

DESARROLLO DE SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS COMPACTOS PARA TRANSMISIONES DE POTENCIA EN BUQUES ARRASTREROS MEDITERRÁNEOS MINIMIZANDO PÉRDIDAS ENERGÉTICAS.

Martínez, A.V; Sánchez, A.; Sánchez, S.; Pla, R.^(p)

Abstract

The Institute of Design for the Manufacture and Automated Production of the Polytechnic University of Valencia, in collaboration with the auxiliary naval company "Basilio Martínez S.L. ", has developed a series of oleohdraulic systems for the operation of diverse machinery in fishing Mediterranean trawlers.

The fundamental aims of the study have been:

- Fulfillment of the Directive of Machines DC 98/37/CE and the current regulation of prevention of labour risks inside fishing boats.
- Adjustment of the current transmissions to the new technical regulation of the Spanish Ministerio de Fomento.
- -Decrease of energetic losses and of the temperature of the environment of work in chamber of machines.

The process of design has been realized with the program Automation Studio selected by his potential for the creation and simulation of complex oleohdraulic facilities, being the obtained results similar to the prototypes proved by the above-mentioned company.

It is necessary to emphasize the following oleohdraulic systems developed, simulated and proven:

1. Technology load-sensing for operation of marine alternators.
2. Circuit closed in operation of deck winches.
3. Operation of bombs of dwarfs, washing-down, counter fires, decanting and fuel.

Nowadays, there are realized tests of the circuits developed in several fishing boats of the zone of Alicante.

Keywords: oleohdraulic, trawlers boats.

Resumen

El Instituto de Diseño para la Fabricación y Producción Automatizada de la Universidad Politécnica de Valencia, en colaboración con la empresa auxiliar naval "Basilio Martínez S.L.", ha desarrollado una serie de sistemas oleohidráulicos para el accionamiento de maquinaria diversa en pesqueros arrastreros mediterráneos.

Los objetivos fundamentales del estudio han sido:

- Cumplimiento de la Directiva de Máquinas DC 98/37/CE y la normativa actual de prevención de riesgos laborales abordo.

- Adaptación de las transmisiones actuales a la nueva reglamentación técnica del Ministerio de Fomento.
- Disminución de pérdidas energéticas y de la temperatura del ambiente de trabajo en cámara de máquinas.

El proceso de diseño se ha realizado con el programa Automation Studio, seleccionado por su potencial para la creación y simulación de instalaciones oleohidráulicas complejas, siendo los resultados obtenidos similares a los prototipos probados por la empresa mencionada.

Cabe destacar los siguientes sistemas oleohidráulicos desarrollados, simulados y probados:

1. Tecnología load-sensing para accionamiento de alternadores marinos.
2. Circuito cerrado en accionamiento de maquinillas de cubierta.
3. Accionamiento de bombas de achique, baldeo, contraincendios, trasiego y combustible.

Actualmente, se están realizando pruebas de los circuitos desarrollados en varios pesqueros de la zona de Alicante.

Palabras clave: oleohidráulica, arrastreros.

1. Introducción

Existen multitud de modalidades de pesca con sus innumerables variantes en cada país, dependiendo de diferentes normativas, tecnologías al uso de cada uno de los profesionales del mar por lo que nuestro grupo de investigadores ha concretado con la empresa colaboradora que el entorno de desarrollo tecnológico más interesante en estos momentos de crisis del sector pesquero español es la modalidad de arrastre, por ser la de mayor número de unidades en servicio, mayores prestaciones y mayor versatilidad en equipamientos propulsados. Este estudio, no obstante permitirá, extrapolar a otras modalidades los resultados obtenidos como es la modalidad de cerco, palangre de fondo y superficie y artes menores. Todas ellas con requerimientos inferiores a la modalidad de arrastre.

