el dimensionamiento aproximado para la correcta disposición de los espacios en el diseño final. Para ello se solicitó la ayuda del ingeniero Renzo Aguilar, quien recomendó el control de los distintos componentes mediante un integrado listo para programación de la marca Rasperry modelo B (Figura 111). Esta placa funciona como una pequeña PC y recibe el código de programación que controla las distintas funciones y codifica las imágenes para su envío. Sus dimensiones son de 86 x 54 mm, un peso de aproximado de 150 g y un consumo de 3.5 W a con una alimentación de 5 V. Su costo es de S/. 190 y se encuentra disponible en el mercado local.



FIG.111

### 14.1.6 Convertidor de energía y baterías

Se usarán 6 baterías AA de níquel-metal hidruro (Ni-MH), recargables. Estas baterías poseen mayor capacidad de carga que una recargable normal y mayor vida útil. Además son menos nocivas al medio ambiente. Este conjunto conectado en serie proporciona 9 V, y con ajustes a una placa de alimentación puede recibir carga desde paneles solares. Esta misma placa provee la energía al Raspery, los sensores y la placa Smartone.

De acuerdo a la lista de componentes, los voltajes pendientes son de 3 a 9 V. Los 3 V se obtienen mediante resistencias o transistores ensamblados en un pequeño circuito, mientras los 9 V requieren de un convertidor cuya entrada es 5V. Sus dimensiones son bastante reducidas: 23 x 13 x 10 mm con un peso de 25 g aproximadamente, y un costo de 10 USD por cada par. Se observa el circuito en la Figura 112. Mayor información en la página web: <http://es.aliexpress.com/item/2PCS-DC-Converter-Boost-1-5V-3V-5V-to-9v-1200mA-Step-up-dc-Power-Supply/1593173353.html> .

Todo el conjunto armado no debe exceder un espacio de 60 x 52 x 20 mm y un peso de 80 g.



FIG.112

### 14.1.7 Costo estimado

Como el resto de componentes es de fabricación propia, su costo depende de la empresa y no puede ser determinado con precisión. Sin embargo, este se debe sumar al precio de los componentes comerciales citados anteriormente. Para hacer una aproximación al costo final del producto se realizó un cuadro con las piezas de costo conocido. Se considera que existen componentes que se encuentran en distribución local. Los que no se encuentran localmente incluyen un costo de envío.

PIEZA	CANTIDAD	COSTO IMPORTE	COSTO UN/USD.	C. TOTAL/USD
SMARTONE	1	50USD	200	250
CELDA SOLAR	30	100USDx10UN	10	300
LUMINARIA	1	-	45	45
SENSOR U.S.	3PCKX2PZ	-	10X2PZ	30
CAMARA ESPIA	3	-	18	54
TRANS. USB-RCA	1	-	25	25
RASPERRY B	1	-	68	68
TRANSFORMADOR	1	-	10	10
BATERIAS NI-MH	3PCKX2PZ	-	8DX2PZ	24
MEM. SD 8GB	1	-	7	7
CABLES Y PERNOS	5M/20	-	6U	6
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>819</b>

El costo total puede parecer elevado, pero el precio del producto sustituto más cómodo con señal satelital supera los USD 1000. Así, se tiene un margen de más de 200 dólares para asumir la fabricación de la carcasa y el ensamblaje. Cabe señalar que estos precios son al por menor, con lo cual basta que se fabrique una docena para que el costo se reduzca significativamente.

## 14.2 Componentes de producción propia

Los componentes de esta sección son específicos para este producto, por lo que deben ser fabricados o tercerizados dentro de las capacidades locales. En el Perú actualmente se dispone de una industria plástica floreciente, pero costosa, y una industria metal mecánica económica, pero artesanal. Algunos la consideraran semi artesanal, pero esto es cuestionable si se compara con los talleres de China y USA. Esto es una ventaja al afrontar costos de ensamblaje, ya que la mano de obra es más barata. Así, en un principio se planteó realizar una propuesta que pudiera ser fabricada enteramente de forma artesanal. Sin embargo, la elección del proceso productivo fue replanteada tras analizar los siguientes tres puntos.

Primer punto: en la fabricación artesanal no se utilizan procesos industriales modernos y esto es una contradicción con la carrera. El diseño industrial va de la mano con la tecnología, y ya sea en Asia, Europa o Norteamérica, la automatización se prioriza sobre el hecho a mano. Durante la experiencia laboral del autor se ha tenido oportunidad de comprobar que el tipo de fabricación en el país todavía es artesanal. Pero se debe recordar que esta industria no es la que originó nuestra carrera. El diseño industrial en Latinoamérica es un hijo sin padre, un huérfano que tiene a la industria local como padre sustituto y al que debe motivar a mejorar. No conformarse y ajustarse a lo que puede hacer, siendo profesionales mediocres, sino inspirar y mostrar que se puede hacer más.

Segundo punto: de limitarse el uso de recursos por aspectos económicos, se pierde el norte de la tesis. El plano académico en el que se desarrolla el proyecto busca ampliar y aplicar el conocimiento del profesional buscando el mejor resultado. Por el contrario, al priorizar aspectos económicos se busca la mayor rentabilidad del fabricante dando como resultado el producto más conveniente. Si bien durante la selección de componentes se toma en consideración el costo y se busca no exceder el precio del producto sustituto, esto son los aspectos económicos mínimos que se toman en consideración durante el diseño de todo producto, pero solo determinan el desarrollo del producto cuando se tiene un objetivo comercial.

De no haberlo, el tercer punto surge a favor de la aplicación de la fabricación artesanal, ya que ninguna de las distintas actividades del diseño industrial: diseño, adaptación, rediseño y reconfiguración, se diferencian o están determinadas por el tipo de fabricación que origina al producto. Por tanto, esto no define la actividad del diseñador y la selección de los procesos se plantea de acuerdo a los aspectos formales y funcionales que se quieren lograr. Estos se establecieron en el *briefing* y al igual que en los componentes comerciales determinan la fabricación de los componentes personalizados.

Es así que la conclusión a los tres párrafos anteriores se resume en:

- Selección de procesos con la mejor tecnología disponible.
- No limitarse al plano económico.
- Buscar los procesos más eficientes.

Así se aprovechan las posibilidades que presentan las empresas locales para obtener el mejor resultado



### 14.2.1 Carcasa

Dado que el producto puede permanecer meses (incluso años) en el mar sin ser retirado o recibir mantenimiento, dentro de las opciones viables para la cubierta es preferible considerar el plástico (polietileno) como el material más viable. Aun si sufre rasgaduras o golpes, duraría más tiempo que el metal o poliuretano. Además su peso es ligero y se puede realizar piezas huecas con procesos como rotomoldeado, que aunque de un costo algo elevado es usual en las empresas especializadas. Por estas razones la IALA recomienda este material sobre el metal, “plastic buoys have several advantages over conventional steel buoys including: light weight handling, corrosion resistance, low maintenance, and in some cases, lower costs.” (IALA, 2008: 4).

En el Perú, dos compañías conocidas que ofrecen el servicio de roto moldeo son Unitrade y Rotoper. También existen talleres medianos que ofrecen el servicio para la fabricación de los moldes de metal como Alianza Metalúrgica. Finalmente encontramos empresas de la industria plástica que realizan este proceso para algunos de sus productos como Rey, Duraplast y Eternit. Entre los productos de manufactura nacional con este proceso en polietileno de alta densidad (HDPE) encontramos: mobiliario, tachos, tanques y *coolers* (Figura 113). De forma similar a las boyas, muchos de estos objetos usan colorantes con protección UV y tienen un estimado de duración desde 5 a 15 años.



Las empresas Mobilis y Polyform (proveedores de la marina peruana) usan este material en sus boyas estacionarias plásticas (Figura 114). El espesor de pared tradicional para estas es de entre 6 a 12 mm para boyas entre 50 cm a 3m. Debido al tamaño de la nuestra, que no debería exceder los 40 cm por lado, una pared entre 2.5 a 5mm debería bastar. Puede parecer delgado pero debemos considerar que están rellenas con espuma de poliuretano, por lo que aún una perforación en la carcasa no afectaría la flotación. Es usual que fabriquen las piezas de forma modular para reducir el tamaño de los moldes y facilitar la versificación.

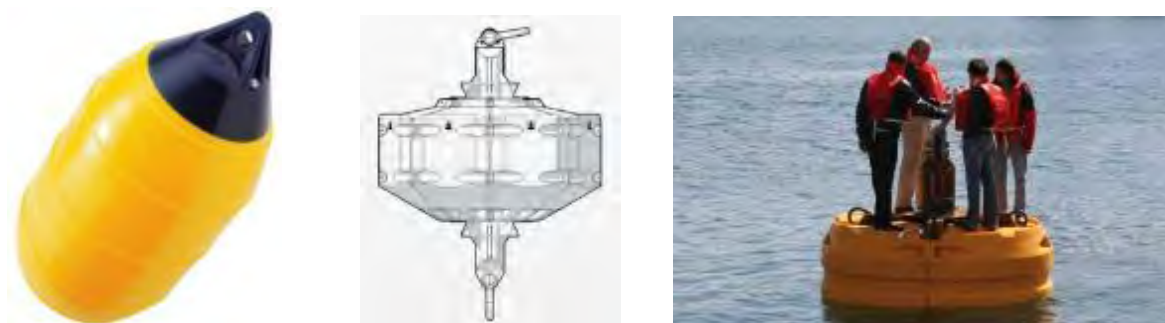


FIG.114

### 14.2.2 Chasis

Aunque el material exterior es plástico, en el interior existen instrumentos que necesitan mantener su posición ante el constante vaivén. Por eso, además de que los componentes se hallan apretujados y rodeados por espuma, se debe pensar en la posibilidad de usar un refuerzo metálico de planchas de acero galvanizado o inoxidable. De ser posible se buscara que la estructura sea auto portante y en ese caso se podría usar platinas de metal con aplicación de zincromato, para ensamblar los componentes modulares.

Estas piezas pueden ser fabricadas por una vasta variedad de empresas dedicadas a metal mecánica a un costo muy reducido. Su elección depende de la cantidad y tiempo en que se desea producir.

### 14.2.3 Reflector sonar

Si bien no existe una normativa para estos aparatos, todos los modelos comerciales para embarcaciones son de amplias dimensiones. Esto debido a la lógica de que mientras mayor sea el panel, mayor cantidad de ondas reflejará. Sin embargo, dada la posibilidad de mandar a fabricar los componentes de chasis en planchas de metal, se puede aprovechar para construir un reflector con medidas específicas y una forma que se ajuste a la configuración que se desarrolle. Como se indicó, éste puede estar cubierto porque las ondas de radar atraviesan fácilmente objetos sólidos cuya composición no sea metálica. Por eso, muchos modelos tienen carcasas de plástico de formas variadas.

### 14.2.4 Contrapeso

Para mantener la estabilidad, en un principio se planteó el uso de un brazo adrizante. Sin embargo, este podría originar varamientos en zonas poco profundas. En la sinergia se indicó que estos instrumentos previenen la escora al desplazar el centro de gravedad. Un caso similar se presenta en el balanceo de un porfiado (Figura 115). Para comprender mejor este efecto y aplicarlo correctamente en el diseño de la boya (Figura 116), se solicitó asesoría al profesor de física en la PUCP Ing. Jorge Alencastre. Si bien es un tema complejo, se indicó que podemos asumir como referencia adecuada un diagrama de fuerzas en la situación donde la boya se encuentre con la mayor escora, similar a la Figura 117. En esta, de ser la fuerza de la base ( $f_1$ ) mayor a la generada por los brazos ( $f_2$ ), se generara el adrizamiento. Estos datos se pueden obtener fácilmente con el software Inventor y, de encontrarse necesario un peso extra, se puede fabricar en hierro fundido y mandar a realizar en diversos talleres artesanales.

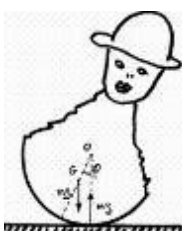
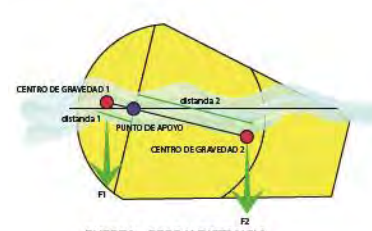


FIG.114



FIG.115



FUERZA = PESO X DISTANCIA

FIG.117

### 14.3 Acabado

El acabado que se piensa usar es la pintura patente. Si bien en la sinergia se presentó la tecnología de baja frecuencia, no se puede asegurar al 100% su efectividad en la forma de la estructura que se va a desarrollar. Para evitar correr riesgos es preferible usar una cubierta protectora cuya duración estimada es de 5 años. Esta debe hallarse sumergida, pues de lo contrario pierden los componentes activos que evitan el incrustamiento. Dentro de los tipos de patente encontramos 3 clases: convencionales, autopulimentables y de matriz dura. La diferencia está en la forma de disolverse y en su duración fuera del agua. Los dos últimos pueden permanecer hasta tres meses al aire y son los más recomendables pues su protección no depende de la temperatura del mar (a diferencia del primero).

## 15 Bocetado

El proceso de bocetado es visto desde la perspectiva del autor como una lluvia de ideas. No busca definir el producto sino crear alternativas y abrir posibilidades. Es la etapa donde las diversas características solicitadas y la información obtenida durante la sinergia se reúnen en propuestas que toman forma física. Sin embargo, ni bien se terminó de formular el concepto (junio) se realizó algunos bocetos de ideas que fueron descartadas con el progreso de la información. Modelos con cúpulas de arrastre al viento, con demasiada altura para aguas poco profundas e incluso con similitudes a modelos ya vistos y que resultaron un fracaso. Estos dibujos (Figura 115) son un punto de partida desde el cual se precia la evolución del proyecto.

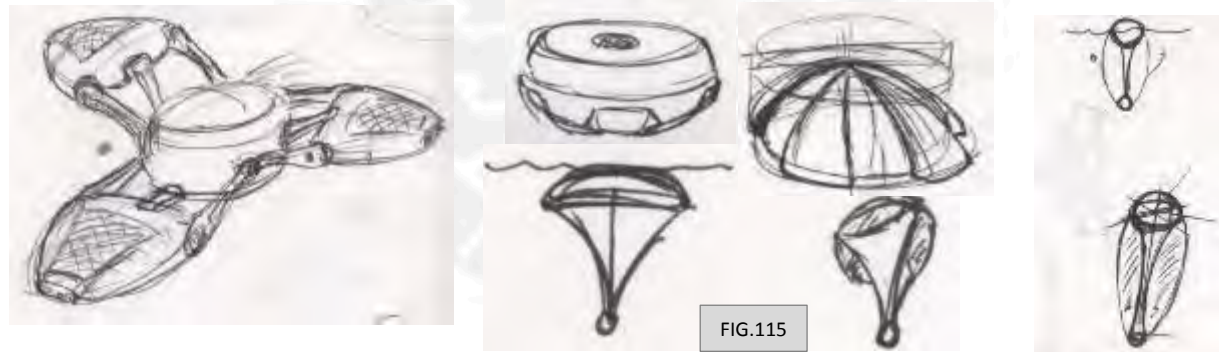


FIG.115

El primer aspecto que se revisó a después de la investigación de antecedentes fue la importancia de la influencia del viento. La solución más práctica es sumergir completamente la boya, dejando una sola sección flotante destinada a los paneles, los cuales deben estar sobre el mar debido al efecto de reflexión del agua (Figura 116). A esto se le suma la normativa que solicita una señal de tope en "x" y las cámaras para la detección de contaminantes. Por lo tanto, una sección flotante es un mal necesario (Figura 117).

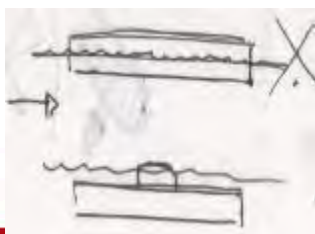


FIG.116

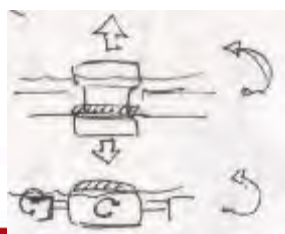


FIG.117



Esta sección debe tener la menor superficie de arrastre posible porque está en contacto con los vientos. Por eso en vez de una torre hecha de alambres (la idea inicial) que podría romperse o doblarse, se pensó en brazos sólidos que sostengan los componentes electrónicos (Figura 118). No obstante, por aspectos de estabilidad, la mayoría de los componentes se ubican dentro de un compartimiento sellado en de la amplia base sumergida (Figura 119).



FIG.118

De forma paralela, la sección inferior toma en consideración la dinámica de fluidos. Cabe recordar que los objetivos son opuestos: mientras se busca reducir el empuje del viento, se tratara de obtener el mayor empuje posible del mar. Por soo se busca lograr un gran coeficiente y superficie de arrastre. En un principio se presentó la idea de áreas planas que originaran una conformación triangular (Figura 121), para facilitar el avance y mejorar la estabilidad (con capas límites menos turbulentas, a diferencia de los modelos en cruceta). Más adelante, gracias a la sinergia, evolucionó a superficies cóncavas que tienen un  $C_x$  hasta 50% mayor (Figura 123). Si bien podrían ser 6 planos, como en la Figura 122, la desventaja de estos es que generan turbulencia. Por ello se mantuvo una forma dada por la suma de tres curvas, donde en cada extremo se podría ubicar sensores (Figura 124).

FIG.120

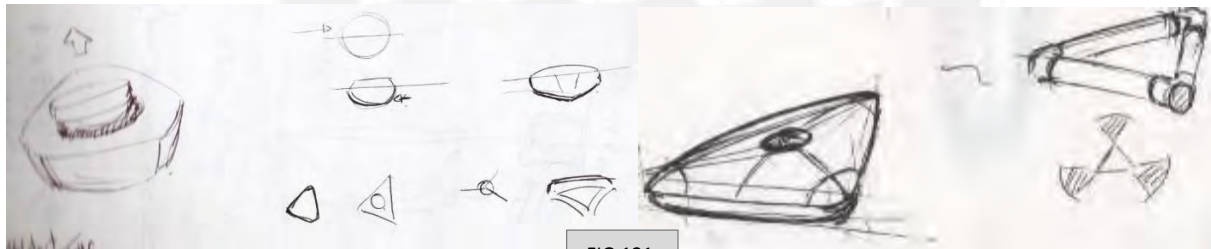


FIG.121

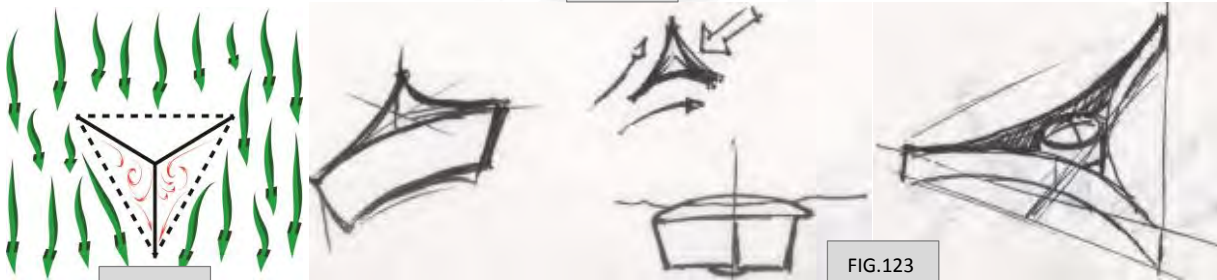


FIG.122

FIG.123

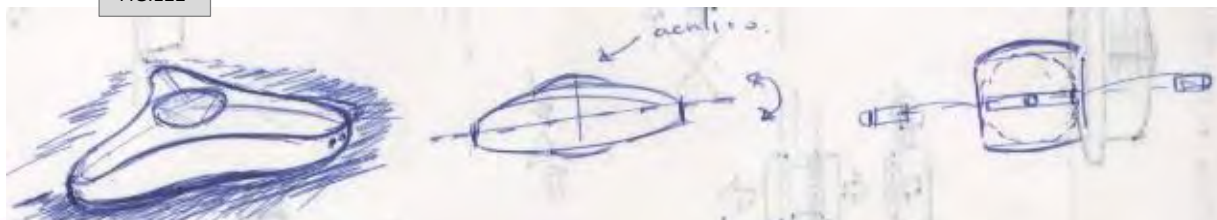
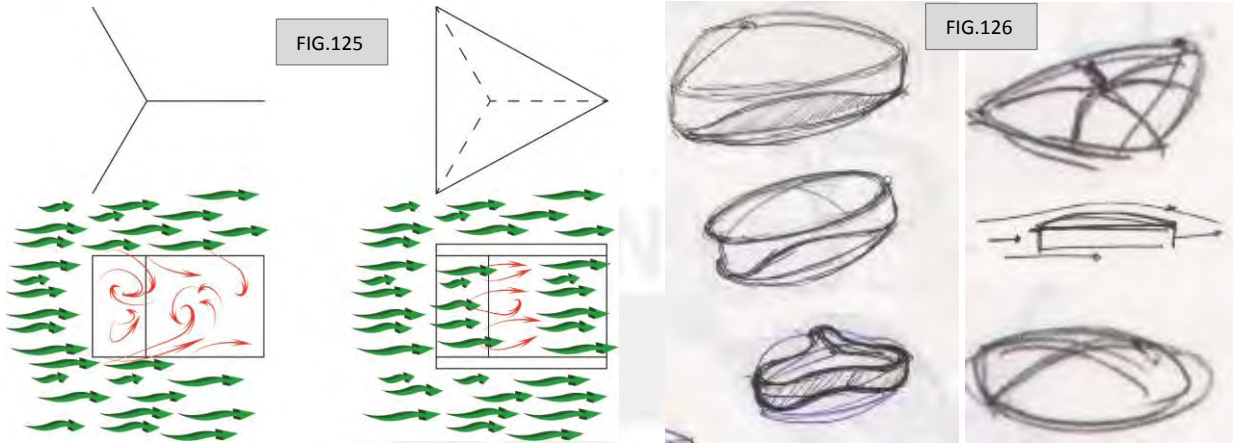
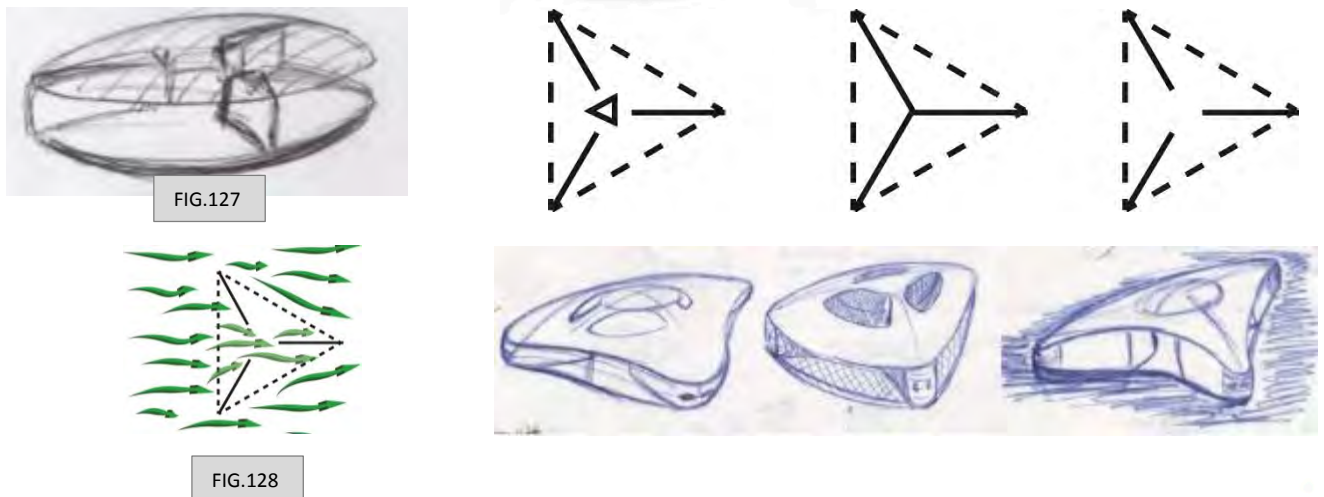


FIG.124

Si bien el desarrollo parece ser adecuado, hay un detalle que no considera: el flujo de las corrientes se presenta y comporta igual tanto en el plano superior como en el lateral. Por tanto, si la forma se está sin tapar se presentarán flujos parásitos que crearán una turbulencia considerable (Figura 125, izquierda). Esto se evita con una superficie que cubra tanto la parte superior como inferior (Figura 125, derecha). Estas “tapas” deben evitar causar efectos de flotación o hundimientos no esperados. Por eso deben presentar el menor coeficiente y superficie de arrastre posibles. En el presente caso, esto se logra con una pieza triangular redondeada a partir de la reducción de una sección esférica (Figura 126).

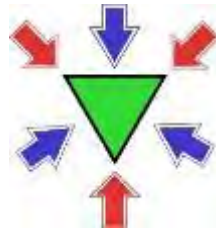


No obstante, el desempeño de esta forma depende de la capacidad de posicionarse en forma adecuada frente al flujo: ya sea cuando se lance al mar, sufra un impacto o enfrente un fuerte oleaje. Si la boya mantiene la orientación planeada, podría usarse esta forma; pero de lo contrario no servirá en lo absoluto. Por eso se busca manipular la corriente para que reposicione la boya en caso necesario. Al estar limpio el flujo de las corrientes por el sellado de los espacios con las tapas, surgen distintas propuestas pensando en las paredes como si fueran aspas (Figura 127). Si bien se genera una abertura, la pérdida de empuje es mínima debido al efecto Venturi, el mismo que permite funcionar a las anclas de deriva estudiadas en los antecedentes. Este efecto indica que al estrecharse el conducto por donde pasa un fluido se incrementa su aceleración y por ende disminuye su presión (Figura 128). Esto debería generar un mayor empuje en la menor superficie y da origen a tres propuestas de configuraciones internas, pensadas en base a los principios aprendidos (Figura 129).



Estas opciones requieren analizarse en las distintas direcciones que puede presentar el fluido. Simplificando la forma a una base triangular, se considera dos tipos de flujos significativos distanciados en 45° y representados como flechas en la Figura 130. De presentarse otra dirección, probablemente se comporte de forma similar al de ángulo más cercano. Sea en dirección a la zona de empuje como la flecha azul o a la zona de corte como la roja.

FIG.130



Si el objeto se haya en posición solidaria al flujo, como en la Figura 131, no debería presentarse ninguna eventualidad o desviación en ninguna de las propuestas. Por el contrario, si la corriente viene con la flecha roja, nos enfrentamos a diversas posibilidades dependiendo del perfil que posea la parte interna de la boya. En la Figura 132 la flecha roja (derecha) representa el flujo y las azules representan la dirección que puede tomar la forma. Dentro de estas, la configuración del centro se observa viable ya que sería posible reubicarse en posición favorable por el giro que presenta. Posible porque, si bien se puede intuir el resultado, haría falta un estudio profundo o someter los modelos a pruebas que lo garanticen. Por ello, aun no siendo parte de la especialidad, se ve la necesidad de construir un pequeño túnel de viento y usar un software de simulación de dinámica de fluidos. Los resultados apoyarán la selección de la configuración.

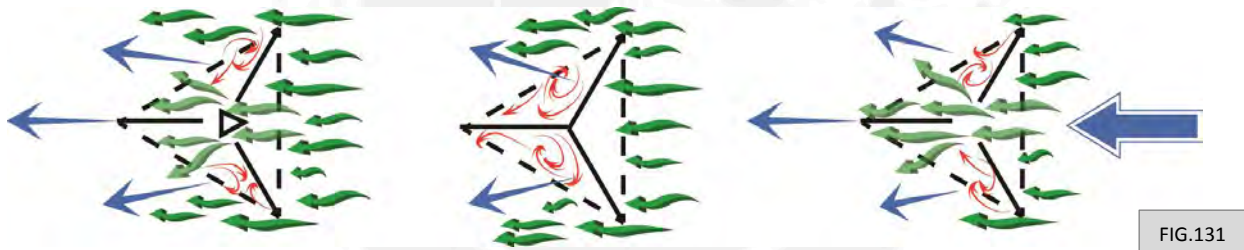


FIG.131

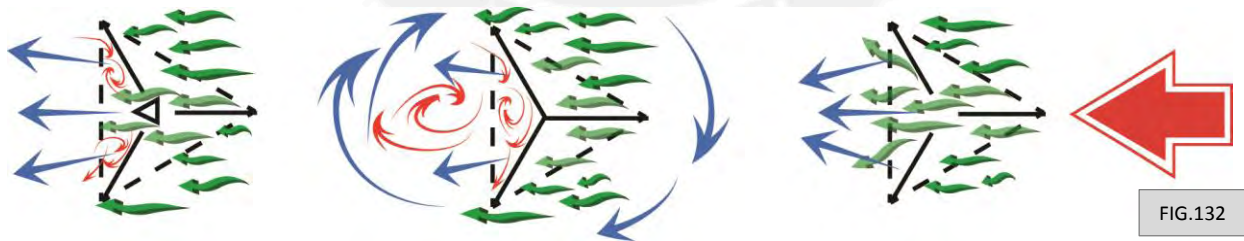


FIG.132

En la zona superior, el grupo de componentes electrónicos necesarios son la señalética, cámaras, luminaria y reflector de sonar (Figura 133). Todos están ubicados en una estructura rígida que, dada la configuración de la base, se compone de tres brazos. Las primeras propuestas consideraron ubicar un domo de policarbonato en la zona desde donde se toman las fotografías. De acuerdo con datos obtenidos, se estima que las cámaras deben encontrarse a una altura entre 380 mm para poder cubrir cada una un área de 120° de un largo de 400 mm. La extensión de los brazos se aprovecha ubicando los paneles solares de forma vertical y de esta forma se protegen de los desechos de las aves (Figura 134). El análisis de estas formas es más complejo que en la sección inferior, por lo que solo se realizaron bocetos sencillos. Será en el software donde tomarán forma.



FIG.133

FIG.134

Tras establecer la altura total, el aspecto siguiente es lograr el equilibrio durante la navegación. En el caso más extremo, el de volcamiento, los brazos sirven como medio de flotación y fuerzan un cambio de posición que determina el correcto enderezamiento de la boya (Figura 135). El resto del enderezamiento se originaría por el centro de gravedad. Para comprobar esto se consideran necesarias la realización de pruebas y cálculos referenciales que den más seguridad al uso.

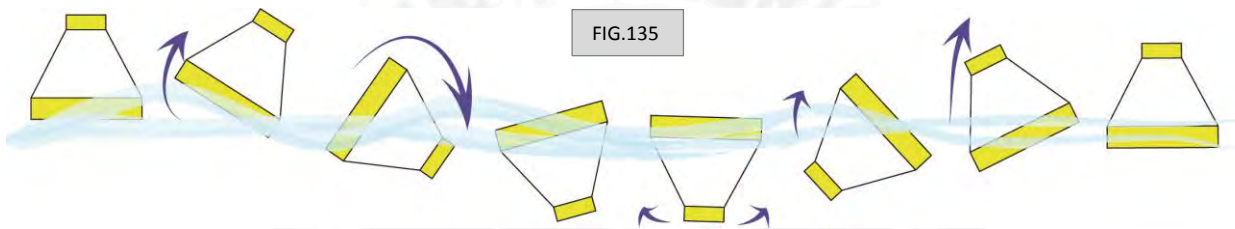
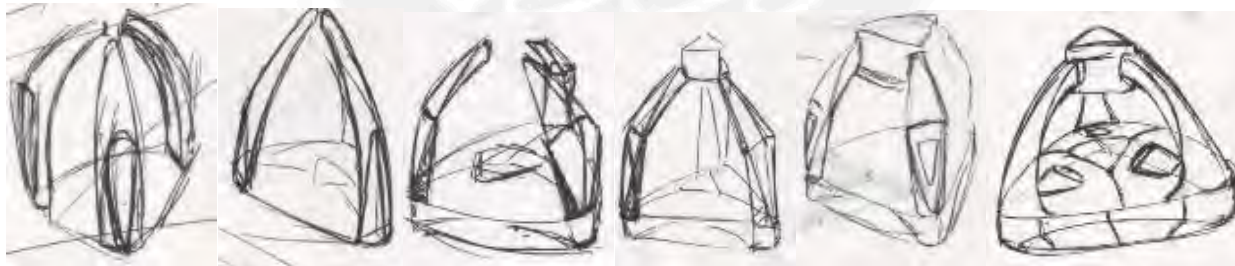


FIG.135

Para la conformación de la sección inferior y superior se realizaron algunas propuestas del conjunto (Figura 136). La selección de estos dependerá del análisis de sus efectos en el fluido que les corresponde. Cabe señalar que este análisis es análogo a los estudios de campo para la oceanografía, donde pese a la existencia de simuladores de corrientes se requiere hacer pruebas a mar abierto.

FIG.136



## 16 Estudio de las alternativas

Pese a que la información recolectada permite predecir la efectividad de las formas, su análisis se puede simplificar con el uso de simuladores. Ya sea para la flotación o la resistencia al avance, se puede realizar pruebas que permitan comprobar o definir las propuestas. Los métodos para el análisis pueden ser tanto físicos como virtuales y de su aplicación depende la forma a la propuesta final.

Para una fácil identificación de las dos zonas de una embarcación en distintos fluidos, la sección al aire y la sección sumergida, se denominan obra muerta y carena respectivamente (Figura 137). En el presente proyecto analizaremos ambas. Por otro lado, el punto donde se dividen las dos áreas se denomina línea de flotación. En ella existe una resistencia debido a la formación de olas y podría cuestionarse por qué no se estudia. Sin embargo, “si el objeto se halla (en su mayoría) sumergido, este cálculo se hace secundario” (Sosa, 2007: 108).

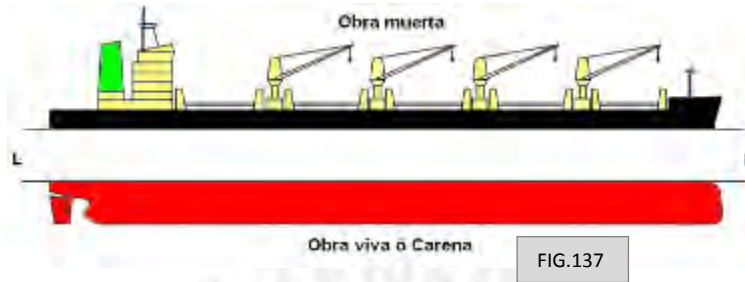


FIG.137

### 16.1 Pruebas de resistencia al avance y sustentación

Las pruebas para resistencia y sustentación son realizadas en un túnel de viento y con software de simulación. Si bien cualquiera de los dos sirve para ambos eventos, los hechos en el túnel exploran más detalladamente los efectos de sustentación mientras que los del software se enfocan en la resistencia al avance. No existe distinción en la composición del flujo. Sea para corrientes o vientos, la aplicación de las pruebas en softwares y túneles son viables por igual. Sin embargo, se seguirá llevando un estudio independiente de cada área.

Esta separación no dará problemas en su análisis. Debido a que la resistencia a un fluido se puede analizar por secciones: “La resistencia total se descompone en diversos sumandos correspondientes al casco desnudo, (resistencia por interferencia) pero estas también se pueden simular en el canal, (mediante una placa asociada a cada apéndice que simule el trozo de casco correspondiente) con lo cual la precisión que se alcanza en la determinación de la resistencia total es muy alta” (Sosa, 2007: 85).

#### 16.1.1 Túnel de viento

La construcción del túnel de viento parece una tarea bastante simple. Tras un boceto, se realizó un prototipo (Figura 138), incluyendo una base de agua para evitar la fricción. Sin embargo, ubicar dos fluidos en un túnel resulta una pésima idea, ya que ambos interactúan y generan movimientos contrarios. Adema la turbulencia interna es alta, por lo que se hace imposible determinar el efecto real del flujo.



FIG.138



Estos inconvenientes no se presentan en los túneles de viento usados por la industria automovilística, que son instalaciones de grandes dimensiones y complejo diseño (Figura 139). Su fabricación cuesta millones y no son muy comunes. Por ello en diversas facultades de aerodinámica se han realizado diversos estudios que permitan la reducción del tamaño y costos. Gracias a ellos, en la actualidad muchas universidades cuentan con túneles de dimensiones que varían desde el tamaño de un torno hasta el de una habitación.

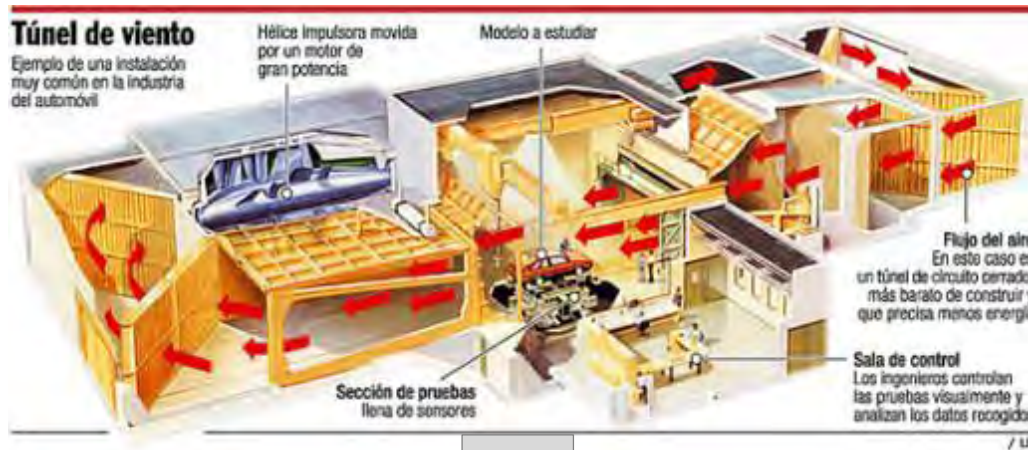


FIG.139

Dentro de los diversos modelos usados por las universidades, el modelo realizado por el ingeniero Francisco Chicas en su tesis “Diseño y construcción de un túnel de viento” (2012) está explicado de una forma sencilla pero completa y permite su reproducción a escalas menores de las del original. Así, se construyó un modelo sintetizado y escalado 1:5 (Figura 140). Si bien no nos explayaremos en la explicación de su funcionamiento, se debe señalar que se hizo una pequeña modificación al modelo original haciendo la sección de pruebas completamente visible.

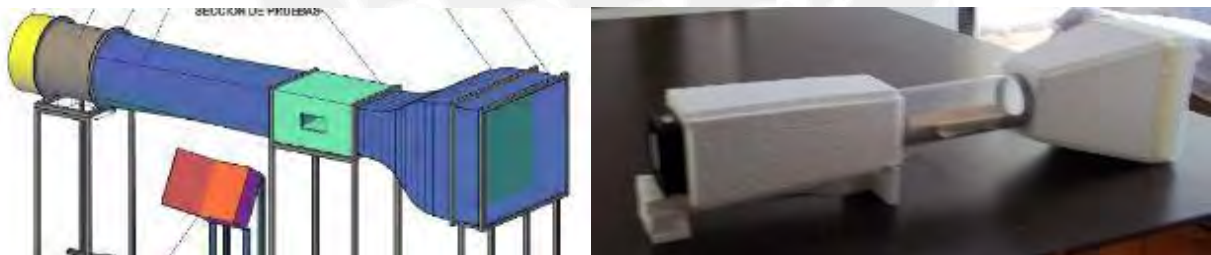


FIG.140

16.1.2 Pruebas en túnel de viento

Como las predicciones realizadas en la etapa del bocetado no pueden evaluar el impacto del empuje en el recorrido de la boya, las pruebas realizadas en el túnel tienen el objetivo de verificar el comportamiento de sustentación. Para ello se realizaron tres maquetas que representan las posibles configuraciones, que en la Figura 141 se encuentran enumeradas de izquierda a derecha. Aunque son modelos básicos, tras varias pruebas se pueden aproximar al resultado y permiten comprender el efecto del flujo. Tras grabarse en videos y reproducirse en baja velocidad, se muestran alteraciones considerables que derivan en efectos insospechados.

