



COMUNICACIÓN TÉCNICA

Las energías renovables marinas

Autor: PrimitivoB. González López

Institución: Grupo MADES (Medio ambiente y desarrollo sostenible). Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos

e-mail: primitif@udc.es

Otros Autores: Antonio Salamanca Giménez. Grupo MADES (Medio ambiente y desarrollo sostenible). Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.; Santiago Martín Criado (Ingeniero Naval. Profesor de la Universidade da Coruña); Cristina Anido Martínez (Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales. Profesora de id)



RESUMEN

El suministro energético es sin duda el mayor problema al que se enfrenta hoy el mundo, acuciándose su intensidad con el incremento de consumo de países superpoblados como China, India e Indonesia, lo que se suma a la abrumadora dependencia de los combustibles fósiles, su agotamiento y desigual reparto geográfico, así como las tensiones resultantes en relación con su precio, lo que crea incertidumbres en torno al abastecimiento actual y futuro. A estas consideraciones geopolíticas y económicas se suma la constatación del cambio climático, al cual contribuye notablemente el consumo de energías fósiles con gran producción de gases de efecto invernadero, lo cual ha centrado los objetivos de los países desarrollados en el reto de la sostenibilidad medioambiental, la seguridad e independencia energética y por tanto la diversificación del abanico de fuentes de suministro. En este contexto, las energías renovables juegan un papel fundamental.

La UE se ha comprometido a *transformar Europa en una economía de alta eficiencia energética con bajas emisiones de gases de efecto invernadero*, con los objetivos para 2020 de reducción del 20% de emisiones, de reducción del 20% del consumo de energía y de disponer de un 20% de energía renovable; con el beneficio social del desarrollo de actividades de I+D y creación de empleos.

El mar es una inmensa fuente de energía limpia inagotable y las aguas de las regiones atlánticas, entre ellas las españolas, atesoran excelentes recursos.

Se hace una presentación de de las alternativas y desarrollos realizados:

- energía eólica producida en instalaciones cercanas a la costa o *near-shore*, sobre cimentación
- y alejadas o *farshore*, flotantes,
- energía undimotriz, maremotriz y energía de las corrientes marinas,
- energía térmica del océano y osmótica debida a diferencias de salinidad,
- obtención de biomasa marina para generación de energía,
- combinación de diferentes sistemas y posibilidades.

Se relacionan diferentes aspectos a considerar y definir como los legales y normativos.

España, país eminentemente marítimo por su gran longitud de costa, dentro la Política Marítima Integrada de la UE, tiene la oportunidad y obligación de desarrollar una gran actividad en este sector, al que la Ingeniería Naval y Oceánica puede y debe aportar una gran contribución.

Por otra parte, el marítimo representa el mayor porcentaje del transporte a nivel mundial. Por ello pareció oportuno mencionar las iniciativas para aplicación de las energías renovables en los buques.

Palabras Clave: Energía, renovable, marina, off-shore, medio ambiente, sostenible, viento, oleaje, mareas, corrientes, térmica, biomasa, ósmosis, electricidad, transporte, almacenaje, buques.



CONTENIDO

1. NECESIDADES
2. ENERGÍAS DEL OCÉANO. ALTERNATIVAS
3. RECURSOS
4. TECNOLOGÍAS. ESTADO DEL ARTE
5. PROYECTOS EN ESPAÑA
6. ACCIONES. MARCO LEGISLATIVO
7. INICIATIVAS
8. INICIATIVAS EUROPEAS. RETOS
9. OPORTUNIDADES
10. CAPACIDADES
11. NECESIDADES FUTURAS DE LOS PUERTOS
12. APLICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS BUQUES
- 13.- BIBLIOGRAFÍA.

1. NECESIDADES

Se prevé que en 2030 se incrementará la necesidad de energía en un 45% con objeto de poder satisfacer las necesidades de la creciente población mundial

La dependencia europea de energía importada ha aumentado desde un 20% cuando se firmó el Tratado de Roma en 1957 hasta el 50% hoy y la Comisión Europea prevé que sería de un 70% en 2030

Hoy el 67 % de la energía eléctrica que consumimos procede de combustibles fósiles. Siguiendo así, con los aumentos previstos, las emisiones de CO2 podrían incrementarse un 45%

Con la nueva directiva “ENERGÍA DE FUENTES RENOVABLES” (ERM) del Parlamento y el Consejo, la UE se ha comprometido a reducir las emisiones de gas de efecto invernadero un 20% para el 2020

Para afrontar estos retos energéticos y de emisión de gases de efecto invernadero, las ERM representan una energía segura, inagotable y más asequible de predecir su disponibilidad



DISMINUCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR CADA MWh DE COMBUSTIBLES FÓSILES QUE SE SUSTITUYA POR ENERGÍAS LIMPIAS