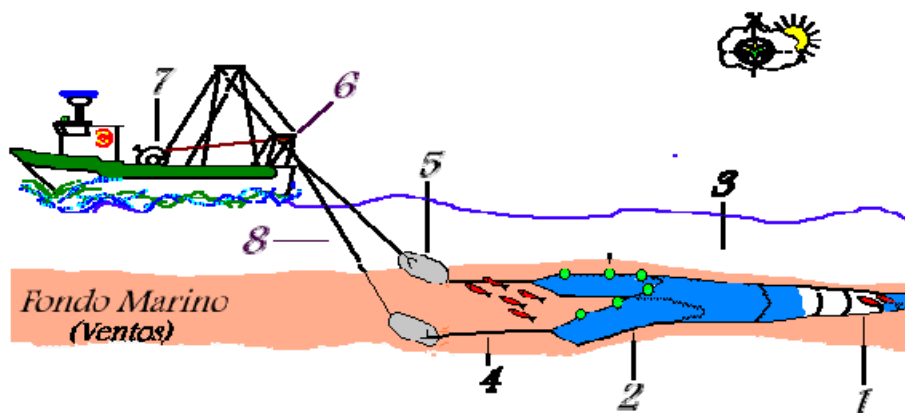
Se ha observado que, en la mayoría de los pesqueros actuales mediterráneos, se conecta al motor propulsor diesel y, en algunas ocasiones a los motores auxiliares del mismo tipo, los elementos conducidos mediante sistemas de transmisión por correas o combinación de las mismas con tomas de fuerzas múltiples en los más modernos. Esto es un problema grave a subsanar ya que la normativa que se está implantando por la Inspecciones de buques del Ministerio de Fomento español, similar a la Directiva de Máquinas terrestre, obliga a la eliminación de todas ellas.



Figura 1. Ejemplo de equipos conducidos.

1.1. La modalidad de pesca “arrastre de fondo” en el Mediterráneo español.

Modelo de como faena un arte de arrastre en el fondo



- | | |
|-----------------|------------------------|
| 1. Copo | 5. Puertas deflectoras |
| 2. Trenza plomo | 6. Pórtico |
| 3. Flotadores | 7. Maquinilla |
| 4. Malleta | 8. Cable de acero |

Figura 2. Croquis arrastreros mediterráneos al fresco.

El rendimiento pesquero de dicho arte irá consecuentemente ligado al tamaño y potencia del barco que arrastre dicha bolsa; a mayor potencia, mayor es el arte. Es una de las artes de pesca que ha tenido más aceptación, y donde el desarrollo industrial ha tenido una gran incidencia. En menos de un siglo ha experimentado cambios verdaderamente notables.

Se han levantado voces discordantes advirtiendo del grave peligro que corría la vida marina en el Mediterráneo de seguir por ese camino: Una carrera desenfrenada de barcos, potencia de motores y aparejos de pesca.

Hoy en día son muchas y notables las ventajas que ofrece la modalidad de arrastre española mediterránea ante otras formas de explotación del mar y ante otros países ribereños cercanos, Francia e Italia no cumplen con las mallas mínimas legalmente establecidas, destruyendo el medio marino tan apreciado, mientras que nuestros arrastreros intentan sobrevivir cumpliendo de forma rigurosa con la reglamentación europea y española en materias de horarios y mallas establecidas intentando con ello crear una pesca sostenible en el Mediterráneo español, habiendo en estos momentos un incremento muy apreciable de capturas en las lonjas mediterráneas españolas.

Este tipo de pesquero, permite trabajar con una climatología adversa, ya que los barcos de arrastre ganan mucha estabilidad mientras están faenando, los cables que arrastran el arte hacen como de ancla y no permiten que los bandazos sean tan bruscos no superando en ningún caso la velocidad del buque arrastrando los 5 nudos (millas/h.), oscilando entre 3-5 nudos, dependiendo de las dimensiones del arrastrero y la potencia nominal de los motores propulsores.

Pero este tipo de pesca también tiene su lado negativo: para poder capturar 1 Kg. de pescado con valor comercial, se deben desaprovechar una gran cantidad de peces que aunque carecen de valor en el mercado, no por ello les hacen menos indispensables para la sustentación de la frágil cadena trófica, de la cual se alimentan una gran parte de los depredadores.

