

Publicación núm. 219

EL CEHIPAR: UNA APUESTA SEGURA DE FUTURO PARA EL SECTOR MARÍTIMO

POR

**ANTONIO BAQUERO
ELOY CARRILLO**



**Ministerio
de Defensa**

**MADRID
FEBRERO 2012**

EL CEHIPAR: UNA APUESTA SEGURA DE FUTURO PARA EL SECTOR MARÍTIMO

POR

**ANTONIO BAQUERO
ELOY CARRILLO**

Publicado en la Revista de la Asociación de Navieros de España (ANAVE)

Febrero 2012

EL CEHIPAR: UNA APUESTA SEGURA DE FUTURO PARA EL SECTOR MARÍTIMO

por

Antonio Baquero Mayor (Dr. Ingeniero Naval)

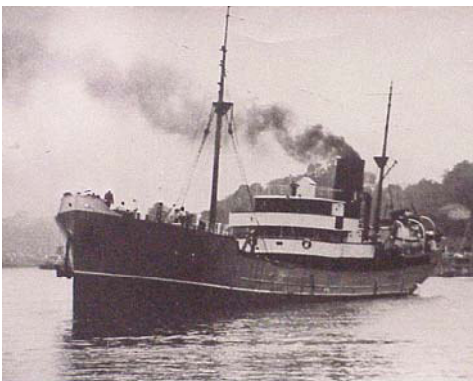
Eloy Carrillo Hontoria (Ingeniero Naval)

El Sector Marítimo en general (transporte marítimo, construcción naval, exploración y explotación de recursos marinos, medio ambiente, nuevas energías de generación oceánica, defensa naval, seguridad ante accidentes, etc.) abarca un porcentaje muy importante de la Economía de un país. En todos estos campos la constante búsqueda de nuevas soluciones, la mejora y optimización tanto técnica como económica de las alternativas existentes y las garantías de seguridad y defensa conducen sin ninguna duda a grandes inversiones en Investigación y Desarrollo para el Sector Marítimo a lo largo del planeta, tanto a cargo de las Administraciones Públicas, como del Sector Empresarial privado. Un ahorro de consumo de combustible de varios por ciento en los buques, el conseguir buques más fiables y seguros, la apertura de nuevas fronteras en energías renovables o los progresos en las técnicas de explotación de las ya existentes, justifican el que en todos los países con economías desarrolladas existan Institutos de Investigación Naval (ó Marítima) con suficiente capacidad, potencia científica y agilidad de respuesta para dar cabida a todas estas demandas tecnológicas. En España, este Instituto ya existe desde hace más de tres cuartos de siglo, y se conserva lozano y en plena forma: El Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR).

Origen y naturaleza jurídica

El Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR) fue creado por Decreto el 18 de febrero de 1933, bajo la dependencia del Ministerio de Marina, y con el objetivo fundamental de cubrir la carencia existente en el sector naval dentro del campo de la hidrodinámica, tan importante a la hora de optimizar el uso y explotación de los buques, así como para mejorar la seguridad de la vida humana en la mar.

Su creación fue requerida por la necesidad de dotar a España de un centro tecnológico que sirviese para dar soporte técnico a la construcción, por parte de la extinta Sociedad Española de Construcción Naval, de dos cruceros tipo 924 (posteriormente bautizados como “Balears” y “Canarias”) y figuraba como apartado primero de la orden de ejecución de los mismos, aprobada en el Consejo de Ministros de 31 de mayo de 1928 bajo la presidencia de Su Majestad el Rey Alfonso XIII.



Bacaladero “Galerna”

Su actividad, aunque en principio vinculada a la marina de guerra, fue rápidamente requerida por la industria civil realizando su primer trabajo para un encargo comercial en el año 1935 para la sociedad Pesquería y Secaderos de Bacalao de España (PYSBE) para el buque bacaladero “Galerna”.