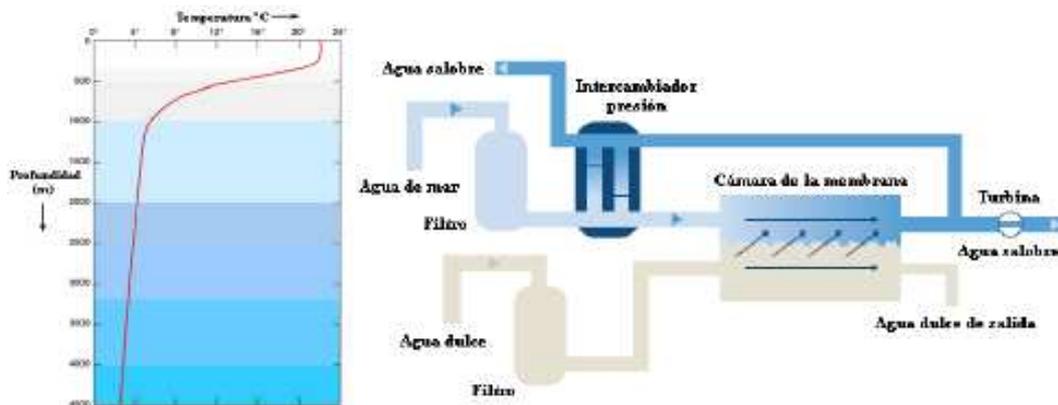
	CO ₂	SO ₂	NO _x
Si es de carbón	780 kg	0,13 kg	1,17 kg
“ “ “ fuel	878 “	2,63 “	3,48 “
“ “ “ gas	415 “	0,00 “	0,92 “

2. ENERGÍAS DEL OCEANO. ALTERNATIVAS

Alternativas para el aprovechamiento energías marinas limpias:

- Energía undimotriz (olas)
- Energía de las corrientes marinas
- Energía mareomotriz (mareas)
- Energía térmica oceánica
- Energía osmótica
- Energía obtenida a partir de biomasa marina





Energías renovables terrestres explotables en el mar

Energía eólica marina

Energía solar

Energía geotérmica



Independientemente del viento, las mejores fuentes de energía oceánica para la UE son las olas, las corrientes de marea y las variaciones de altura que éstas generan. Y se han realizado los mayores avances en el desarrollo de sistemas para el aprovechamiento de estos tipos de energía

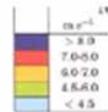
La energía de las olas tiene el mayor potencial en la UE y mundialmente. Puede ser capturada en diferentes formas: absorbedores puntuales, atenuadores, sistemas de reboso, convertidores oscilantes de impulso de la ola y columnas de agua oscilantes

“Si sólo un 1% de la energía renovable del océano pudiera ser convertida en electricidad, satisfaría cinco veces la demanda actual energética del mundo”, UK Marine Foresight Panel, 2000

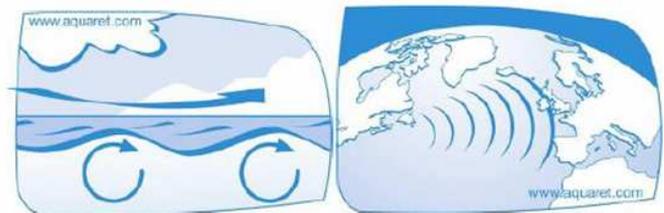
Recursos en Europa y en España



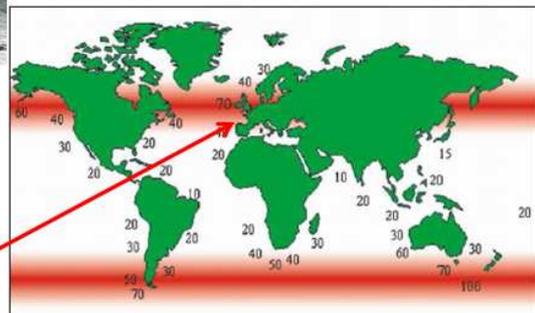
Velocidad media del viento en los mares de Europa
Fuente: "European Wind Atlas"



Area	Yearly wave efficiency degree average, kW/m
Baltic Sea (Hoburgen)	7
South Greece	20
West India	30
West Norway	40
Namibia	45
Northwest Spain	60
West Ireland	70
Midway Island (Pacific Ocean)	100



Recursos oleaje
Fuente: "Aquatic Renewable Energy Technologies Aqua-RET"



Distribución del potencial de energía del oleaje en mar abierto (kW/m)
Fuente: Seapower International AB

Las energías marinas limpias: aprovechamiento y oportunidades

Los principales recursos disponibles tal como se muestra en los gráficos son la energías eólica off-shore, la energía undimotriz y la energía de las Corrientes marinas



4. TECNOLOGÍAS. ESTADO DEL ARTE

Energía eólica offshore



Hywind
(StatoilHydro – Noruega)



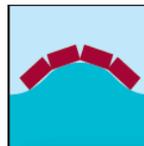
Energía undimotriz



Sistema de rebose



Wave Dragon
(Dinamarca)



Atenuador



Pelamis
(Ocean Power Delivery – UK)



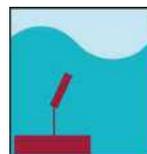
Variaciones de presión
bajo el mar



Archimede Waveswing
(AWS Ocean Energy – Escocia)



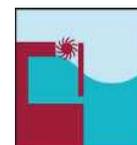
Power Buoy
(OPT – USA e Iberdrola – España)



Convertidor oscilante
del impulso de la ola



Oyster
(Aquamarine Power – UK)



Columna de agua
oscilante



Wavegen
(Voith Hydro Wavegen – Escocia)



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Energía de las corrientes marinas



Turbina Open Center (OpenHydro - UK)



Seagen
(Marine Current Turbines - UK)