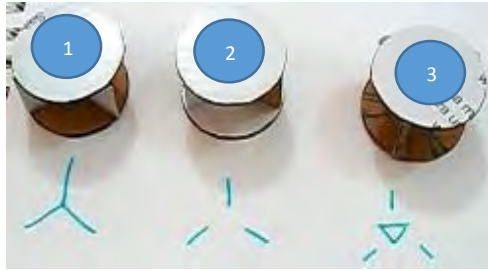


FIG.141



El comportamiento del modelo 1 en una posición contra el flujo, se acercó bastante a la predicción realizada en el boceto. Se supuso que el modelo entraría en un giro parcial (60°) y luego se estabilizaría. Sin embargo, el objeto giró mas de la cuenta (180°) y se estabilizó tras desplazarse rapidamente hacia el lado derecho (Figura 142). Si bien el giro estaba previsto, el mayor ángulo probablemente se debió al cambio de posición brusco desde un estado en reposo. En cuanto a la desviación, se origina debido al efecto Magnus (Figura 143), el cual indica que un objeto que gira ante un flujo, acelerará el fluido en uno de sus lados generando un cambio de presiones y su consiguiente sustentación. Este fenomeno es bastante común en los deportes que usan esferas tales como fútbol o golf.

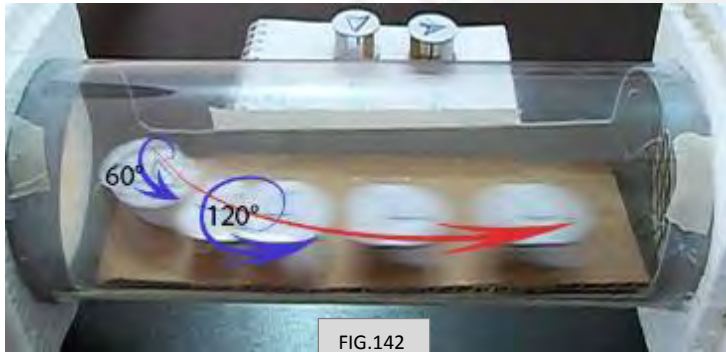


FIG.142

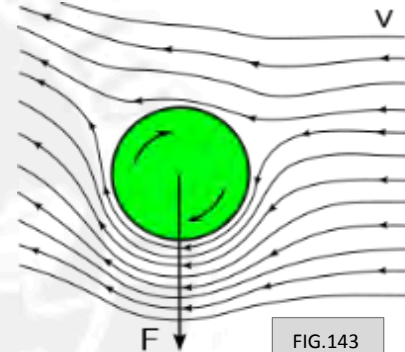


FIG.143

Al estar ubicado en dirección al flujo, se esperó que el objeto mantuviera su posición normal sin ninguna alteración. Lamentablemente este sufre un desvío, aunque sin giro, que en la mayoría de casos es hacia la derecha (Figura 144). Un detalle importante pues implica que, de ser usado, este perfil se desalineará con respecto a la corriente, aun sin influencia del viento. La razón más probable es que la zona cóncava sufre una acumulación del flujo tan alta que provoca su desplazamiento hacia los extremos. Esto influye en las turbulencias de las zonas de bajas presiones, desplazándolas hacia el exterior y generando un ligero efecto de sustentación similar al de las velas (Figura 145). Esto es similar al efecto de oscilación de los primeros paracaídas, que no poseían un agujero de desfogue en el centro. También es posible que a las boyas tipo cruceta, entre ellos la desarrollada por la NOAA para aguas poco profundas (Figura 51), sufran un problema similar, culpándose injustamente a su obra muerta en vez de al descuido en el diseño inferior.

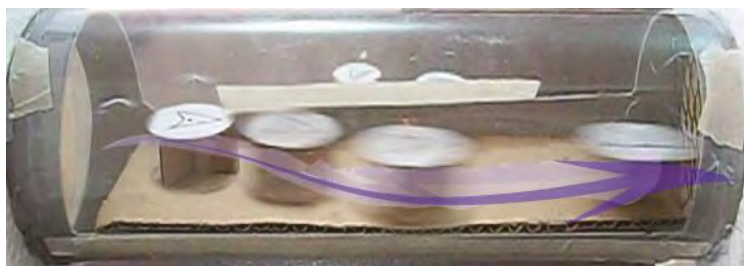


FIG.144



FIG.145

El modelo 2 en posición “con” el flujo, presentó el comportamiento más cercano a las predicciones (Figura 148). Aunque se presentaron ligeras desviaciones, estas pueden haberse debido a mínimas diferencias entre las aspas. Además es el que mayor velocidad desarrolla de entre los 3 modelos. Por otro lado, en cuanto se cambia la posición respecto al flujo se presenta un giro de  $60^\circ$ , algo inesperado pero que permite que recobre estabilidad al posicionarse “con” el flujo (Figura 149). A pesar de que presenta una desviación, esta es menor y más rápida que en los casos anteriores, y una vez terminado el giro aparentemente recupera estabilidad.



FIG.148



FIG.149

El tercer modelo fue el que presento las diferencias más notables respecto a las suposiciones planteadas. Se anticipó que el objeto se mantendría estable en cualquiera de las dos direcciones en las que afrontara el flujo. En contraste, el objeto nunca lo estuvo: en ambos casos y durante todas las pruebas tanto en contra (Figura 150) y con el viento (Figura 151) entró en un giro descontrolado y al final se volcó. Esto debido quizás a una gran pérdida de presión como en el modelo 2 y el efecto de giro como en el modelo 1.



FIG.150



FIG.151

Cabe señalar que no se probó formas de la obra muerta. Aunque se tenían propuestas, la dimensión de las maquetas no permite apreciar los detalles críticos que originarían los cambios. Además, a pesar de que las pruebas con objetos libres dentro del túnel permiten conocer el comportamiento en movimiento (sustentación), se carece de instrumentación para analizar la resistencia al avance. Por ello esta sección será estudiada a través del software.

### 16.1.3 Resultados de la resistencia al avance y sustentación

Los resultados en esta sección sirven para establecer la configuración de la obra viva en la boya. De los 3 modelos, es claro que el que presenta menores inconvenientes es el modelo número 2. Por un lado, el modelo 1 sufre desviaciones que generarían datos alterados, mientras que el modelo 3 presenta efectos de sustentación que podrían provocar volcamientos. Aun así, es sorprendente que el modelo menos esperado durante el bocetado se presente como el más adecuado después las pruebas.

Por ello se inició con el proceso de modelado 3D. Se utilizó el software Inventor, debido al cuidado que mantiene en el ensamblaje y los valores físicos (volumen y peso) que puede proveer durante la construcción de piezas. Sin embargo, el modelado original solo incluyó la parte inferior mientras se terminaron las pruebas de la parte superior. Tampoco se realizó en secciones, pues los medios de ensamble serán definidos al terminarse toda la estructura. El modelado inicial (Figura 152), siendo una estructura sólida, tomo como base a los bocetos realizados (Figura 153), dando una estructura cuyo dimensionado dependerá en gran parte de las pruebas de flotación y equilibrio, además de los componentes internos.

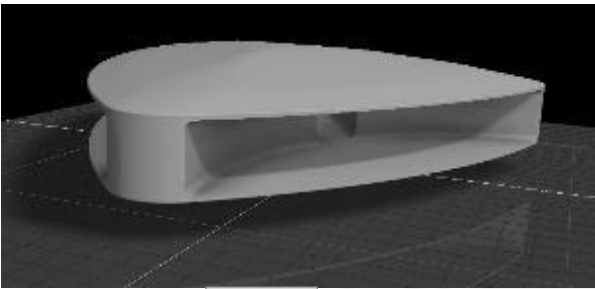


FIG.152

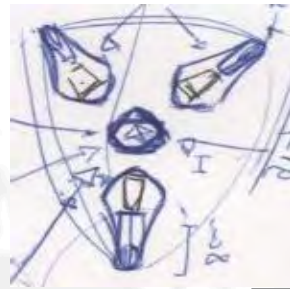


FIG.153

## 16.2 Pruebas de flotación y equilibrio

Tanto la flotación como el equilibrio pueden ser determinados mediante procesos matemáticos. Esto evita la necesidad de construcción de modelos a escala real. Además se cuenta con el apoyo del modelado 3D realizado en la etapa anterior, lo que hace posible obtener de forma sencilla los volúmenes y pesos requeridos. Cabe señalar que la sección superior no tuvo que modelarse en esta etapa, pues al no sumergirse y estar rellena de poliestireno expandido (cuyo peso es muy cercano al aire) su peso se hace virtualmente despreciable. El único momento en que la obra muerta interviene es en casos de volcadura, pero por su alto índice de flotación debería ayudar, en vez de entorpecer, el proceso de adrizado. Esto se ha comprobado durante las pruebas de equilibrio con maquetas de dimensionado proporcional.

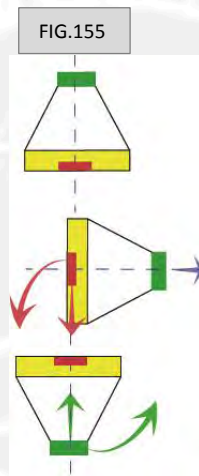
### 16.2.1 Flotación

La flotación de un objeto puede ser comprobada mediante el cálculo del volumen de agua desplazada durante su inmersión. La sección a partir de los brazos no se sumerge, por tanto el único volumen a considerar es el triángulo de empuje. Este se pensó de gran dimensión, pues además del arrastre, aumenta el volumen de agua desplazada. Gracias al modelado en Inventor se puede determinar tanto el peso, independientemente del material, como el volumen, sea hueco o no. Tras revisar los datos, se tiene un volumen para la carena de  $4400 \text{ cm}^3$  que equivalen a 4.4 litros/kilos de agua desplazada. A esto se suma el volumen de la porción de brazos sumergidos,  $500 \text{ cm}^3$ . Por lo tanto el peso de todo el conjunto debe aproximarse a 4.9k. Si es muy ligero la carena flotará, y si es muy pesado se hundirá. El peso del conjunto vacío con una pared de 2.5 mm, en polietileno de alta densidad, es de 750 g. Este puede ser menor dependiendo de la necesidad, ya que al no poseer componentes internos y estar

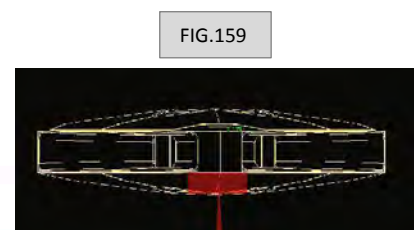
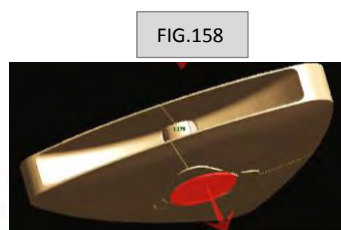
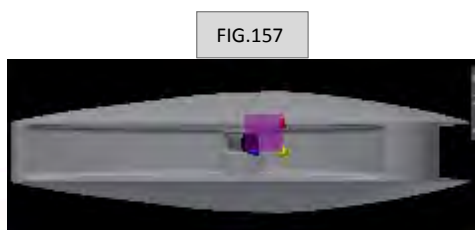
relleno con poliuretano, es aceptable una pared de hasta 1.5 mm, en cuyo caso el peso ronda los 580 g. Sin embargo, de ser necesario y por la recomendación dada por la IALA, podría llegar a usarse una pared de 5 mm.

### 16.2.2 Equilibrio

Para comprobar el funcionamiento de los brazos se construyó un modelo a escala de poliestireno expandido (Figura 154). Una síntesis de la forma con las medidas ya establecidas para boya. Esta se colocó en un depósito de agua con una profundidad mayor a la de la boya. Una vez allí, se forzó el volcamiento repetidas veces. Si bien en un principio no se logró restablecer la vertical, sí giraba un promedio de 90°. Esto debido probablemente a la flotación provista por los brazos. Después de ajustar el peso en la zona central inferior de la carena, se logró el desplazamiento en el centro de gravedad, causando su adrizamiento instantáneo (Figura 155). Desde ese momento, cada vez que la maqueta se inclinó se comportó como un porfiado en el agua aún tras varios volcamientos (Figura 156).



Una vez establecido el punto en que el índice de flotacion del tope superior y los brazos van a evitar que la boya escore en un ángulo mayor a 90°, se puede considerar ésta situación como la más crítica. Estableciendo un diagrama de fuerzas realizado con el Ing. Alencastre (Figura 117), se establece el punto de apoyo la superficie superior de la base. Esta es la zona más cercana a la línea de flotación y debería mantenerse sumergida durante el giro, sirviendo como un eje. Así, al revisar el modelado 3D se vio que el centro de gravedad de la sección inferior está ubicado prácticamente al centro de la base (Figura 157). El peso de los componentes electrónicos de la sección inferior en conjunto es de aproximadamente 700 g. Como hemos visto, la estructura plástica es de 750 g, por lo que en conjunto se tiene un total de 1.45 Kg. Este peso es muy bajo para la estructura inferior, considerando que debe actuar como elemento adrizante, por ello es necesario el uso de un contrapeso. El lugar ideal sería dentro de la tapa inferior (Figura 158). De este modo se puede desplazar más el centro de gravedad y ganar fuerza de empuje (Figura 159).



### 16.2.3 Resultados de flotación y equilibrio

En conjunto, la flotación de la sección superior está garantizada por la sección inferior. La obra muerta, salvo en la altura de los brazos, no deberían afectar en gran medida al equilibrio o a la flotación. Solo debe mantener un alto índice que obligue a la estructura volcada a volver a un ángulo de  $90^\circ$ . Después, lograr la vertical es trabajo del peso inferior y del centro de gravedad. Por ello, la realización de los brazos deberá tomar en cuenta la relación peso/volumen. Los detalles formales dependerán en mayor grado de aspectos aerodinámicos y del dimensionado de los paneles solares.

Para la sección inferior se debe considerar el manejo de los pesos y el dimensionado general de la carena. Esto implica tratar de ubicar todo el peso en el centro inferior del triángulo de empuje. Se pensó en seccionar el volumen inferior y dejar el centro como una sección individual que también podría ser usada en la sección superior (Figura 160). Esta pieza central contendría los canales de desfogue y los componentes electrónicos (Figura 161), además del contrapeso que permita al conjunto actuar como un porfiado. El desfogue será resuelto tras el análisis de software y así se determinará el espacio libre que puede ser ocupado por la pieza fundida. Por otro lado, al no contener elementos electrónicos, las aspas podrían ser modulares y estar completamente llenas de espuma de poliuretano y unirse mediante platinas internas que se interconecten en el centro (Figura 162).

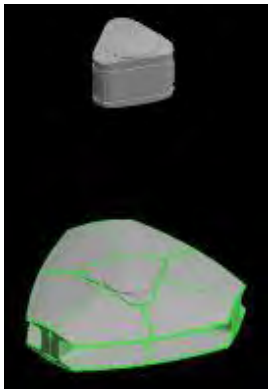


FIG.160



FIG.161

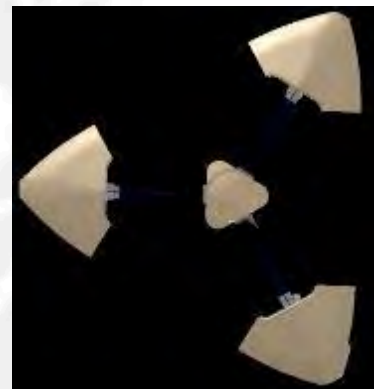


FIG.162

### 16.3 Pruebas en software CFD

Para realizar un análisis de la resistencia al avance es necesario entender el flujo que rodea al objeto y de esta forma observar la capa laminar. Esta permite determinar la resistencia residual y de fricción que se pueden generar. Para lograr esto en un túnel de viento, en la actualidad son necesarios una gran variedad de sensores además de la tradicional lámina de humo. Para ello se han desarrollado softwares que pueden simular hasta cierto punto la dinámica de fluidos y ofrecer resultados a un costo mucho menor. Dentro de ellos encontramos al Simulation CFD, un programa de la familia Autodesk que fue usado en este proyecto por su integración con programas hermanos como Inventor, Autocad y 3d Max, que son del dominio del autor. Su uso es sencillo y después de unas horas de tutoriales es posible realizar simulaciones complejas. Sin embargo, el análisis de datos se presentan a un nivel muy gráfico por lo cual, para lograr interpretaciones correctas, se requieren de las nociones vistas durante la etapa de sinergia. Estas se resumen en cinco aspectos a tener en cuenta durante los análisis:

- Superficie de arrastre.
- Desviación de flujos.
- Presión superficial.
- Cambios de velocidad (considerar casos especiales, páginas 62-63).
- Forma de la capa límite.
- Formación de turbulencias.

Se realizó una simulación de prueba al domo de la boya de la NOAA (Figura 147), que como todas las demás pruebas tendrá un viento de 30 Km/h. Sus resultados, aunque no definitivos, se presentan como una referencia. Se debe considerar, como ya se indicó, que este modelo probablemente tuvo problemas de diseño en la sección inferior que contribuyeron a su desviación durante su uso en las costas de California. Dentro de los datos obtenidos se observa la presencia de una capa laminar bastante grande considerando la dimensión del domo (Figura 163). Esto genera una reducción de la velocidad del fluido de más de un 50%, que se traduce en una resistencia al avance significativa. De forma referencial el programa indica es de 5N, considerando solo la presión del fluido (Figura 164) mas no la turbulencia generada (por lo menos esto no está especificado en el software). Sin embargo, la información presente se considera suficiente para determinar la influencia del viento.

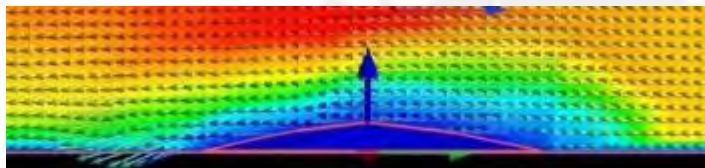


FIG.163

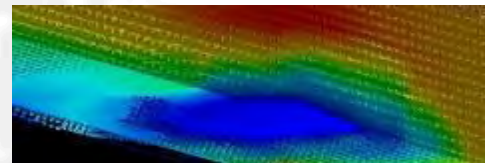


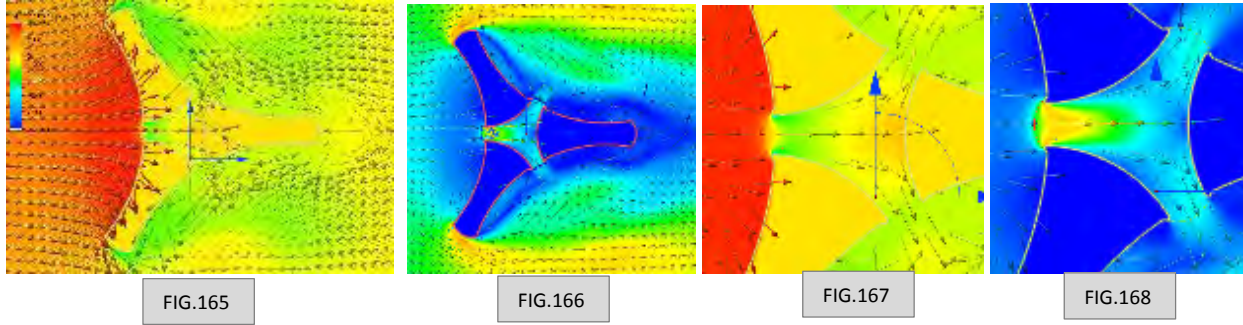
FIG.164

### 16.3.1 Muestreo de la sección inferior

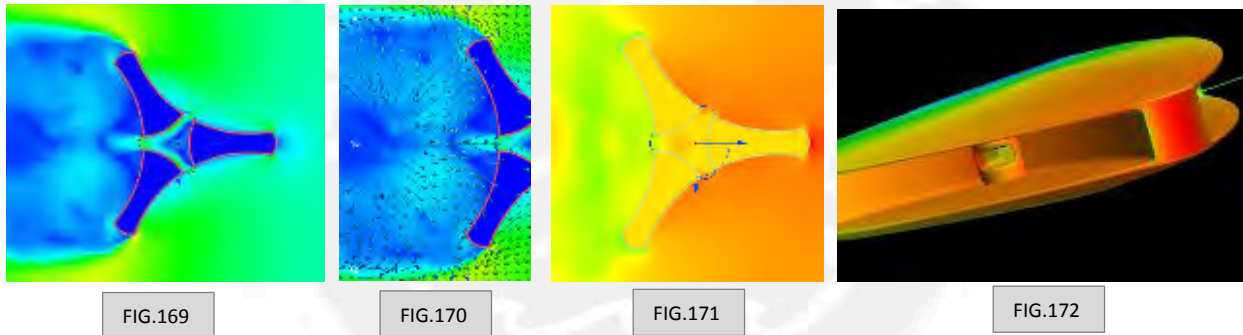
Antes de iniciar los estudios en la parte superior se realizó pruebas con el modelado 3D inferior, ya que el análisis independiente de secciones es factible y el programa lo permite. Aunque la configuración de las aspas ya estaba definida y por tanto estos resultados no cambiarán el aspecto formal, servirán de referencia a las pruebas siguientes. Estos permiten comparar los resultados de la computadora con los del túnel de viento, así como entender mejor la información de la sinergia. Para ello, se realizó dos casos como en los bocetos (Figura 130), donde se ubicó la corriente en dirección a una de las caras convexas de la boya mientras que la otra se puso en contra.

Los resultados para la primera simulación, con la corriente a favor, muestran diferentes zonas de presión con una relación inversamente proporcional a las zonas donde se presenta mayor turbulencia (Figura 165). Esto se da por la menor resistencia residual y el consecuente desprendimiento de la capa límite. De esta forma, se crea una ligera turbulencia en la contracara a la corriente que es aliviada por el acceso interno (Figura 166). Probablemente si esta capa turbulenta fuera continua provocaría los efectos de desviamientos vistos en el modelo 1 del túnel de viento (Figura 141). Por otro lado, esta zona central crea el efecto Venturi, y cumple con el principio de Bernoulli dando mayor velocidad a menor presión. Las Figuras 170 y 171 muestran las zonas centrales de mayor presión y velocidad respectivamente con los colores rojo (mayor presión, Figura 167) y amarillo (mayor velocidad, Figura 168). En cuanto a las áreas de presión en el objeto, se presentan donde se esperaban durante el

bocetado y el flujo no presenta una desviación notable, por lo que la estabilidad del objeto concuerda con las pruebas del túnel.

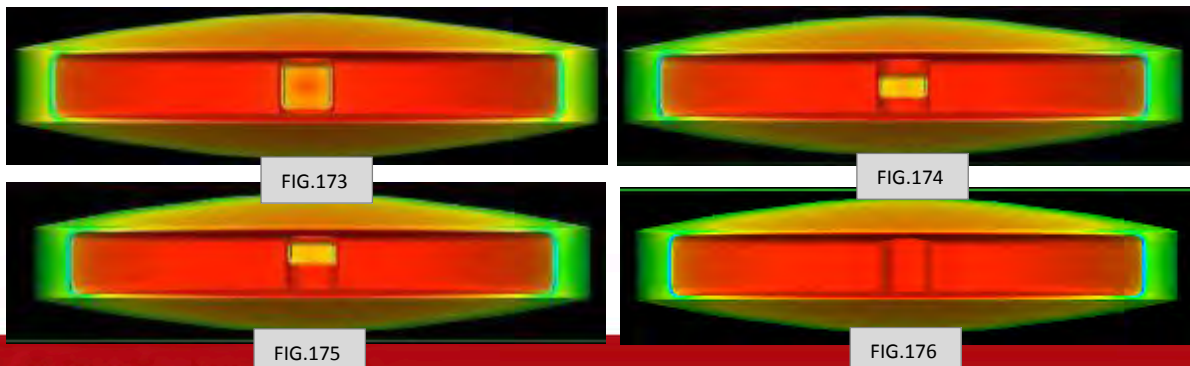


Durante la segunda simulación se muestra una desviación del flujo mayor de la esperada en los bocetos (Figura 132) y respaldan la desviación mostrada en las pruebas del túnel. La capa límite se desprende violentamente y deja una estela muy pronunciada (Figura 169). Dentro de ella se observa una gran turbulencia (Figura 170) que probablemente causa el giro y redirección del modelo. Este giro se sobrepone a un pobre empuje del flujo, ya que pese a la marcada división de presiones (Figura 171), su acción sobre las superficies es menor (Figura 172). Esto también explica el poco aumento de velocidad (flujo amarillo en la Figura 169).



### 16.3.2 Definición de la sección central inferior y tope superior

A partir de este punto el software ayudará a definir el aspecto formal del objeto y la primera decisión es acerca de la amplitud del desfogue central. Con la premisa del objeto correctamente posicionado al flujo se analizó la presión estática de las paredes de empuje. Se consideraron 3 posibles opciones: una con gran abertura (Figura 173) y dos medianas: una orientada al medio (Figura 174) y la otra al extremo (Figura 175). De esta forma se podrá determinar cuál de ellas es más efectiva. Adicionalmente se realizó una prueba a una pared sin perforación para tenerla como referencia al modelo propuesto (Figura 176).





Los resultados muestran que mientras más pequeña, la presión sobre la superficie es mayor. Pero el cambio de posición no influye significativamente. La dimensión de estas aberturas quedó establecida en 30 mm de ancho, mientras su alto varía entre 15 mm y 30mm. Esto obedece a la posibilidad de usar estos canales para el ensamble de los brazos. Por ello se decantó por la de menor tamaño y desplazada hacia la parte superior (Figura 175). De esta forma se ofrece más espacio a los componentes electrónicos y al contrapeso. Respecto al desempeño, al afrontar una corriente en popa (a favor) de 3 nudos (6 Km/h), arrojan una fuerza aplicada en las áreas rojas de 50 N en la superficie sin perforación, y de 47.5 N las secciones de menor perforación. Si bien este un dato referencial dado por el calculador de paredes del software, nos indica que la pérdida debe ser mínima a pesar de la abertura.

### 16.3.3 Desarrollo del modelo de prueba de la sección superior

La obra muerta de la boya será estudiada en esta sección y es necesario disponer de un modelo en 3D. El modelado está inspirado en algunos bocetos previos (Figura 177) que sirven de base para definir la forma final. Las correcciones se hacen directamente sobre el 3d (Figura 178) y en forma progresiva, aunque se utilizan dibujos para facilitar la comprensión de las formas y el proceso de modelado de los brazos. Algunos detalles se modificaron antes de iniciar las simulaciones debido a aspectos que no se vieron en el papel. Por ejemplo, el primero de estos cambios fue suavizar los bordes para evitar el despegue de las capa límite (Figura 179). Después se redujo la superficie de arrastre frontal y lateral (Figura 180). Se encontró que esta reducción fue excesiva en el punto central, así que se incrementó (Figura 181).

Finalmente, la ubicación de los paneles solares, genera una reducción considerable en el espesor de los brazos, que debilita la estructura ante posibles impactos o vandalismo. Por ello es necesario obtener una superficie más gruesa sin aumentar drásticamente la superficie de arrastre, dando origen a un volumen más geométrico (Figura 182). Además, un detalle que se había pasado por alto fue el aumento de volumen en el tope de la boya. Este espacio creado por los brazos para ubicar la instrumentación fue cambiado de modo que las uniones solo se integren por dentro. La Figura 183 muestra el modelo que se dispuso a probar en el software CFD retirándole previamente la carena.



FIG.177



FIG.178



FIG.179

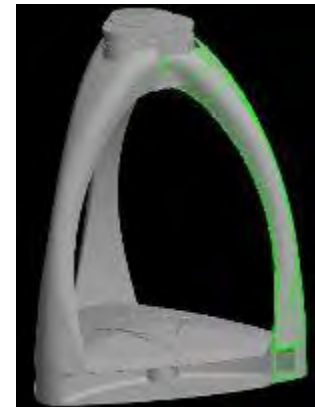


FIG.180

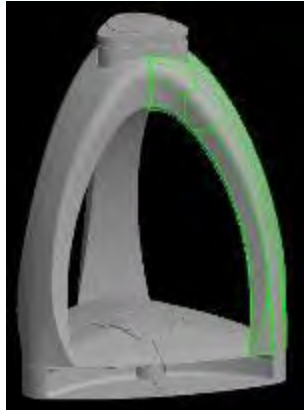


FIG.181



FIG.182



FIG.183

### 16.3.4 Proceso de muestreo de la sección superior

Para iniciar el proceso, se definieron las direcciones de referencia para los flujos. Al no ser un sólido con superficies continuas, a diferencia de la zona inferior, se considera que cada 30° se puede generar una alteración notable. En la Figura 184 se puede observar cada posibilidad con un color de flecha. Debido a la simetría de la forma, muchos de estos casos se repiten y por ello se pueden reducir a 3 situaciones en particular. Estas están enumeradas para facilitar su descripción.

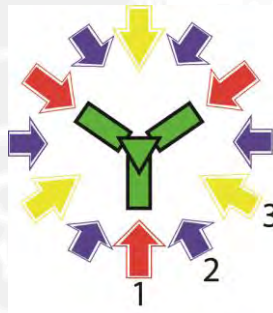


FIG.184

En el primer caso, las simulaciones muestran una gran desaceleración del viento que atraviesa al primer brazo en su sección posterior (Figura 185). Esto se debe a la superficie frontal contra el viento, cuya resistencia por fricción se manifiesta en el visualizador de presiones como una mancha roja en el panel solar (Figura 186). Así, la capa límite de gran velocidad, tras su despegue de la superficie de arrastre, forma grandes turbulencias (Figura 187) y una mayor resistencia al avance. Por su parte, en los brazos retrasados se muestra una aceleración menor pero de considerable turbulencia (Figura 188). En cuanto su perfil cóncavo interno, muestra un índice de presión casi invariable, aunque ligeramente mayor al de su exterior (Figura 189), área que no muestra una gran carga de presión. Para terminar se hizo una prueba de la carga total sobre la superficie, que arrojó un valor de 12 N.

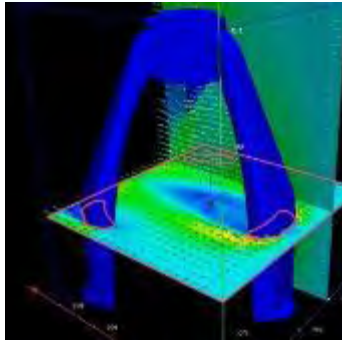


FIG.185

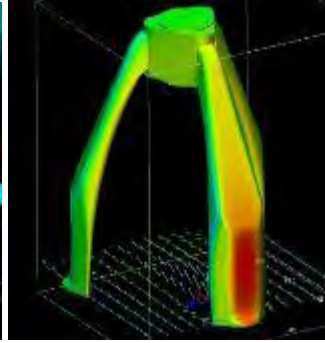


FIG.186



FIG.187

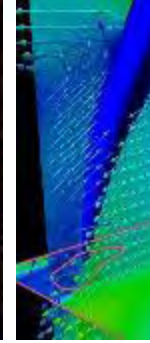


FIG.188



FIG.189

En la simulación del viento en el caso dos, se observan pocos cambios de velocidad. La interacción del fluido, con el brazo perpendicular a este, es bastante baja (Figura 190). Sin embargo, en los brazos “paralelos” existe una gran formación de turbulencia (Figura 191). Por otro lado (y como en la simulación anterior), la mayor presión está en la zona cercana al panel solar del brazo que tiene el primer contacto con el flujo (Figura 192). La zona cóncava del brazo mas retrasado muestra una superficie de arrastre prominente y reforzada por la turbulencia del brazo que está enfrente. Finalmente, el brazo paralelo al flujo también presenta una turbulencia que podría causar balanceos indeceados (Figura 193).

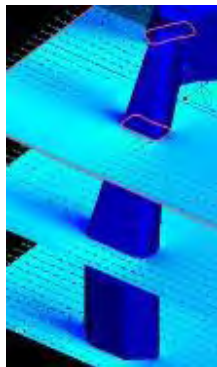


FIG.190

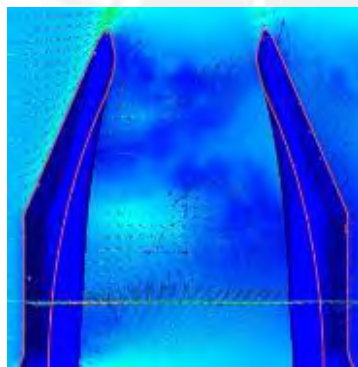


FIG.191

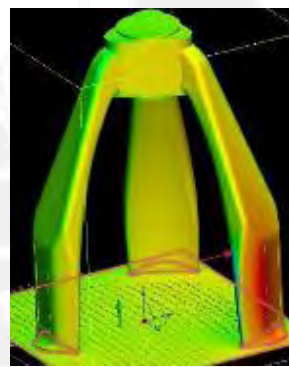


FIG.192

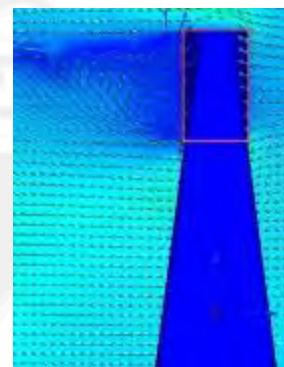
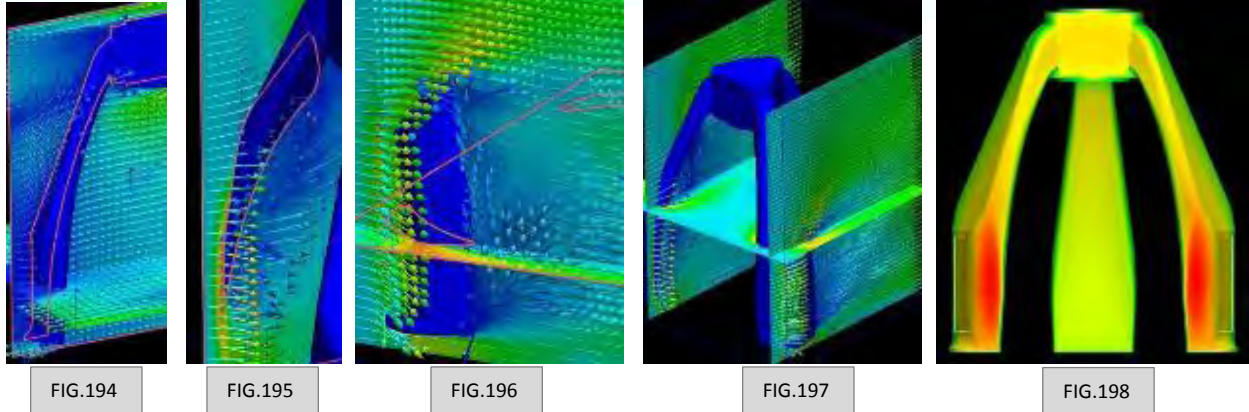


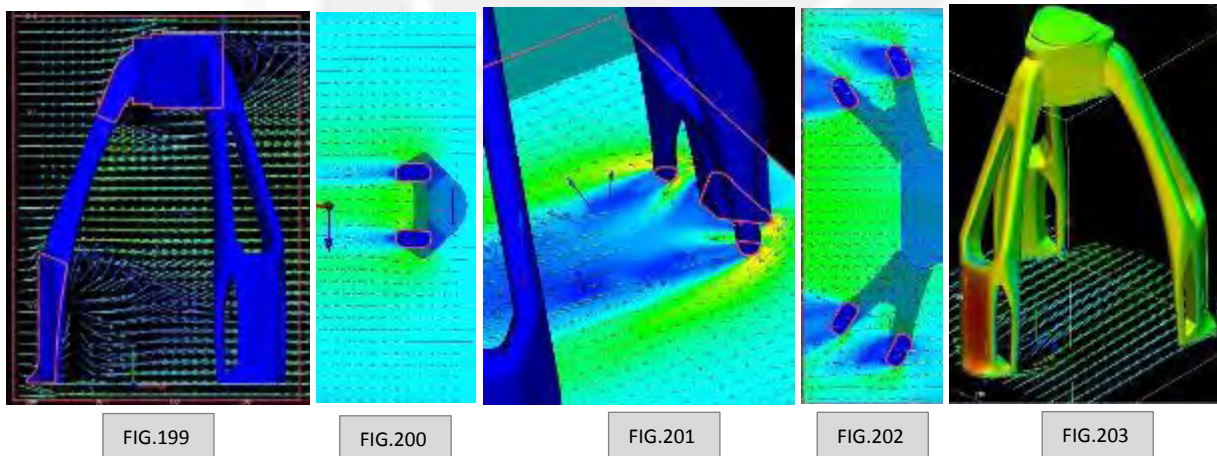
FIG.193

Finalmente en el tercer caso, con la dirección del viento a espaldas del objeto, se observa que el brazo más alejado se comporta de forma similar a la carena triangular: formando una gran turbulencia y una zona de baja presión que progresivamente se desplaza hasta el tope (Figura 194). Otro punto donde se detecta baja de presión y turbulencia, pero más ligera, es en la sección cóncava de los brazos “delanteros” (Figura 195). Esta se hace mucho más fuerte en la parte inferior final, casi en el extremo con la cara exterior (Figura 196). Como resultado, produce una desviación de flujo con un significativo aumento de velocidad sobre y debajo de los brazos (Figura 197). Además, al analizar las presiones sobre sus superficies, se encuentran dos puntos de alta presión en simetría marcados en color rojo (Figura 198), que triplican la presión ejercida en el resto de la superficie de arrastre. Si bien su dimensión y forma deberían hacerla tan influyente como las zonas rojas, la sección cóncava frontal no es la que presenta mayor presión por área. Esto probablemente se deba a que, a diferencia del modelo de la carena (Figura 176), en este caso no existen tapas que contengan el flujo y este se desvía de manera efectiva en forma vertical y se reduce la presión.



Debido a las grandes turbulencias mostradas, se decidió crear aberturas de forma que redujeran las zonas de baja presión para permitir un flujo más uniforme. Las perforaciones fueron pensadas en secciones donde no se alterara la ubicación de los componentes. No se realizaron cambios en el tope para analizar la eficiencia de los cambios del brazo. Así se evitaría recurrir a modificaciones más complejas e innecesarias. De nuevo, como en el modelo anterior, se analizaron las tres situaciones de flujo de viento.

La primera simulación (Figura 184, dirección 1), mostró una menor cantidad de zonas de turbulencia con el nuevo modelo, sobretodo en la parte posterior del brazo adelantado (Figura 199). Si bien se aumentó la velocidad del fluido, se hizo en dirección al flujo, sin crear turbulencias (Figura 200). Esto también ayudo a la parte inferior, donde los canales permitieron reducir la desaceleración y la ausencia de presión vista en el primer modelo (Figura 201). En cuanto a los brazos posteriores, estos también presentan una reducción significativa de la turbulencia y velocidad (Figura 202). A pesar de esto, en general la presión de las superficies se mantuvo muy similar a la primera prueba, uniformizándose ligeramente (Figura 203).