Desde entonces su vinculación al sector industrial civil ha sido permanente, para lo que se le dotó del carácter de Organismo Autónomo del Estado, según Decreto de 14 de junio de 1962, aunque continuando su dependencia del Ministerio de Marina hasta la creación en el año 1979 del Ministerio de Defensa, al que fue adscrito a través de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM). Desde esa fecha ha mantenido su carácter de autónomo en todas sus posteriores reorganizaciones, requeridas para adaptar su organización a las disposiciones legales, fortalecer las estructuras del Centro y recoger, tanto en su fondo como en su forma, la necesaria vinculación que debe existir entre la Defensa y los Organismos civiles tutelares de los sectores económicos a los que viene dedicando el Canal un elevado porcentaje de su actividad a lo largo de su ya dilatada historia.

En la actualidad el CEHIPAR es un Centro Público de Investigación, y continúa configurado como Organismo Autónomo del Estado lo que le sigue permitiendo realizar unas actividades de I+D y comerciales acorde a las exigencias del mercado, disponiendo de la flexibilidad necesaria en cuanto relaciones con los clientes, contratación de encargos comerciales, acceso a proyectos de I+D tanto nacionales como internacionales, imprescindible para el desarrollo de su actividad.

Funciones

El CEHIPAR efectúa los trabajos por encargo de sus clientes, nacionales o extranjeros, con destino a todo tipo de buques y artefactos militares, civiles, pesqueros y deportivos. Sus principales funciones son, según consta en la Normativa legal vigente:

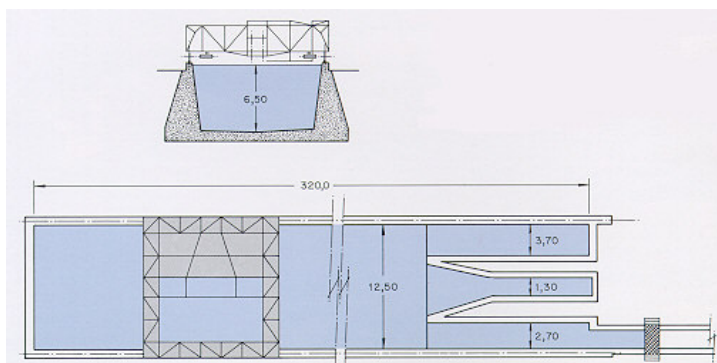
- ✘ La experimentación con modelos para el estudio y proyecto de buques, equipos y artefactos en sus aspectos hidrodinámicos.
- ✘ La investigación y experimentación encaminada al ahorro energético de los buques.
- ✘ La certificación de las velocidades previsibles para el buque y otros parámetros y características hidrodinámicas deducidas de los resultados obtenidos en sus pruebas de mar y la homologación de dichas pruebas, así como las de otros sistemas y equipos cuando se requiera.
- ✘ El estudio de cuestiones hidrodinámicas que pueden ser de aplicación a otras ramas de la técnica y especialidades científicas.
- ✘ La colaboración con entidades nacionales e internacionales de I+D, sirviendo de elemento de transferencia de tecnología española, dentro de sus competencias.
- ✘ La promoción de la colaboración e intercambios en trabajos científicos y técnicos de I+D con centros análogos extranjeros.
- ✘ La formación de personal técnico especializado colaborando con universidades y empresas.

Tecnológicamente el CEHIPAR puede considerarse dentro del grupo de los canales más avanzados del mundo, cabiendo mencionar, entre otros, los siguientes hitos de referencia:

- ✘ Miembro desde su fundación, hace 60 años, de la International Towing Tank Conference (ITTC), organización que agrupa a todos los Centros de Investigación Hidrodinámica del mundo, y de la cual ha sido presidente en dos ocasiones organizando sendas grandes Conferencias en Madrid en 1957 y en 1990.
- ✘ Miembro desde hace 20 años del selecto grupo de investigación cooperativa Cooperative Research Ships, (CRS), que agrupa, bajo un estricto proceso de admisión, a unos 20 miembros entre Centros de I+D, Marinas de Guerra (incluyendo las de EEUU, Alemania y Gran Bretaña), Astilleros, Compañías Armadoras y Empresas del Sector naval mundiales.
- ✘ Desde 1996 tiene el rango de “Large Scale Facility” (Gran Instalación Experimental Europea) concedido por la Unión Europea, y ha participado en numerosísimos programas de I+D en los sucesivos Programas Marco Europeos.
- ✘ A nivel nacional ostenta asimismo la categoría de “Instalación Científico-Técnica Singular” (ICTS), del Ministerio de Ciencia e Innovación, que solo comparte con una veintena de instalaciones científicas de todas las ramas de la Ciencia en España.
- ✘ Es socio fundador del Clúster Marítimo Español y Patrono de la Fundación INNOVAMAR.

Instalaciones

Sus servicios han evolucionado y crecido a lo largo del tiempo en función de las necesidades requeridas por el sector, disponiendo en la actualidad de tres grandes instalaciones experimentales ubicadas en El Pardo (Madrid) y disponiendo de autorización para llevar a cabo sus experiencias en un embalse sito en las proximidades de Madrid para cuando la extensión de agua requerida para los ensayos es muy superior a los disponibles, como son los ensayos de maniobrabilidad.

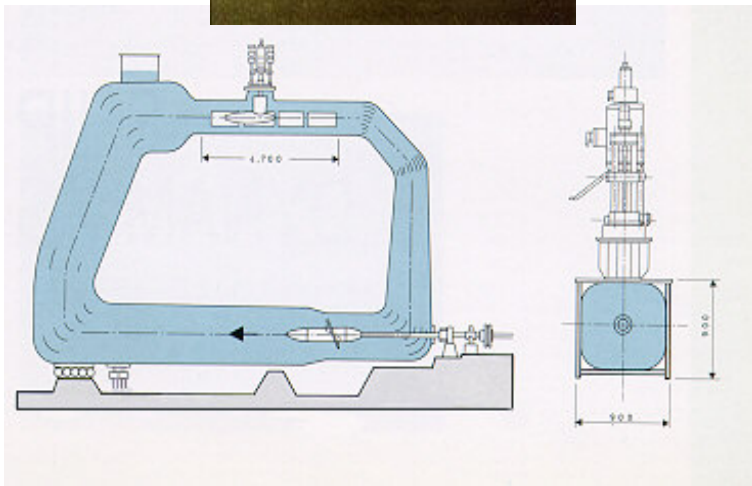
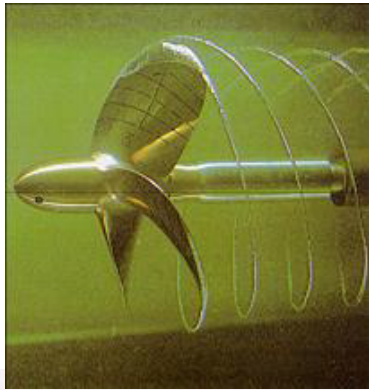


Canal de Aguas Tranquilas

Todos los experimentos hidrodinámicos que realiza el CEHIPAR son llevados a cabo mediante modelos a escala de carenas, hélices y artefactos a escala reducida. El tamaño habitual de dichos modelos oscila entre 2 m y 12 m.

La instalación que dio lugar a su fundación, y por tanto data desde su origen, es el denominado Canal de Aguas Tranquilas, con una longitud de 320 m, una anchura de 12,5 m y una profundidad de 6,5 m dispone de un carro remolcador capaz de alcanzar hasta una velocidad de 10 m/s con una aceleración de 1 m/s². Su objetivo fundamental es la obtención de los diferentes parámetros hidrodinámicos de carena y hélice, bien con el modelo a

remolque ó bien autopropulsado, pudiendo por tanto mejorar sus formas, optimizar la posición y orientación de apéndices (quillas de balance, aletas estabilizadoras, arbotantes,) y diseñar el sistema propulsor (hélices, waterjets, pods,) más adecuado al buque, minimizando con ello la potencia de la maquinaria propulsora, y por tanto el consumo y emisiones de CO₂, o aumentando su velocidad en el supuesto de potencia propulsora constante.