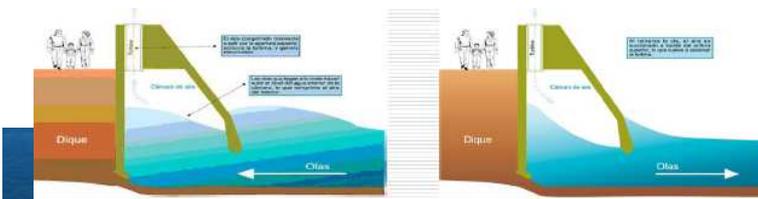
5. PROYECTOS EN ESPAÑA



Boya experimental Idermar
Cantabria



Power Buoy instalada en
Santoña
Cantabria



Nuevo dique de Mutriku
Euskadi

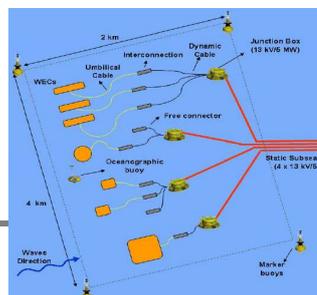


Galicia Mar Renovables
Galicia



www.conama10.es

Bimemp
Euskadi





6. ACCIONES. MARCO LEGISLATIVO

- Marco legislativo europeo

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (23 de abril), para fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables

- Marco legislativo español

RD 661/2007 (25 de mayo), regulación de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial

RD 1028/2007 (20 de julio), procedimiento administrativo para tramitación de solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar.

7. INICIATIVAS

- Iniciativas europeas

“Oceans of energy. European Ocean Energy Roadmap 2010-2050”, European Ocean Energy Association (EU-OEA)

“Desarrollo de las energías renovables marinas: condiciones de éxito en las regiones de la RTA”, elaborado por los CES de Portugal, Galicia (Universidad de A Coruña), Cantabria, Euskadi, Pays de la Loire, Bretaña, Poitou-Charentes y Aquitania, que se presentará en noviembre en Bruselas al Comité de Regiones de la UE

- Marco político e iniciativas españolas

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2010-2020

Asociación de Productores de Energías renovables – APPA Marina, su propósito es hacer de España una referencia en ERM

- Evolución de las energías del mar en España (PANER, octubre 2010)

Actualmente en España se está iniciando el desarrollo de los primeros proyectos pilotos de energía de las olas.



El desarrollo de tecnología nacional para distintos prototipos y proyectos de de varios centros de pruebas permite pensar en un importante desarrollo industrial en el área de las ERM.

Los proyectos están en fase de demostración. Se espera que en 2016 esté definida la mejor tecnología de captación de energía del mar para el desarrollo comercial del sector y puesta en marcha de las primeras plantas comerciales de producción de ENR.

Eólica Marina (PANER)

En España hay unos treinta proyectos eólicos marinos (Cádiz, Huelva, Castellón, Tarragona, A Coruña, Islas Canarias, etc.) pero no existe ningún parque marino en servicio

La dificultad principal es la escasez de profundidades adecuadas a la tecnología actual (menores de 50 m) lo que limita el desarrollo de la eólica marina en el litoral español.

Hay distintas iniciativas para implantación de parques eólicos experimentales (Cantabria, Cataluña, Andalucía, Islas Canarias y Asturias), incluso en aguas profundas.

Se espera que éstas y parques eólicos marinos de demostración y tamaño reducido se pongan en servicio a partir de 2014, iniciando el desarrollo eólico marino en España

A partir de 2015, entrarían en servicio parques eólicos marinos de gran potencia. En 2020 a profundidades aún menores de 50 m, pero con un incremento anual progresivo de potencia de hasta 750 MW/año, totalizando en 2020 unos 3.000 MW

8. INICIATIVAS EUROPEAS. RETOS

- Establecer una política coordinada propicia al fomento y aprovechamiento de las ERM
- Establecer una cadena de suministro en las regiones del Arco Atlántico y del Mar

Mediterráneo

- El desarrollo de la industria comercialmente viable de ERM requerirá el establecimiento de una cadena de suministro segura y con planes de crecimiento.
- Conjuntamente, los Estados Miembros que limitan el Atlántico, el Mar del Norte y el Mediterráneo deberán afrontar las necesidades de la cadena de suministro en Europa para las ERM. **Esto incluiría la transferencia de conocimiento las cadenas ya existentes, muy en particular desde las relativas al sector *offshore* de crudo y gas.**
- Establecimiento de reglamentaciones y políticas gubernamentales y europeas.

Planificación de los establecimientos de producción de energía oceánica en relación con otros usos consolidados del mar, como son la explotación *offshore* de petróleo y gas, rutas de navegación, pesca, acuicultura, necesidades de Defensa, etc.

- **Accesibilidad de las fuentes de energía oceánica a la red eléctrica europea de transporte y distribución.** Como para otras fuentes renovables descentralizadas, las ERM se enfrentan a la falta de acceso adecuado a la red eléctrica que se ha de disponer.



- **Desarrollo tecnológico:** Programa I+D sobre nuevos diseños con potencias unitarias de varios MW, materiales y componentes orientados a reducción de coste y aumento de supervivencia, junto con programas de demostración orientados a prototipos a gran escala.
- **Red europea de instalaciones de prueba y comprobación** de eficiencia y fiabilidad de componentes para aprovechamiento de las ERM, subsistemas y sistemas por medio de pruebas aceleradas del ciclo de vida.
- **Cooperación interindustrial europea y programas de demostración** basados en la experiencia de otros sectores para producción masiva de componentes y sistemas para las ERM, enfocados en la fiabilidad incrementada, formas avanzadas de fabricación y técnicas de rápida instalación
- **Creación de estándares europeos para formación y cualificación** para asegurar suficientes recursos humanos y aumentar la cooperación transfronteriza.
- **Medioambiente y planificación:** Los Estados de la Unión deben establecer un régimen regulador y un marco legislativo común para las áreas costeras.
- **Evaluación de recursos y planificación espacial para el desarrollo sostenible de las ERM**
- **Programas I+D que incluyan una sistemática medida y creación de base de datos** de recursos y parámetros oceánicos y medioambientales.