Destruye los fondos, lugar donde crecen gran cantidad de algas, plantas y otros organismos ya que el arte esta en contacto directo con el fondo marino y cada vez se usan artes que escarban más en el lodo. Sería faltar a la verdad si no mencionáramos también, que el arrastre puede ser positivo en dosis adecuadas, ya que remueve la materia orgánica, por ejemplo: en profundidades en las que apenas llega la luz solar produce un efecto beneficioso, descubriendo larvas, gusanos o pequeños crustáceos que sirven de alimento a las especies interesantes y que podrían quedar solapadas por efecto de las corrientes o la sedimentación de los aportes terrestres.

En el Mediterráneo la pesca del arrastre se efectúa al fresco, los barcos regresan diariamente a puerto excepto en los caladeros de Ibiza y Alborán, con un horario preestablecido que no supera las diez horas, con lances de tres o cuatro horas, manteniéndose las capturas en hielo hasta la llegada al puerto lo cual asegura una calidad insuperable de sus productos.

Algunas de las características más importantes del mismo que influyen enormemente sobre la selección de cualquier tipo de accionamiento a colocar en este tipo de pesqueros son:

- Medio marino altamente corrosivo, perjudica notablemente las conexiones.
- Esta modalidad permite la mayor diversidad de capturas por lance.
- La pericia y habilidad del personal a bordo es notable en maniobras de pesca pero su cualificación profesional es escasa a la hora de circuitos o accionamientos complejos por su baja remuneración económica y el elevado número de horas trabajadas

- El grado de automatización que se alcanza en este tipo de buques no es muy elevado debido a que la tripulación es poco especializada en estos menesteres.
- La inversión inicial es elevada, entorno al millón de euros en arrastreros nuevos mediterráneos, no sólo por el casco en sí, sino también por la necesidad de maquinaria propulsora potente, grupos electrógenos, maquinaria de pesca, multitud de equipos conducidos, equipos electrónicos de detección y localización, redes de gran tamaño, etc.
- En la actualidad, la gran mayoría de los pesqueros mediterráneos (cerco y arrastre) conectan manualmente mediante un embrague combinado a un sistema de múltiples correas conectadas todas ellas al motor propulsor del pesquero que accionan los equipos conducidos existentes en la cámara de máquinas. En algunos casos, se conectan como equipos de emergencia a los motores auxiliares. Es necesario que una persona esté en la sala de máquinas y por tanto, eliminamos un potencial manipulador de pescado en cubierta, alargando los tiempos de selección.

2. Objetivos

Este estudio técnico surge de la petición de la empresa **Basilio Martínez S.L.**, empresa auxiliar naval alicantina, debido a la necesidad actual de cumplir con la nueva normativa de seguridad a bordo específica de estos pesqueros con competencias del Ministerio de Fomento, Inspección de buques de la zona y la urgente necesidad que tienen estos arrastreros en minimizar las pérdidas de consumo energético ante el elevado coste del gasóleo. Debido a la crisis económica acuciante que está soportando este sector desde hace 2 años, en la que están cerrando un gran número de empresas, esta empresa intenta sobrevivir dando soluciones técnicas novedosas a sus clientes a las deficiencias existentes a bordo de estos arrastreros y la búsqueda de soluciones viables y efectivas para el accionamiento de un gran número de equipos conducidos que deben ser conectados al motor propulsor del pesquero y en su defecto al motor auxiliar cuando exista una emergencia o situación de amarre al puerto.

3. Caso de estudio

El Grupo de investigación se ha desplazado a una serie de arrastreros que faenan en el caladero mediterráneo tanto cerca de costa como en los caladeros de Ibiza y Alborán obteniendo unos requerimientos mínimos de demanda de potencia y ciclos de trabajo de los diversos equipos a accionar en un arrastrero tipo que deberían ser interconectados con el motor propulsor del arrastrero. Resumiendo, los más importantes son:

- Maquinilla de arrastre o combinación de varias. Potencia efectiva promedio: 110 Kw. Ciclo De trabajo promedio: 2 lances diarios de 3 h/lance. Cargas variables muy elevadas. Velocidad máxima del eje a plena potencia: 60 rpm
- Alternador tipo marino de 35KVA con giro constante a 1500rpm y 50Hz. Cargas variables múltiples por encendido de alumbrado (pantallas fluorescentes), cargador de baterías, motores eléctricos trifásicos y focos halógenos de elevada potencia lumínica. A veces, se monta uno directamente acoplado al motor auxiliar y el otro al motor propulsor. Ciclo de trabajo promedio: 12 horas ininterrumpidas.
- 2 bombas de achique tipo centrífugo. Potencia efectiva unitaria promedio. 0,736 Kw. Velocidad máxima del eje. 2200 rpm Ciclo de trabajo promedio: funcionamiento ocasional, máximo 5h en continuo.

- 1 bomba contra incendios auto aspirante. Potencia efectiva unitaria promedio. 0,736 Kw. Velocidad máxima del eje. 2200 rpm Ciclo de trabajo promedio: Funcionamiento en caso de emergencia, máximo 12h en continuo.
- 2 generadores de corriente continua 24 V para encendido equipos electrónicos. Potencia efectiva unitaria promedio. 5 KVA. Velocidad máxima del eje. 3300 rpm Ciclo de trabajo promedio: Funcionamiento en continuo máximo 12h.
- Barra guía pastecas en pescantes popa. Accionamiento oleohidráulico. Potencia efectiva máxima promedio. 5 Kw. Velocidades variables. Ciclo de trabajo promedio: funcionamiento ocasional con cargas variables y choques, máximo 2h diarias.
- 2 cabrestantes, uno a cada banda, para sujeción puertas de arrastre. Potencia efectiva máxima unitaria promedio. 10 Kw. Velocidades variables. Ciclo de trabajo promedio: funcionamiento ocasional con cargas variables y choques, máximo 2h diarias.
- 1 grúa de cubierta de doble cremallera para giro con cabrestante con accionamiento oleohidráulico. Potencia efectiva máxima de accionamiento promedio. 15 Kw. Velocidades variables. Ciclo de trabajo promedio: funcionamiento ocasional con cargas variables y choques, máximo 4h diarias.

Estos son los equipos con consumo energético más elevado, existen otros pero no se utilizan con asiduidad en este tipo de arrastreros y se debe recordar que existe una limitación práctica por Reglamentación europea del caladero mediterráneo de que la potencia nominal del motor propulsor en un pesquero que faene en él tiene como límite máximo 500 CV por lo que se debe minimizar las pérdidas energéticas de los equipos a accionar.

Por otra parte, en breves fechas se deben adaptar los arrastreros existentes a la nueva normativa de obligado cumplimiento de prevención y riesgos laborales.

Para conseguir dichos objetivos se ha tenido que realizar un estudio comparativo pormenorizado de las diferentes soluciones que existen en el mercado y nuevas posibles variantes.

ACCIONAMIENTO	COSTE	CIRCUITO ADICIONAL	CONTROL A DISTANCIA	FUERZA QUE SUMINISTRA
Mecánico(correas)	Muy bajo	No	No	Baja
Electromagnético	Normal	Si, eléctrico	Si	Muy baja
Oleohidráulico	Bajo	No	Si	Alta
Neumático	Elevado	Si, fuente de producción de aire	Si	Baja
Eléctrico	Medio	Si	Si	Baja-media

Tabla 1. Resumen esquemático de los accionamientos comparados.

En principio existen varias soluciones que satisfacen las exigencias requeridas, pero si se comparan y se valoran sus respectivas propiedades la mejor solución es optar por accionamientos oleohidráulicos por ser la más compacta y de mayor potencia específica.