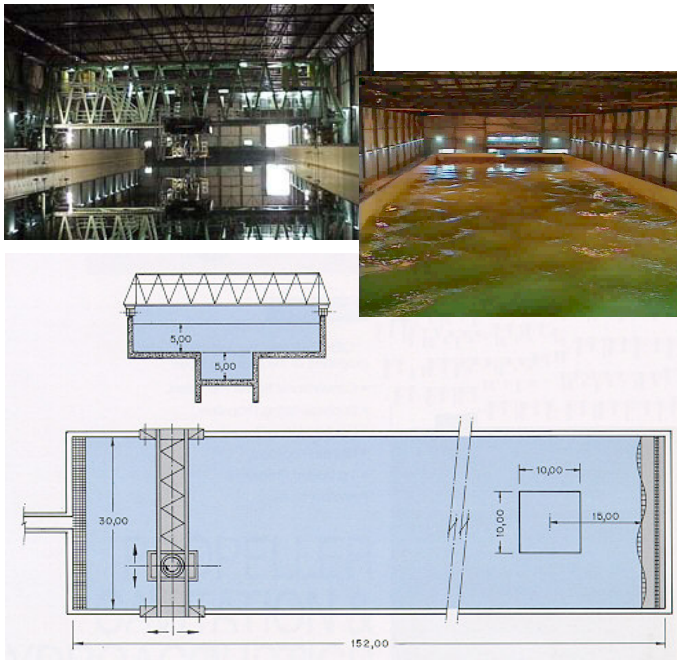
Túnel de Cavitación

La segunda gran instalación es el Túnel de Cavitación, que es túnel de agua circulante con capacidad de hacer el vacío dentro del mismo, con una sección de observación de una longitud de 4,7 m y forma cuasi-cuadrada de 0,9*0,9 m. La máxima velocidad de circulación del agua es de 11 m/s, la velocidad de giro de la hélice (a escala) de 40 rps y capacidad de trabajar a presión estática entre 1,55 y 0,20 atmósferas. Su diseño permite optimizar las hélices estudiando el fenómeno de cavitación, prediciendo la posible erosión de sus palas y las fluctuaciones de presión que genera en la bovedilla de los buques, permitiendo un diseño que las minimice. Sus dimensiones permiten realizar ensayos con mallas (simulando la estela axial generada por el buque) o mediante *dummy-model* o “modelo simulado” que, situado delante de la hélice,

reproduce una estela 3D sobre la hélice similar a la del buque real.

La instalación más moderna del CEHIPAR es el denominado Laboratorio de Dinámica del Buque, inaugurado en el año 1992 y que es en la actualidad uno de los de mayor dimensiones y prestaciones existentes a nivel mundial, Su objetivo fundamental es el estudio del comportamiento en la mar de todo tipo de buques y artefactos flotantes, bien con modelos libres, autopropulsados y autogovernados, bien con modelos de plataformas “offshore” fondeados para lo que se dispone de un foso de mayor profundidad si se requiriese en la simulación de las líneas de fondeo. También pueden llevarse a cabo en este Laboratorio ensayos de maniobrabilidad del tipo “modelo cautivo”, con los que pueden determinarse los coeficientes de las ecuaciones del movimiento del buque al objeto de poder predecir mediante simulaciones matemáticas cualquier maniobra que pueda realizar el buque en plano horizontal.