9. OPORTUNIDADES

- **Disminución de la dependencia energética.**
- **Protección del medioambiente.**
- **Disminución considerable de producción de gases de efecto invernadero.**
- **Creación de empleo.**
- **La energía oceánica es una gran contribución para el desarrollo regional como hemos podido comprobar de facto en varias zonas de Europa (Islas Orcadas y Escocia, Bremerhaven, etc.) especialmente en áreas costeras y remotas.**
- **La fabricación, el transporte, la instalación, la operación y el mantenimiento de las instalaciones de energía oceánica generarán ingresos, empleo y desarrollo tecnológico.**
- **Se prevé que se crearán 10 a 12 empleos directos e indirectos por cada MW de energía oceánica que se instale.**

FIGURE 35: Bremerhaven site description



Las siguientes cifras representan la creación de empleo, inversión y disminución de gases de efecto invernadero con las nuevas instalaciones de aprovechamiento de energía oceánica previstas para 2020 y 2050.

ESTIMACION DE LA GENERACION DE PUESTOS DE TRABAJO CON LA INDUSTRIA DE LA ENERGIA RENOVABLE MARINA EUROPEA

Capacidad instalada / GW	Directos	Directos e Indirectos	Inversión Millones de €
3.6 (en 2020)	26.000	40.000	8.544
188 (en 2050)	314.213	471.320	451.104

Oportunidades para la Ingeniería Naval y Oceánica

- Realización de estudios de diseño y comportamiento de instalaciones en la mar y ensayos en canales de experiencias
- Aplicación de los conocimientos de técnicas de construcción naval y **off-shore** para optimizar las estrategias constructivas
 - Análisis de maniobras de remolque, instalación y desmantelamiento
- Nuevos tipos de buque para instalación y mantenimiento



Diseño y fabricación unidades especiales para transporte y montaje.



MANAGING RISK 

10. CAPACIDADES

- Europa tiene la mayor tradición industrial marítima, es pionera en tecnologías energéticas oceánicas y dispone de inmensas fuentes de esta energía
- Está posicionada para ser líder mundial en energía oceánica. Debe actuar ahora de forma coordinada para desarrollar esta tecnología con su máximo potencial y poder exportarla a todo el mundo
- Las tecnologías en ERM están madurando, pero su desarrollo debe ser acelerado dentro de un marco político equivalente al que promovió la industria offshore de crudo y gas desde los pasados años 60, como está ocurriendo actualmente con el sector eólico offshore



11. NECESIDADES FUTURAS DE LOS PUERTOS

- **Anexas a los puertos tendrán que disponerse instalaciones para fabricación *offshore* a fin de facilitar el transporte y la instalación de estructuras y componentes, en particular grandes máquinas**
- **Surgen nuevos conceptos para apoyo de las plantas de ERM tales como el concepto holandés “*puerto en el mar*”. Está siendo desarrollado para dar servicio a las grandes plantas de ERM que se montarán alejadas de la costa.**
- **Estos puertos serían plataformas multipropósito, a fin de acortar los tiempos de navegación para instalación y mantenimiento. Servirían de alojamiento para técnicos y trabajadores, almacén de repuestos, talleres, instalaciones para ensamblaje y prueba de turbinas eólicas y otras máquinas, instalaciones *offshore* de transformación y subestación eléctrica para conexión a tierra**

12.- APLICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS BUQUES

El sector naviero está bajo creciente presión para que tome parte en los esfuerzos para reducir el calentamiento global, que es atribuido a las emisiones de CO₂. Algunas estimaciones indican que el transporte marítimo es responsable por entre el 1.4 y el 4.5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Aparte de otros objetivos, se está trabajando activamente en el desarrollo de sistemas de propulsión que serían una contribución para resolver este problema, tales como:

- **Velas**
- **Cometas**
- **Noria de cometas (proyecto “laddermill”)**
- **Energía solar**

12.1.- VELAS Y PERFILES DE ALA USADOS COMO VELAS

Las velas que se sitúan en los mástiles pueden ser de dos tipos: velas tradicionales o perfiles rígidos de ala, los cuales son estructuras semejantes a las alas de los aviones, colocados verticalmente sobre las cubiertas de los navíos y afirmados a ellas en un extremo sobre un soporte giratorio.

Las velas tradicionales han constituido desde tiempos inmemoriales la máxima expresión de la utilización de energía renovable, en forma de viento, y con este tipo de propulsión, como bien sabemos, se ha viajado hasta los lugares más remotos del globo y se han establecido rutas comerciales de tal calibre, que hoy podrían parecer impensables con tales medios, a velocidades que incluso hoy serían envidiadas por los sistemas actuales de propulsión.

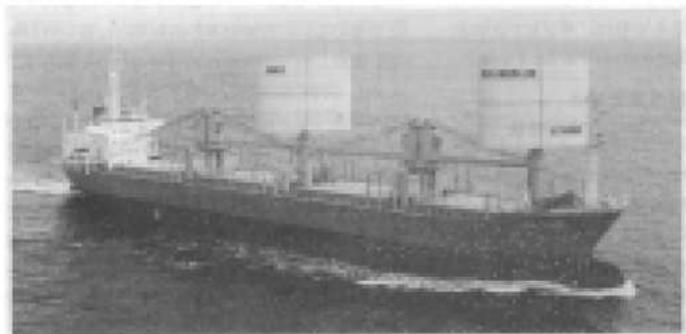
Podríamos citar velocidades de hasta 19 nudos alcanzadas por los viejos *clipper* en sus rutas al Extremo Oriente a principios de siglo XXI.