En las pruebas de segunda dirección de viento, las variaciones de velocidad son más notorias que en el primer caso. Sobre todo en una ligera aceleración que surge en el área superior central de la estructura y en la sección inferior exterior del brazo delantero. La primera se considera benigna, pues no cambia la dirección del flujo (Figura 204). La segunda reduce el rendimiento de la nueva abertura al evitar la nueva entrada creada para el flujo y causando una ligera turbulencia (Figura 205). A pesar de eso se observa

una notable reducción de torbellinos, sobre todo en la sección de los brazos simétricos (Figura 206). En cuanto a la presión sobre el objeto, parece no haber variado significativamente (Figura 207). Sin embargo, tras hacer una comparativa con las herramientas del software, se observa que el empuje original bajo de 11 N a 8 N, lo que significa una reducción notable.

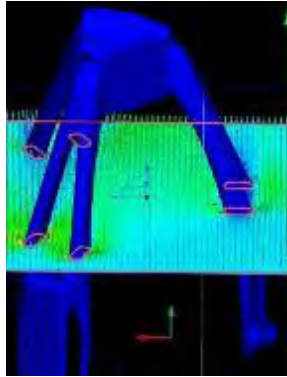


FIG.204

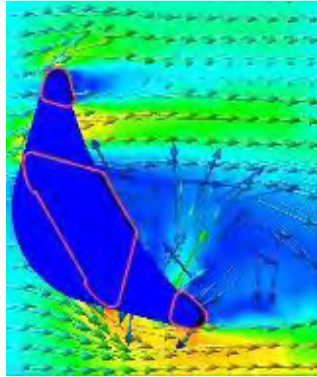


FIG.205

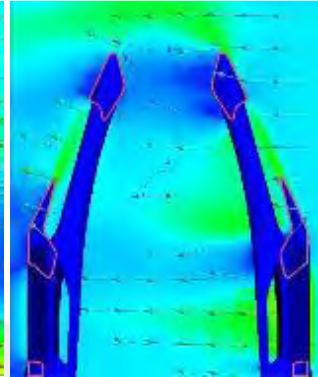


FIG.206

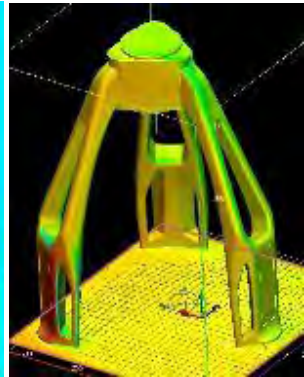


FIG.207

La última simulación realizada con este modelo (Figura 184, dirección 3) muestra una igual o mayor variación de velocidades que el modelo anterior, aunque con límites máximos menores. Además, a diferencia del primer modelo, el flujo se mantiene sin desviaciones notorias (Figura 208). Salvo en el tope, no se producen turbulencias, siendo el brazo “posterior” una de las secciones donde las áreas de presión se han reducido notablemente (Figura 209). Esto demuestra la efectividad de las aberturas y la necesidad de cambiar la forma del panel. Asimismo, al haber puntos de desfogue se podía esperar un ligero aumento de presión en la sección cóncava frontal; sin embargo esto no sucedió (Figura 210). Solo aparece, cierta remanencia de presión en los brazos paralelos. Esto se debe en gran parte al diferente “ángulo de ataque” de los planos internos externos en el desfogue en los brazos (Figura 211).

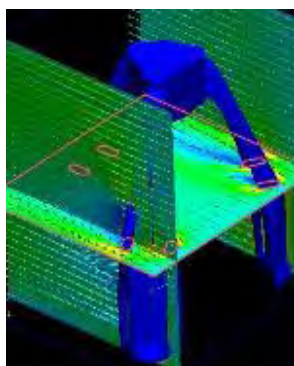


FIG.208

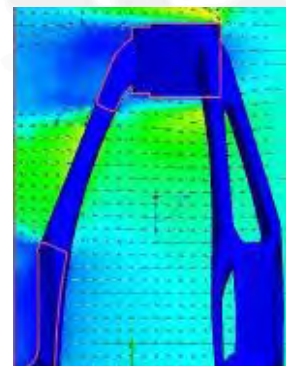


FIG.209

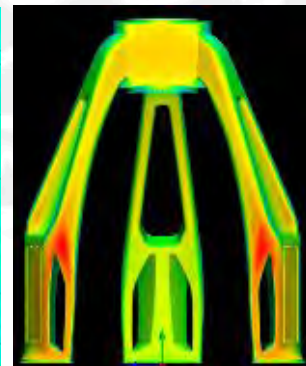


FIG.210

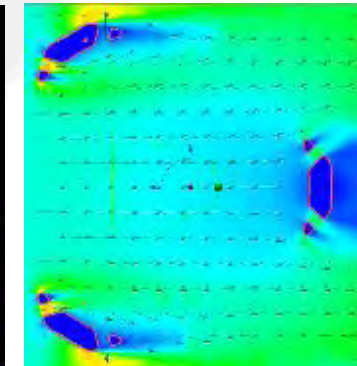


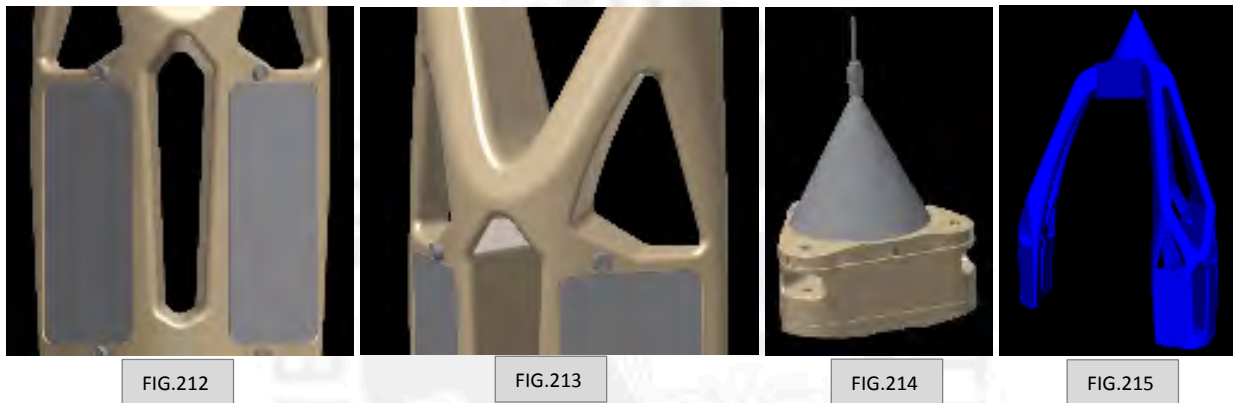
FIG.211

### 16.3.5 Definición de la sección superior

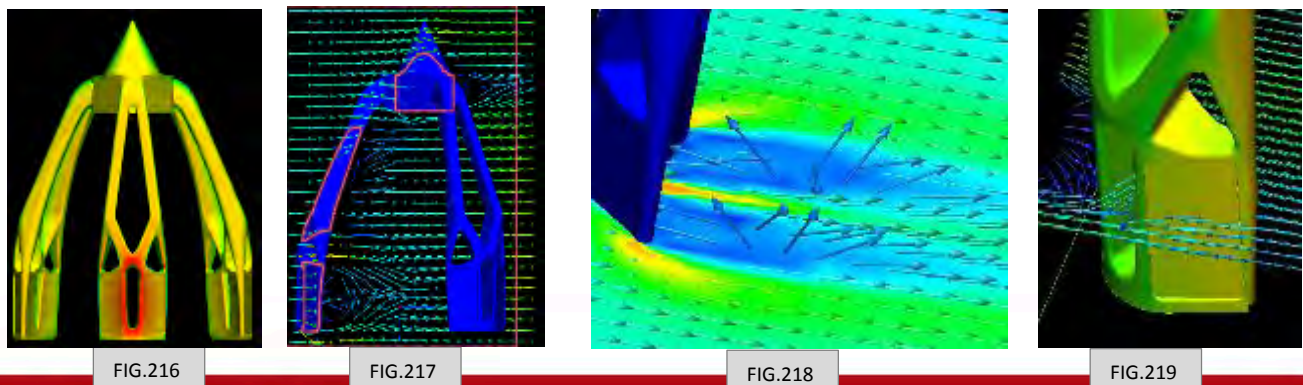
Tras estas pruebas se consideró necesario realizar cambios a la estructura, sobre todo en la zona de paneles solares, pues el viento frontal representa una gran carga aerodinámica (Figuras 186 - 203). El empuje o presión en la zona de los paneles solares es causado por la resistencia de fricción, y para reducirla se debe lograr un aumento en la velocidad de la capa límite. No obstante, se debe evitar a toda

costa la formación de turbulencia que se puede provocar por su desprendimiento. De lo contrario solo se habrá desplazado la fuerza al arrastre. La inclusión de aberturas en distintas zonas dio resultados positivos en este aspecto y por ello se mantuvieron.

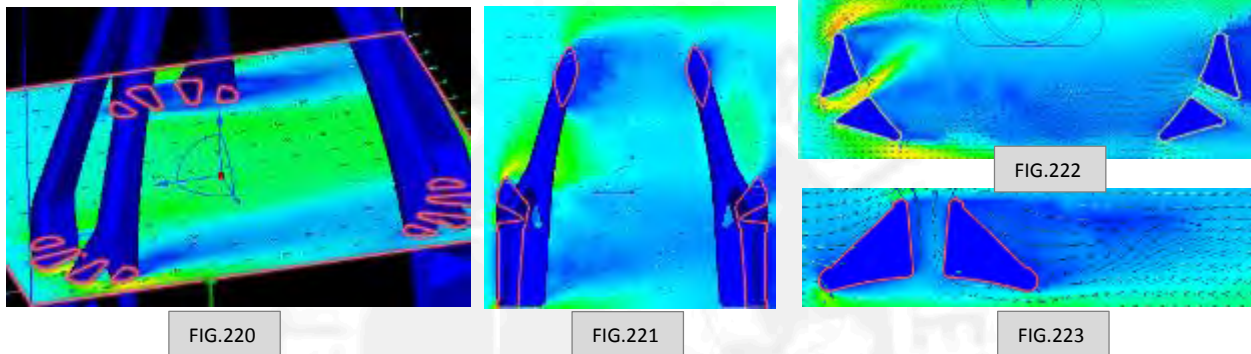
Dividir la zona de paneles solares redujo el espacio que ocupaba cuando los paneles estaban montados uno sobre otro (Figura 212). Esto permitió recuperar la forma “original” de los brazos. Si bien en los casos de viento 2 y 3 (Figura 184) esto crea o aumenta la superficie de arrastre, se pensó unir las aberturas laterales en una sola (Figura 212) para tener un desfogue que ayude en ambas situaciones. Además se crean dos nuevos desfogues (Figura 213) donde se habían advertido cargas de presión altas (Figuras 198- 210). Para concluir, a costo de dejar de usar un componente 100% igual al de la sección inferior, se redujo las dimensiones del tope superior (Figura 214) y se adicionó a la simulación el reflector de sonar, que fue cubierto con una placa de acrílico cónica. Esta no afecta su desempeño y presenta una forma simétrica de bajo arrastre (Figura 215).



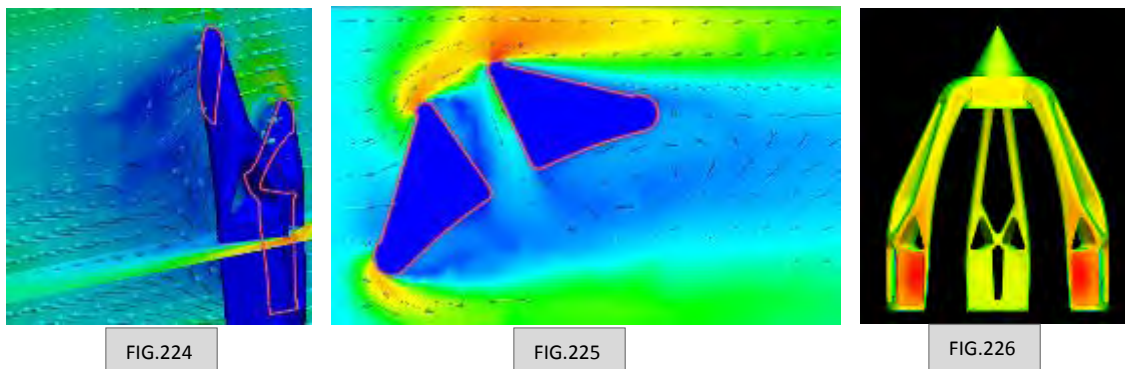
Una vez más se realizaron pruebas en los tres casos posibles de viento. Los resultados para el caso 1 (Figura 184) indicaron que la zona de mayor presión se redujo considerablemente (Figura 216), al igual que la turbulencia formada detrás del primer brazo (Figura 217). En general, se obtuvo mejores resultados que con el modelo anterior (Figura 199), probablemente por un mayor desplazamiento del flujo en la abertura central (Figura 218), lo que estabilizó la turbulencia inferior central. Los brazos posteriores también se comportaron mejor. La perforación central permitió un mejor acceso al flujo de la cara convexa y el perfil agudo de las caras con los paneles permitió la formación de una capa límite laminar (Figura 219). Lamentablemente la cara posterior presenta la formación de una mediana turbulencia, aunque no tan alta como en las primeras pruebas (Figura 188). Finalmente, el simulador indico un empuje sobre el objeto de 6 N, por lo que su desempeño es similar al del domo de la NOAA (5 N), pese a su notoria mayor dimensión. Cabe señalar que es poco probable aquella boya haya sufrido desviaciones por el viento, sino más bien por un diseño inadecuado de la carena.



En el segundo caso se observa un ligero aumento en la aceleración del flujo en el centro de los brazos (Figura 220), así como una reducción mucho mayor entre los brazos paralelos (Figura 221). Esta presenta ligeras desviaciones de flujo y es causada por el desprendimiento de la capa límite del brazo “delantero” (Figura 222). La estela dejada es mucho más amplia que en el modelo anterior (Figura 205). Si se considera además que el tercer brazo también crea una turbulencia mayor (Figura 223), es lógico afirmar un aumento del arrastre. Por ello se compararon resultados de la fuerza aplicada sobre la superficie con el modelo anterior mediante las herramientas del software. Los datos indicaron una reducción en el empuje de 8 N contra 7 N para el nuevo modelo. Si bien no se puede asegurar que sean datos exactos, en el simulador este modelo tiene un mejor desempeño con este tipo de flujo. Además, igual que con el modelo anterior durante las pruebas del segundo caso, las apariencias pueden engañar. Aunque se muestra una gran variación en las velocidades, estas no implican un efecto significativo en las presiones o turbulencias.



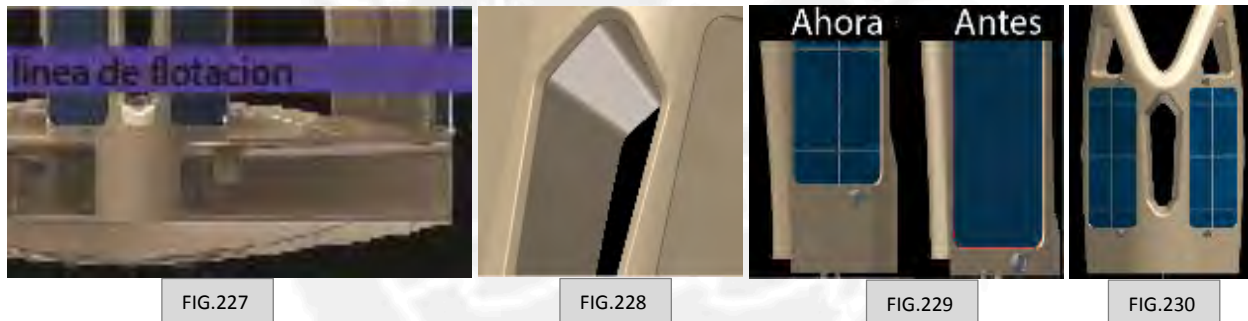
En el tercer caso, con el viento en contra, se nota un aumento significativo de turbulencia tras los brazos paralelos (Figura 224). Si bien son mayores que en modelo anterior (Figura 211), no llegan a ser tan altos como en el modelo sin perforaciones (Figura 195). Esto se debe a que el acceso central no llega a canalizar un flujo, ya que es cubierto por el desprendimiento de una capa límite a mayor velocidad (Figura 225). Por otro lado, los cálculos indican que el empuje superficial se ha elevado de 8.5 N a 9.6 N en el modelo actual. Esto es comprensible, ya que la zona de presión máxima se ha ampliado ligeramente (Figura 226). Debido a ello, esta dirección del viento, contra la corriente a 30° o en popa, ofrece la mayor resistencia para este modelo. Sin embargo, como se vio en el contexto, el viento mas frecuente en la corriente costera peruana se halla entre los 40° y 70° a favor de la corriente. Esta nueva forma tiene un desempeño bastante superior en esta nueva forma.



## 17 Definición de la propuesta final

Tras definir las dos secciones de la boya (carena y obra muerta), se realizó su unión y se encontró que la línea de flotación cubría una ligera parte de los paneles solares en los brazos (Figura 227). También se ajustó los pesos y centros de gravedad, por ello el modelo final ha recibido ligeras correcciones. Entre ellas están:

- Bordes de las entradas mucho menos redondeados (Figura 228) para favorecer el acceso del viento en situaciones de viento en contra a  $30^\circ$ , como la mostrada en la figura 225.
- Los paneles solares se han elevado mucho más (Figura 229) para evitar que queden sumergidos de forma permanente o en caso de cabeceo ligero.
- Del mismo modo la abertura inferior central redujo su largo (Figura 230) para evitar sumergirse constantemente y crear interacciones inesperadas aire-agua.
- Finalmente se sumaron los componentes electrónicos para ajustar las propiedades de equilibrio y flotabilidad. Así, se encontró necesario reducir el centro de gravedad de la obra muerta mediante la reducción de la altura del tope hasta el mínimo permitido por las cámaras (210 mm).



El resto de componentes se mantiene tal como se desarrolló en el transcurso del proyecto. No se requiere nuevas pruebas en el CFD, pues tomando en cuenta el estudio por secciones mencionado (Sosa, 2007), podemos considerar que las pruebas realizadas son válidas. Además, dada la ligera reducción de la superficie de arrastre, se puede afirmar que el desempeño aerodinámico de la sección superior será mejor del indicado.

### 17.1 Componentes modulares

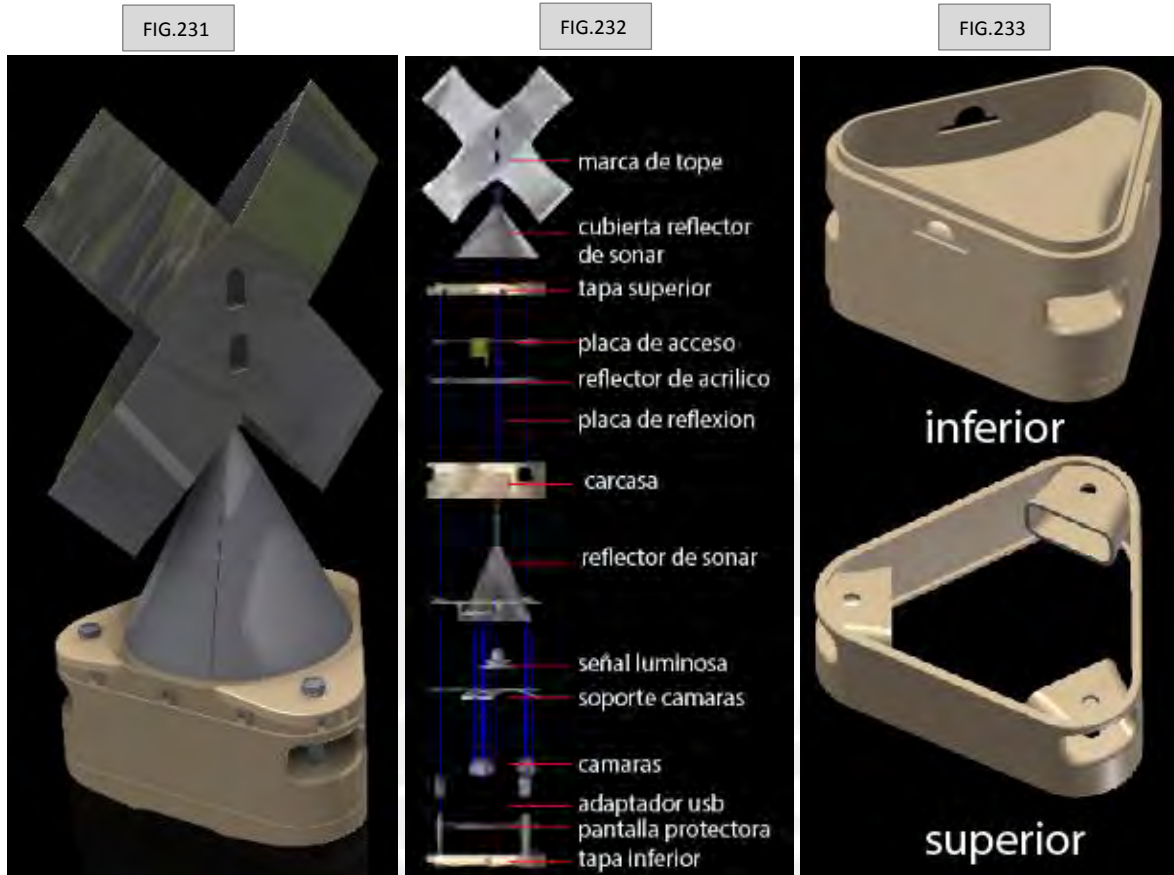
Ya que el proceso de roto-moldeado puede resultar un tanto costoso, se ha planteado el uso de piezas modulares que reduzcan el costo de su fabricación. Todas se plantean como piezas de polietileno de alta densidad, huecas con paredes de un grosor de 2.5 mm y rellenas de espuma de poliuretano. De esta forma se logra un alto índice de flotabilidad y resistencia. Añadiendo las piezas electrónicas internas, los componentes que dan forma al producto se pueden dividir en:

- Tope de obra muerta



- Cuerpo central de carena
- Brazos de obra muerta
- Aspas de carena

17.1.1 Tope de obra muerta



El tope (Figura 231) por ser la estructura más elevada de la boya, contiene los elementos de señalización como la marca de tope, luces y reflector de sonar. En la Figura 232 y en los planos de preproducción (anexos) se observa la forma en la que están ubicados los componentes comerciales y cómo son ensamblados uno encima de otro. Se aprovecharon las aberturas para servir de anclaje a los brazos, los cuales se atornillan por dentro (Figura 233). Por ser la pieza con mayor carga aerodinámica, se trató de reducir sus dimensiones al mínimo. Por ejemplo, la señal luminosa está ubicada dentro del reflector de sonar aprovechando el espacio piramidal interno. Además este se ubica a mitad de la estructura, pues puede ser cubierto por plásticos. Su peso total es de 700 g y está formado por los siguientes componentes:

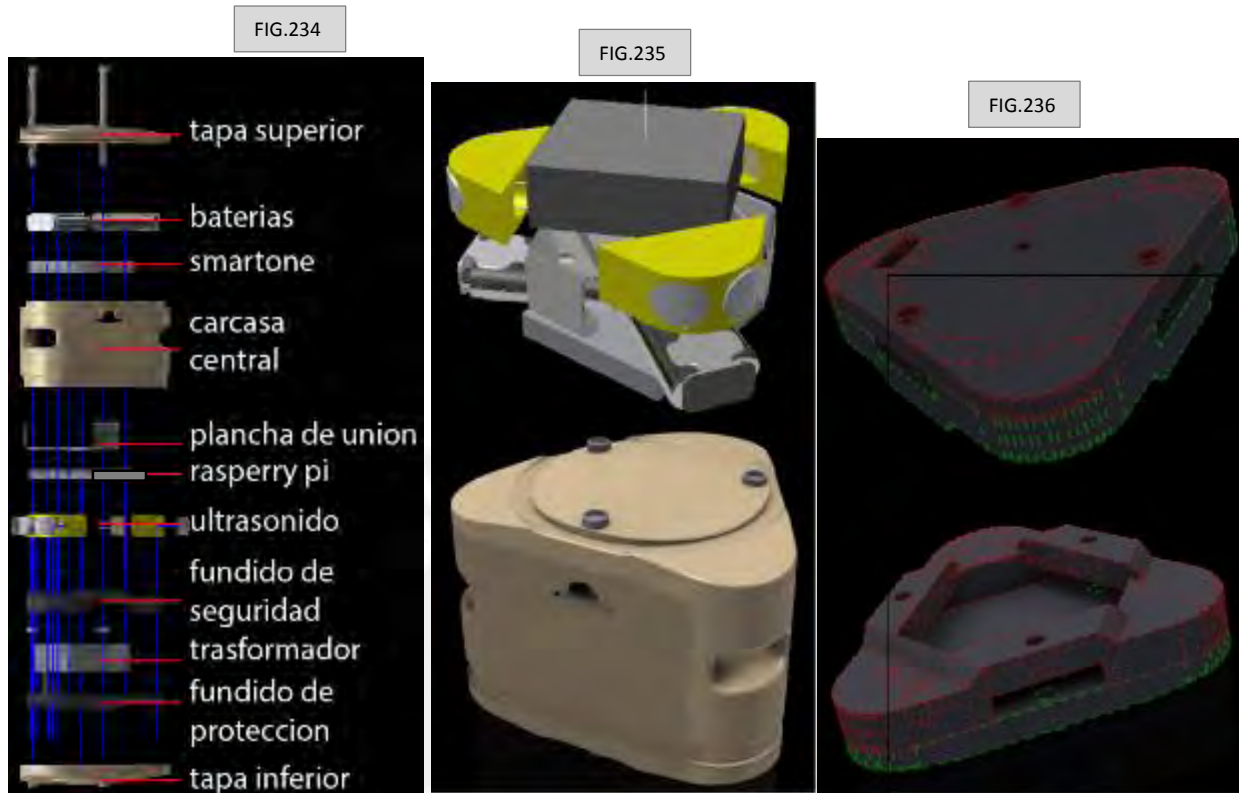
1. **Marca de tope en "x".-** Hecha en plástico PPS (polisulfuro de fenileno) de color amarillo, es bastante usual en talleres de termoformado como material para letreros de publicidad.
2. **Cubierta de reflector de sonar.-** Una forma cónica de acrílico termoformado pintado en negro y relleno de espuma para sellarlo "herméticamente".
3. **Tapa superior.-** Similar a la tapa inferior. La única diferencia son los canales para la salida de iluminación, que no se incluyen en la sección inferior. Pueden ser maquinadas o moldeadas.

4. **Placa de acceso.**- Contiene un candado soldado y pernos con los que se cierra la tapa superior.
5. **Reflector de acrílico.**- Pensado para realizarse en *router* CNC, ya que coincide con los anclajes de la señal luminosa y con espacio para la ubicación de los pernos de la placa de ensamble inferior
6. **Placa de reflexión.**- Hecha en plástico PPS. Pintada en material reflectante, aumenta la fuerza del reflector.
7. **Carcasa central.**- Fue pensada como un componente modular para integrarse en la sección inferior (Figura 231). Sin embargo, al tener que reducir su dimensión para crear menor arrastre y peso, se ha modificado ligeramente. Por ello se puede fabricar por dos medios: se puede usar parte del molde de roto-moldeado y modificarlo ligeramente o maquinar una pieza estándar (Figura 233).
8. **Reflector de sonar.**- Hecho con planchas de metal galvanizado o acero inoxidable soldadas al eje de la marca de tope y a la placa de seguridad.
9. **Placa de seguridad.**- Contiene el ensamble del candado y las roscas de los pernos que aseguran la tapa inferior. No es accesible si no se retira la placa de candado que se halla sobre él, por lo que virtualmente garantiza la seguridad de todo el conjunto.
10. **Señal luminosa.**- Dentro del modelo pensado, bastaría con cortar la conexión directa a la batería y ya se puede instalar.
11. **Soporte de cámaras.**- Una plancha de plástico PPS doblado que aloja a las mini cámaras y les proporciona el ángulo adecuado para el enfoque. Se mantiene estable y a la vez da rigidez a la placa de seguridad por los topes de plástico y los pernos secundarios.
12. **Topes plásticos.**- Tarugos perforados que son atravesados por los pernos que forman presión entre la pantalla protectora y el soporte de cámaras.
13. **Pantalla protectora.**- Hecha en acrílico de 5 mm. Posee amplios labios y perforaciones para los pernos de la tapa inferior que evitan cualquier intento de extracción.
14. **Tapa inferior.**- Muy similar a las tapas del cuerpo central de la carena, pueden ser maquinadas pues solo requieren de la perforación central

Las imágenes inferiores muestran el modelo ensamblado sin la carcasa central ni la tapa superior.



## 17.1.2 Cuerpo central de carena

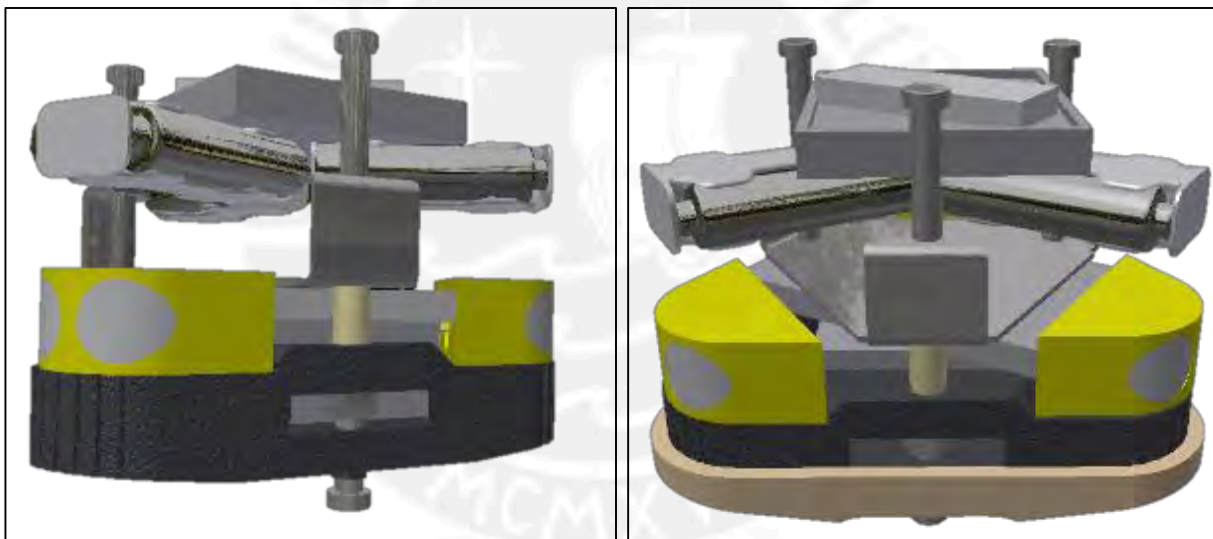


La estructura central inferior contiene casi todos los componentes electrónicos, como se indica en la figura 234. Estos están atornillados con pernos galvanizados y de cabeza plastificada. Cuenta además con aperturas extras (Figura 235) para el ingreso de cables y las conexiones de las aspas modulares a la plancha de unión. También contiene la pieza más importante de equilibrio del conjunto, el contrapeso. Este se compone de dos secciones (Figura 236) que juntas forman el sistema de cerrado con cerrojo. Si estuviera hecho con hierro fundido, el programa aproxima un peso de 1.2 Kg. Con ello, el cuerpo central inferior logra un peso total estimado de 2.1 Kg. Las piezas que componen este peso son:

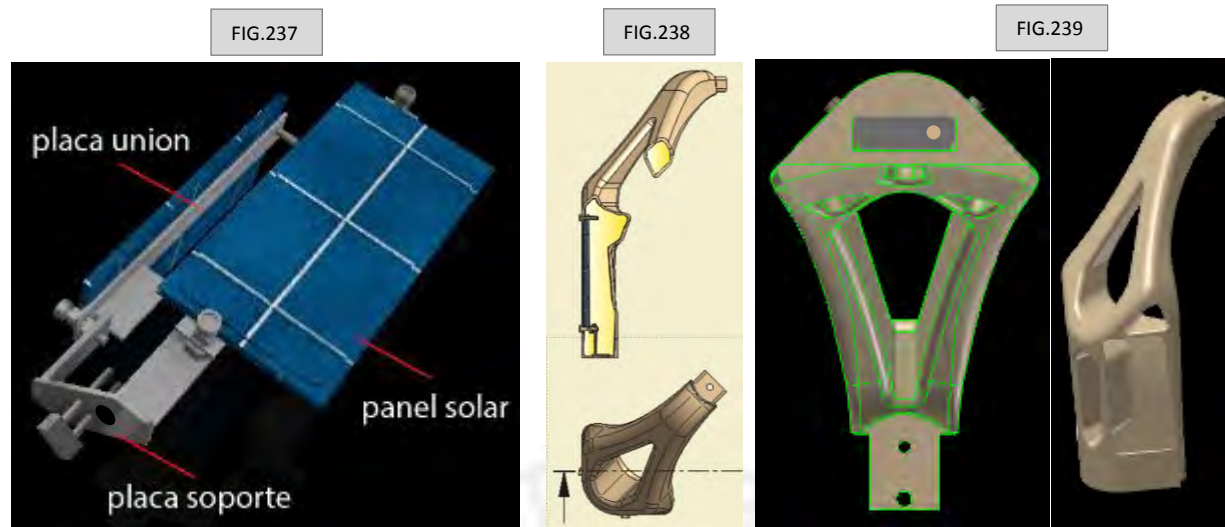
1. **Tapa superior.-** Similar a las usadas en el tope de obra muerta.
2. **Adaptador USB.-** Componente necesario para el funcionamiento de las 3 cámaras.
3. **Baterías.-** Ubicadas dentro de sus soportes plásticos estándar, se unen con adhesivo a los canales internos de la carcasa central y sirven de soporte inferior a la placa del smartone.
4. **Smartone.-** Extraída de su carcasa original y conectada al Rasperry pi B. Sus dimensiones aproximadas son de 63 x 70 x 10 mm.
5. **Carcasa central.-** Esta estructura es muy parecida a la del tope de la obra muerta (Figura 233). Si las aperturas específicas para la sección inferior son maquinadas después (Figura 235), se puede considerar esta pieza como estándar. Dispone de labios que lo cierran de forma hermética.
6. **Plancha de unión.-** Esta plancha cortada y doblada sirve para ensamblar las platinas de las aspas de la carena con los tornillos que ajustan la tapa superior.
7. **Topes plásticos 2.-** Tarugos perforados que presionan la plancha de unión contra los canales de acceso de flujo para servir de apoyo al fundido de seguridad.

8. **Raspberry pi modelo B.-** Rodeado de los sistemas de ultrasonido, está atornillado a la plancha de unión.
9. **Ultrasonido.-** Son 3 juegos de componentes en cada vértice de la carcasa central. Contienen los sensores de emisión y recepción rodeados por una cobertura de poliuretano expandido que evita la formación de ecos dentro del cuerpo central, y una pieza metálica maquinada sólida que traslada directamente el sonido a la pared exterior de la carcasa.
10. **Fundido de seguridad.-** Similar a un anillo. Soporta a los *pack* de ultrasonido y a las roscas de los tornillos que ajustan la tapa superior. Es la primera sección del contrapeso con 520 g.
11. **Transformador.-** Rodeado por el fundido de seguridad y apoyado en un piso micro poroso que lo aísla del fundido de protección.
12. **Fundido de protección.-** Con un peso de 680 g, es la parte inferior del contrapeso y contiene el candado que se ensambla al fundido de seguridad. Dispone de pernos soldados o maquinados para cerrar la tapa inferior.
13. **Tapa inferior.-** Idéntica a la tapa superior.

Las imágenes inferiores muestran el modelo ensamblado sin la carcasa central ni las tapas superior e inferior.



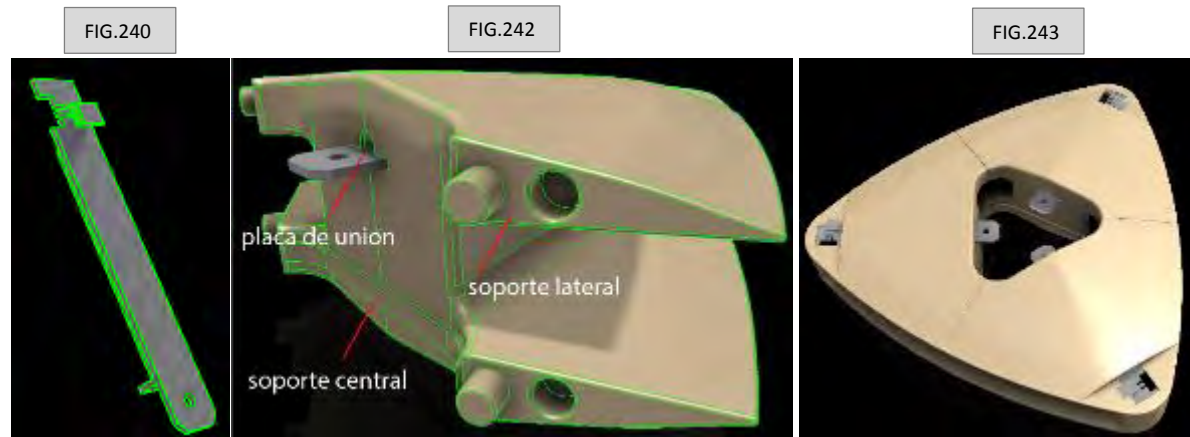
### 17.1.3 Brazos de obra muerta



Esta sección sufrió ligeras modificaciones después de las pruebas con el software CFD. Los componentes electrónicos no dieron problemas ya que solo contiene el panel solar, el cableado y refuerzo metálico que evita su movimiento (como se ve ensamblado en la Figura 237). Dado que es una parte que está expuesta a sumergirse fácilmente, no basta con sellar los paneles y ajustarlos firmemente. Debe estar relleno de poliuretano expandido (Figura 238). Al hacerlo se tapanía la entrada de componentes inferior (Figura 239) e impediría la extracción de los paneles en caso de necesitar reparación, convirtiéndolos en piezas descartables. Sin embargo, la expectativa de vida de un panel a pleno sol es de unos 30 años (Solar 2000 conference, 2000:4), por lo que no se considera un problema real. Además, si se considera conveniente, se puede rellenar la mitad inferior de los brazos con esferas de poliestireno expandido fáciles de retirar. En este caso se debe considerar una reducción sustancial del peso actual, pues tras revisar el volumen arrojado por el software se estima que el poliuretano expandido de la marca Silka en spray con una densidad de  $0.02 \text{ g/cm}^3$  tiene un peso de 8 g. El peso total de cada brazo brazos es de 250 g y se obtiene de la suma de los siguientes componentes:

1. **Carcasa.-** Totalmente hueca. Tiene un peso de 125 g. Los componentes electrónicos se introducen por la base inferior. Cuenta con 4 perforaciones para ajustar los paneles y 2 en la sección superior para ensamblar el tope. La base tiene una forma específica que encaja con las aspas de carena.
2. **Paneles solares.-** Con un peso de 1.8 g por brazo, se fijan mediante la placa de soporte atornillada a la carcasa, aunque deberían estar pegados con silicona para inmersión (usada en peceras) para evitar cualquier filtración. Se descartó el uso de una pantalla protectora para no aumentar el índice de reflexión.
3. **Placa de soporte.-** Hechas con platina de  $1/2''$ , se les ha soldado topes que limitan el movimiento a los paneles que se apoyen en ellas. Junto a la placa de unión tiene un peso que ronda los 115 g.
4. **Placa de unión.-** Hecha con la misma platina, posee dos extensiones con roscas para fijarse a la carcasa mediante los pernos inferiores de los paneles. Cuenta además con un apéndice pensado para la unión con las aspas de carena y una perforación para el paso de cableado y posterior ubicación del conector eléctrico.