Su longitud es de 150 m, con una anchura de 30 m y una profundidad en toda su superficie de 5 m, disponiendo de un foso de fondeo para alta profundidad de 100 m² y profundidad de 10 m. El carro remolcador tiene capacidad de movimiento longitudinal (incluyendo un subcarro de menor dimensión para absorber movimientos de alta frecuencia), transversal y de giro indefinido, pudiendo con ello disponer al modelo en cualquier posición y rumbo de encuentro a la mar, y con las características que figuran en la tabla adjunta.



Laboratorio de Dinámica del Buque

Carro	Velocidad (m/s ó °/s)	Aceleración (m/s ² ó °/s ²)	Recorrido (m ó °)
X	± 5.0	± 1.0	150,0
Y	± 3.5	± 1.5	± 15.0
ΔX	± 1.0	± 1.0	± 1.5
φ	± 30.0	± 30.0	± ∞

Por último existe un generador de olas de los denominados tipo “snake” de 60 paletas independientes, que puede generar olas regulares, irregulares y mares de cresta corta. La generación de oleaje se puede llevar a cabo simulando un espectro de energía estándar (ITTC, Jonswap, ...) o generando exactamente la misma ola que se genera en la mar si se dispone de los registros temporales de la misma (generalmente adquiridos por boyas meteorológicas y/o oceanográficas).

Para ensayos en los que se requiere una mayor superficie de agua, como los correspondientes a maniobrabilidad con modelo libre (modelos de hasta 6 m de eslora), el CEHIPAR dispone de



Ensayos de maniobrabilidad en el embalse

autorización para llevarlos a cabo en un embalse de grandes dimensiones cercano a Madrid, lugar a donde se transporta el modelo instrumentado para llevar a cabo las maniobras normalizadas, o seleccionadas por los clientes, con el objeto de evaluar la capacidad de maniobra del buque pudiendo realizarse círculos de evolución, zigzag, espiral de Dieudonné, crash-stop, pull-out,

Como complemento a sus instalaciones para ensayos el CEHIPAR dispone de una unidad para optimización de proyectos en base a programas informáticos desarrollados en el propio Centro y aplicaciones de Hidrodinámica Numérica o CFD (Computational Fluid Dynamics).

El CEHIPAR posee las certificaciones de Calidad (ISO-9001) y Medio Ambiente (ISO-14001).

Proyectos de I+D+i en curso

En la actualidad el CEHIPAR se encuentra desarrollando programas de investigación nacionales (dentro de las convocatorias CENIT del Ministerio de Industria y del Consejo Superior de Deportes) e internacionales dentro de la convocatoria del 7º Programa Marco, entre los que cabría destacar:

- ✦ TULCS (Tools for Ultra Large Containers Ships) investigación en la que figuran como socios, entre otros, Bureau Veritas, MARIN, SIREHNA (Francia), Universidad de Newcastle, etc. En él se investiga el comportamiento en la mar de buques portacontenedores ultralargos (más de 400 m de eslora), habiéndose desarrollado por parte del CEHIPAR la construcción de un modelo segmentado con acoplamiento flexible para medir los esfuerzos generados por las olas en las distintas secciones, siendo un hito dentro de la técnica de construcción al ser la primera vez que se trabaja con un modelo que simula la flexibilidad del buque real, no considerándolo como buque viga rígido.

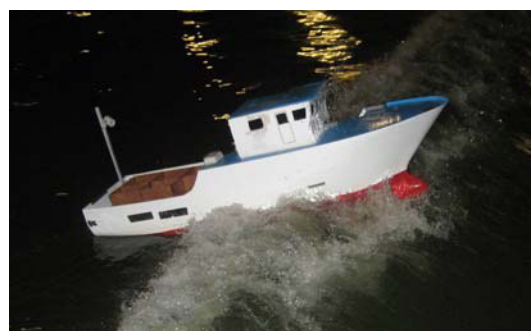
- ✦ EXTREME SEAS, proyecto en el que se cuenta como socios, entre otros, el Norske Veritas (Noruega), el Instituto Tecnológico de Lisboa, el Germanischer Lloyds (Alemania), etc. y en el que se trata de la reproducción en el laboratorio de olas extremas en tres dimensiones y ensayos en las mismas de 4 modelos correspondientes a buques de pasaje y portacontenedores.