A finales de los años de la década de 1970 y a principios de la de 1980, los grandes aumentos del precio de combustible estimularon el interés en la aplicación de las velas para la propulsión de los buques mercantes y se construyeron o fueron convertidos varios buques, entre los que se pueden mencionar el *Shin Aitoku Maru*, un petrolero de 1.600 tpm y el bulkcarrier *Usuki Pioneer*

de 26.000 tpm.

En Dinamarca se diseñó un bulkcarrier de 50.000 tpm y recientemente en Alemania se ha estado investigando en el diseño de un petrolero de productos de 50.000 tpm con un velamen de 20.000 m². Se eligieron velas cuadradas tradicionales ya que la naviera juzgó que éstas trabajarían de forma satisfactoria, pero existen alternativas como el revolucionario perfil de ala tipo *Walker Wingsail*.

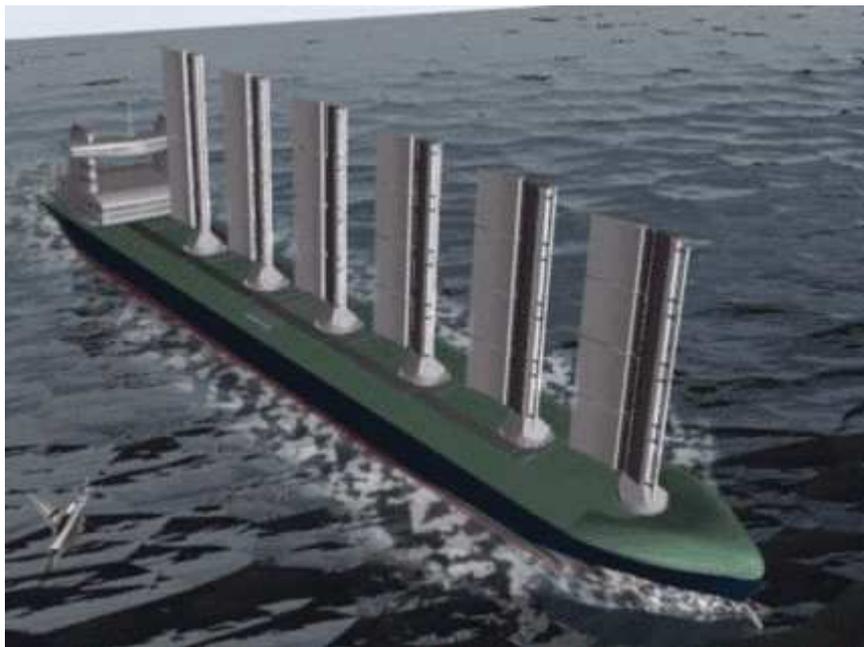
El transporte típico de mercancías a granel a grandes distancias, que no necesita ser un *transporte exprés*, fue considerado como ideal por el equipo alemán para ser ayudado en su propulsión con velas o ser realizado solamente a vela, ya que las principales rutas comerciales se sitúan aproximadamente en dirección norte sur con los principales vientos en la misma dirección.



El Shin Aitoku Maru (izquierda) y el Usuki Pioneer (derecha)



Embarcación de recreo equipada con velas Walker Wingsails



Petrolero de productos equipado con velas de perfil de ala de 50.000 tpm

También en Japón ha habido un interés continuo en el desarrollo de los buques mercantes oceánicos propulsados a vela o híbridos.

Uno de los principales secreto del éxito es el desarrollo de sistemas de maniobra y uso más eficiente ya se solo o en combinación con maquinaria propulsora.

12.2.- COMETAS

Las velas en mástiles tienen ciertas desventajas potenciales. Con vientos desfavorables los grandes mástiles causan una gran deriva y en las galernas, los mástiles producen grandes escoras, a veces peligrosas. Aparte de esto, los mástiles y las velas restan espacio en cubierta para contenedores, etc. y la carga y descarga son más complicadas. Porque dificultan considerablemente el trabajo de las grúas.

Sin embargo, la propulsión asistida con cometas evita o reduce considerablemente estos problemas y tiene la ventaja de poder aprovechar los vientos que son más fuertes a mayores alturas, que los que se pueden aprovechar a las alturas que se pueden alcanzar con los mástiles.



Concepto "KiteShip" de buque mercante equipado con cometa

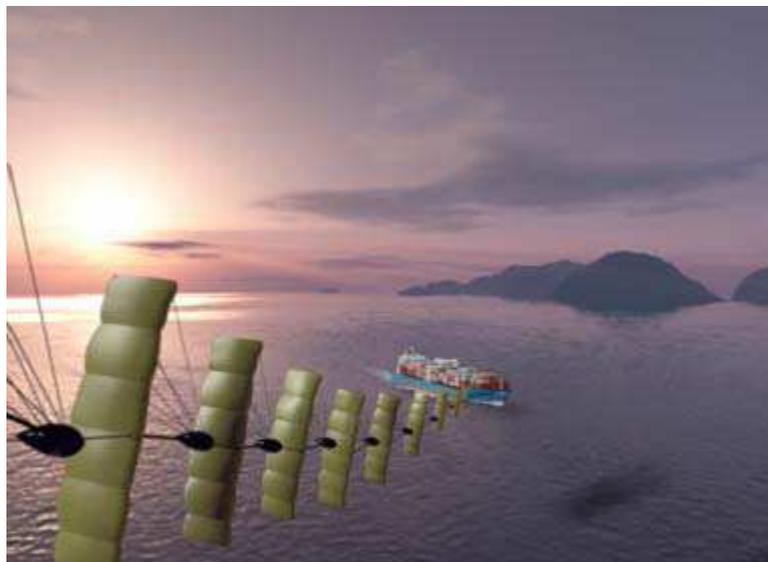


Otro concepto, el SkySail aplicado a un buque mercante.