17.1.4 Aspas de carena



Las aspas de la carena no contienen ningún elemento electrónico. Solo tienen en su interior sus conectores metálicos (Figura 240) y poliuretano expandido, dando un peso total de 385 g cada una. Los pesos individuales de referencia son:

1. **Carcasa.-** El peso de la carcasa hueca es 200g. Están rellenas de poliuretano expandido (como las usadas con spray en talleres automotrices) que tienen una densidad aproximada de 0.1 a 0.08 g/cm<sup>3</sup>. Al rellenar con espuma el espacio sobrante de la placa de unión, se suma cerca de 21.6 g al peso. Cuenta con un canal interno (Figura 241) que sirve de soporte al cuerpo central de la carena y pines laterales que refuerzan su ensamble entre ellos (Figura 243).
2. **Placa unión.-** Tiene un peso aproximado de 25 g en platina de 1/8" y sirve de ensamble entre los brazos y las aspas. Se fija por medio del canal de salida de la carcasa al cuerpo central y una solapa de 1/16" en la base de los brazos.

17.2 Ensamblaje

Debido a la variedad de componentes comerciales y a las características de la industria local se considera un proceso de ensamblaje manual por la empresa que planea su fabricación. Al delimitar el aspecto formal de la carcasa, se tomó en consideración los aspectos del ensamblaje en distintos bocetos (Figura 244). Definida la configuración final, se tuvo claro la forma en que se ajustarían los elementos.



FIG.244

El proceso de ensamblaje sigue un orden rígido que, de no seguirse correctamente, hace imposible fijar toda la estructura. Esto fortalece la seguridad del conjunto en caso de vandalismo y lo vuelve más resistente a los impactos que pueda sufrir en el entorno. La secuencia establecida dicta la unión de cada brazo de obra muerta con su respectiva aspa de carena. Después, de forma simultánea, se unen los tres brazos y aspas al tope de obra muerta y cuerpo central de carena. Luego son empernados, y la única forma de desarmarlo es abriendo los dos cuerpos protegidos con cerrojos. Las imágenes siguientes (Figura 245) muestran las etapas de ensamblaje usando los componentes descritos anteriormente.

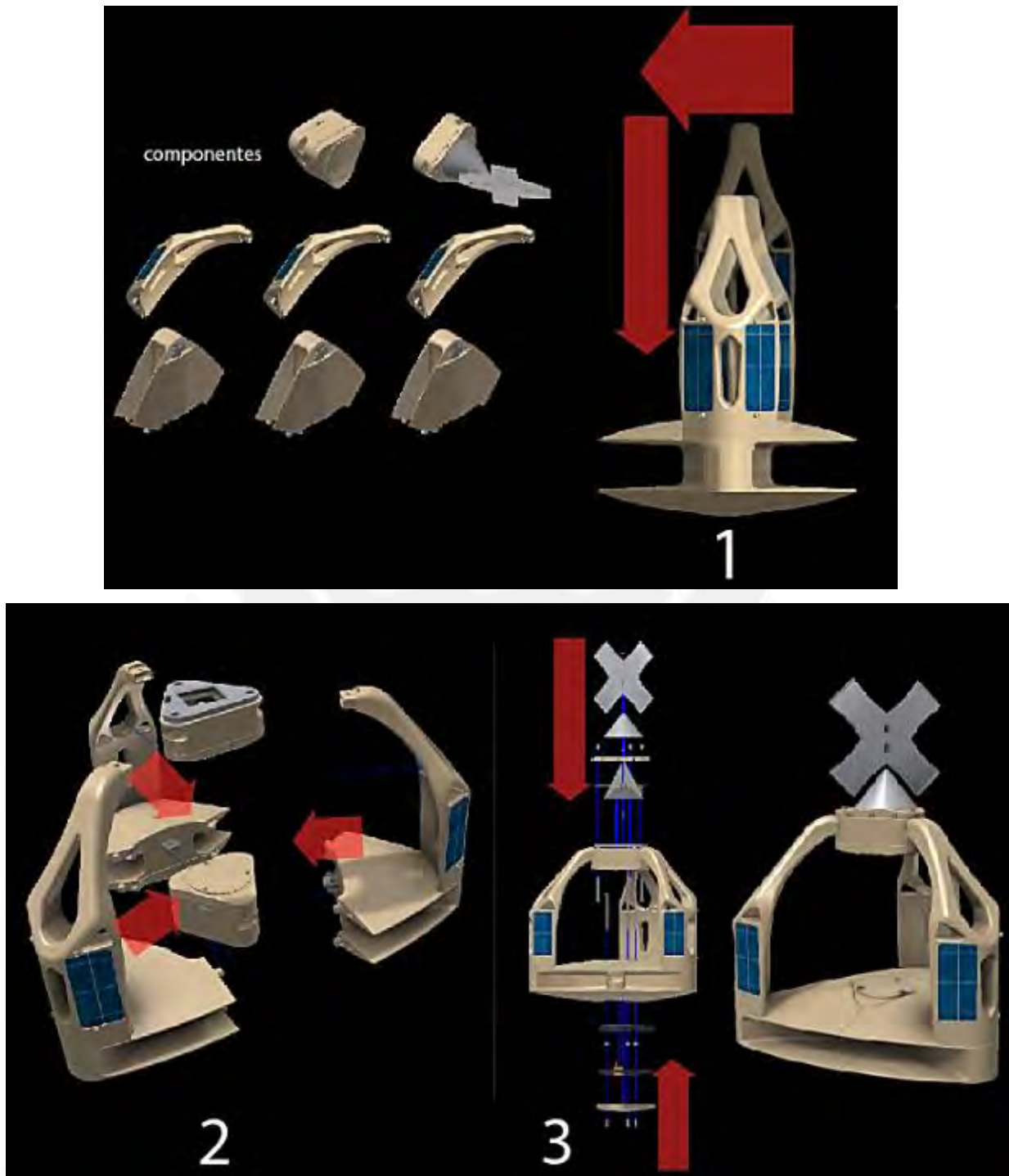


FIG.245

### 17.2.1 Circuito eléctrico

Para realizar la conexión eléctrica, los cables de los brazos y aspas se instalan antes de realizar el llenado del poliuretano expandido, dejando conectores libres en cada extremo. Estos pueden ser tipo espada FDD, RCY o tamiya (Figura 246, siguiendo el mismo orden). Su elección depende de la disponibilidad al momento de fabricación. Seleccionado el conector, la ruta de la instalación nace en el tope de la obra muerta, donde se liberan 3 grupos de cables de la luminaria y el adaptador conectado a las 3 cámaras. Estos se conectan a cada brazo por el acceso interno dentro de los canales de acceso de flujo (Figura 247). Después de descender por cada brazo se suman al cableado de los paneles solares. Luego se conectan al cableado de las aspas de carena formando un circuito similar al de la Figura 248. Una vez conectados, son guardados en los espacios libres dentro de cada ensamble (Figura 249). Finalmente, dentro del centro de la carena se dispone de espacio para conectar los distintos componentes electrónicos que se hallan dentro y los cables que ingresan desde los tres accesos.



FIG.246



FIG.247



FIG.248

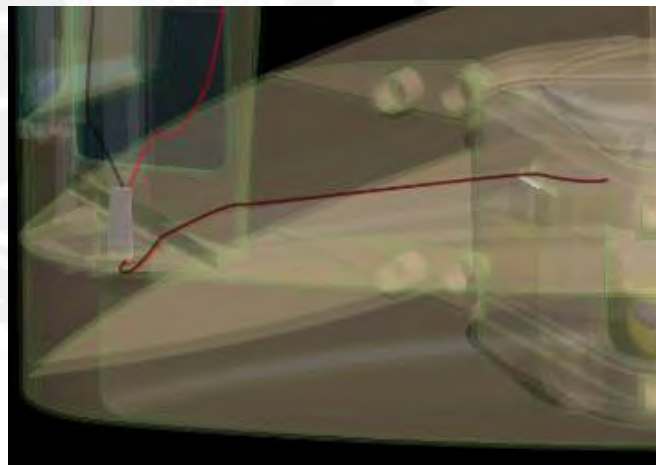


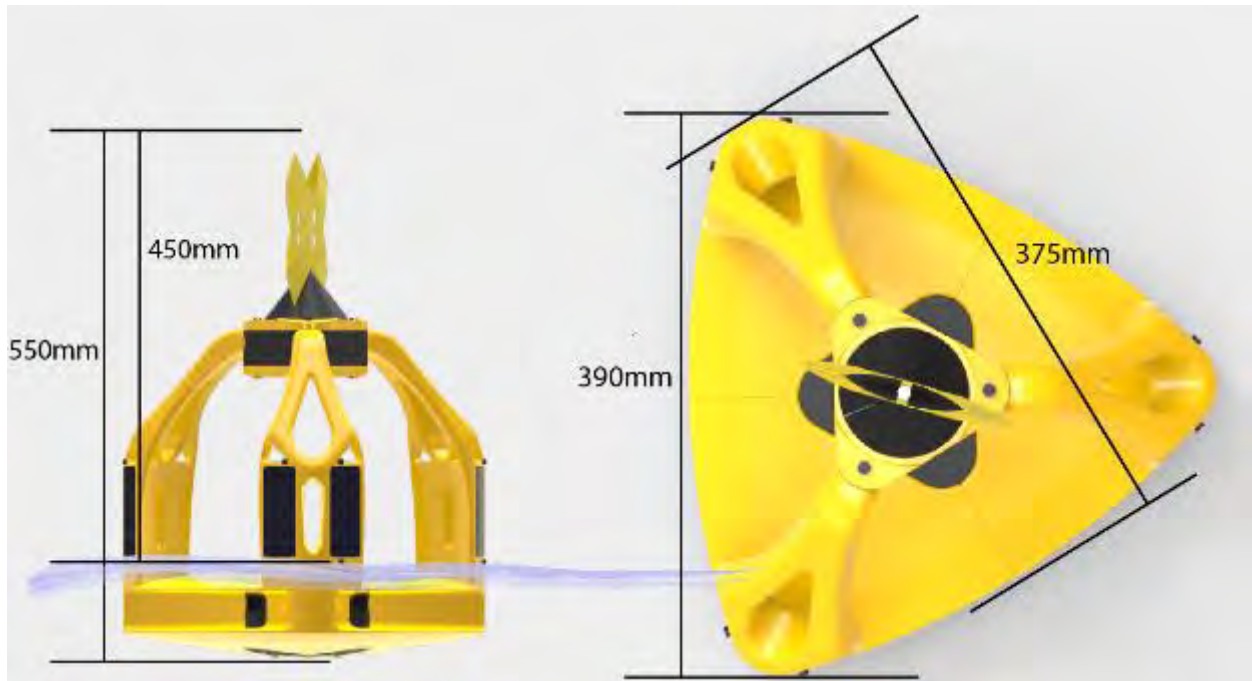
FIG.249

### 17.2.2 Dimensiones y peso finales.

El modelo ensamblado tiene una altura de 550 mm desde la base hasta el final de la aspa, y de 450 mm desde la línea de flotación. Por ende, la carena tiene una profundidad de 104 mm con un largo alineado a una zona cóncava de 390 mm y un ancho de 375 mm. Estas dimensiones (Figura 250) le permiten desplazarse dentro de la zona costera sin riesgos de varamiento y con una altura suficiente como para ser percibida por embarcaciones cercanas.



FIG.250



El peso total de la boya es de 4.7 Kg. Este peso no es fortuito ni fue el se obtuvo inicialmente. Fue necesario el remplazo y cambio de materiales hasta lograr el peso óptimo durante el delineado del producto. Así, la línea de flotación se establece en el punto mas alto de el centro de carena. Cabe señalar que se ha dejando un peso libre de 200 g para el cableado. Si fuera necesario se puede aumentar el peso máximo del contrapeso hasta los 4.9 Kg para no afectar el equilibrio.

La estabilidad se ha proyectado con la ayuda del profesor Alencastre, estableciendo el diagama de fuerzas en la Figura 251 (similar al mostrado en la Figura 117). Para aplicarlo, se establecieron los pesos generales de la sección flotante y la seccion sumergida; y la distancia de su centro de gravedad a la línea de flotación. En el caso de la carena y de la parte de los brazos sumergida, el peso es de 3.37 Kg con un centro de gravedad inmerso a 58 mm. Por otro lado, la sección de la obra muerta está establecida en 1.33 Kg con un centro de gravedad establecido a 130 mm. Así se puede estimar que el trabajo (fuerza por distancia) de inmersión para le seccion flotante ( $13.3 \text{ N} \times 130 \text{ mm} = 173 \text{ mJ}$ ) siempre es menor que el de la sección de la carena ( $32.7 \text{ N} \times 58 \text{ mm} = 189 \text{ mJ}$ ).

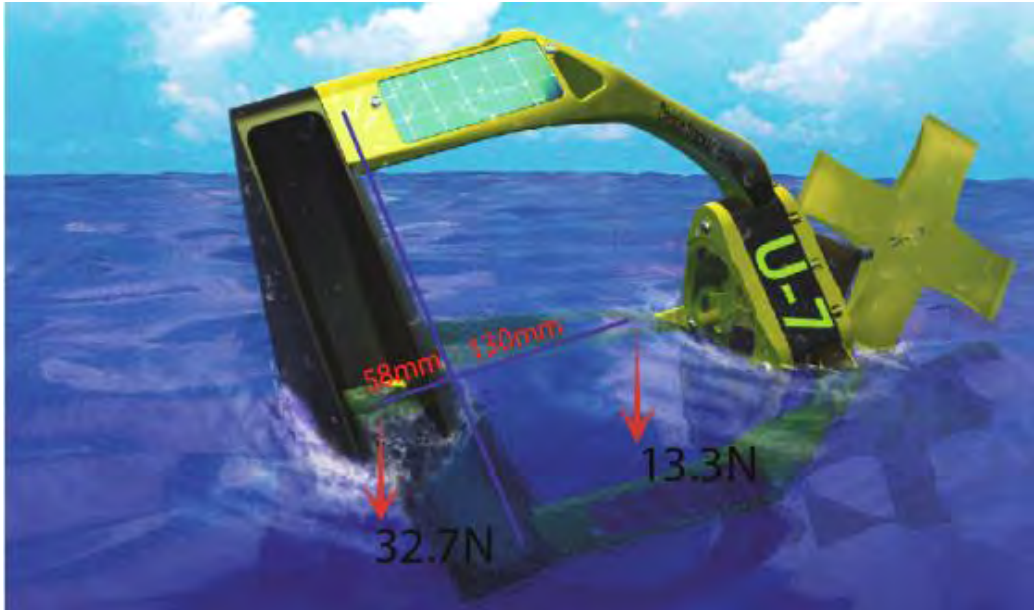


FIG.251



### 17.3 Utilización

El proceso de uso de estas boyas se basa en su correcto lanzamiento. Al ser sondas autónomas, después de ser desplegadas la recolección de datos se hace a través de un software proporcionado por la compañía del transmisor satelital. De este modo, al estudiarse el comportamiento de la contaminación flotante o en suspensión dentro del mar territorial se debería tratar de replicar las circunstancias en que los desechos llegan a esta zona. Si bien se pueden lanzar por aire y mar, es aconsejable que su lanzamiento sea manual desde tierra en riveras de ríos. El poco grosor de la carena y su amplio coeficiente y área de arrastre le permiten adaptarse fácilmente a circunstancias adversas, tales como: zonas de baja profundidad, fuerte viento y poca corriente. El modelo de boya propuesto considera estos factores y puede ser usado en presencia de ellos, algo inviable para modelos sustitutos actuales.

Como se ha visto en los estudios realizados en diversas partes del mundo, se debería usar por lo menos una decena de boyas durante determinadas temporadas para lograr resultados confiables. Lo ideal sería segmentar las áreas del litoral y desplegar grupos de estudio durante meses (Figura 252).

El mantenimiento de la boya después de su uso consiste en la limpieza de su superficie con un equipo a chorro, pues la estructura está hecha para durar por años sin otro apoyo. El sistema electrónico tampoco debe dar problemas. Si se debiera revisar los componentes, el proceso de apertura es el inverso que el de ensamble. Por ello es complicado de realizar si no se ha tenido experiencia previa.



FIG.252

#### 17.3.1 Funcionamiento

El modelo de boya lagrangiana para aguas superficiales ha recibido el nombre de “Seahound”. El nombre en inglés se debe a la intención de uso global de la boya, pues busca transmitir el concepto a distintas culturas. El nombre en inglés se traduce como “sabueso marino”, que ilustra su concepto con una analogía: así como los sabuesos son usados en la caza para la detección y rastreo de presas, el Seahound se interna en el mar buscando sumideros de contaminación marina donde realizar limpiezas.

Una vez que la boya se encuentra en el mar, comienza su recorrido de forma solidaria a la corriente superficial. Durante su travesía informa las coordenadas de su ubicación en una frecuencia programada por el usuario antes de su despliegue. Eventualmente se cruzará con obstáculos como embarcaciones, otras boyas o contaminación. Cuando estos entren en su rango de ultrasonido (Figura 253), la cámara configurada para esa área se activará y tomará una imagen que será enviada a la central (Figura 254). Estas imágenes proporcionarán información sobre la cantidad y el tipo de contaminación detectado, o permitirán discernir una falsa alarma. Finalmente, después de un tiempo indeterminado, la ruta descrita formará círculos que serán interpretados como los giros de los proyectos de investigación de corrientes a macro y meso escala (vistos en el contexto), aunque en dimensiones menores. Una vez más, la cámara permitirá clasificar si existe contaminación. De ser afirmativo, se establecerán esas zonas como sumideros temporales y se podrán registrar para determinar proyectos de limpieza puntuales y efectivos.

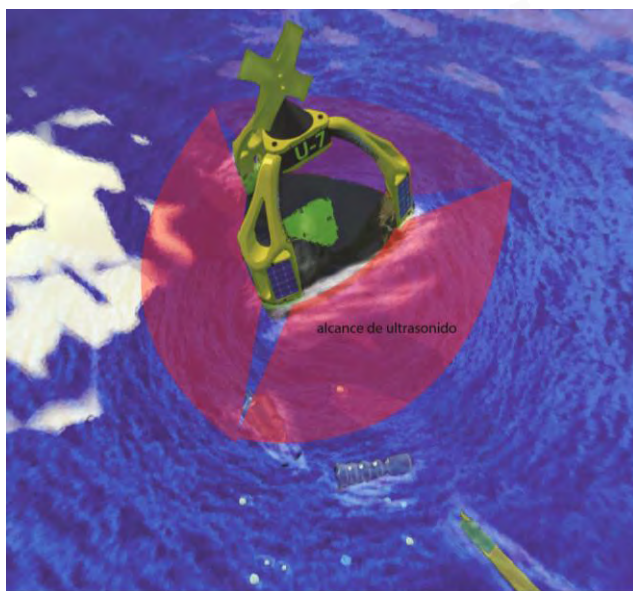


FIG.253

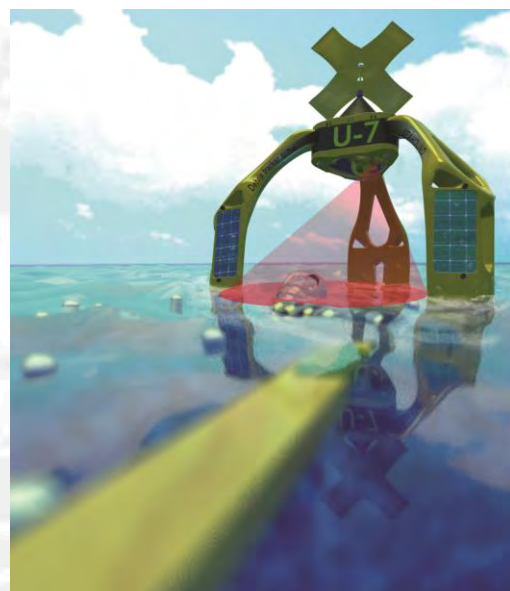


FIG.254

### 17.3.2 Software

Siendo la boya un producto autónomo, la participación del usuario no consiste en una interacción directa con el producto sino en la recepción de información recopilada por la sonda. Por eso el software que se usa como medio toma importancia. Si bien no se desarrolla, se proponen ligeras correcciones al modelo de Globalstar, que puede ser un punto de partida para la elaboración de este producto. Así, se puede recurrir a la instalación de *plugin* o a la implementación de un modelo nuevo mediante el uso de herramientas como el Lab-view, un software de programación que fue usado en el proyecto de una red de sensores oceanográfica (DSIE, 2010), previamente mencionado en la sinergia de las características del objeto (página 72). El software para el uso de esta boya debe tener en consideración:

- Las rutas deberían guardarse y disponerse en una sección especial, clasificadas por fecha y ubicación.

- Del mismo modo, las imágenes tomadas deberían archivarse automáticamente y tener la opción para marcarse o descartarse como si fueran e-mails.
- Fácil lectura y comparación de rutas mediante tonalidad y opacidad personalizable, en lo posible también desde dispositivos móviles. Estas características facilitarían la ubicación de las boyas para el monitoreo constante, mejorando la seguridad pasiva del equipo.

## 18 Conclusiones, recomendaciones y apreciación

### 18.1 Conclusiones del proyecto

Al finalizar este proyecto se ha definido **un producto nuevo** enfocado en la ubicación de sumideros temporales marinos mediante el registro de giros en la corriente costera superficial, tal como estaba planteado en el objetivo general. Una alternativa real y viable en el proceso de la limpieza del mar para reducir las “áreas de limpieza de gran dimensión”, aspecto que fue establecido como el problema que dio origen a esta tesis. Así, aunque no realiza la tarea de limpieza por sí mismo, se halla dentro de la familia de productos destinados a este fin, ya que su aplicación permite el ahorro de recursos y el diseño de equipos especializados.

Por otro lado, durante el desarrollo del producto se han cubierto los aspectos concebidos como objetivos específicos. Primero, se parte de una hipótesis como alternativa viable de solución, sustentada en información proporcionada por especialistas en el tema y tomando en consideración el contexto que determina el problema. Por ello el producto se propone como un primer paso para la solución, donde su efectividad dependerá de la cantidad, forma y frecuencia de uso. No se trata de un producto mesiánico que resolverá todo mágicamente, ni es una idea que nació de un día para otro, como se observó en algunas propuestas durante la investigación de antecedentes. Parte de un desarrollo metodológico con un concepto y enfoque establecidos como los más aptos realizar la solución planteada. Además, se realizó una exhaustiva investigación que ha permitido el desarrollo del *briefing* con los aspectos técnicos y formales definidos con la ayuda de diversos especialistas. Finalmente, la definición del producto toma en consideración pruebas físicas y simulaciones de software determinadas por los factores externos a los que estará sometido, junto con la tecnología y producción disponible a nivel local. Podemos afirmar que es realizable aun siendo un modelo conceptual, ya que los distintos puntos tratados durante su desarrollo sirven de referencia en el diseño de una nueva serie de productos pensados para clientes específicos de acuerdo a sus requerimientos.

Dentro de estos puntos encontramos aspectos prácticos y teóricos. En el desarrollo de la forma, una vez realizados los estudios en la sinergia, las pruebas de software y del túnel del viento, se pudo concluir que la influencia del viento no se puede evitar, sea por arrastre o por empuje. Todo objeto que entre en contacto con un fluido en movimiento invariablemente será alterado y generará una resistencia al avance. A lo que se debe apuntar es a reducir su efecto o usarlo a favor del movimiento que se quiere lograr. Por ello, la realización de diversas pruebas es esencial, así como la comprensión de la naturaleza de sus resultados. Por otro lado, el progreso ha sido escalonado y, como en un diagrama de pirámide, cada etapa soporta la siguiente y reduce la carga de trabajo. Esto se dio gracias a la orientación de la metodología establecida que remarcó la importancia de la definición del problema para formar una base sólida que garantiza un desarrollo fluido y organizado. Por eso fue la etapa que tomó más tiempo (4

meses) y la que requirió mayor investigación. Cabe señalar que, si bien es un aspecto esencial del diseño industrial, en la experiencia del autor durante los años académicos la investigación y definición del problema se ha visto como pre-establecida y en la experiencia profesional pocas veces es considerada. La definición del problema es una práctica que toma tiempo por el estudio del contexto y muchas veces se la descarta y se pasa directamente a la formulación de una hipótesis y el desarrollo del concepto. No se toma en consideración que una sólida definición del problema permite plantear una hipótesis acertada y viable, además de promover la innovación ya que es el origen de la aplicación del diseño. Esto se reafirma en la aplicación del enfoque del *design thinking* mediante la interacción con los distintos especialistas y su síntesis en la etapa llamada sinergia. Este enfoque permitió observar la perspectiva del diseño desde otras profesiones para sustentar el desarrollo de este proyecto. Más aun transformando esta tesis en un argumento para la participación del diseño industrial en los proyectos llamados “ingenieriles”, una práctica no muy habitual y que incluso tiende a ser evitada. Pero que realmente solo parece ajena al campo del diseño industrial hasta que es realizada mediante una metodología ecléctica.

## 18.2 Recomendaciones finales

Dentro del proyecto se ha observado características que pueden ser mejoradas mediante la aplicación de tecnología reciente que aún se encuentra en desarrollo. Su realización requiere de la intervención de especialistas en una manera más profunda y por un tiempo prolongado. Aunque el modelo propuesto es conceptual, su producción y funcionamiento es factible en su mayor parte. Sin embargo, de ser posible se debería considerar el desarrollo de las alternativas citadas a continuación:

- **Luces led.-** Aunque su aplicación es factible, no existe un estimado de la cantidad necesaria para cubrir los requerimientos de la normativa establecida (distancia 3 m y atmosfera 0.4). De usarse estos componentes, se lograría reducir el consumo y autonomía significativamente.
- **Generador undimotriz.-** En la actualidad este tipo de tecnología requiere su anclaje al zócalo marino. Desarrollar un modelo suelto puede llegar a ser viable con la participación de ingeniería mecánica, pero llegar a una propuesta final factible es una tarea que bien podría considerarse una tesis para su especialidad.
- **Sistema antifouling por ultrasonido.-** El uso de pinturas patente es tradicional y efectivo, pero dañino para el medio ambiente. Por el contrario, la efectividad de los sistemas de ultrasonido en embarcaciones es variable, por lo que se requerirían pruebas con prototipos funcionales en campo para determinar su eficiencia.
- **Implementación del software.-** La creación del código del programa para el uso del producto no está dentro de las capacidades ni del papel del diseñador industrial. No obstante, los requerimientos determinados y las funciones necesitadas señaladas en el proyecto, simplifican el desarrollo de una aplicación.
- **Participación de ingeniería en dinámica de fluidos-** Aunque en definitiva el software provee información detallada y resultados gráficos muy explícitos, su análisis es muy complejo y tras la investigación realizada su interpretación solo puede ser tomada de forma referencial. La participación de ingenieros especialistas en dinámica de fluidos mejoraría la formación de la sección superior.

Del mismo modo, se tienen sugerencias para facilitar y enriquecer el desarrollo de futuras tesis en el campo del diseño industrial. Son aspectos que no se percibieron al iniciar el proyecto, pero una vez concluido saltan a la vista como recomendaciones para los futuros graduados:

- **Tesis multidisciplinarias.-** Tras la lectura de las tesis realizadas en otras áreas acerca del desarrollo de boyas y otros proyectos, además de las reuniones establecidas con especialistas de distintas áreas, se tiene claro que el desarrollo de proyectos de tesis, por lo menos en el caso del diseño industrial, deberían concebirse como proyectos grupales. Los aportes de las diversas áreas son claramente diferenciables y enriquecerían el resultado final.
- **Aprendizaje de software de simulación de fluidos.-** Es una gran ayuda de fácil uso que debería ser enseñado sumado a los principios de la dinámica de los fluidos. De la misma forma como se enseñan los cursos de ergonomía, electrónica y el de materiales y conceptos estructurales. Por la experiencia se sabe que son cursos que mejoran el desarrollo de productos complejos y el trabajo en equipo, una característica esencial para el profesional egresado. Para el caso de esta tesis ha sido un aspecto imprescindible.
- **Desarrollo de la tesis sin un socio empresarial.-** En un principio fue sugerencia del asesor teórico y cuestionada por el autor. Sin embargo, al finalizar el proyecto se ha visto su validez, pues permite marcar de forma más clara el corte académico de este trabajo. De este modo es posible desplegar todo lo aprendido sin tener que limitarse por factores económicos.

### 18.3 Apreciación personal

El resultado más valioso que el autor extrae de esta tesis, en su opinión personal, no se halla establecido dentro de los objetivos iniciales ni es una conclusión directa del producto. Es un resultado colateral de la profunda exploración dentro de los factores de la metodología tradicional de diseño industrial, que le ha permitido hacer una introspección de su profesión que en cierto sentido es como conocerse a sí mismo. Esto no es una exageración, ya que se debe tener en cuenta que la virtud de la facultad de arte es que quienes la integran lo hacen por verdadera vocación y conciben a su carrera como forma de vida y no como un medio. Se menciona esta diferencia pues se ha tenido oportunidad de ver como en otras áreas los profesionales trabajan para vivir y viven después de trabajar. Para el autor, el proyecto realizado le ha permitido definir los párrafos que vienen a continuación, la conclusión del ciclo académico llevado en la universidad y la definición de su profesión.

Diseño, en el sentido amplio de la expresión, como se mencionó al inicio de esta tesis, es verbo y no sustantivo; aunque lamentablemente el término se ha popularizado en el público para designar de forma genérica al modelo de una tipología. A pesar de ello el diseño no es el objeto en sí mismo, sino lo que representa. Todo el trabajo realizado para llegar a ese producto final, un punto que todo diseñador debe tener siempre presente. Recordando a diversos autores y a la propia RAE, el diseño está establecido como un proceso, concepción, plan o disposición de algo. Reduciéndolo a su mínima expresión puede catalogarse como una actividad proyectual. No obstante: si bien todas las personas pueden diseñar e inclusive muchas veces se hace de forma intuitiva, son las carreras de diseño la que tienen por especialidad “el diseñar” y basan su actuar en una metodología.

Por otro lado la perspectiva de todo tipo de diseño (gráfico, textil, interiores, etc.) se define en su objetivo y en el rol del que lo practica. Un aspecto que en el caso del diseño industrial se halla bastante difuso, llegando a considerársele como un “todista”. Tras la experiencia y el análisis se puede afirmar que el diseñador industrial no es un cadista, modelador 3d, renderizador, ingeniero o supervisor; tampoco un artista. A pesar de llevar una formación relacionada a todos estos campos, la labor del diseñador industrial es la de desarrollar productos para las empresas. Este producto puede ser material o virtual, un objeto o un servicio, comercial o para uso interno. En general, un producto para el diseño industrial es cualquier proyecto dentro de una empresa, pues este es el campo de acción del diseñador industrial.

Sin embargo, para poder considerar su actuar como diseño, no basta simplemente en idear formas y buscar la armonía estética del objeto bajo un fin comercial con procesos industriales. No es así, pues de mantener esta visión limitamos al diseñador a ser un estilista de objetos, cuya función es la de recibir proyectos ya definidos para adaptarlos o adaptarles carcasas y aditamentos. Si bien las técnicas usadas, los métodos de fabricación, factores que se tomen en consideración y los resultados son parte esencial para diferenciar al diseño industrial de sus similares; esto no cambia el hecho de que, como diseño, es una actividad que describe el desarrollo de un proyecto y no una parte de este. Con ello se postula que el diseño industrial no es una etapa dentro de la cadena productiva sino una forma de realizarla u orientarla.

Esta visión tiene una similitud con el enfoque del *design thinking*. La diferencia clave se halla en que, más allá de concebir el diseño como un puente entre las diversas áreas; lo considera una guía que define el desarrollo de los proyectos, donde la presencia del diseñador es esencial: siendo más que un engrane, una brújula. El diseñador se plantea como el gestor del proyecto, el eje a través del cual se integra, impulsa e innova aportes de las distintas áreas para definir la unidad del producto. Debe estar presente en todas las etapas del desarrollo mediante un constante dialogo o *feedback* con los especialistas encargados y dirigir la metodología que orienta cada área de la producción. Es por ello que la tipología debe nacer de un proceso aplicado **con** el diseñador industrial. De lo contrario se realizan procesos de rediseño, reconfiguración o adaptación. Estos no se relacionan con el tiempo que pueda llegar a tardar el resultado, porque hay casos donde una adaptación puede ser más difícil y laboriosa que la realización de un diseño y viceversa. Tiene que ver, más bien, con el punto donde se inicia el proceso de diseño, siendo la raíz de todo la identificación del problema.



## 19 Bibliografía y referencias

### Informes, Documentos de trabajo y otros similares (documentos grises)

- Asociación científica grupo bioindicación Sevilla (GSB)  
2011 Informe biológico sobre dos muestras de agua tratadas con ultrasonido (GSB).España
- Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas de América Latina y el Caribe (ARPEL)  
2010 Detección remota para el control de la contaminación y manejo de Emergencias Marinas por derrames de hidrocarburos. Argentina
- Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory (AOML)  
2005 Measuring surface currents with Surface Velocity Program drifters: the instrument its data and some recent results. Miami
- Ciudadanos al Día  
2009 Boletín CAD: Basura y Municipios. Lima.
- Clearwater  
2010 Clearsat-15-III: The Next Generation WOCE and WOCEB Drifter. Watertown.
- Comisión de Protección del Pacífico Sur (CPPS)  
2010 Programa Coordinado de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste (CONPACSE). Guayaquil.  
2009 Acta de la xv reunión del plan de acción para la protección del medio marino y áreas costeras del PS. Guayaquil.  
2009 Plan de acción de protección del medio ambiente. Guayaquil.  
2008 Aplicación de acuerdos para la protección del PS. Guayaquil.  
2008 Informe Regional. Guayaquil.  
2007 Basura marina en el pacifico sudeste. Guayaquil.  
2006 Problemática de la basura marina en el pacifico sudeste. Guayaquil.  
2006 Taller regional sobre manejo sostenible de la basura marina. Lima  
2005 Problemática de la basura marina en el Perú. Guayaquil.  
2000 Programa Coordinado de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste (CONPACSE). Guayaquil.  
2000 Programa Regional para la Protección del Pacífico Sudeste frente a las Actividades Realizadas en Tierra (Proset). Guayaquil.
- Data Buoy Cooperation Panel (DBCP)  
2012 Data buoy operations safety. Vancouver.  
2009 Buoy Recovery Techniques. Vancouver.
- David Anderson  
2009 A Physical Description of Flight. Washington.
- Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN)  
2012 Apuntes de Flotabilidad. Lima.  
2004 Reglamento de señalización marina del Perú. Lima.
- Ecole de Ponts Paris Tech  
2012 M310 Design Innovation. Paris.
- Ecosistemas Chile

2012 Plan de gestión ambiental. Santiago.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industrial  
2010 Sistema para monitorizar entornos marinos basado en redes sensores inalámbricas, Madrid

Establecimiento de un Sistema Español de Oceanografía Operacional - ESEOO  
2007 Protocolo de toma de datos oceanográficos. Madrid.

Geo Juvenil Ecuador  
2010 Zonas Marinas y Costeras. Quito.

Horacio Ezcurra  
1999 Prevención de la Contaminación Costera y Gestión de la Diversidad Biológica Marina. Patagonia.

Instituto de Geología Económica  
1989 Procesos litorales en la costa oriental de España. Madrid.

Instituto del Mar del Perú (IMARPE)  
2013 Apuntes de Oceanografía. Lima.

2012 Mortandad de delfines en el litoral de la costa norte, febrero abril del 2012. Lima.

2010 Informe de Consultoría Convenio IMAPRE – CPPS. Callao.

Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM)  
2009 Predicción operacional de las trayectorias de objetos a la deriva en alta mar. España

Instituto Nacional de Estadística e Informática  
2014 Agenda Nacional de Acción Ambiental. Lima.

2013 Estadísticas Ambientales. Lima Ministerio del Ambiente

Instituto Oceanográfico de la Armada  
1992 Estudio de la Situación Costera Ecuatorial. Guayaquil.

International Marina Coatings  
2005 What is Fouling. Houston.

Marina de Guerra del Perú, Dirección de Hidrografía y Navegación  
2013 Caracterización de la Dinámica Marina en el Puerto. Lima.

Miguel Indriago Alvarado  
2004 Sensores Ópticos. Campeche.

Rene Van Gemert  
2009 Comunicado Clientes II - OSRAM. Asturias

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)  
2013 Situación hidrológica a nivel nacional. Lima.

Sistema de gestión y medio ambiente (GEEAA) Ltda. Programa de vigilancia ambiental. Llanquihue.  
2012 Emisario Submarino para la Descarga de Residuos Industriales Líquidos de la empresa Los Glaciares S.A, Sector Panitao, Comuna de Puerto Montt, Xª Región

Solar 2000 Conference  
2000 An Empirical Perspective on the Energy Payback Time for Photovoltaic Modules. Wisconsin

The Electronics Engineering and Systems Division (DSIE)  
2010 Boya para red de sensores oceanográficos. Cartagena

Universidad Autónoma de Baja California  
2005 Estudio de la Dinámica Marítima dentro del mar territorial y zonas costeras de la República Mexicana. Región Costera Noroccidental de Baja California, desde la Frontera México-EEUU a Punta Eugenia, BCS. Tijuana.

2002 Estudio de la Dinámica Marina en la República Mexicana. Tijuana.

Universidad Castilla – La Mancha  
2010 Morfología marina. Albacete

Universidad de Vigo  
2005 Dinámica Sedimentario en Playas. Vigo.

Universidad de Buenos Aires  
2011 Implementación de sistemas de ayudas a navegación. Buenos Aires.

Universidad de Oviedo  
2008 Prácticas de Laboratorio: Capa Límite. Oviedo.

**Diapositivas**

Javier Donayre  
2010 Sensores Capacitivos. Lima: MES Sigma EIRL

2010 Sensor Infrarrojo Pasivo (PIR) Detector de Movimiento. Lima: MES Sigma EIRL

ONG VIDA-International costal cleanup (VIDA-ICC)  
2012 Limpieza internacional de costas y riveras del Perú  
2008 Informe del proyecto de limpieza de playas. Lima.

Rafa Corelll  
2013 Hidrostática. Barcelona: Rafa Corell

**Ley, Decreto y otros similares**

Petar Brakocevic  
2008 Life Saving Appliances (LSA) CODE

Organización de las Naciones Unidas  
2006 Resolución 60/30. 23 Noviembre 2005

**Artículo en Libro**

Pedro. Sosa  
2007 Formas y Resistencia. Cartagena. En Pedro Sosa Anexo A. Resistencia al Avance – Ingenierosnavales.com. Formas y Resistencia. Cartagena: Pedro Sosa

Ruiz B, Juan Carlos  
2007 La gestión del diseño como factor de competitividad. Buenos Aires. En Ruiz, Juan. Foro de Escuelas de Diseño - Facultad de Diseño y Comunicación - UP. Actas de Diseño. Buenos Aires: Universidad de Palermo, pp. 127

**Material de Enseñanza**

Áreas Costeras y Recursos Marinos (ACOREMA)  
2004 El mar se ahoga. Guía. Pisco: ACOREMA

Barcelona Centre de Disseny  
2012 Manual de Gestión de Diseño. Manual. Barcelona: Barcelona Centre de Disseny

Binyamin Koretz  
2006 WAB-MX8 Marine Lifejacket Light Instruction Manual. Western Industrial Park: Binyamin Koretz

Bosch  
2009 Como selección la Cámara de CCTV Correcta. Manual. California: Bosch

Cebek Components  
2002 Emisor y Receptor de Ultrasonidos. Datasheet. Barcelona: Fadisel

Clearwater  
2007 Clearsat-1 Surface Drifter. Datasheet. Massachusetts: Clearwater Instrumentation, Inc.