Ensayos de comportamiento en olas

- ✦ SILENV (Ships Oriented Innovative Solutions to reduce Noise & Vibrations), investigación en la que el CEHIPAR se halla encuadrado en un amplio consorcio que cuenta con 14 participantes, entre ellos la DCNS y el Bureau Veritas (Francia), Universidad de Genova y el INSEAN- Canal de Roma (Italia), Universidad de Glasgow (UK), el SSPA (Suecia), Universidad de Varna (Bulgaria), la empresa TSI (España), etc. y en el que se pretende establecer directrices para reducir el nivel de ruido y vibraciones generado y emitido por el buque y su impacto sobre la salud y el confort de los tripulantes y el pasaje de varios tipos de buques (multipropósito, Ropax, atunero y oceanográfico), todos ellos buques reales ya construidos.
- ✦ TRIPOD (Triple Energy Saving by use of CRP, CLT and Podded propulsión) programa en el que se cuenta como socios VTT (Finlandia), Maersk(Dinamarca), ABB (Finlandia), SISTEMAR y CINTRANAVAL (España) y cuyo objetivo final es el desarrollo y validación de un nuevo concepto propulsivo para el ahorro de energía en los buques, combinando 3 sistemas de propulsión existentes, PODs, CLT y hélices contrarrotativas.

A su vez, y debido a la consideración de su estatus de Organismo Autónomo y la autonomía y flexibilidad que ello le confiere, el CEHIPAR es medio propio de la Administración y actúa como centro tecnológico de apoyo a los organismos de la Administración General del Estado (AGE), colaborando y manteniendo estrechas relaciones con múltiples instituciones, destacando la Armada, la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos(CIAIM), el Centro de Estudios y de Experimentación del Ministerio de Fomento (CEDEX), la Universidad Politécnica de Madrid(UPM), la Universidad Politécnica de Barcelona (UPB), las Reales Federaciones Españolas de Vela (RFEV) y Piragüismo (RFEP), el Consejo



Ensayos de accidentes

Superior de Deportes (CSD), etc, habiéndose firmado Acuerdos o Convenios de colaboración con todos ellos.

Mención particular merecen los trabajos de investigación realizados para la CIAIM a través de la Encomienda de Gestión firmada con el Ministerio de Fomento al efecto y con la colaboración del CEDEX (responsable del sistema de boyas de medición de oleaje en el litoral español). Dentro de estos trabajos se ha desarrollado una novedosa metodología de construcción de modelos y ensayos con modelo libre autopropulsado y gobernado y con instrumentación a bordo que transmite inalámbricamente los datos adquiridos en tiempo real. De esta manera es factible evaluar las posibles causas técnicas de los hundimientos, permitiendo aumentar así el nivel de seguridad de la vida humana en la mar.

En los últimos años el CEHIPAR ha ido abriendo paulatinamente su campo de actuación desde la



Energía eólica “offshore”

tradicional Construcción Naval a otras ramas de la Industria de gran futuro como, por ejemplo, la relacionada con el aprovechamiento de energías alternativas en el medio marino, destacando las del tipo de aerogeneradores, undimotriz y de corrientes, habiendo colaborado en investigaciones tanto nacionales como extranjeras con empresas directamente vinculadas al sector naval pero con una gran inmersión en nuevas tecnologías (ACCIONA, NAVANTIA), y con empresas ajenas a dicho sector pero que han visto una gran oportunidad de desarrollos en esta área como son

las relacionadas con el sector energético y de la construcción (ABENGOA, TECNALIA-ROBOTIKER, IBERDROLA, MARTIFER, NORVENTO,).