Un sistema como éste podría significar un ahorro anual de costes de combustible de entre el 10 y el 35%, dependiendo de las condiciones reales del viento y de la posibilidad de navegar en los períodos más adecuados del año y, puntualmente, de hasta el 50%.

Potencialmente, todos los buques de carga pueden ser transformados para utilizar una tecnología como ésta.

12.3.- NORIA DE COMETAS (CONCEPTO “LADDERMILL”)



Concepto “laddermill

La figura mostrada ilustra un concepto curioso que incrementaría las posibilidades ya vistas antes de las cometas. Consiste en la aplicación de una “noria de cometas” a un buque para generar energía eléctrica. Con diseños avanzados de cometas, se demuestra que la fuerza de elevación que se origina cuando el buque navega contra el viento, es significativamente mayor que la fuerza de resistencia o arrastre (“*drag force*”). En efecto, la velocidad del buque contra el viento mejora las características del viento al que está expuesta la cometa (viento aparente) y



este fenómeno se utiliza, mediante una ristra de cometas, dispuestas como una noria, para hacer girar un rotor o carretel situado en la cubierta del buque, el cual mueve un generador eléctrico cuya potencia se emplea para ayudar a la propulsión, siendo aprovechada independientemente de la dirección del viento con respecto al rumbo del barco. Por supuesto que si el rumbo del barco lleva la dirección del viento, las ventajas son más grandes, puesto que en este caso las cometas tiran también del barco.



Noria de cometas haciendo girar un rotor

12.4.- ENERGÍA SOLAR.

La energía solar puede ser empleada para suplementar otras formas de energía disponible a bordo, incluida la necesaria para la propulsión, parcial o totalmente.



Solar Sailor Ferry Boat.



En la figura anterior se muestra un ferry tipo catamarán de 69 pies de eslora, para 100 pasajeros, dotado de 8, así llamadas, “velas solares” maniobrables, que pueden ser usada tanto para ayudar a la propulsión como para generar energía eléctrica. Este ferry fue desarrollado y construido por la firma Solar Sailor Holdings Ltd. como un proyecto de demostración, con el apoyo del gobierno australiano y puede operar con viento como con energía solar, con motores diesel y con combinación de todos.



Tomado de ALEX ION, 8 de noviembre 2007

Solar Sailor desarrolló un panel solar que puede ser usado también como vela para ser empleado como sistema de propulsión híbrido. Esta tecnología ya es empleada por un barco turístico en el puerto de Sidney, con ocho pequeñas velas solares, el cual, aunque dispone de motor, hace la mayor parte de su servicio en el transporte de gente empleando energía eólica y solar, consumiendo sólo la décima parte de combustible.

En San Francisco, Hornblower Yachts, estába gestionando la aprobación del Coast Guard para construir un ferry de 15 metros de eslora para pasajeros, propulsado por energía solar (ver imagen anterior), y parece que podría navegar a varios nudos de velocidad sólo con viento, aún siendo rígidos los paneles solares.



Los paneles solares utilizados serían realizados en colaboración con una firma alemana, serían más ligeros que los habituales y serían utilizados también para un buque para 150 pasajeros en Shangai y para otro de 100 en Hong Kong.

Esta firma ha desarrollado también el concepto de un buque de 400 m de eslora, llamado *Aquatanker*, con propulsión híbrida, para el transporte de agua dulce.



Como resultado de un trabajo de casi tres años, desarrollado por un equipo conjunto australiano y chino, fue desarrollado el diseño de un catamarán solar, de 30,46 m de eslora por 9,6 de manga, capaz de transportar 150 pasajeros, utilizando la potencia híbrida integrada, generada por un grupo diesel alternador y apoyada por paneles solares, pudiendo llegar a alcanzar una velocidad máxima de 9 nudos. La parte baja del casco es de acero y la superestructura de aluminio.

- Concepto Orcelle.

Se muestra en la figura. El diseño fue realizado en 2005 por la naviera escandinava Wallenius. Se trata de un transporte de coches con “*casi cero emisiones*”, capaz de transportar 10.000 coches (casi un 50% más que los actuales *car carriers*) que emplearía energías renovables para todos los requerimientos de propulsión y de energía a bordo. El diseño del casco es del tipo *pentamarán* y emplearía celdas de combustible (generarían alrededor de la mitad de la energía del buque), energía del viento, energía solar y **energía de las olas**, esta última capturada por medio de 12 aletas horizontales que transformarían la energía de las olas en hidrógeno (para las celdas de combustible), electricidad o potencia mecánica. Estas aletas actuarían también como unidades propulsoras en combinación con dos propulsores tipo azipod.

C



Concepto Orcelle

- Auriga Leader, barco de transporte con energía solar.