Francisco J. Alfonso Peña

- 2007 En el Túnel de Viento. Folleto. Cevimap
- Globastar  
2012 Smartone User Manual. Manual. Virginia: Globastar
- 2011 SmartOne LP Rastreador listo para activos Manejado por Satellite. Datasheet. Virginia: Globastar
- 2011 STX2 – Transmisor Satelital. Datasheet. Virginia: Globastar
- Institute of Design at Stanford  
2010 Design Thinking Introduction. Mini Guía. California: Standford University
- International Associations of Lighthouse Authorities (IALA-AISM)  
2013 Guideline 1099- On the hydrostatic design of the buoys: IALA
- 2010 The Design of Floating Aid to Navigation Moorings. Edición I, St Germain: IALA
- 2005 Guía para equipo de asistencia en navegación. St Germain: IALA
- LappGroup  
2011 Thread Dimension and Bore Dimensions. Manual. LAPPGROUP
- López Caro, Teodoro  
2003 Emisor de Ultrasonidos. Patente. Cartagena: Oficina Española de Patentes y Marcas
- Microstar  
2013 Microstar Specification Sheet. Manual. EEUU: Pacific Gire.
- Nelson Melo  
2008 Florida Bay Shallow Water Surface Drifter. Datasheet. Florida: Nelson Melo
- Osiris  
2007 Photo Electric Sensors: Laser Thru-beam. Beijing: Schneider Electric
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)  
1988 Guía de utilización de boyas a la deriva para acopio de datos. Ginebra: UNESCO
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)  
2001 Mares Regionales. Folleto Informativo. Padova: PNUMA
- Satlantic  
2013 Suna V2 UV Nitrate Sensor. Datasheet. Richmond: Satlantic
- Sondara Soluciones  
2012 Boya lagrangiana global MLI. Datasheet. Vigo: Sondara Soluciones
- Toscano  
2013 Dumo Technology: Algacleaner. Brochure. Sevilla: Toscano
- 2013 Dumo Algacleaner: Destructor de Algas. Brochure. Sevilla: Toscano
- Yinuo Trading Co.  
2013 W208F1 Wirelles Camera Mini Cmaera Color Camera. Datasheet. China: Yinuo Trading Co

#### Artículo en Revista, Boletín y Otros Similares

- Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental  
2004 Fundamentos para la Caracterización de las Aguas. BVSDE. 2010, pp. 370-862
- Data Buoy Co-operation Panel (DBCP)  
2005 Barometer Drifter Design Reference.California. Global Drifter Programme, 2005, pp 26
- Design Management Journal  
2010 18 views on the definition of design management. DMI Review. 2010, Volumen 9, pp. 14-19.
- Harvard Business Publishing

- 2008 Design thinking. Harvard Review. 2008, Volumen jan/feb, pp. 86
- Instituto del Mar del Perú  
2007 Imarpinos: trabajando por la conservación del medio ambiente sano y limpio. Imarpe al día. Callao, Año 2007, Año 1, Volumen 8, pp. 1
- Minerals Management Service- Marine technology society (MMS-MTS)  
2003 OCEANS 2003. Proceedings, Volume:3, pp 1303
- Nature Publishing Group  
2003 Anthropogenic carbon and ocean Ph. Nature, London, 25 set, Volumen 425, pp. 365
- Sea Safety Special Interest Group Information Bulletin (SPC)  
2009 Transmitter MAR-GE/T, Number 5 may, pp 9-11
- Universidad Nacional de Colombia y Ecopetrol  
1984 Corrientes Litorales en el sector de Boquilla Cartagena. Geología Colombiana. 1984, Numero 13, pp. 5-28
- Universidad de Sao Paulo (USPL)  
2011 Design Thinking como Estrategia de Creatividad a Distancia. Revista Científica de Educomunicación. São Paulo, 2011, XIX, 37, pp. 27-35
- Universidad Tecnica de Sevilla  
2009 Diseño para la usabilidad de productos. Revista técnica industrial. Sevilla, Año 2009, Volumen 279, pp. 46-53.
- Libros**
- Carroll M. Gantz  
2010 Design Chronicles, London: Schiffer Design Books
- Charlotte & Peter Fiell  
2003 Diseño Industrial de la A a la Z, London: Taschen
- 2007 Design Handbook, London: Taschen
- 2005 Designing the 21<sup>st</sup> century, London: Taschen
- Comisión de Protección de Pacífico Sur (CPPS)  
2000 Estado del medio marino y costero del PS, Quito: TOGO
- David F. Anderson And Scott Eberhardt  
2001 Understanding Flight. New York: McGraw-Hill
- David Raizman  
2003 History of modern design, London: Laurence King
- 2003 The design encyclopedia, London: Laurence King
- Harald Ulrik Sverdrup  
1942 The Oceans: their Physics, Chemistry and General Biology, Englewood Cliffs: Prentice-Hall
- IEEE Standards board  
1990 Standard Glossary of Software. Engineering Terminology, New York. The Institute of Electrical and Electronics Engineers
- Ignacio Da Riva de la Cavada  
1971 Aerodinámica. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid
- Jhon Teale  
2002 Cómo Diseñar un Barco. Edición I. Madrid: World Sports Publishers Association
- Jose A. Alaez Zazurca  
1980 La Hidrodinámica del Buque de Pecsá, Madrid: Ministerio Defensa
- Servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI)  
2003 Atlas de Energía Solar del Perú, Lima: SENAMHI

**Tesis, Tesinas y otros Similares**

Ángel Morales Navarro

2006 Estudio y Optimización de una Carena Mediante un CFD. Proyecto de Fin de Carrera. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica.

Francisco Ernesto Chicas Molina

2012 Diseño y Construcción de un Túnel de Viento. Trabajo de Graduación. Managua: Universidad Centroamericana, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Luigi Utili Martínez

2005 Estudio y Diseño Preliminar de un Vehículo Aeronáutico de Despegue y Aterrizaje Vertical. Tesis para optar el título de ingeniero mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Luis Andrés Alfonso Pizarro

2007 Construcción de Cónicas en el Diseño Naval. Licenciatura de Ingeniería. San Juan: Institución Naval: Estructuras Marinas, Nurbs en el Diseño Naval.

Martin Cataño

2011 Sistema de monitorización y supervisión de una boya para generación de energía undimotriz. Tesis para optar el título de ingeniero electrónico. Cataluña Universidad politécnica de Cataluña, Facultad de ingeniería

Sara Hoya Arija

2011 Diseño eléctrico de una boya para energía olamotriz. Tesis para optar el título de ingeniería. Madrid. Universidad de Carlos III, Departamento de electricidad

Sebastián Amezaga Zegarra

2005 Estudio del Efecto de Suelo Sobre las Características Aerodinámicas de las Superficies Sustentadoras. Tesis para optar el título de ingeniero mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Zulma Cataldi

2000 Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. Tesis de magister en informática. Argentina Universidad nacional de la plata, Facultad de informática.

20 Anexos



## 20.1 Páginas web

Áreas costeras y recursos marinos (Acorema)

<http://www.acorema.org.pe/>

Basura marina originada por la construcción

<http://noticias.terra.com.pe/nacional/basura-marina-es-originada-por-boom-de-la-construccion,1cf5596801aed310VgnVCM3000009accebo0aRCRD.html>

Cleanup coalition

<http://www.gyrecleanup.org/cleanup-plan/>

Comisión permanente del pacifico sur (CPPS)

<http://www.cpps-int.org/>

Convenio internacional de prevención de contaminación (marpol)

[http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)

Dirección General de Capitanías y Guardacostas (Dicapi)

<https://www.dicapi.mil.pe/>

Efectos de la basura en usa (midway islands)

<http://www.squidoo.com/midway-journey>

Embarcaciones de limpieza Urgabi

<http://www.urgabi.eu/es/soluciones/limpieza-de-la-lamina-de-agua/embarcaciones-de-limpieza/>

Equipo de limpieza en Grecia

[http://es.123rf.com/photo\\_17146456\\_salonica-grecia--26-de-octubre-el-agua-de-superficie-barco-limpieza-de-retirar-la-asura-del-mar-en-.html](http://es.123rf.com/photo_17146456_salonica-grecia--26-de-octubre-el-agua-de-superficie-barco-limpieza-de-retirar-la-asura-del-mar-en-.html)

Estándares ambientales del Perú

[http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=100:estandares-ambientales&catid=22:biodiversidad&Itemid=137](http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=100:estandares-ambientales&catid=22:biodiversidad&Itemid=137)

Geomorfología del mar

<http://raymundoyosef.blogspot.com/p/geomorfologia-del-litoral-y-la-costa.html>

Instituto del mar peruano (IMARPE)

<http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php>

Life out of plastic (Loop)

[http://www.lifeoutofplastic.com/?page\\_id=84](http://www.lifeoutofplastic.com/?page_id=84)

Ministerio del ambiente

<http://sinia.minam.gob.pe/#>

Municipalidad de la punta



[http://www.munilapunta.gob.pe/gerencias/GerdeServCiudad/GSCLimpArVerd\\_PLimPub.html](http://www.munilapunta.gob.pe/gerencias/GerdeServCiudad/GSCLimpArVerd_PLimPub.html)

Municipalidad de san miguel

<http://www.munisanmiguel.gob.pe/content/380/T/N>

National Geographic

<http://www.nationalgeographic.es/el-oceano/cuestiones-criticas-sobre-el-problemas-de-la-contaminacion-marina/cuestiones-criticas- sobre-el-problemas-de-la-contaminacion-marina>.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

<http://marinedebris.noaa.gov/photos/solutions.html>

Pesca de basura en rio de janeiro

<http://infosurhoy.com/cocoon/saii/xhtml/es/features/saii/features/society/2012/10/11/feature-02>

Programa de basura a la deriva

<http://marinedebris.noaa.gov/info/patch.html>

Programa de protección de zonas costeras y litoral

[http://www.digesa.sld.pe/pw\\_playas/monitoreo/2013/sem13-1/Playas\\_Sur.html2013](http://www.digesa.sld.pe/pw_playas/monitoreo/2013/sem13-1/Playas_Sur.html2013)

Ocean conservancy

<http://www.oceanconservancy.org/our-work/>

ONG Vida

<http://lima.opendi.pe/28242.html>

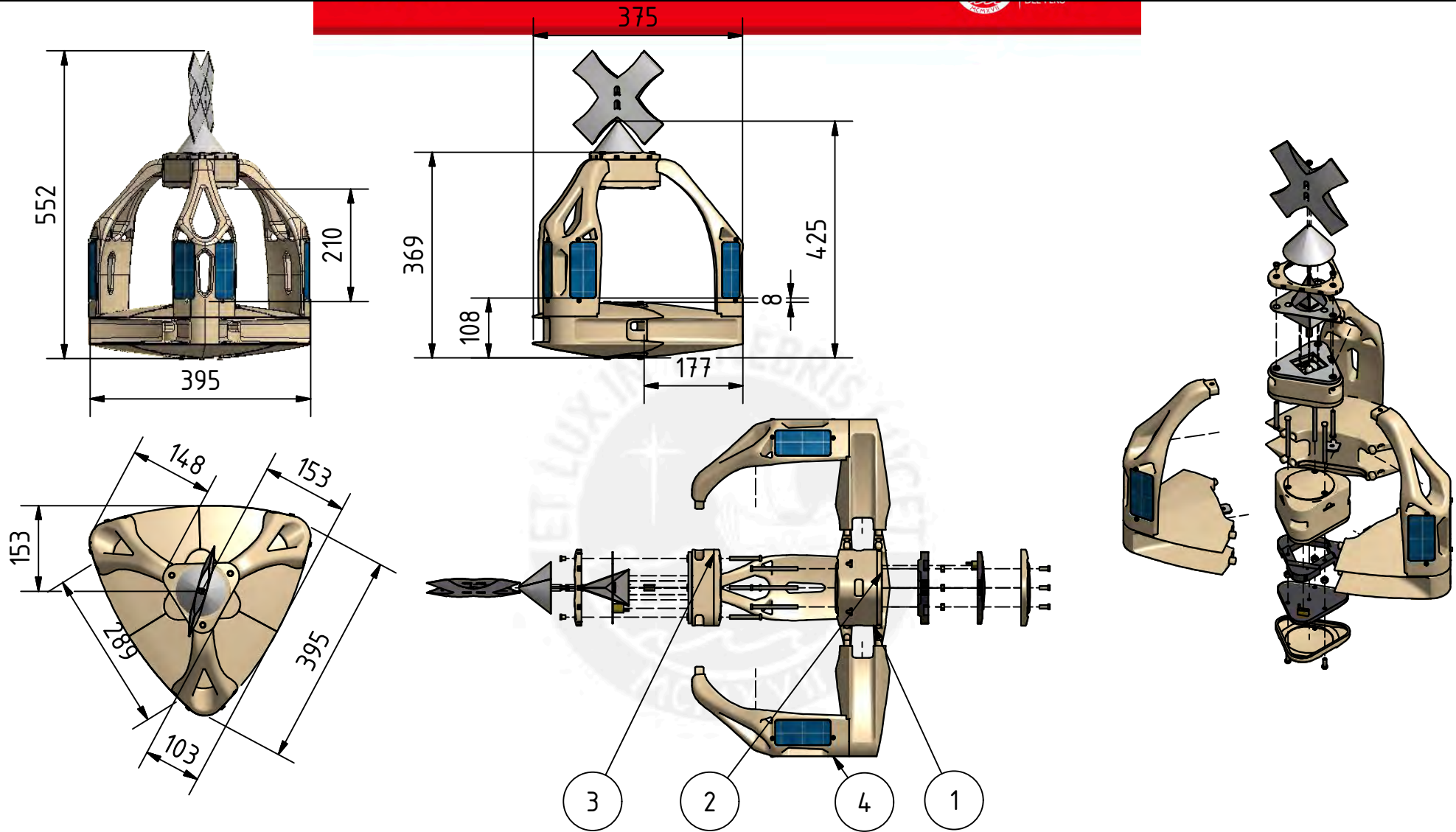
Transistores satelitales para seguimiento de tortugas

<http://www.latinamericaneaturtles.org/amistad.php>



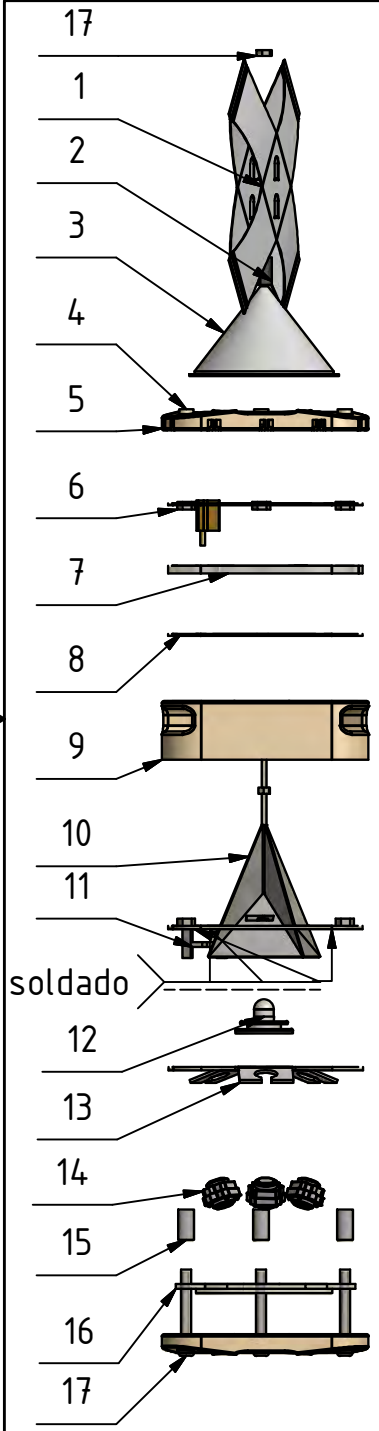
## 20.2 Planos constructivos



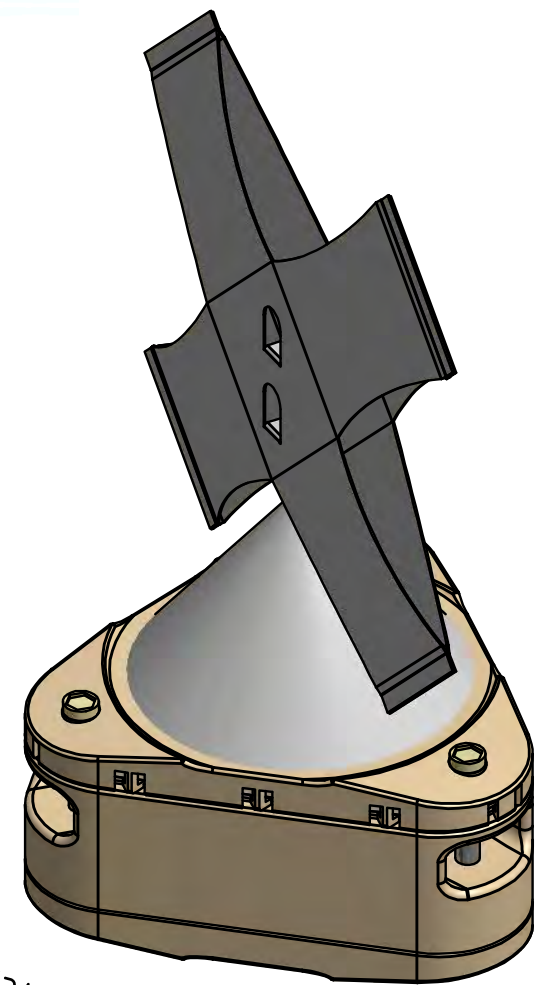
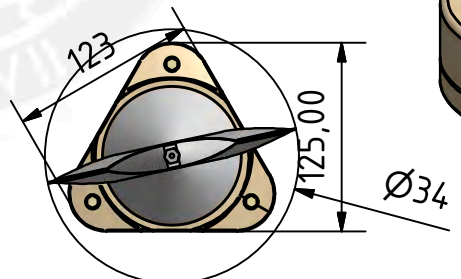
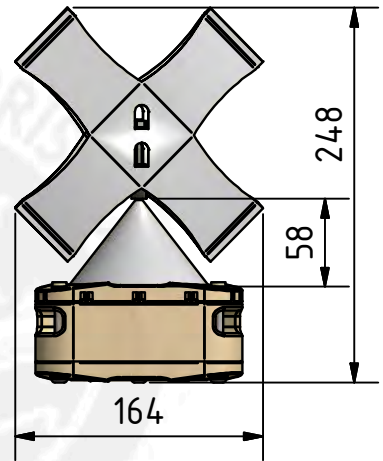


LISTA DE PIEZAS

LISTA DE PIEZAS				Fecha	Nombre	ENSAMBLE FINAL	
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	CODIGO	Creado	06-Mar-14		Cesar
1	3	aspas	1-1-0	Revisado			
2	1	semi centro bajo	1-2-0	Material			
3	1	tope semi	1-3-0	INSTITUCION PUCP		BOYA SEA HOUND	
4	3	laterales 2	1-4-0	1-0-0			1:10
				CODIGO		PRODUCTO	A4

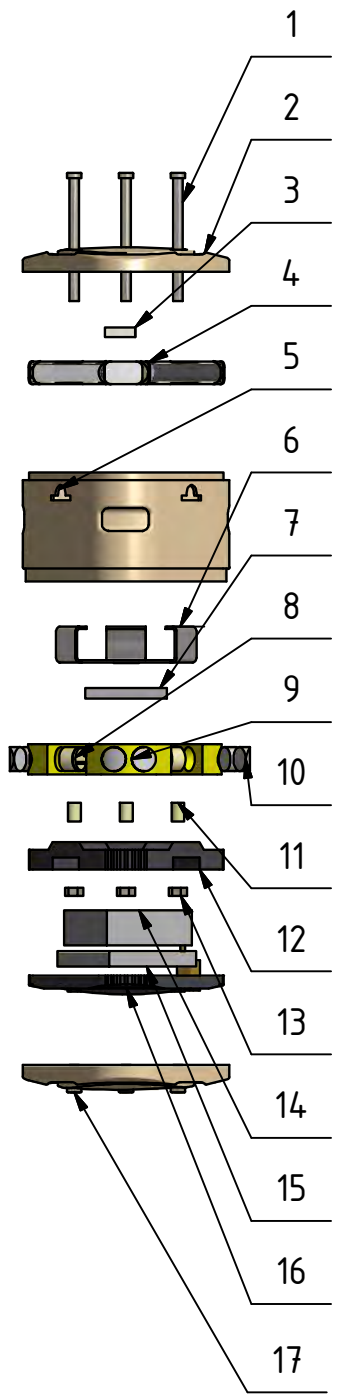


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	COD
1	1	marca de tope	1-1-1
2	1	jebe aislante	1-1-2
3	1	cubierta reflector	1-1-3
4	3	pernoA	1/4"x 7
5	2	tapa sup./inf.	1-1-4
6	1	placa proteccion	1-1-5
7	1	acrilico reflexion	1-1-6
8	1	placa reflectante	1-1-7
9	1	carcasa med.	1-1-8
10	1	reflector radar	1-1-9
11	1	plancha engache	1-1-10
12	1	luminaria	
13	1	soport camara	1-1-11
14	3	camaras	
15	3	topes	1-1-12
16	1	pantalla	1-1-13
17	3	perno coche B	1/4"x 54
18	1	rosca	3/8"

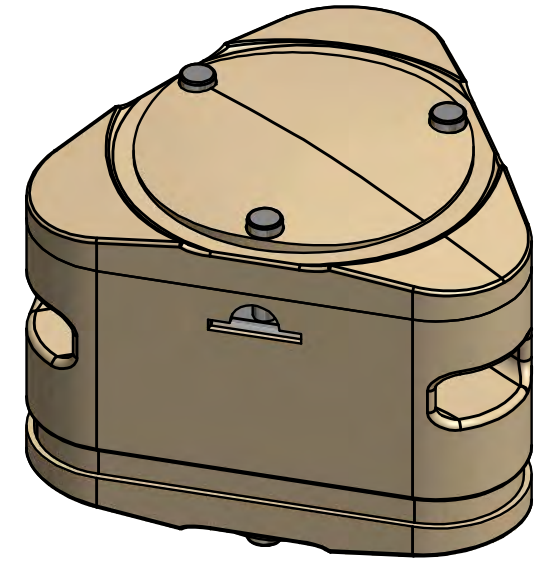
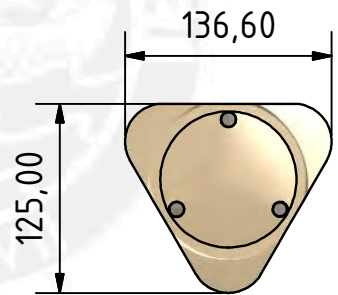
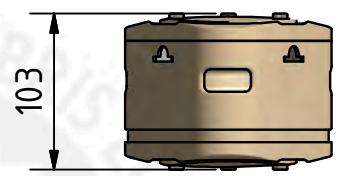


	Fecha	Nombre	TOPE OBRA MUERTA	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material				
INSTITUCION		PUCP	BOYA SEAHOUND	
1-1-0				
CODIGO		PRODUCTO	1:5 A4	

LISTA DE PIEZAS

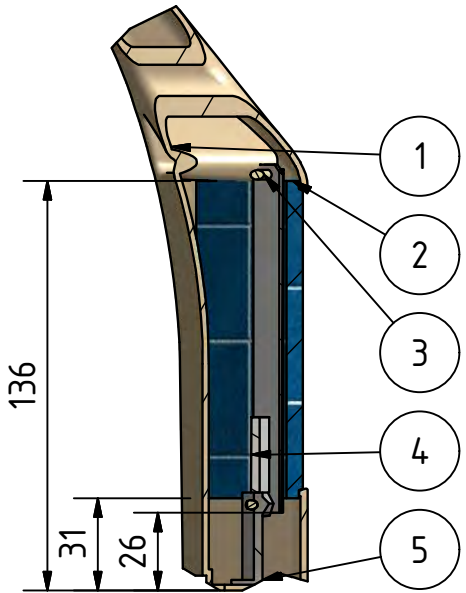


ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	COD
1	3	perno coche C	1/4"x 82
2	2	tapa sup./inf.	1-2-1
3	1	cobertidor usb rca	
4	3	baterias y socket	
5	1	carcasa med	1-2-2
6	1	placa de union	1-2-3
7	1	rasperry	
8	6	emisor receptor ultrasonido	
9	3	soportes de foam	1-2-4
10	3	conductor sonido	1-2-5
11	3	soportes	1-2-6
12	1	conjunto contrapeso A	1-2-7
13	3	rosca	1/4"
14	1	convertidor ca-cc	
15	1	smartone	
16	3	conjunto contrapeso B	1-2-8
17	1	perno D	1/4"x 15

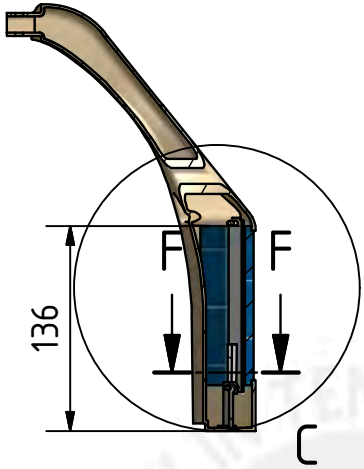


	Fecha	Nombre	Centro carena	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material				
INSTITUCION		PUCP		
1-2-0		BOYA SEAHOUND	1:5	
CODIGO		PRODUCTO	A4	

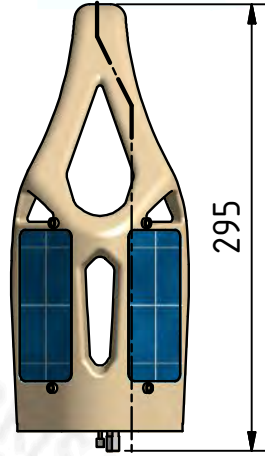
C ( 0.40 : 1 )



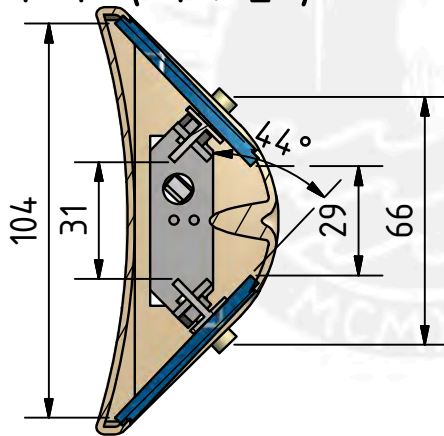
B-B ( 1 : 5 )



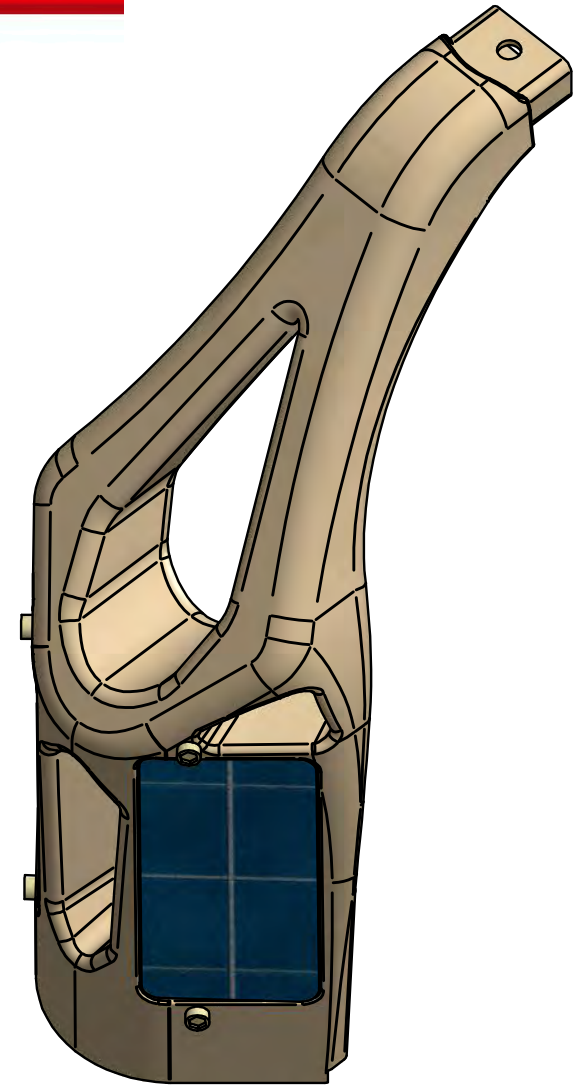
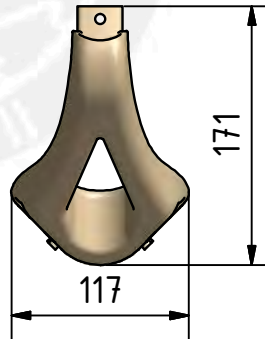
B



F-F ( 1 : 2 )



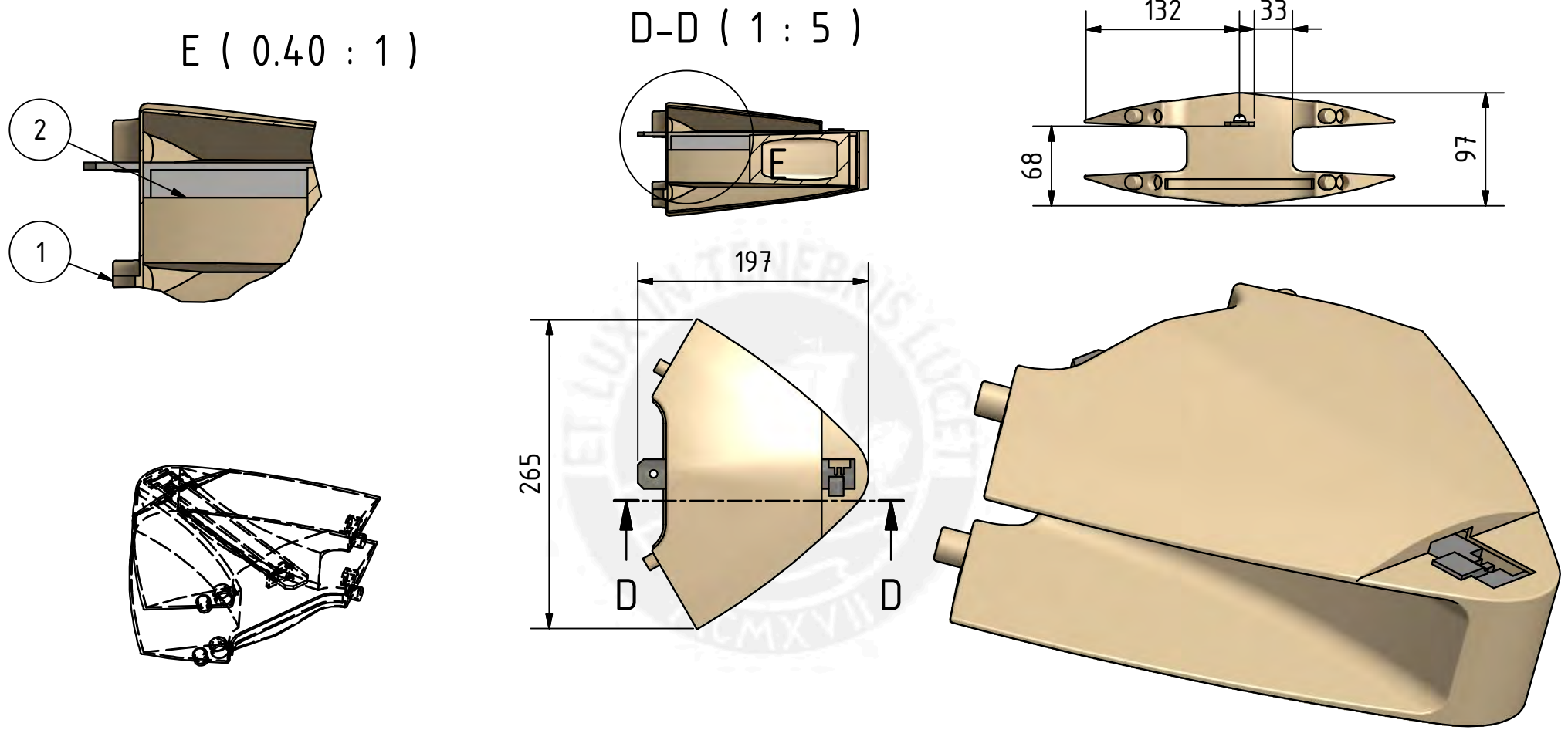
B



LISTA DE PIEZAS

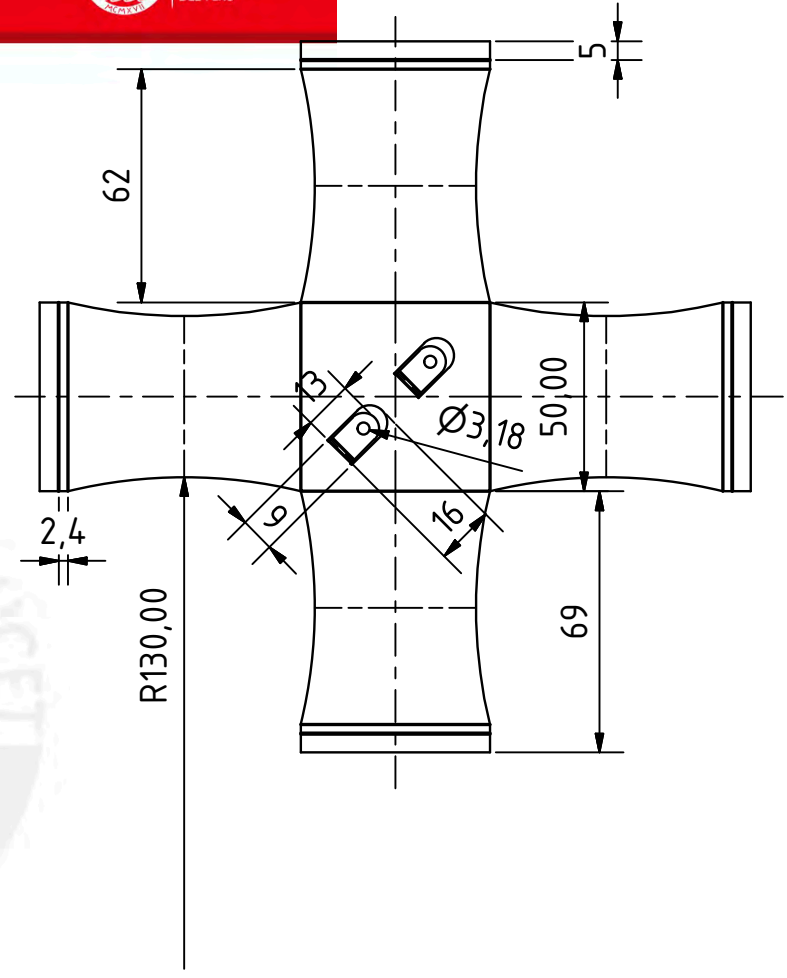
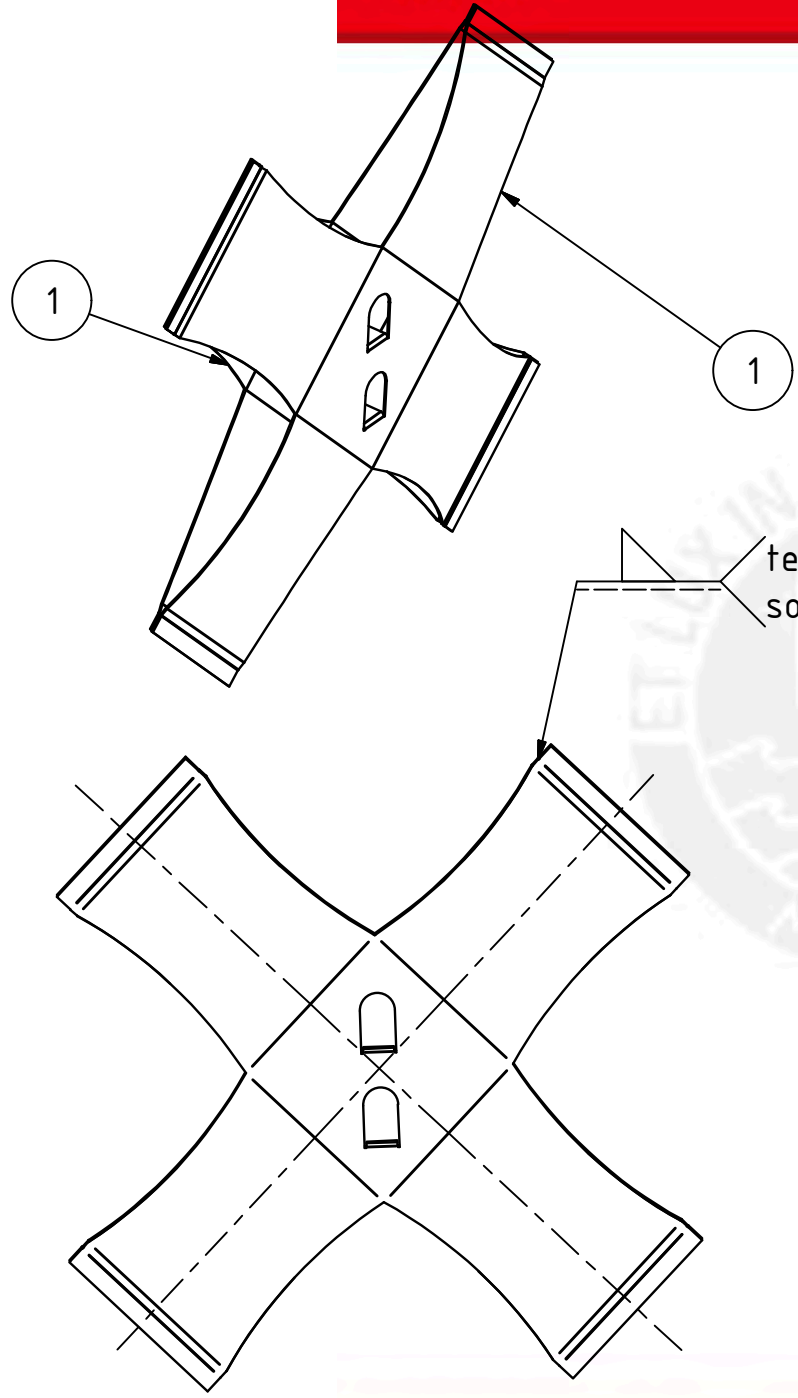
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	COD
1	1	brazos plasticos	1-3-1
2	2	panel solar	standard
3	4	perno E	1/8" x 15mm
4	2	planchas de sop.	1-3-2
5	1	soporte conector	1-3-3

Fecha	Nombre	Brazos obra muerta		
Creado 06-Mar-14	Cesar			
Revisado				
Material				
INSTITUCION PUCP		1-3-0	BOYA SEAHOUND	1:5
CODIGO				