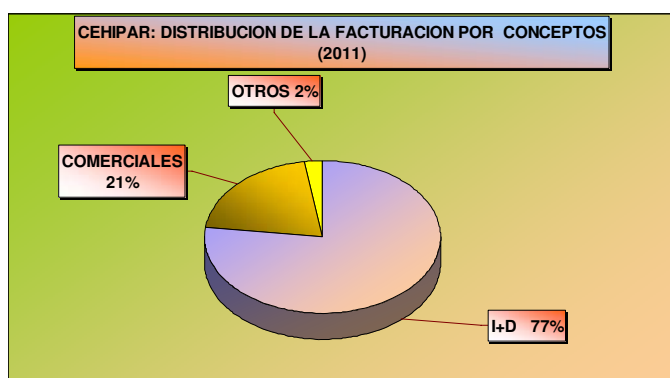
Otra de las líneas de trabajo e investigación puesta en marcha en los últimos años por el CEHIPAR se encuentra la orientada al deporte de competición, habiéndose investigado para diferentes sindicatos de la prestigiosa Copa América, entre los que se encuentra el vencedor de la última edición, el norteamericano “Oracle”, barcos de la vuelta al mundo (Volvo Ocean Race), la Real Federación Española de Vela, incluyendo los ensayos de la clase 49’er y Tornado y en la actualidad colabora muy estrechamente con la mencionada RFEV y la de piragüismo a través del CSD, habiéndose alcanzado el hito de diseño, construcción y homologación de una canoa de la modalidad C1 para el campeón olímpico David Cal desarrollada y construida totalmente con tecnología española y con vistas a su uso en los Juegos Olímpicos Londres 2012.



David Cal con su piragua optimizada en CEHIPAR

Campos de actividad

Como se ha venido indicando hoy en día, y en los últimos años, puede afirmarse que más de un 70% del trabajo desarrollado en el CEHIPAR está relacionado con la investigación y el 30% restante a ensayos y estudios comerciales (proyectos, ensayos de buques, pruebas de mar, ensayos de maniobra en pantano, construcción en colaboración con otras entidades de modelos, ...), pudiéndose desarrollar esta gran actividad investigadora gracias a la autonomía que le confiere su estatus y personalidad jurídica de Organismo Autónomo del Estado, que no sólo permite acceder a los diferentes programas de



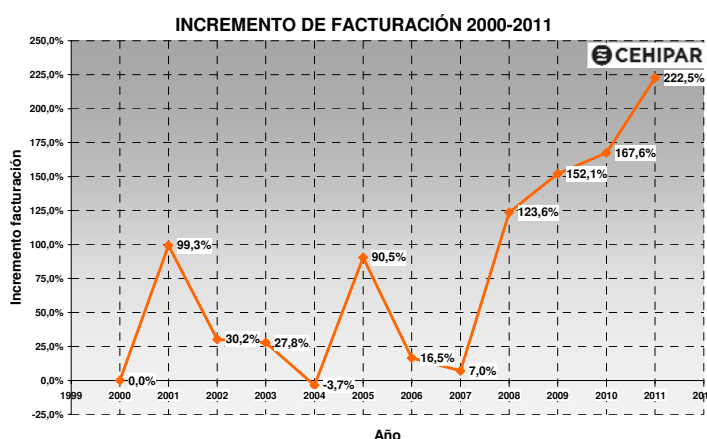
Facturación CEHIPAR 2011

investigación nacionales e internacionales de forma eficiente sino que estimula el acercamiento de la industria a un Centro de Investigación Estatal.