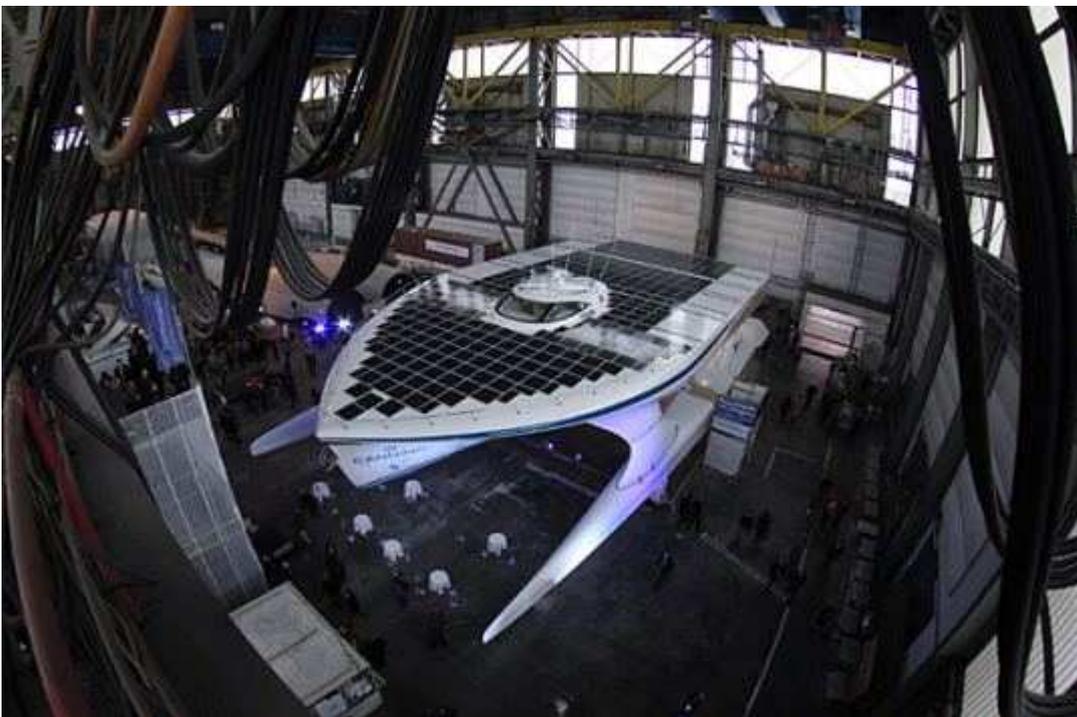


El Auriga Leader es un transporte de coches de unos 200 metros de eslora y 60.000 toneladas de desplazamiento. Con capacidad para llevar 6400 coches, es el primer buque de gran porte del mundo con un sistema de propulsión apoyado por energía solar, desarrollado conjuntamente por Nippon Yusen (la mayor compañía de transporte marítimo del Japón) y Nippon Oil. Tiene 328 paneles solares a bordo, que producen 40 kilovatios de potencia, suficiente para generar aproximadamente el 0,3% de la energía necesaria para la propulsión y un 7% de la electricidad que se necesita para la iluminación y otros fines.

Se hizo a la mar en junio de 2008 en Kobe, Japón, con la esperanza de reducir el coste del combustible y las emisiones de CO₂. Transportará inicialmente vehículos de exportación de Toyota Motor Corp, el mayor fabricante de coches de Japón.



- El barco más grande propulsado totalmente por energía solar: Ms **TÛRANOR PlanetSolar**

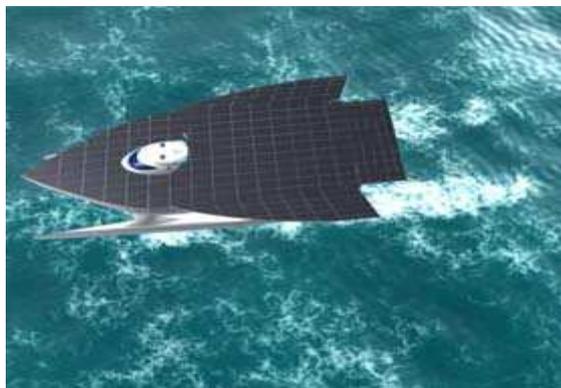


El Ms **TÛRANOR PlanetSolar**, catamarán de 31m de eslora y 15 de manga, que se incrementan hasta 35 por 23 metros con los “flaps” de popa y de los costados expandidos, es actualmente el mayor barco del mundo propulsado por energía solar. Fue construido en el



Club de yates Yacht Knierim, de Kiel, Alemania, y lleva la cubierta repleta de paneles fotovoltaicos con una superficie de 500 metros cuadrados. Con sólo dos miembros de la tripulación, el catamaran podrá acomodar hasta 50 personas. Los fabricantes esperan que podrá alcanzar velocidades punta de 15 nudos, con una media de 8 nudos.

Después de realizar diferentes pruebas de mar durante el verano de 2010, desde Kiel hasta Barcelona, emprenderá en abril de 2011 un viaje de 40.000 km alrededor del mundo a fin de promocionar la energía solar a bordo, con una duración esperada de 140 días y una velocidad media de 8 nudos, viaje en el cual, a fin de maximizar la cantidad de energía solar recibida, la ruta se aproximará al ecuador.



- **Barcos solares en España**



Barco solar de Bengéber



Barco solar del pantano de Bengéver, Valencia: es un catamarán de 10 metros de eslora, con capacidad para treinta pasajeros. Insumergible al estar rellenos sus dos cascos con espuma expandida.

Llega a alcanzar una velocidad de 7 nudos gracias a su generador solar con paneles de última generación que le proporcionan una potencia de 3150 Wp, unas baterías de gel de 100 Ah de capacidad y dos motores eléctricos con 2400 W de potencia.

La energía utilizada es totalmente gratuita e inagotable, al no utilizar ninguna fuente de apoyo exterior.