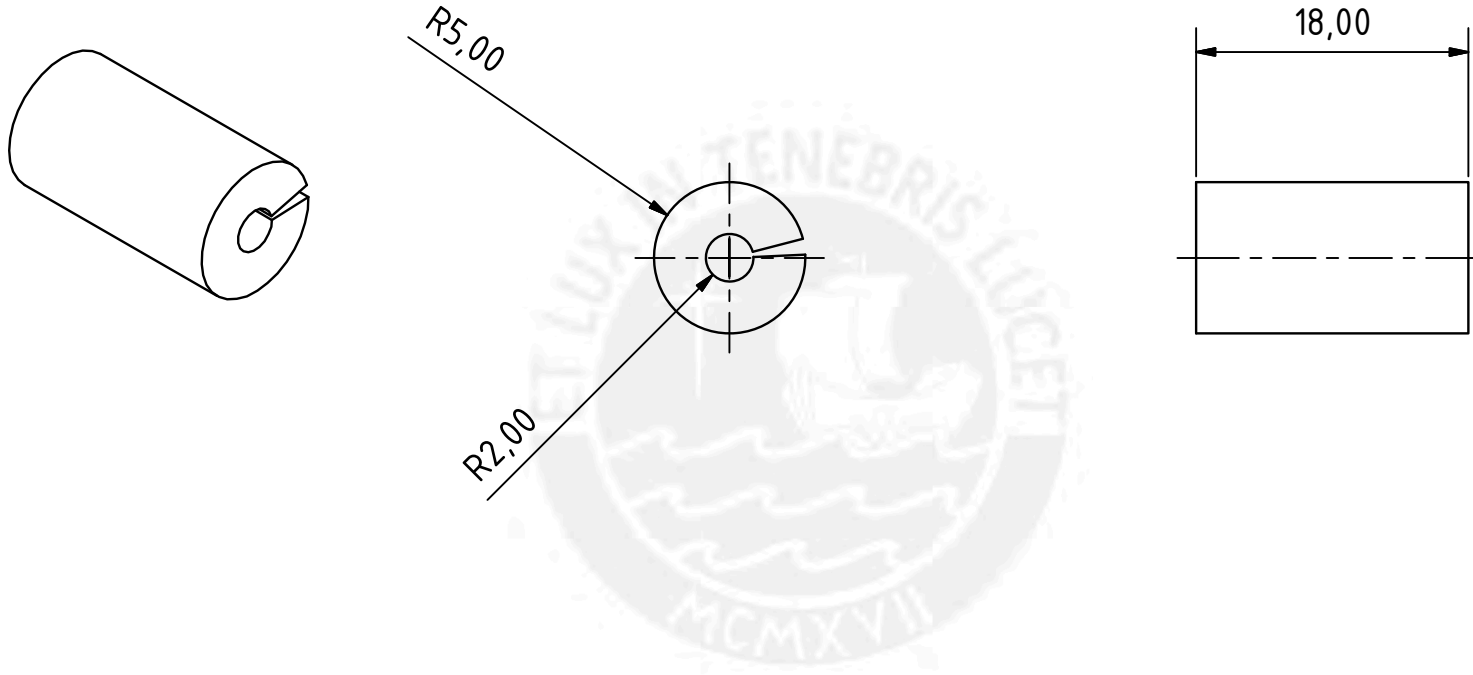
LISTA DE PIEZAS

LISTA DE PIEZAS				Fecha	Nombre	aspa de carena ensamblada	
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	CODIGO	Creado	06-Mar-14		Cesar
1	1	aspa carena	1-4-1	Revisado			
2	1	conector ensamble	1-4-2	Material			
				INSTITUCION	PUCP		
				1-4-0		BOYA SEAHOUND	
				CODIGO	PRODUCTO	1:5	
						A4	

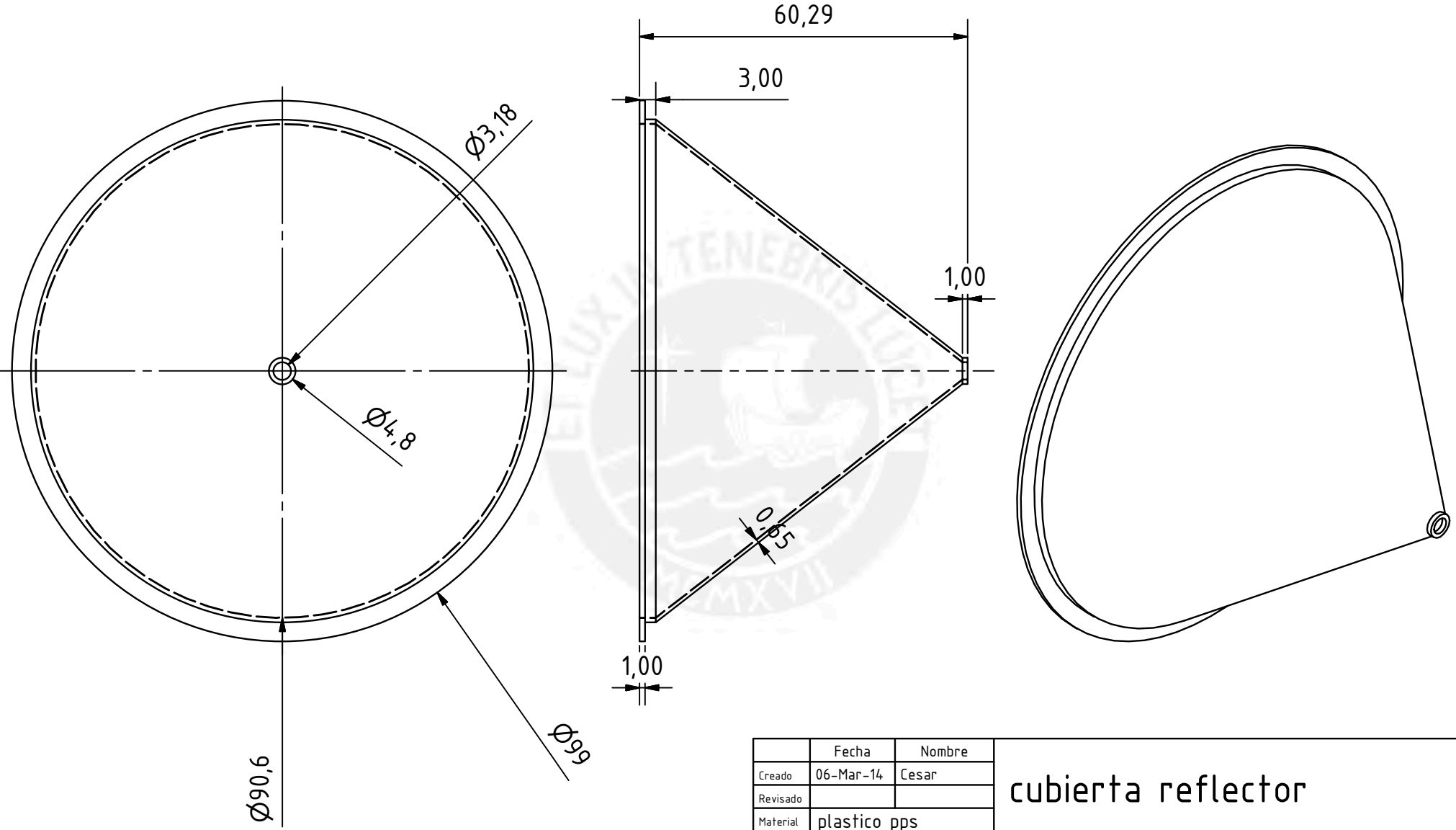


ELEMENTO		CTDAD	Nº DE PIEZA
1		2	aspa de señalizacion
Fecha	Nombre	aspa marca de tope	
Creado	06-Mar-14 Cesar		
Revisado			
Material	plastico pps 0.5		
INSTITUCION	PUCP		
1-1-1	BOYA SEAHOUND	1:2	
CODIGO	PRODUCTO	A4	



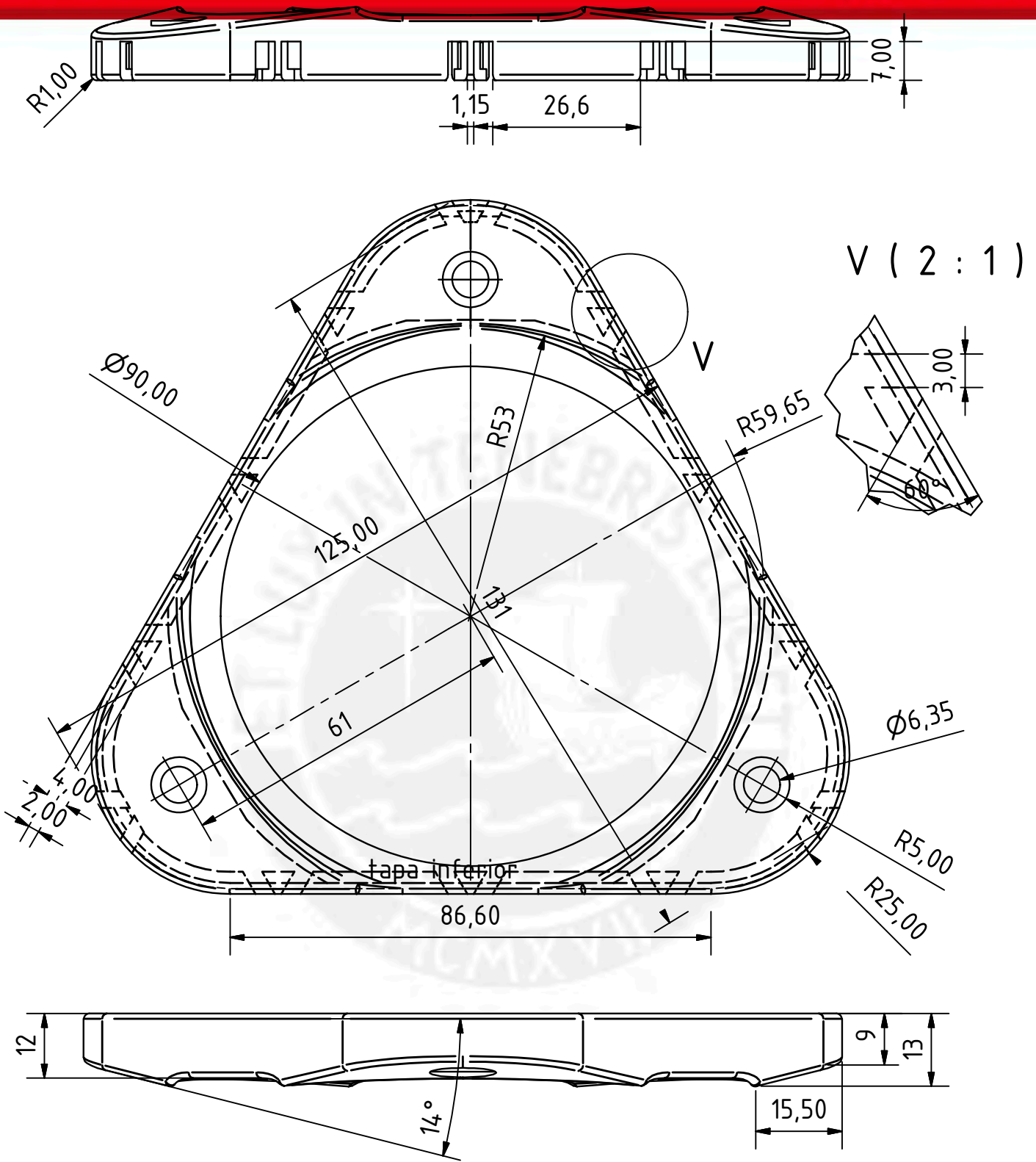


	Fecha	Nombre	tope de caucho jebe aislante	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	caucho		BOYA SEAHOUND	
INSTITUCION	PUCP			
	1-1-2		2:1	
			A4	
	CODIGO		PRODUCTO	

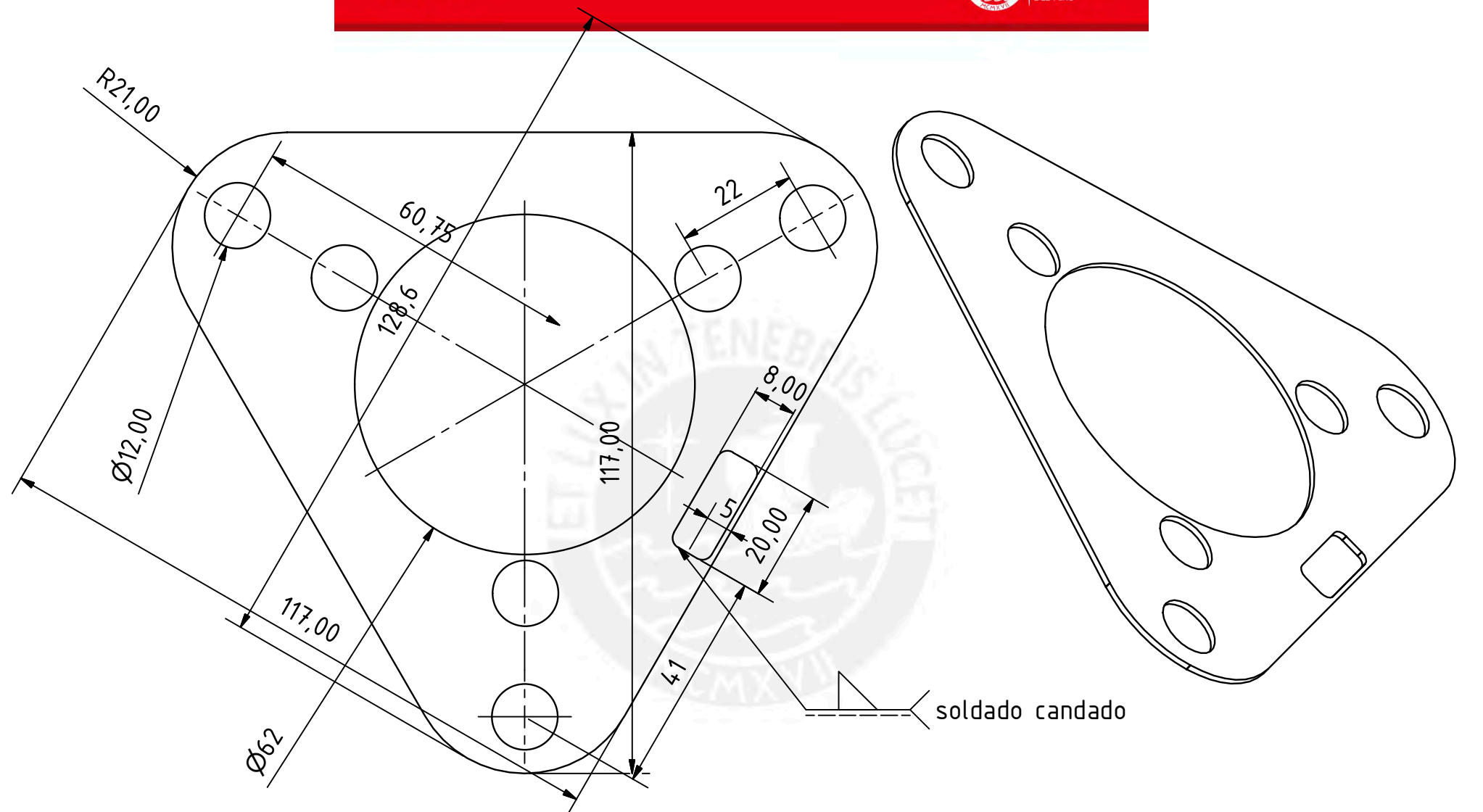


	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	cubierta reflector	
Revisado				
Material	plastico pps			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-3		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	

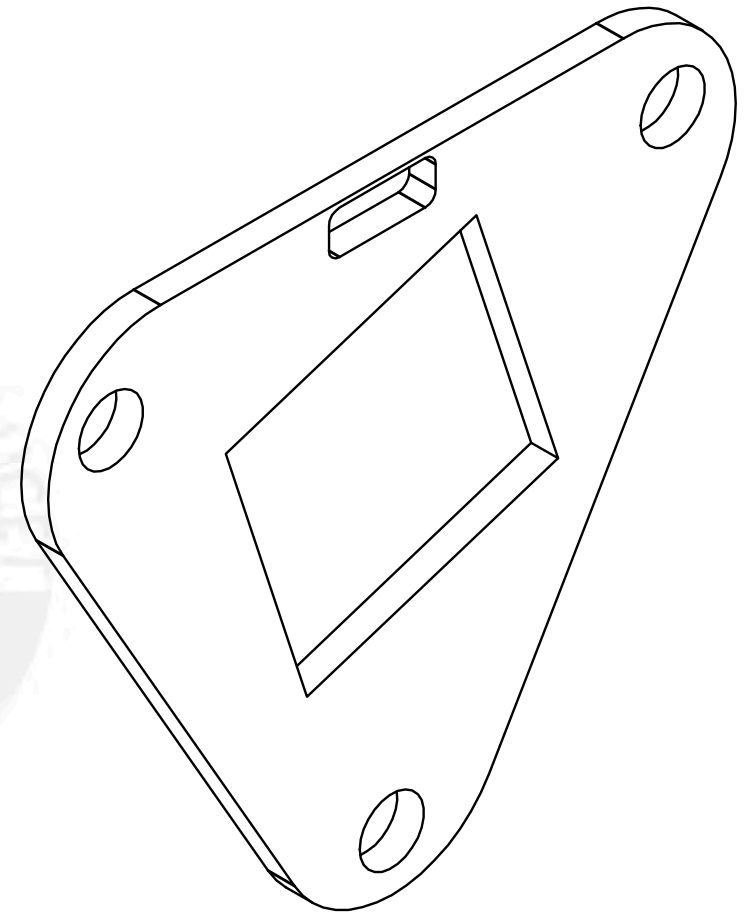
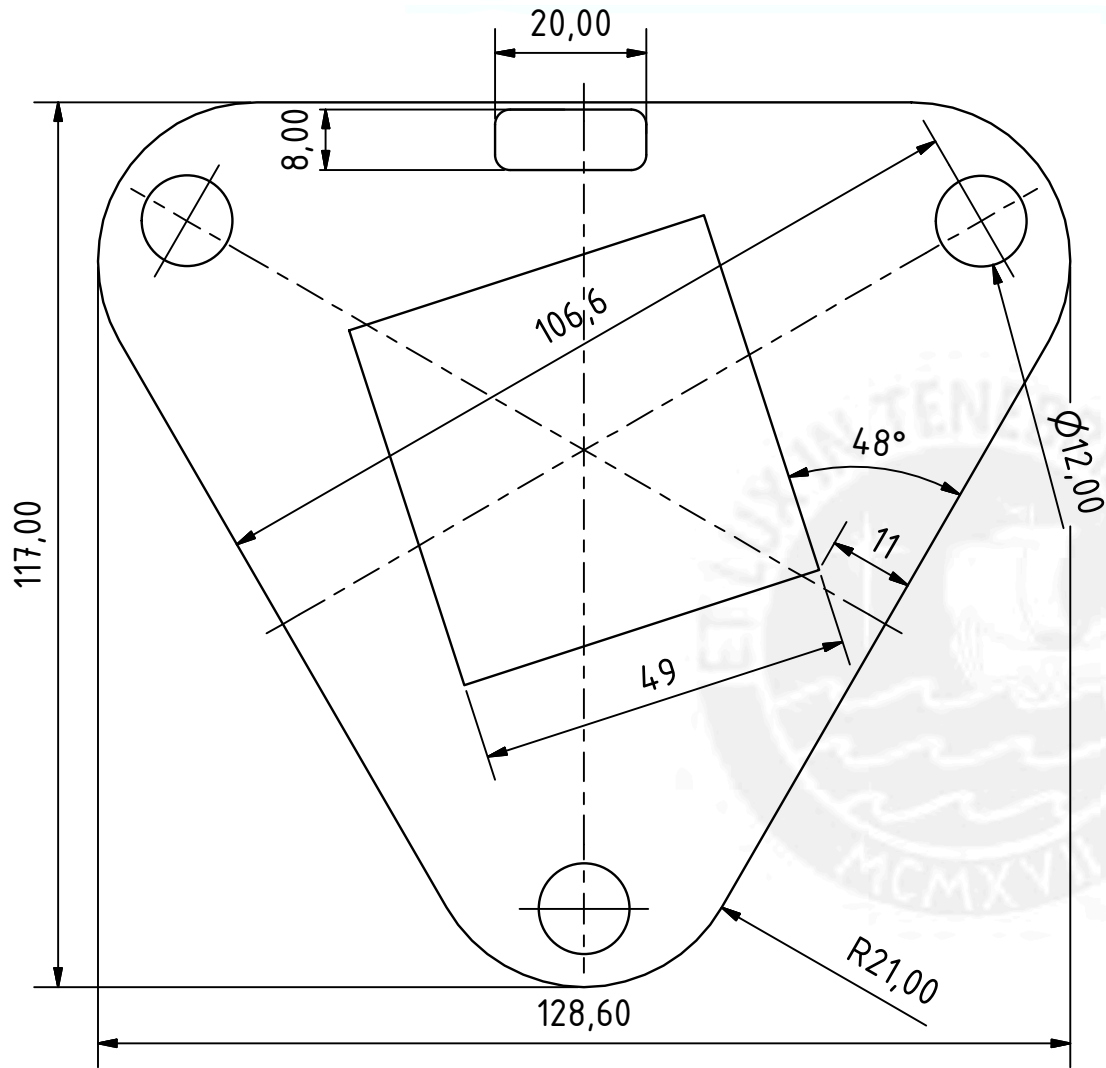
tapa superior



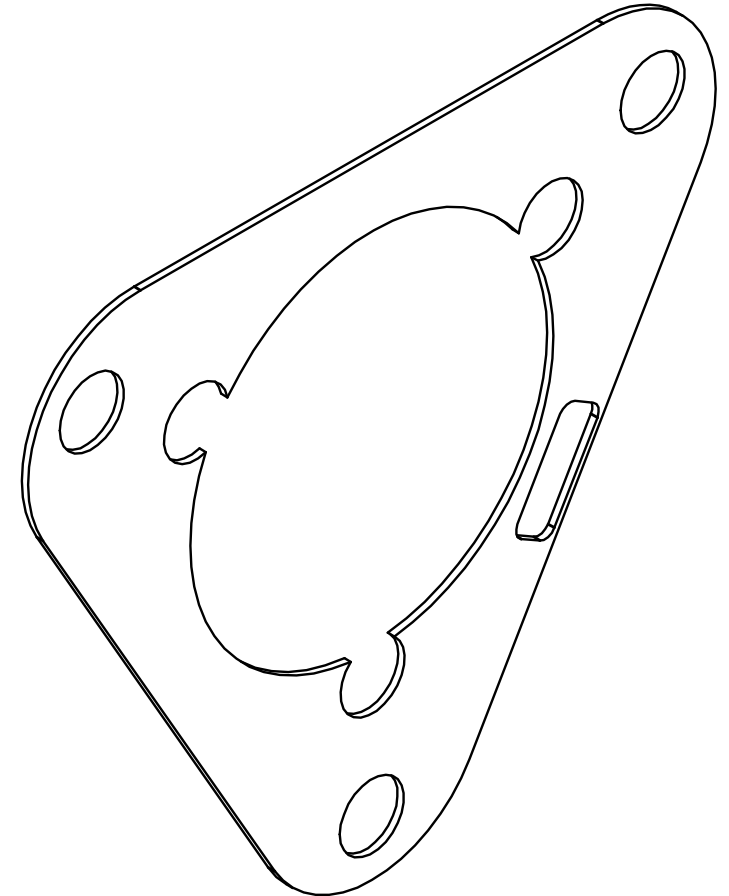
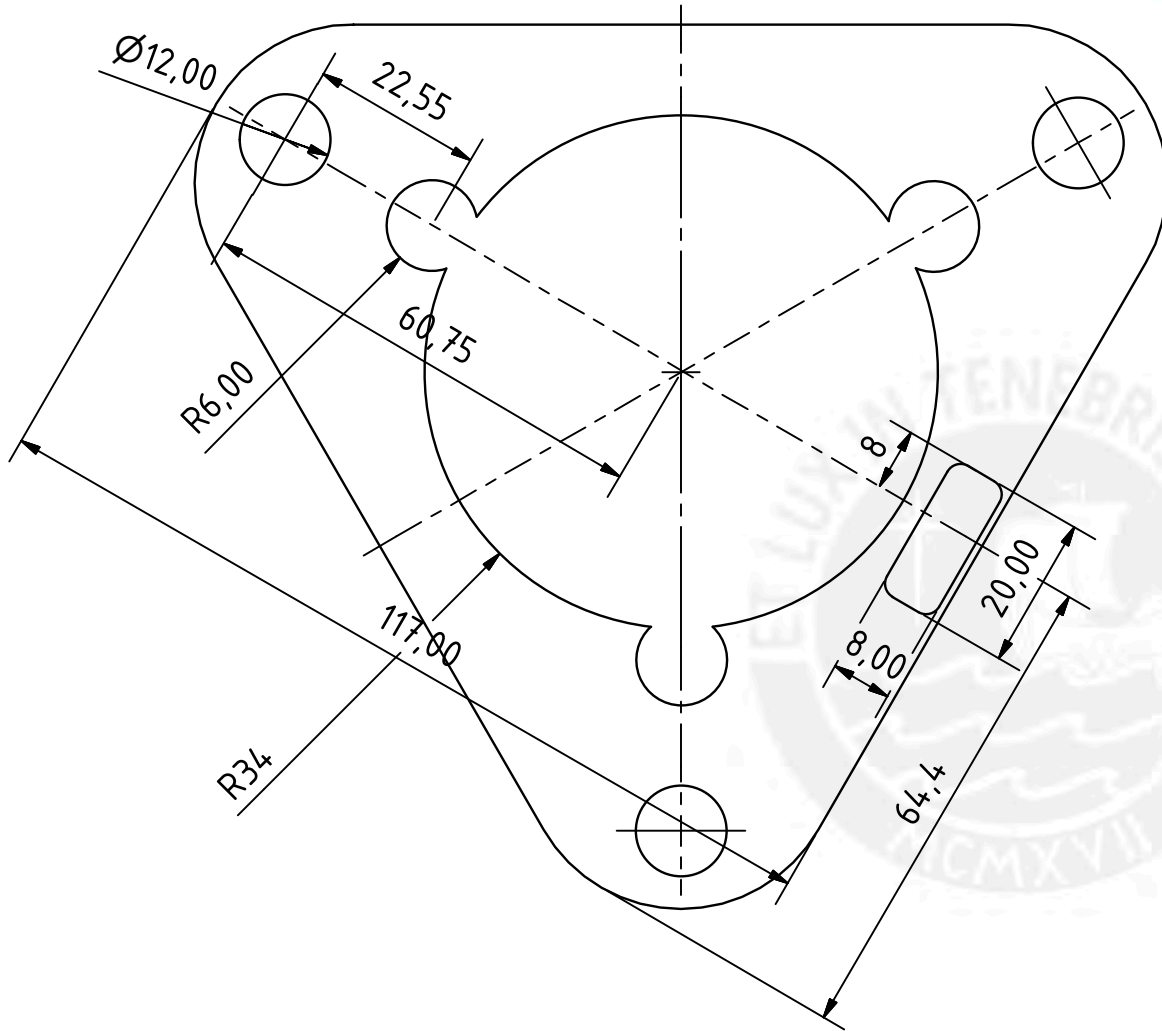
	Fecha	Nombre	tapa superior/inferior	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	polietileno de alta densidad			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-4		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



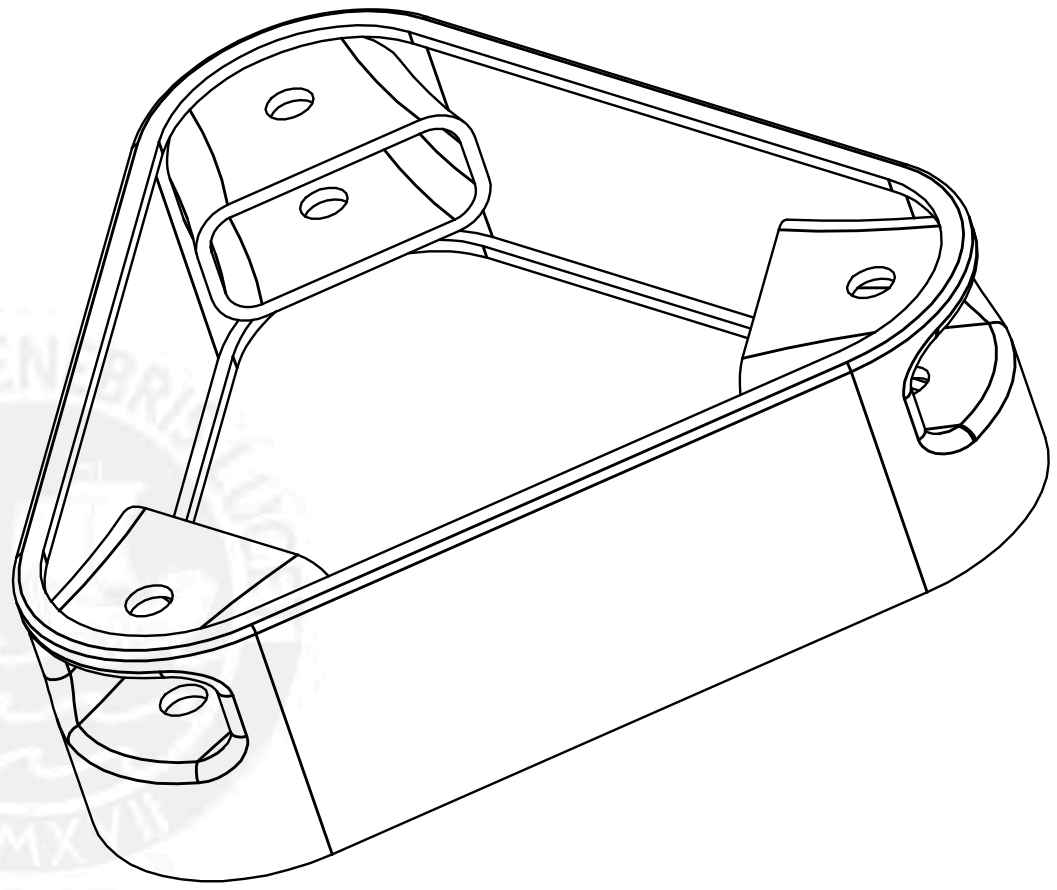
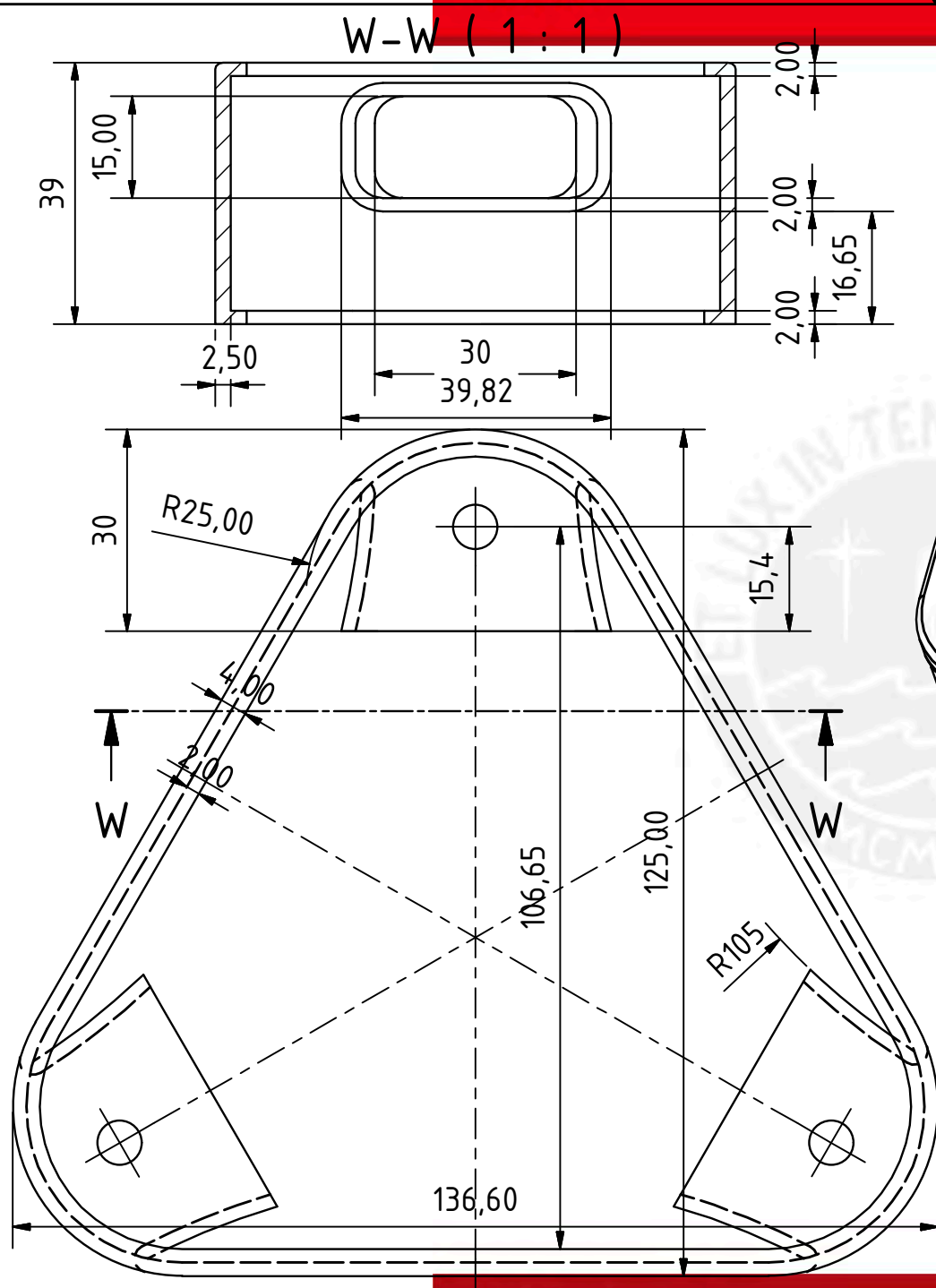
	Fecha	Nombre	placa de proteccion	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	platina 12mm			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-5		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



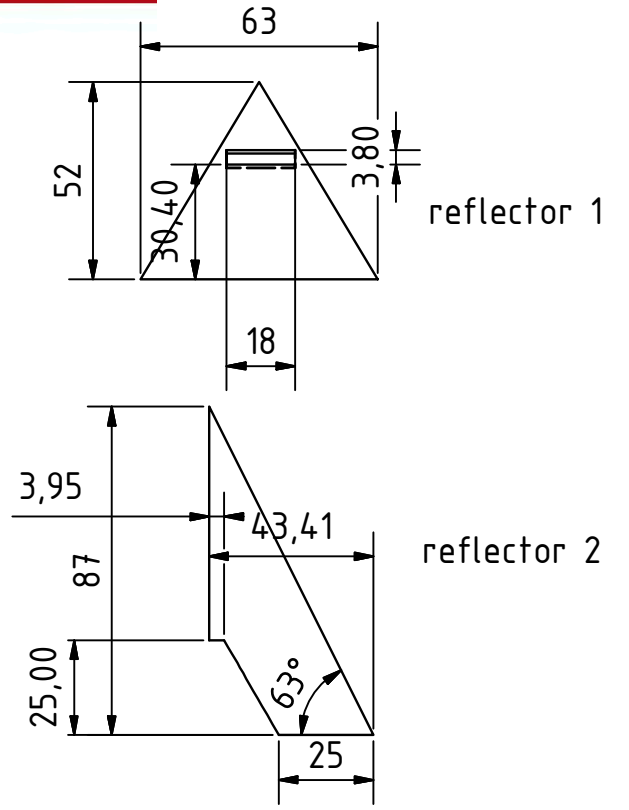
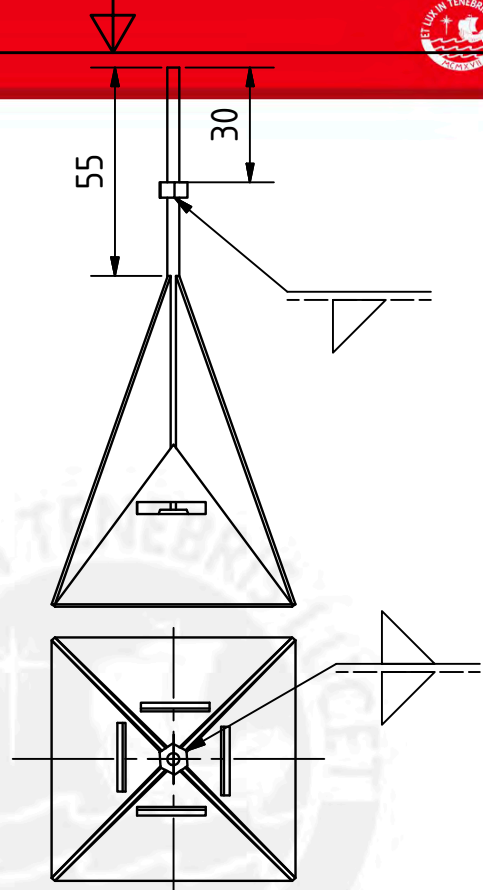
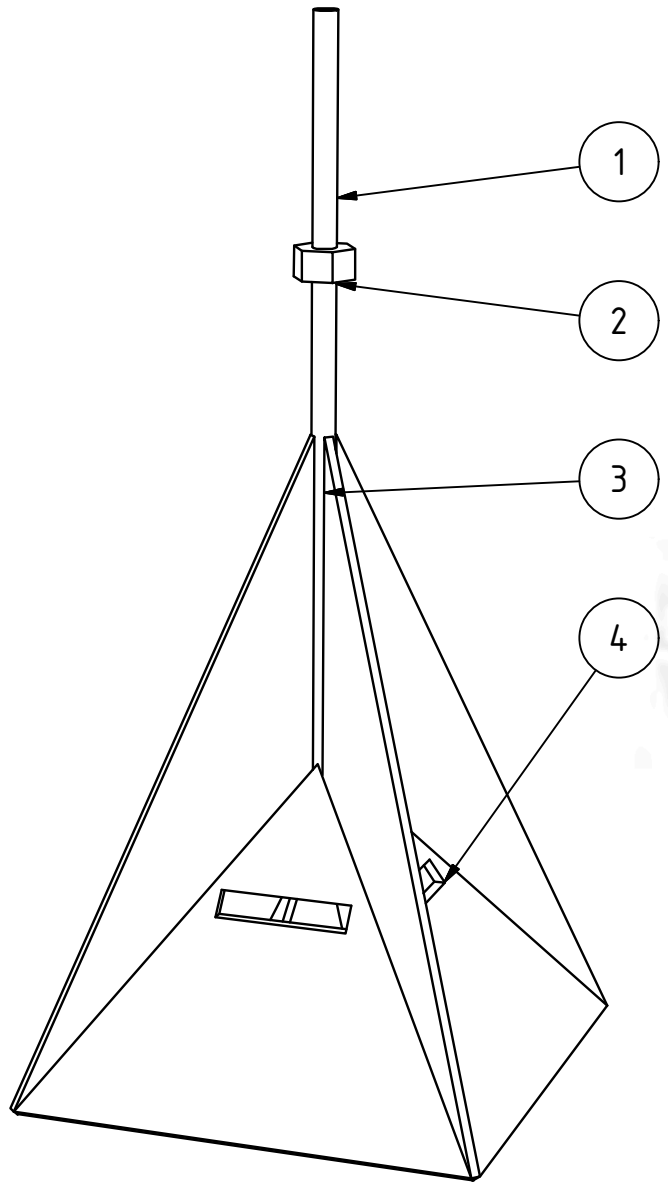
	Fecha	Nombre	reflector acrilico	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	plastico PPMA			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-6		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	placa reflectante	
Revisado			plastica	
Material	plastico PPS 12mm			
INSTITUCION	PUCP			
	1-1-7		BOYA SEAHOUND	1:1
				A4
	CODIGO		PRODUCTO	



	Fecha	Nombre	carcasa media	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	polietileno de alta densidad			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-8		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	