El siguiente cuadro presenta la distribución de ingresos por servicios del CEHIPAR durante la última década, en función del objetivo socioeconómico de los mismos (clasificación NABS-EUROSTAT-OCDE) y puede observarse un aumento muy notable en los últimos años de la demanda de proyectos e investigaciones vinculadas a la producción de energías alternativas, alcanzándose un valor del orden del 30% recientemente, una ligera tendencia descendente de los proyectos vinculados a construcción naval y transporte marítimo (más acentuada con la crisis económica mundial desde 2008), importantes contribuciones estacionales de los temas de medio ambiente marino y pesca, mientras que el comportamiento de la industria naval vinculada a Defensa mantiene un comportamiento típicamente fluctuante, acorde a los requerimientos habituales de los grandes planes de construcciones de la Armada.

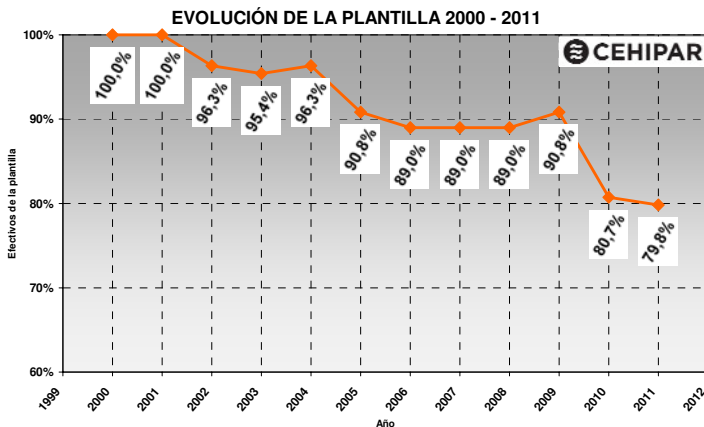
CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	MEDIA
CONSTRUCCION NAVAL / TRANSPORTE MARITIMO	90%	88%	69%	33%	66%	70%	53%	26%	34%	44%	57,3%	
MEDIO AMBIENTE MARINO	0%	0%	17%	20%	8%	0%	11%	16%	0%	0%	7,2%	
PRODUCCION ENERGIAS ALTERNATIVAS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	22%	21%	31%	29%	10,3%	
PESCA	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	27%	33%	4%	6,4%	
DEFENSA	10%	12%	14%	47%	26%	30%	14%	10%	2%	23%	18,8%	

La actividad global del CEHIPAR no ha disminuido con la mencionada crisis económica, antes bien, la inversión en I+D, por la que ha apostado el CEHIPAR, le ha permitido mantener un crecimiento sostenible en su facturación durante el último quinquenio todo ello sin desatender los encargos comerciales que han surgido. En la figura adjunta puede observarse que, precisamente desde 2008, fecha inicial de la crisis, el CEHIPAR ha ido batiendo sucesivamente los récords de facturación anual. Todo ello sin perder en ningún



Evolución de la facturación CEHIPAR 2000-2011

momento de vista su espíritu investigador y su estrecha relación y tradición con el campo de la hidrodinámica, y a pesar de una disminución muy importante de su valor más fundamental: el personal. En la siguiente figura puede apreciarse la evolución de los efectivos de personal en activo



RR.HH. en el CEHIPAR

en los últimos 10 años en la que se observa una reducción superior al 20 % debido a la política de personal de las Administraciones Públicas, que impiden cubrir las bajas por traslados, jubilaciones, etc.

Conviene destacar también que la participación del CEHIPAR en un gran número de programas nacionales e internacionales a lo largo de estos años le han conferido un prestigio que se aporta como valor añadido a los proyectos

desarrollados y en vías de desarrollo, así como a todos aquellos trabajos y estudios para clientes comerciales, siendo fundamental para ello su personalidad jurídica independiente que le permite responder con extrema agilidad y con la flexibilidad que es requerida en este tipo de proyectos.

En la actualidad el CEHIPAR se encuentra colaborando en numerosos programas de investigación ya en curso y, manteniendo la dinámica establecida, abriendo nuevas vías de investigación en estrecha colaboración con clientes e instituciones. Por todo ello puede asegurarse que el CEHIPAR es una gran apuesta de futuro para el Sector Marítimo.