Comparándolo con un barco similar con motores de gasóleo, a lo largo de su vida útil de 25 años, dejará de emitir aproximadamente 7.214 Tm de CO₂ a la atmósfera.

En España encontramos también barcos solares para paseo de turistas en el parque de El Retiro, Madrid, en Palma de Mallorca y en el pantano de Guadalest, Alicante, entre otros. Fueron construidos por la firma española Seacleaner Trawler S.A, con base en Palma de Malloca, del tipo Solemar 25 o Solemar 50

Las características del Solemar 50 son:

Eslora total	10,00 metros
Manga total	5,00 metros
Calado (min/max)	0,60 / 1.00 metros
Número de pasajeros	50 persons
Velocidad máxima	6 nudos
Velocidad de crucero:	4 nudos
Generator solar:	4.000 Wp
Motores eléctricos:	2 x 4.000 W - 24 V CC
Baterías :	24 x 200 Ah C100
Propulsion de emergencia:	5 horas a 5 knots
Clasificación marina española:	Grupo 1 Clase K
tripulantes:	2



El London Serpentine Solar Shuttle

Propulsado totalmente con energía solar, es un innovador diseño con el techo curvado, constituido por 27 celdas solares curvas y recibe del sol toda la energía necesaria para propulsar la nave. Opera en el London's Serpentine Lake en Hide Park desde 2007. Fue diseñado por Christopher Behling de SolarLab de Londres y puede transportar 42 pasajeros.

- Otros proyectos para empleo de la energía solar en la propulsión marina: propulsión de submarinos. Proyecto Goldfish.

La empresa suiza BKW ha desarrollado un sistema para que un submarino funcione con energía solar. Se trata de plataformas flotantes en forma de nenúfares, equipadas con una pequeña central fotovoltaica. El submarino podría recargarse gracias a la electricidad generada por los paneles solares de esos grandes "nenúfares". El proyecto se denomina Goldfish y es más amplio, ya que las plataformas también podrían abastecer a barcos solares o a edificios construidos justo a la orilla de un lago, de un río o del mar. BKW sostiene que su tecnología reduciría drásticamente la contaminación que emiten los grandes buques en los puertos de mar.

La plataforma solar flotante se compone de un elemento central con una gran carpa y cinco elementos que la rodean, dispuestos en círculos, que están equipados con paneles solares. La energía que genera esta pequeña planta solar es suficiente para garantizar las inmersiones del submarino así como para alimentar el GPS que permite posicionar la plataforma de manera automática. Cada uno de los generadores solares tiene una superficie de 40 metros cuadrados de paneles. El GPS, por su parte, permite al submarino volver fácilmente a la plataforma para recargarse. Los promotores del proyecto aseguran que el consumo diario de energía sería de alrededor de 100 kWh navegando el submarino a una velocidad moderada. Está previsto que la primera aplicación del submarino será como atracción turística, a una velocidad de unos cinco nudos, sumergiéndose hasta 300 metros, con 24 turistas en las atractivas aguas del lago Thun en Suiza. Se trata de una alternativa que no emite CO₂ a la atmósfera, en comparación con las grandes embarcaciones que queman combustibles fósiles para su propulsión.. Los barcos podrían acercarse a estos "nenúfares", cargarse y funcionar sólo con energía solar mientras operaran en el puerto o tuvieran que realizar una ruta en un río navegable.

13.- BIBLIOGRAFÍA.

- PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 - 2020 . IDAE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 30 de junio de 2010.

- Estimación del desarrollo de energías renovables en España hasta 2020.

José María González Vélez, presidente de APPA. Asociación de Productores de Energías Renovables. Madrid, 21 de junio de 2010.

- "Desarrollo de las energías renovables marinas: condiciones de éxito en las regiones de la RTA del Arco Atlántico". 2010. Red Transnacional Atlántica. UE.

- La contribución de las energías renovables a la economía española es claramente positiva. Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA).Diciembre 2009.

- Plan de energías renovables en España (PER 2005-2010). IDAE
- Oceans of Energy. European Ocean Energy Roadmap 2010-2050. May 2010.
- OCEAN ENERGY. A European Perspective. Dr. Karl Strømsem. Lisbon May 14 th, 2010.
- Marine Energy Action Plan 2010. Executive Summary & Recommendations.

Rt Hon Lord Hunt of Kings Heath OBE. HM Government. Minister of State for the Department of Energy and Climate Change.

- Future Marine Energy. Making business chance of climate change. Results of the Marine Energy Challenge: Cost competitiveness and growth of wave and tidal stream energy. Carbon Trust. January 2006.
- Qualification of a Semi-Submersible Floating Foundation for Multi-Megawatt Wind Turbines. Christian Cermelli and Alexia Aubault, Marine Innovation & Technology, Dominique Roddier, Principle Power Inc, and Timothy McCoy, DNV Global Energy Concepts Inc. Offshore Technology Conference. 2010,
- Marine Renewable Energy. State of the Industry Report. BEWA. October 2009.
- Oceans of Opportunity. Harnessing Europe's largest domestic energy resource. A report by the European Wind Energy Association. Sept 2009.
- Navy Ship Propulsion Technologies: Options for Reducing Oil Use — Background for Congress. Updated December 11, 2006. Ronald O'Rourke
- Laddermill-sailing. Ship propulsion by wind energy independent from the wind direction! Wubbo J. Ockels. Aerospace Sustainable Engineering and Technology Chair. Faculty of Aerospace Engineering. Delft University of Technology. Netherlands. Dec. 2006