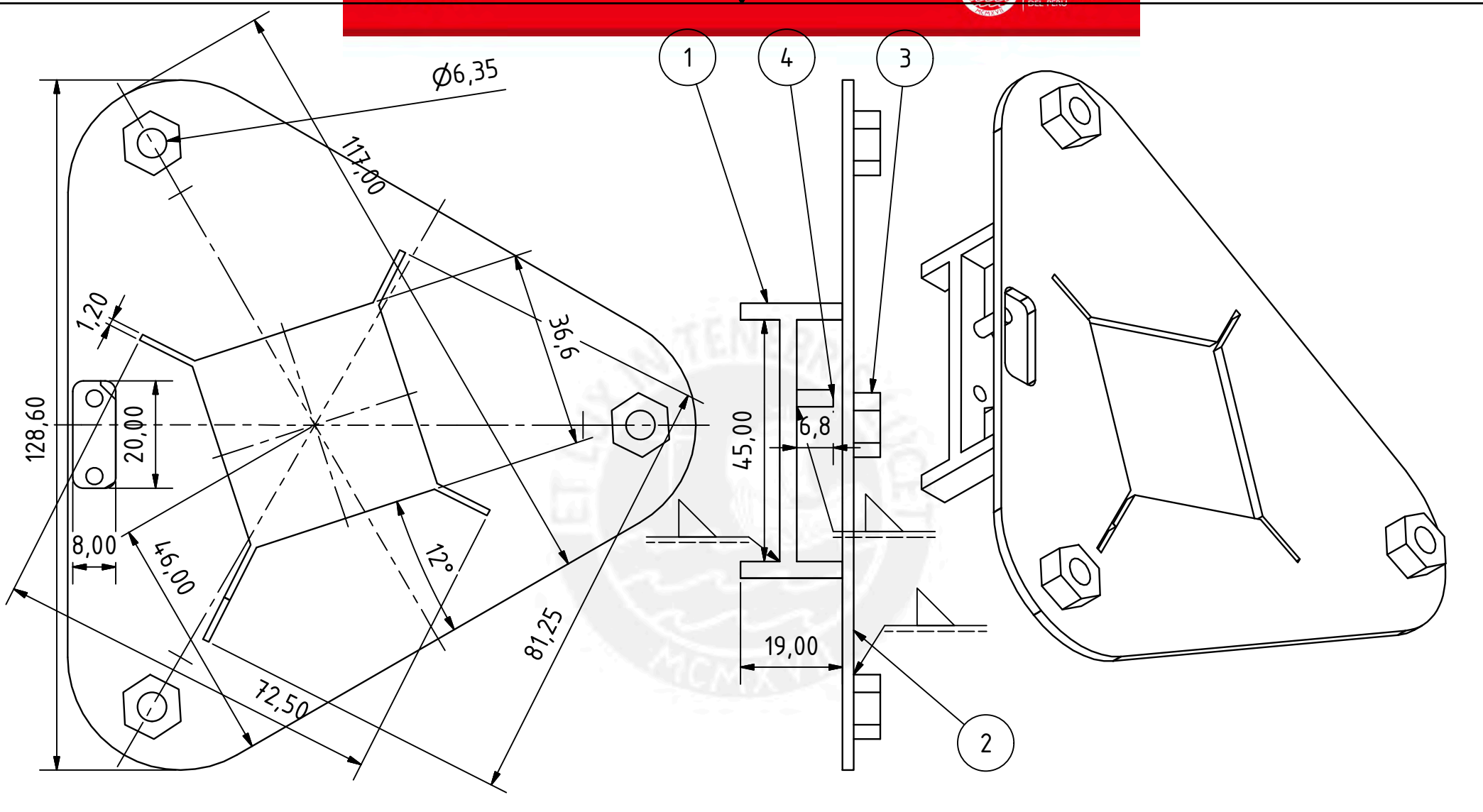


LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	varilla	1/8" x 142
2	1	perno	1/8"
3	4	reflector 1	
4	4	reflector 2	

Fecha	Nombre	reflector de radar	
Creado 06-Mar-14	Cesar		
Revisado			
Material	plancha 1.2mm		
INSTITUCION	PUCP		
1-1-9	BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO	PRODUCTO	A4	

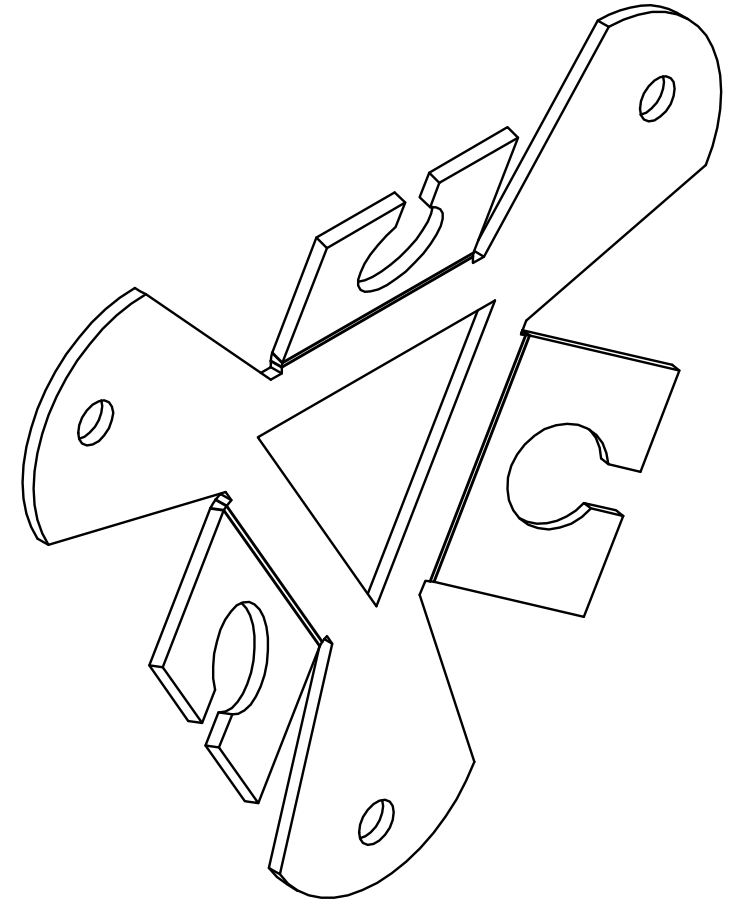
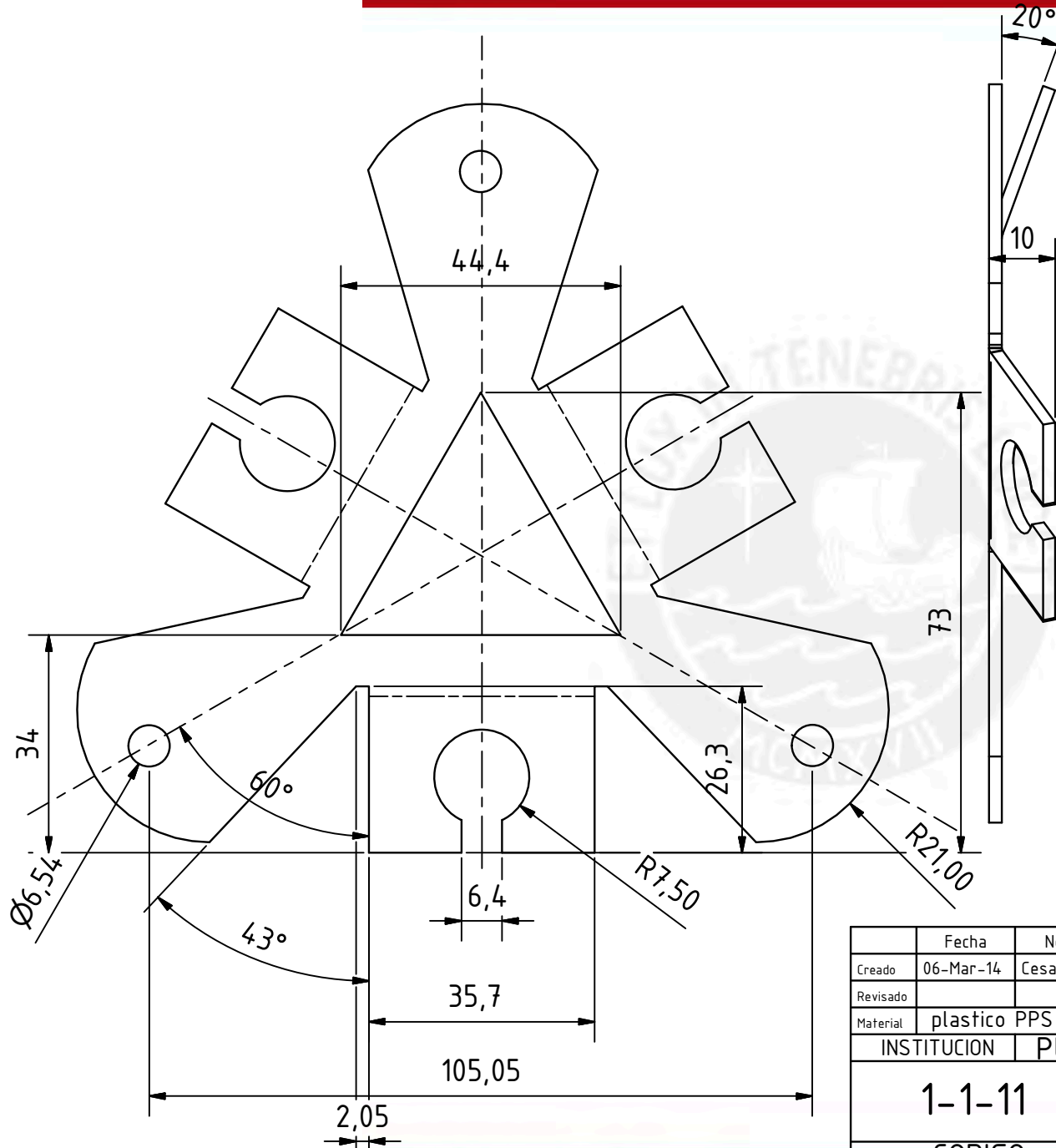




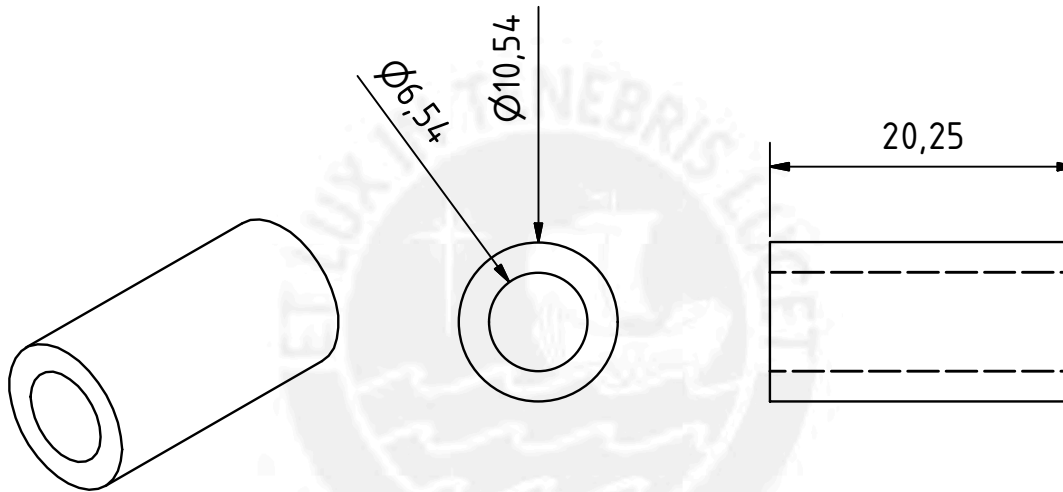
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	conector cerrojo	platina 1/4"x 1/8"
2	1	planchade union	plancha 1.2mm
3	3	pernos	1/4"
4	1	varilla	1/8"x10mm

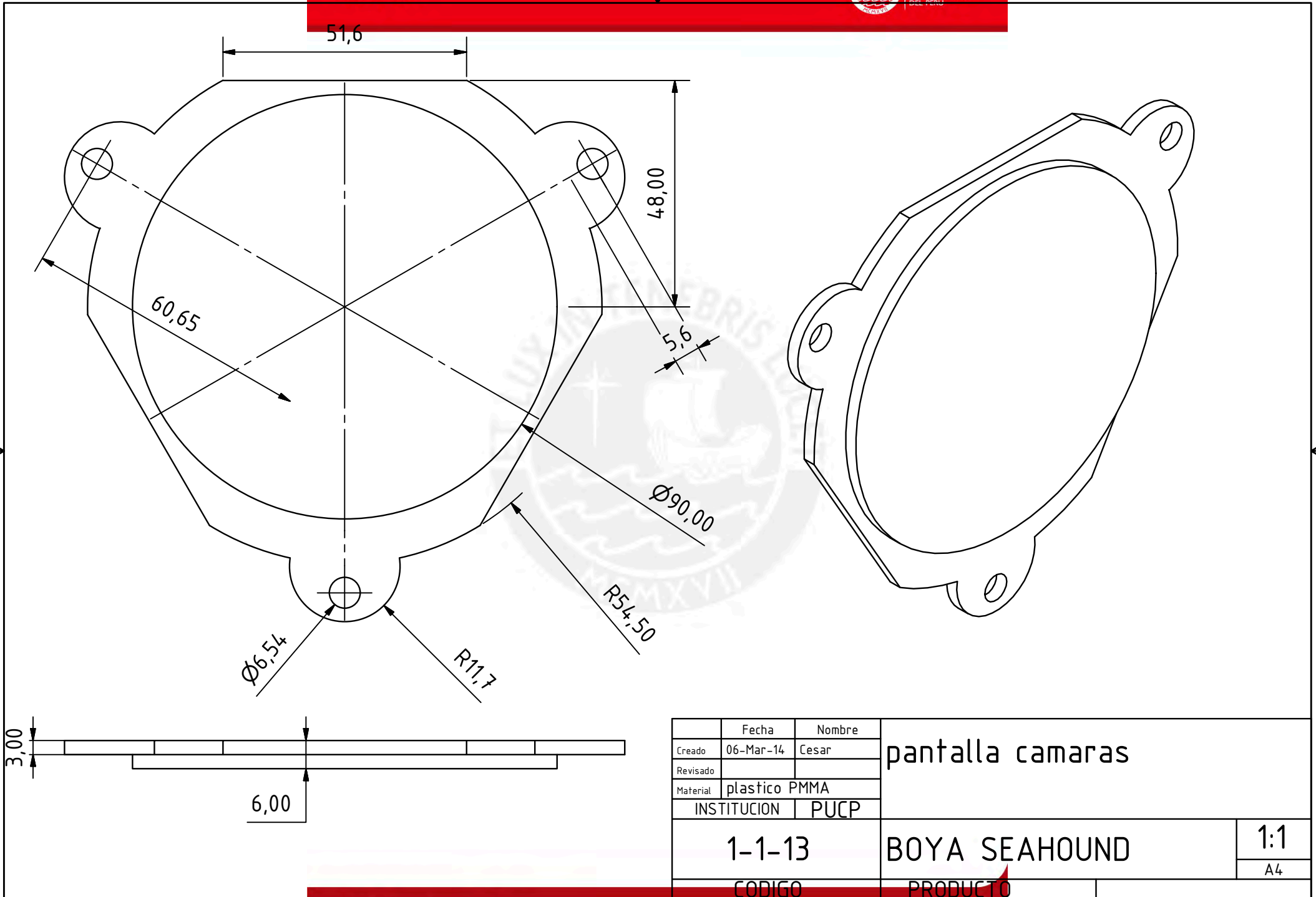
Fecha	Nombre	placa de enganche
Creado 06-Mar-14	Cesar	
Revisado		
Material		
INSTITUCION		PUCP
1-1-10		BOYA SEAHOUND
CODIGO		PRODUCTO
		1:1
		A4



	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	soporte para camaras	
Revisado				
Material	plastico PPS			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-11		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	

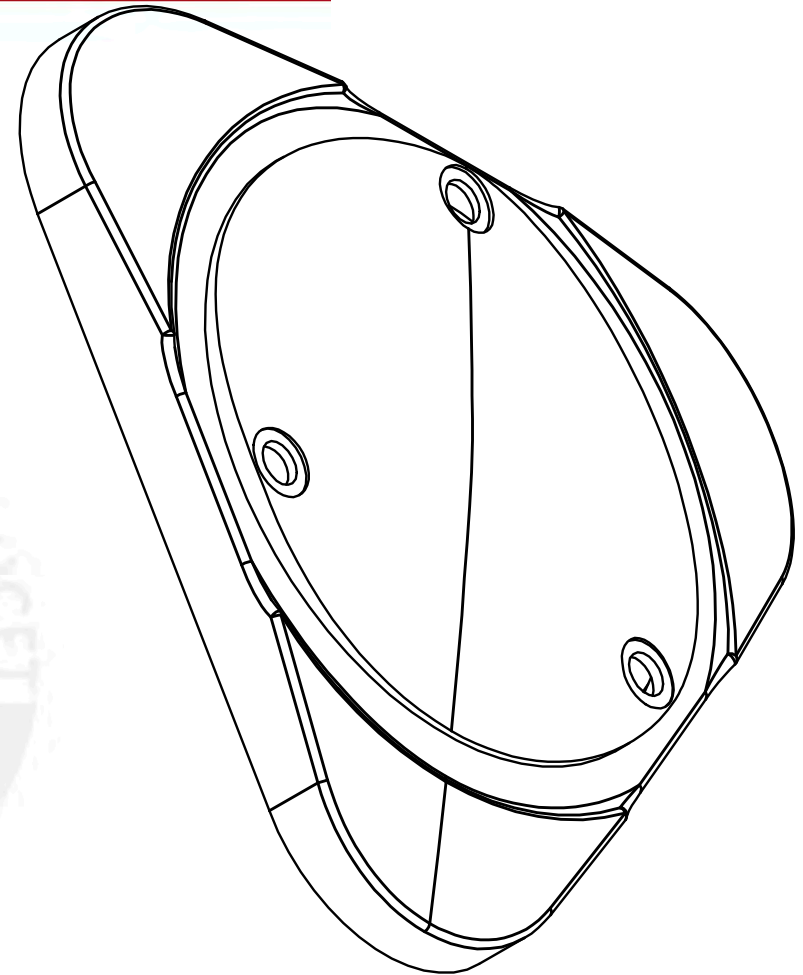
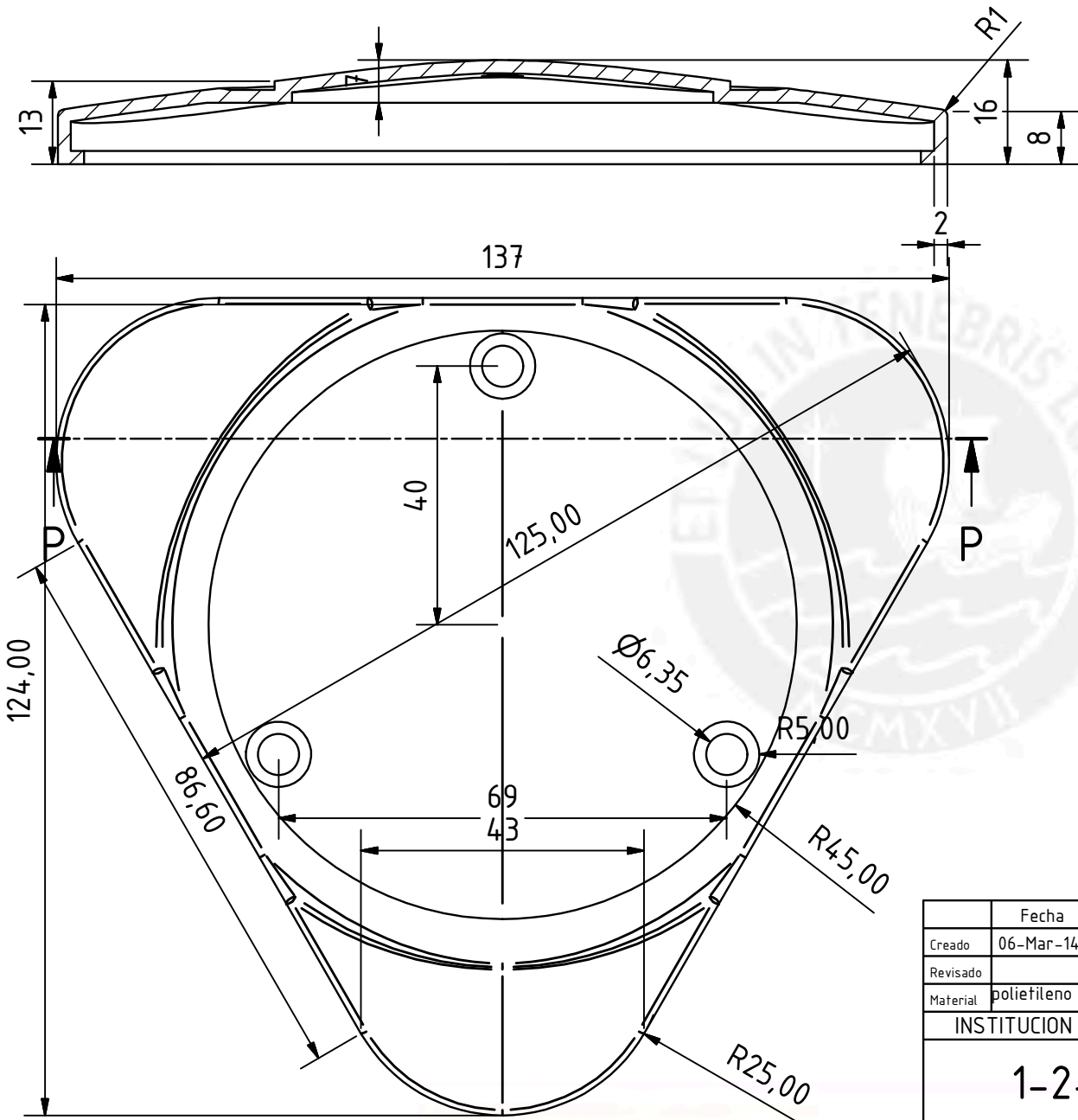


	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	apoyos de tarugo	
Revisado				
Material	abs/nylon			
INSTITUCION		PUCP		
1-1-12		BOYA SEAHOUND	2:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	

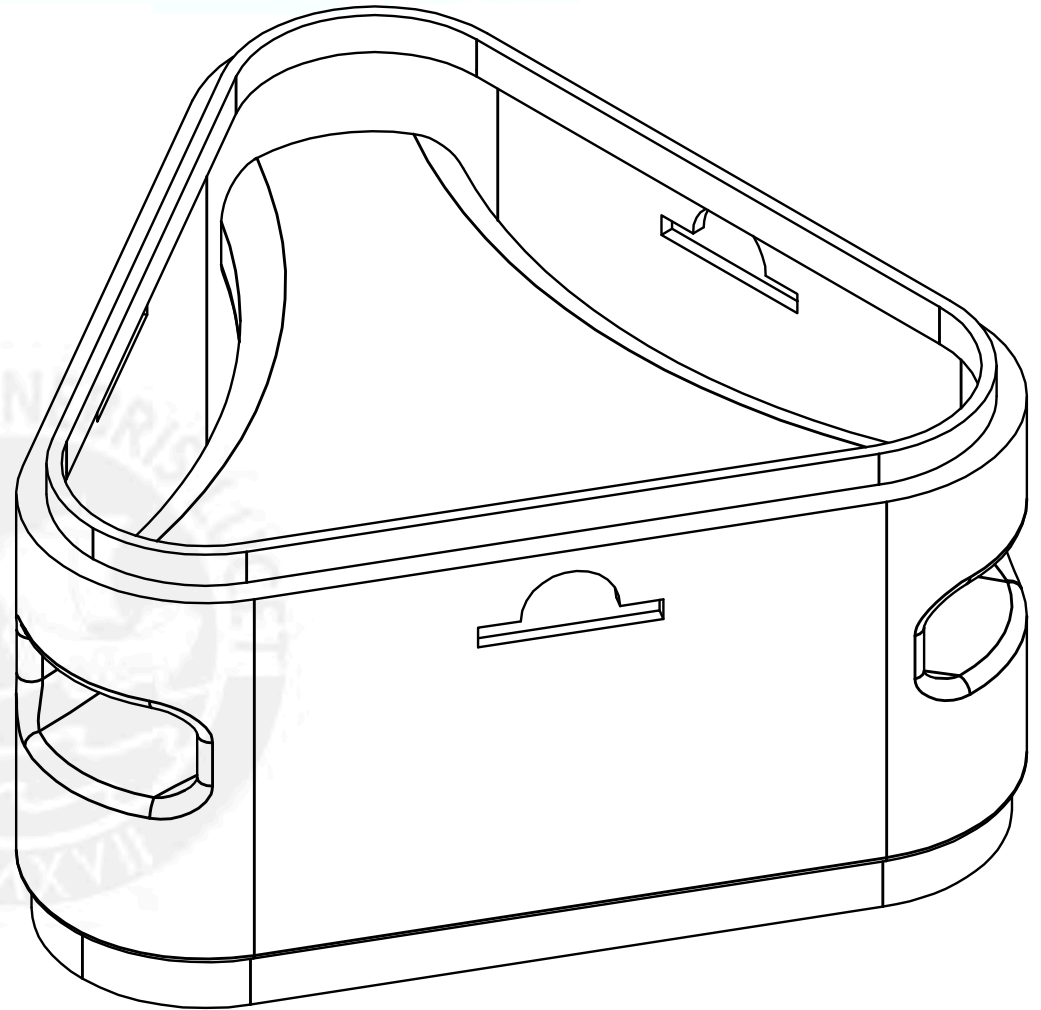
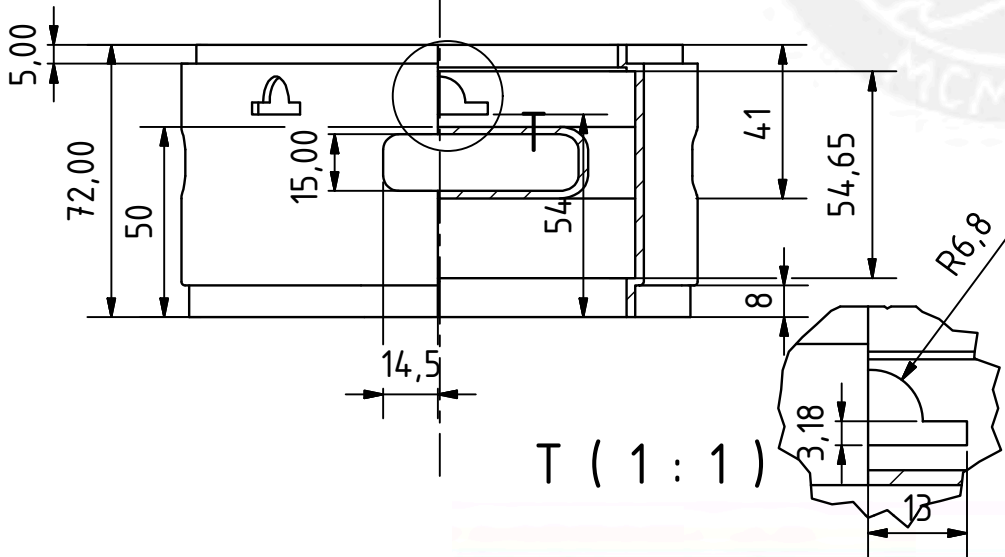
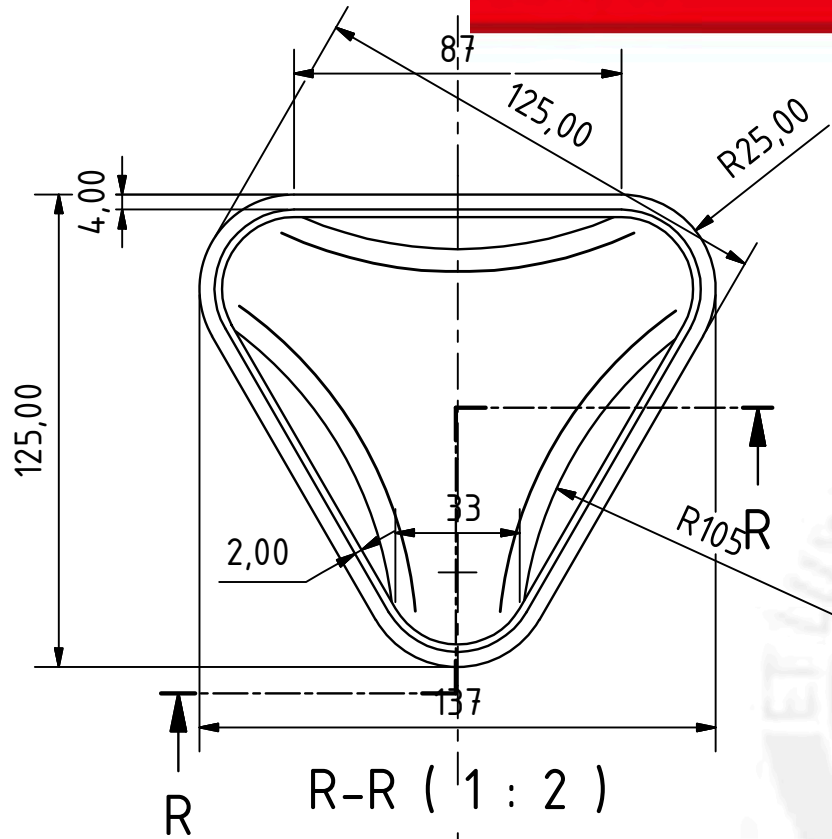


	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	pantalla camaras	
Revisado				
Material	plastico PMMA			
INSTITUCION	PUCP			
	1-1-13	BOYA SEAHOUND	1:1	
			A4	
	CODIGO	PRODUCTO		

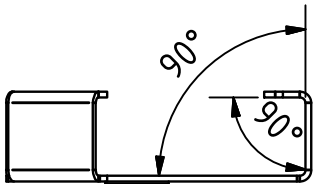
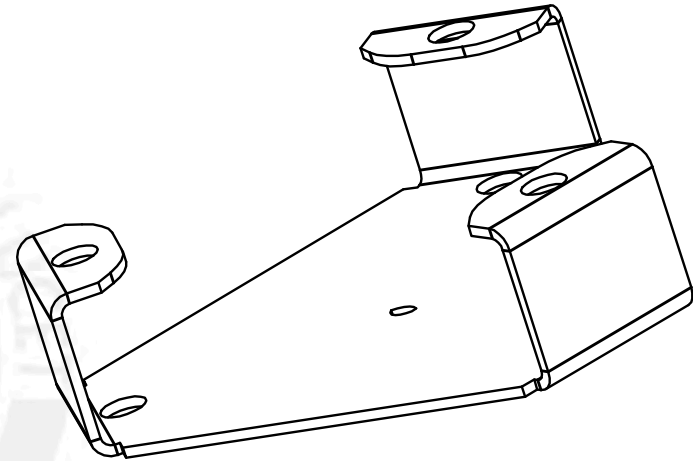
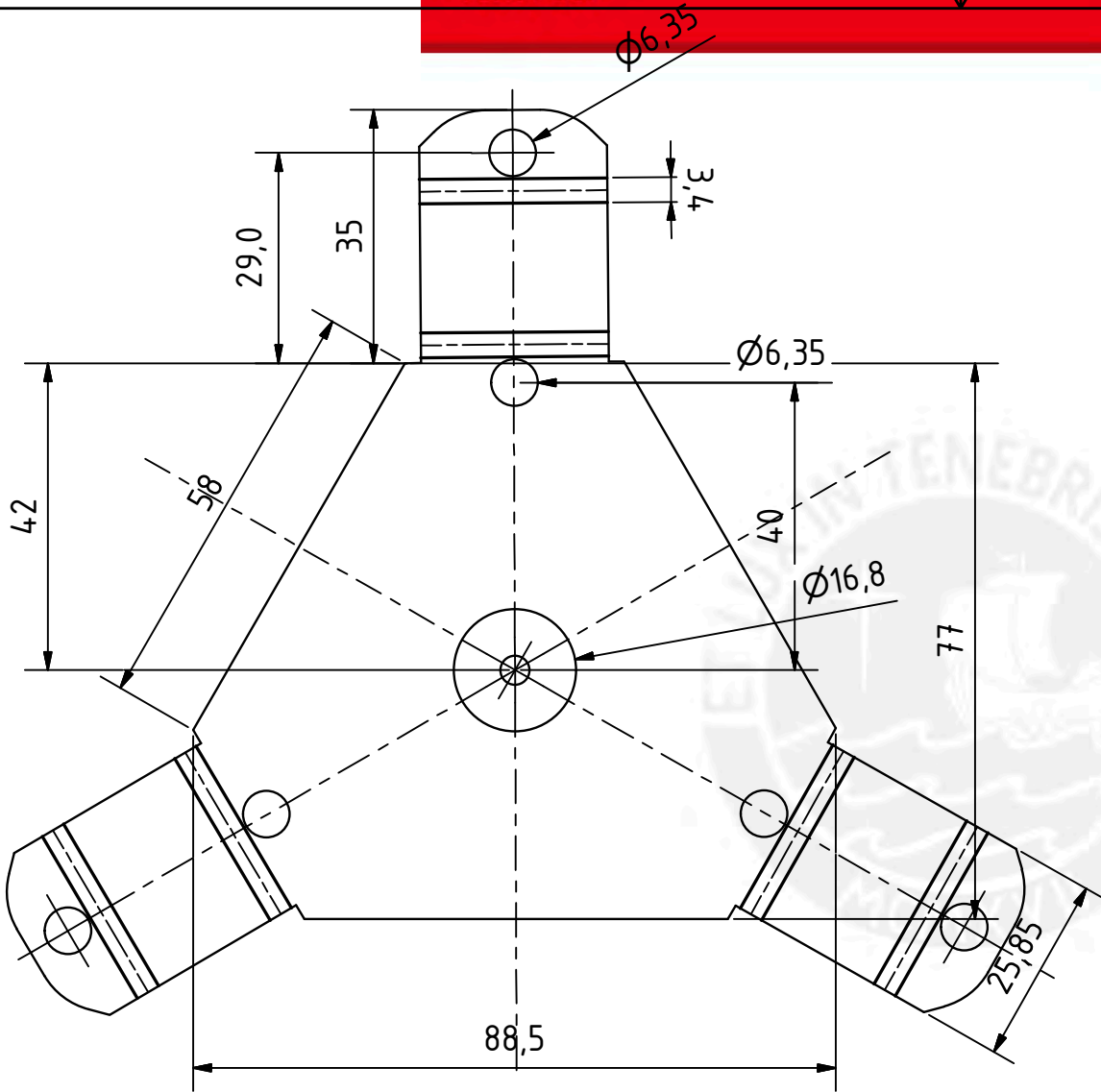
P-P ( 1 : 1 )



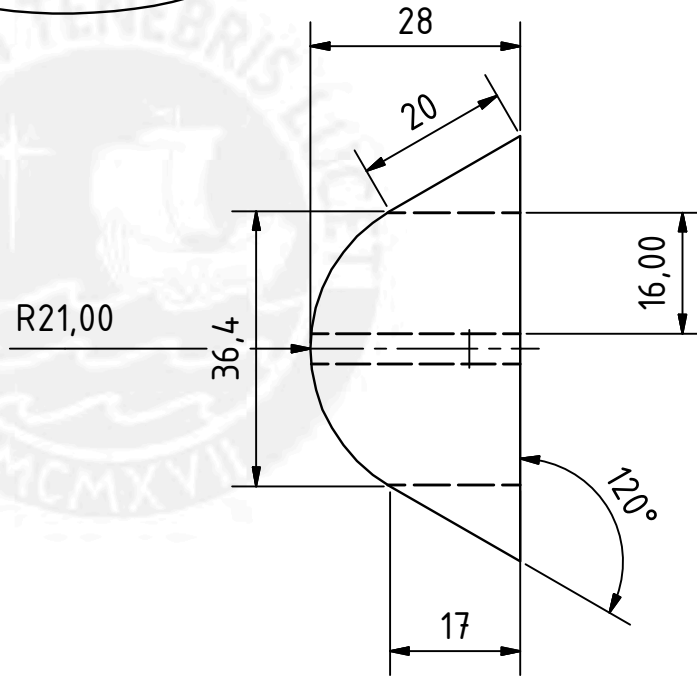
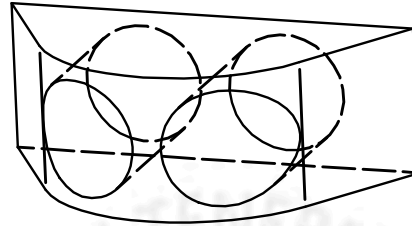
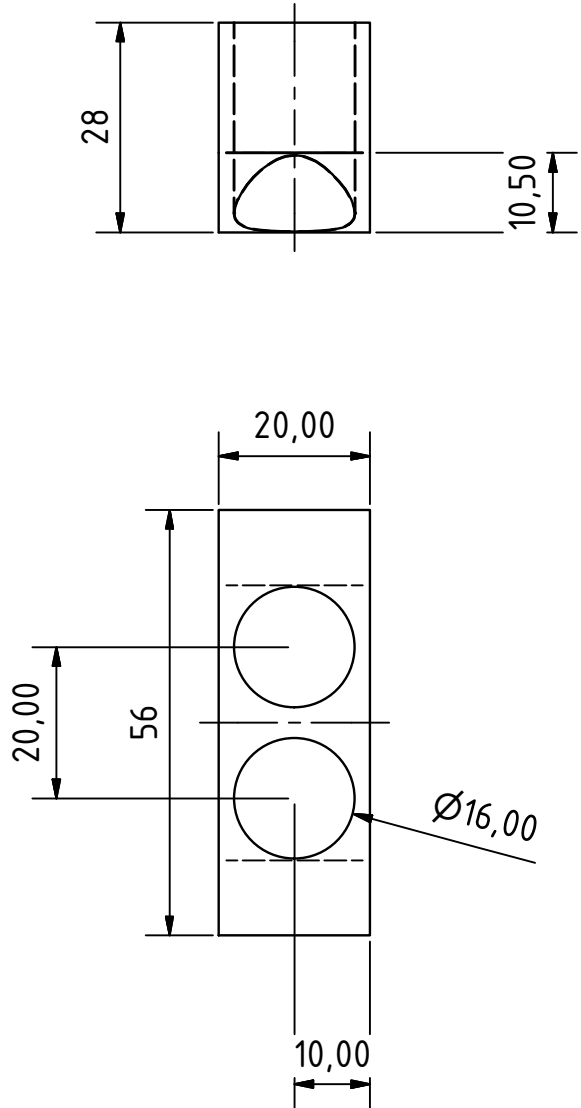
	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	tapa inferior/superior de la carena central	
Revisado				
Material	polietileno de alta densidad			
INSTITUCION		PUCP		
1-2-1		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



	Fecha	Nombre	carcasa carena intermedia	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	polietileno de alta densidad		BOYA SEAHOUND	
INSTITUCION	PUCP			
	1-2-2		1:2	
CODIGO	PRODUCTO		A4	

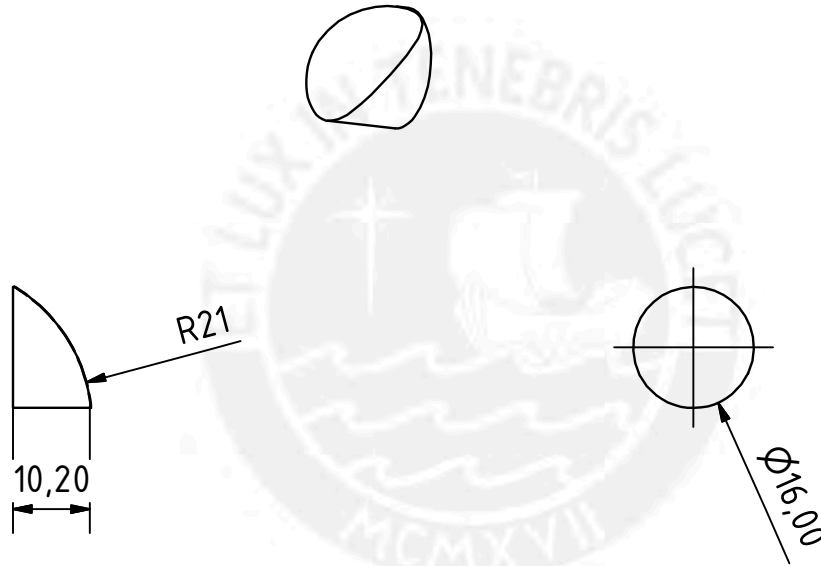


	Fecha	Nombre	placa union de ensamble	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	acero inox			
INSTITUCION		PUCP		
1-2-3		BOYA SEAHOUND		1:1
CODIGO		PRODUCTO		A4

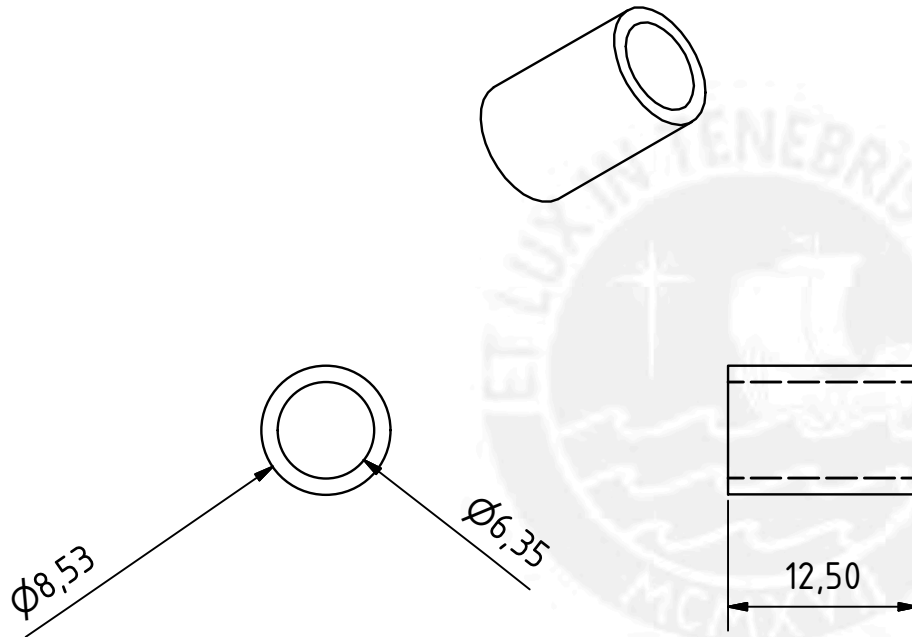


	Fecha	Nombre	soportes/aislantes de Foam			
Creado	06-Mar-14	Cesar				
Revisado						
Material	espuma de poliuretano					
INSTITUCION		PUCP				
1-2-4		BOYA SEAHOUND	1:1			
CODIGO		PRODUCTO	A4			

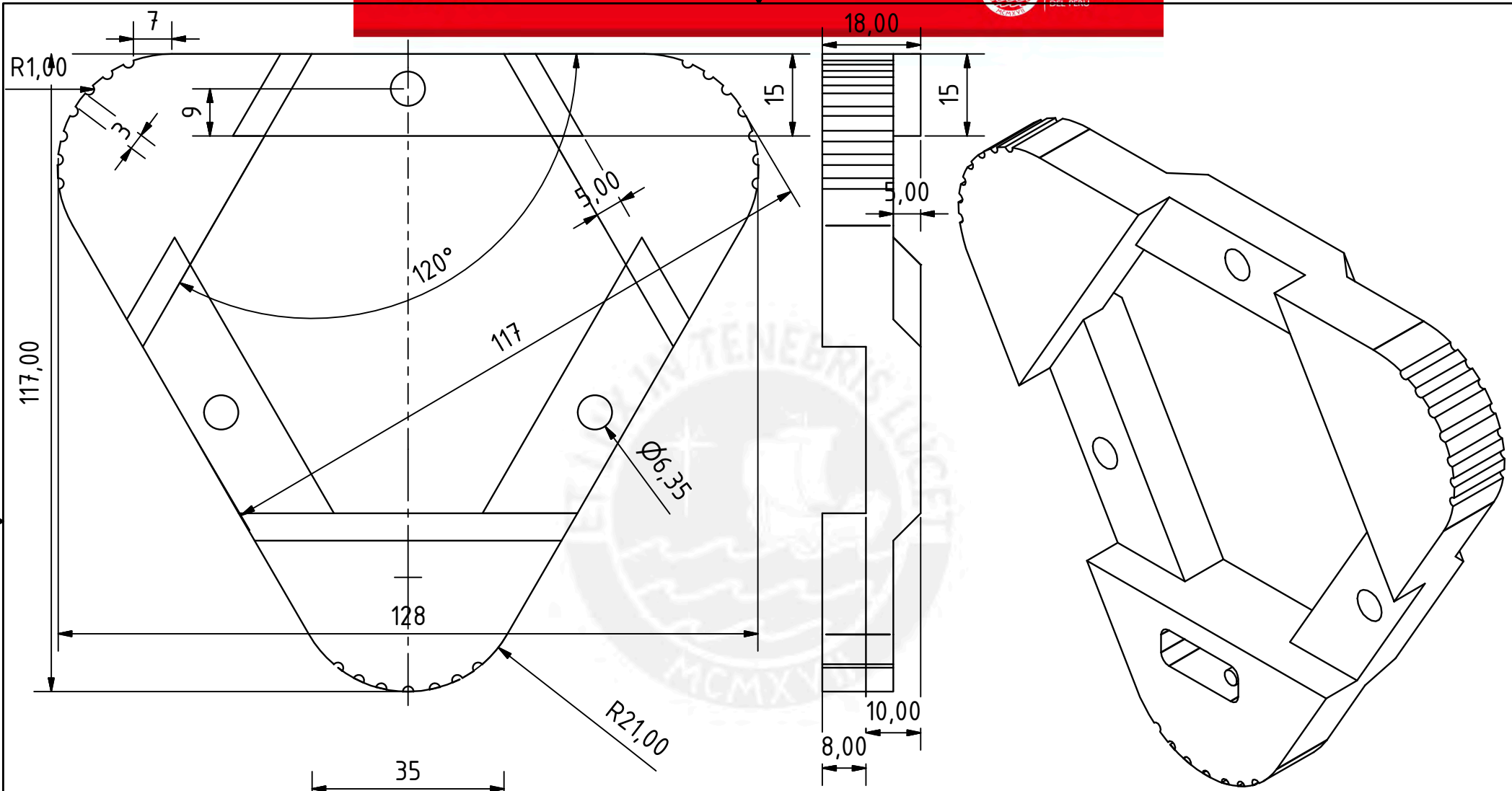




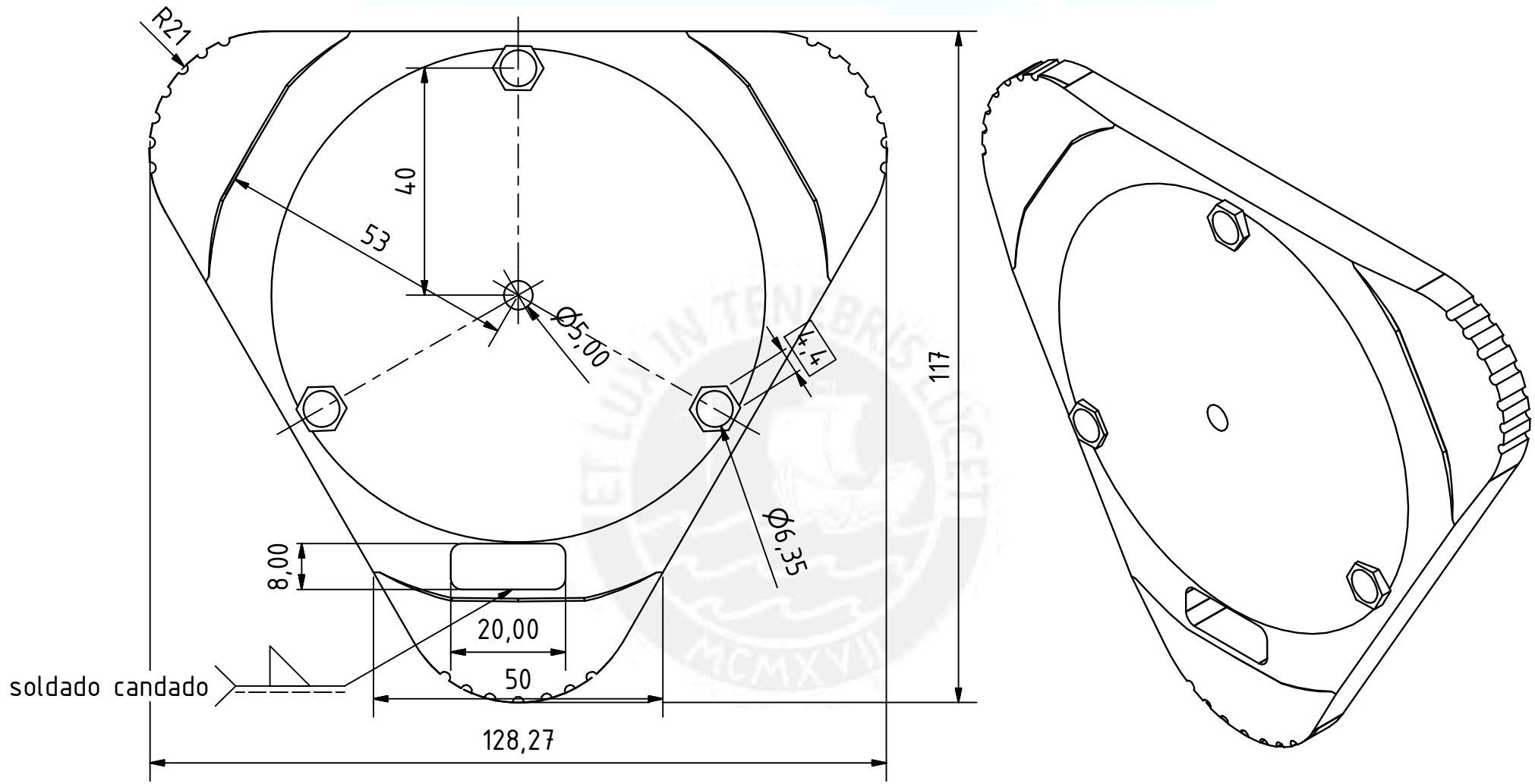
	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	conductor de sonido	
Revisado				
Material	acero inox			
INSTITUCION		PUCP		
1-2-5		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



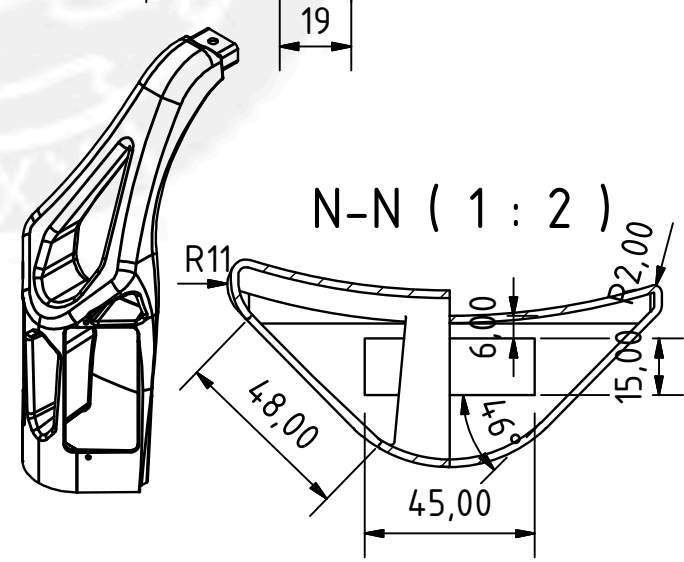
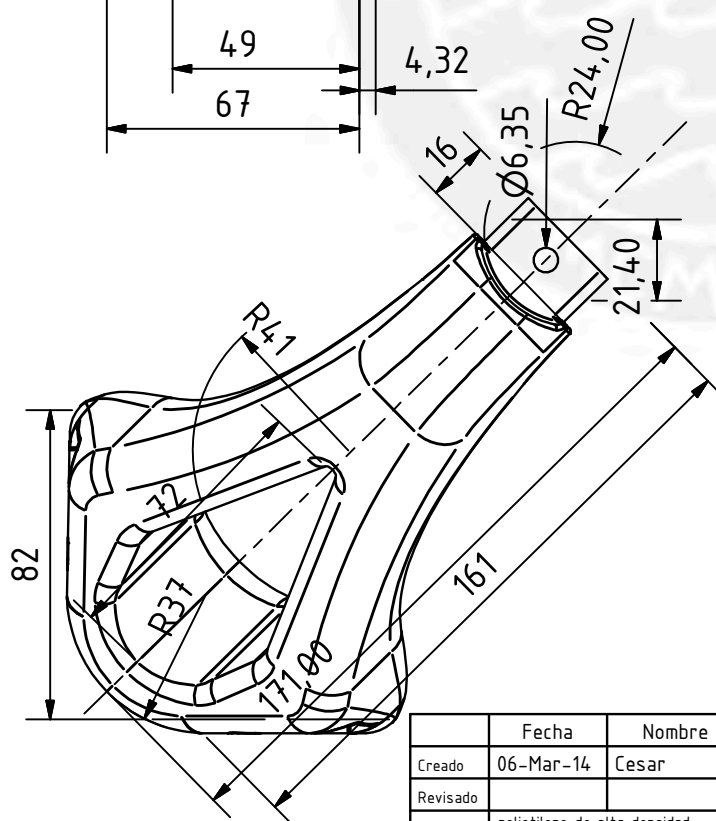
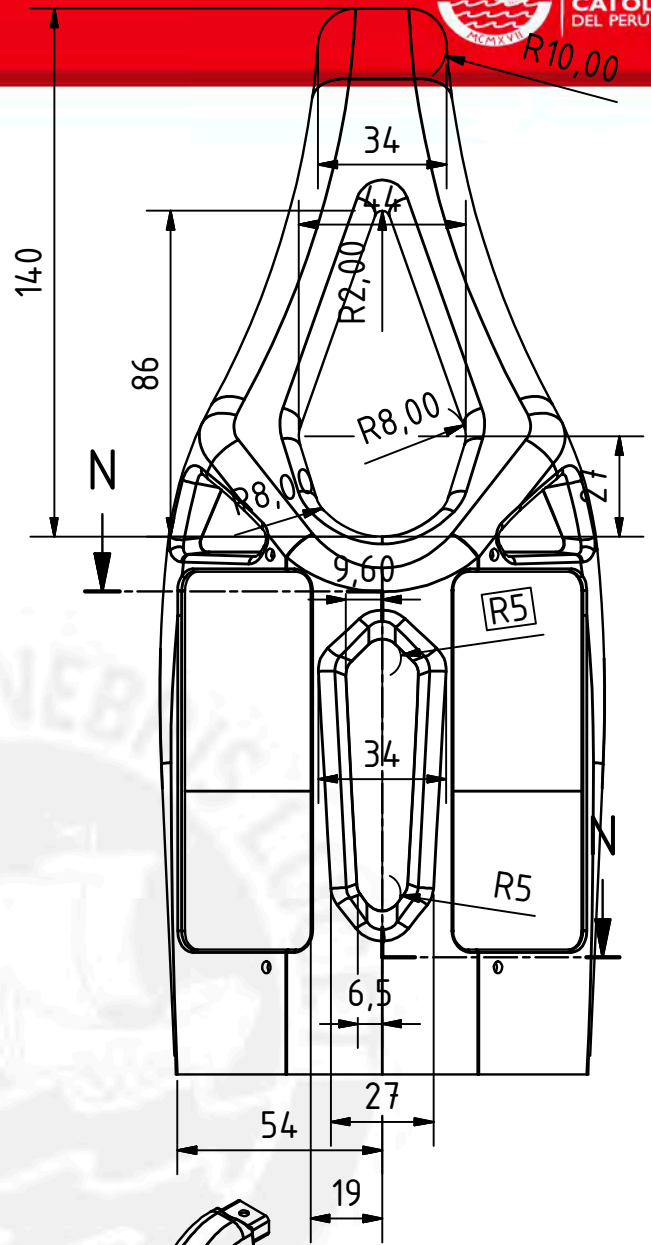
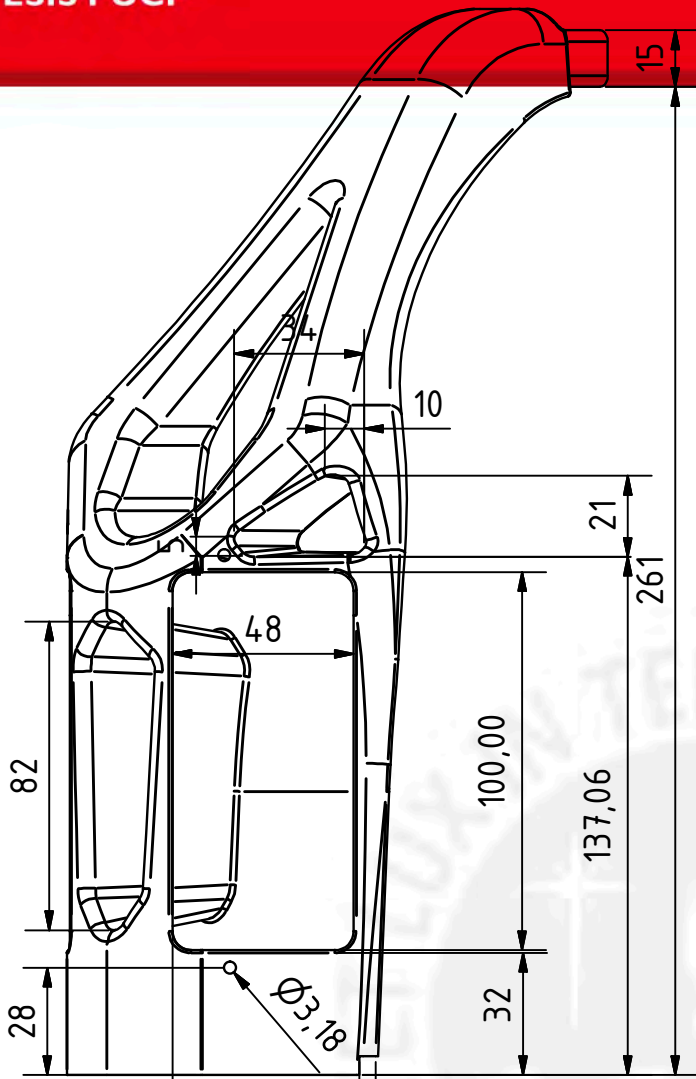
	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	soporte tarugo	
Revisado				
Material	nylon/abs			
INSTITUCION		PUCP		
1-2-6		BOYA SEAHOUND	2:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



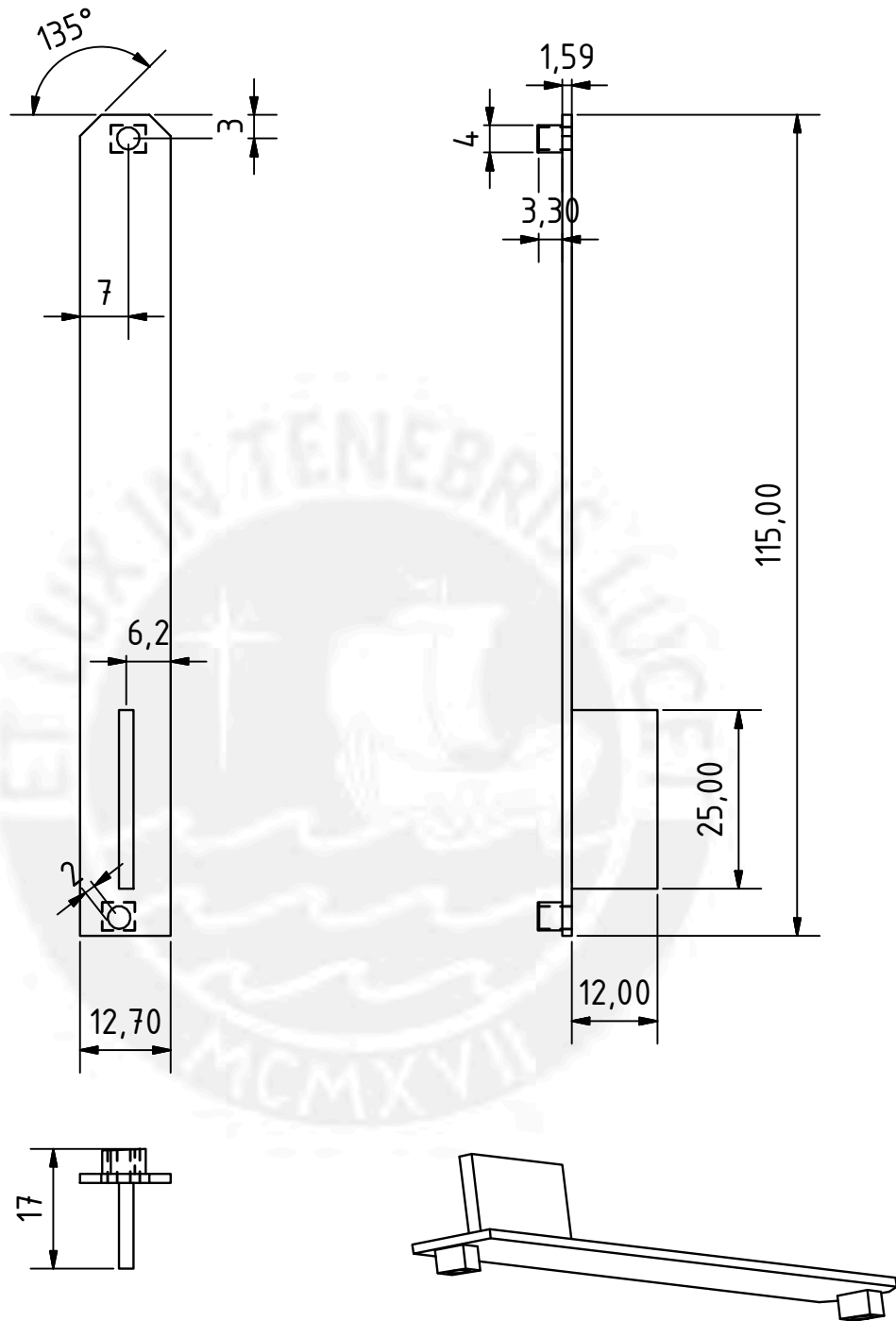
	Fecha	Nombre	contrapeso seccion superior	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado			BOYA SEAHOUND	
Material	hierro fundido			
INSTITUCION	PUCP			1:1
	1-2-7			A4
CODIGO		PRODUCTO		



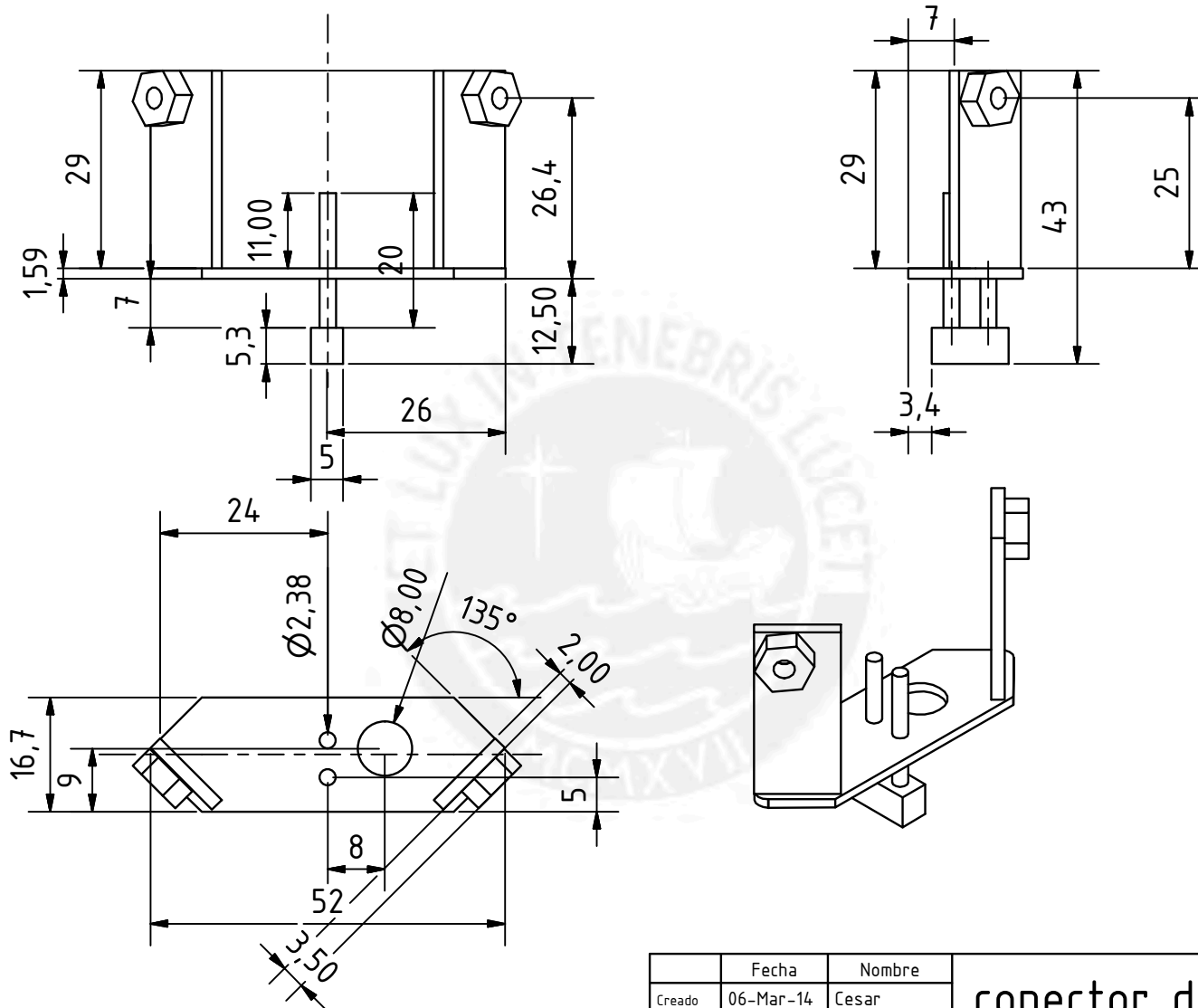
	Fecha	Nombre	contrapeso seccion inferior	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado			BOYA SEAHOUND	
Material	hierro fundido			
INSTITUCION	PUCP		1:1 A4	
1-2-8				
CODIGO	PRODUCTO			



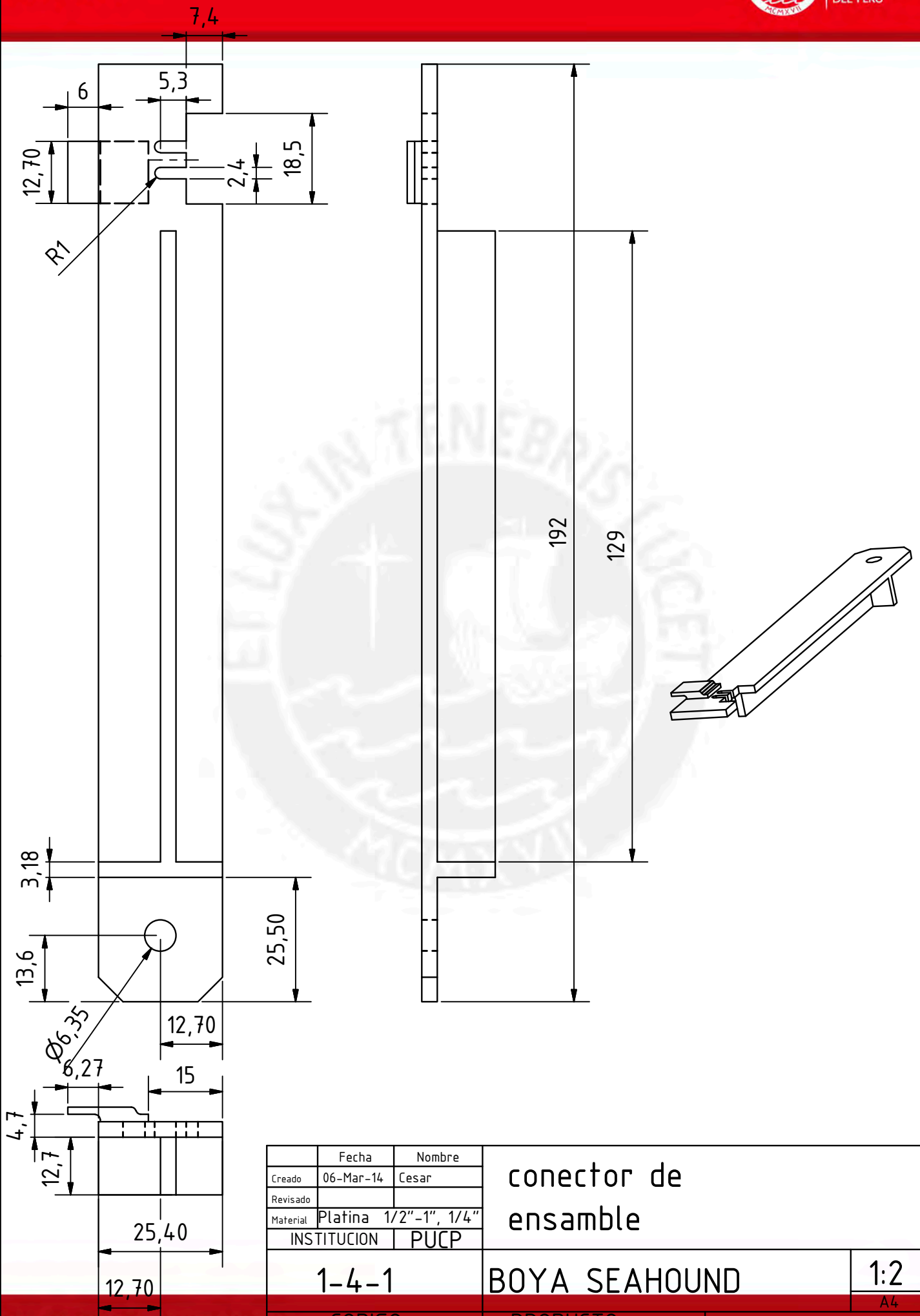
	Fecha	Nombre	carcasa de brazos	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	polietileno de alta densidad			
INSTITUCION		PUCP		
1-3-1		BOYA SEAHOUND	1:2	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



	Fecha	Nombre	platina de soporte a paneles	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado				
Material	platina 1/2" x 1/16"			
INSTITUCION		PUCP		
1-3-2		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	

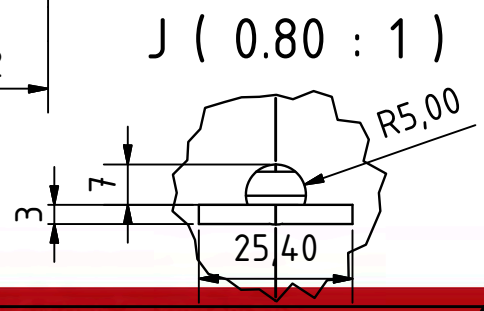
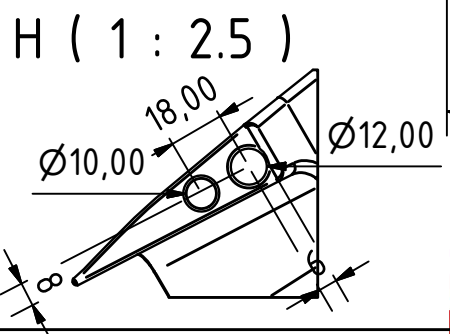
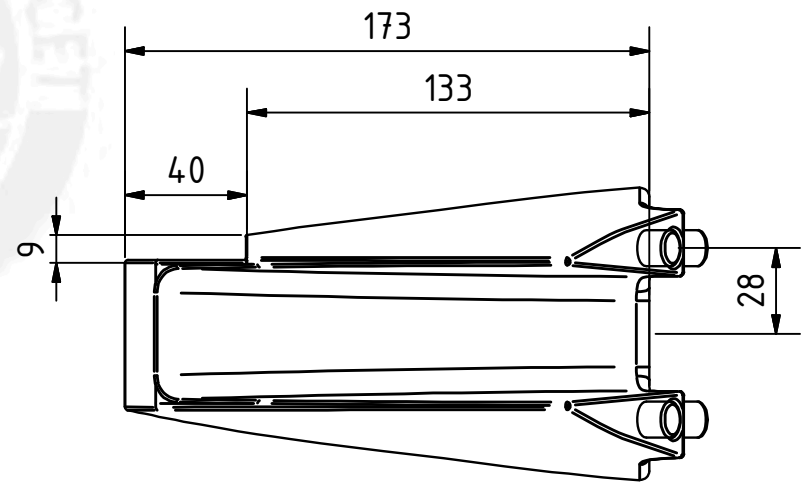
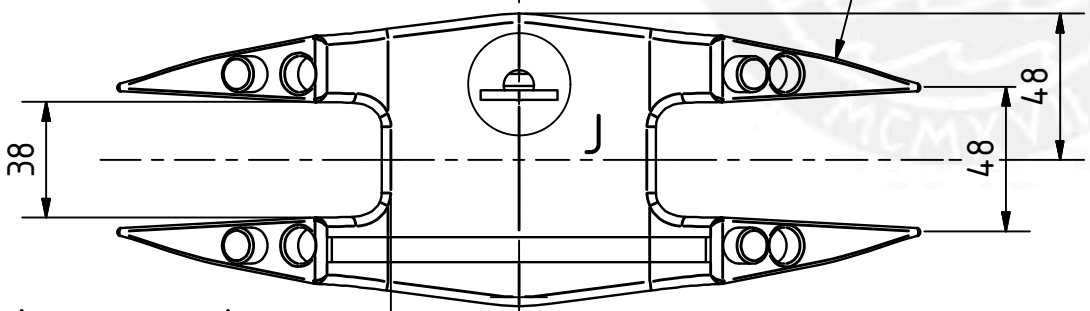
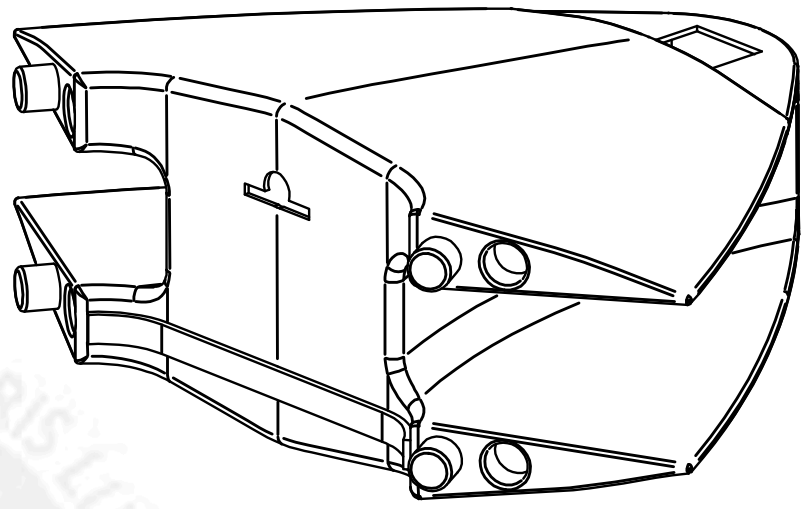
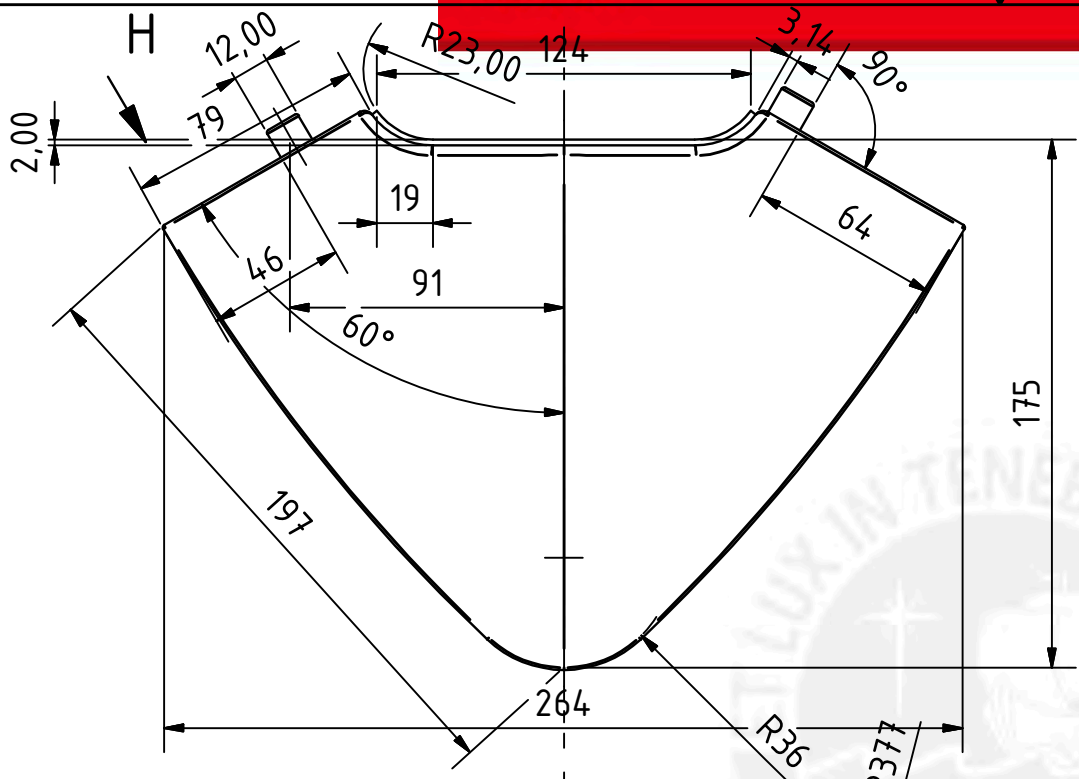


	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	conector de ensamble de brazos	
Revisado				
Material	platina de 21/32" x 1/16"			
INSTITUCION		PUCP		
1-3-3		BOYA SEAHOUND	1:1	
CODIGO		PRODUCTO	A4	



	Fecha	Nombre	conector de ensamble	
Creado	06-Mar-14	Cesar		
Revisado			1-4-1	
Material	Platina 1/2"-1", 1/4"			
INSTITUCION	PUCP		BOYA SEAHOUND	
				1:2
			CODIGO	PRODUCTO
				A4





	Fecha	Nombre		
Creado	06-Mar-14	Cesar	Aspas de carena	
Revisado				
Material	polietileno de alta densidad			
INSTITUCION		PUCP		
1-4-2		BOYA SEAHOUND	1:2	
CODIGO		PRODUCTO	A4	