4. Resultados

A continuación, se resumen las diferentes soluciones técnicas que se han obtenido por el Grupo de Investigación:

MAQUINILLA DE ARRASTRE(PRINCIPAL)	MAQUINILLA DE ARRASTRE(AUXILIARES)
Circuito cerrado oleohidráulico principal formado por bomba de pistones axiales de cilindrada variable, bloque de válvulas de regeneración y motor de pistones de accionamiento directo de dos velocidades. Se ha elegido por: Su elevada potencia específica transmisible. Simplicidad de montaje. Permite una suave maniobra de inversión de marcha con continuidad Su elevado rendimiento.	Circuitos abiertos oleohidráulicos auxiliares formados por bombas de cilindrada fijas de engranajes, electroválvulas y motores orbitales. Se han elegido por: Su economía. Su presión de servicio adecuada. Su duración y resistencia a la corrosión. Su rendimiento aceptable.
ALTERNADOR CONECTADO A MOTOR PROPULSOR	BOMBAS DE ACHIQUE-BALDEO-GENERADORES ELECTRICOS
Circuito abierto oleohidráulico formado por bomba de pistones axiales con sistema load-sensing, válvula reguladora de caudal externa, válvula antirretorno y motor de pistones. Se ha elegido por: Su economía en comparación con otros. Elevado rendimiento. Muy seguro contra recalentamientos Permite la variación de velocidades de giro a la entrada y salida, regula perfectamente la variación de cargas.	Circuitos abiertos oleohidráulicos formado por bombas de cilindrada fijas de engranajes, electroválvulas y motores orbitales. Se han elegido por: Su economía. Su presión de servicio adecuada. Su duración y resistencia a la corrosión. Su rendimiento aceptable.
BARRA GUIAPASTECAS	GRUA DE CUBIERTA.CABRESTANTES.
Circuito abierto oleohidráulico formado por bombas de cilindrada fijas de engranajes, electroválvulas y motores orbitales Se han elegido por: Su economía Su presión de servicio adecuada Su duración y resistencia a la corrosión. Su rendimiento aceptable.	Circuitos abiertos oleohidráulicos formados por bombas de cilindrada fijas de paletas, electroválvulas, motores de paletas y cilindros. Se han elegido por: Su economía. Su presión de servicio adecuada. Su duración y resistencia a la corrosión. Su rendimiento elevado.

Tabla 2. Soluciones optimizadas aplicables a este tipo de máquinas en arrastreros.

Una vez realizado el estudio comparativo de mercado, se dimensionaron y simularon la multitud de circuitos a ensayar y automatizar con el programa AUTOMATION STUDIO,

sorprendiendo su interactividad y potencia de soluciones técnicas viables permitiendo en un tiempo record montar varias de ellas en varios arrastreros de la zona mediterránea funcionando con gran éxito y permitiendo ahorros considerables de consumos energéticos.

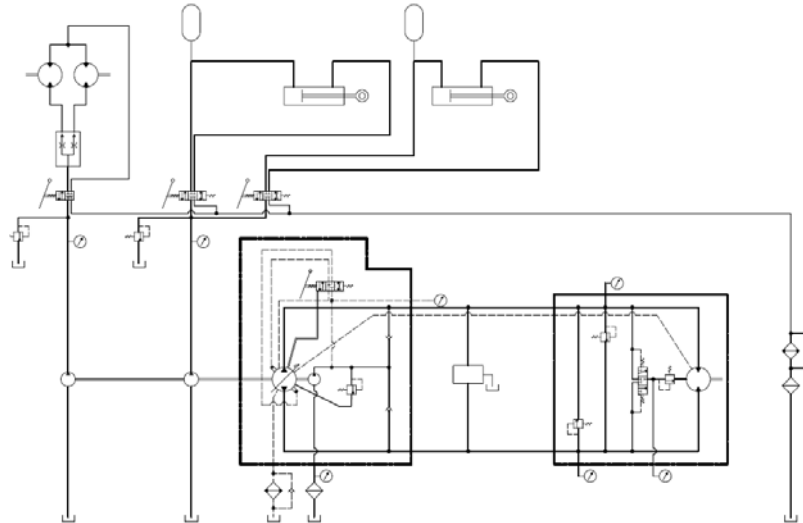


Figura 3. Accionamiento maquinilla de arrastre realizado con Automation Studio.

A continuación, se observan algunos de los circuitos diseñados ya montados en algunos arrastreros santa poleros.



Figura 4. Embrague-toma de fuerza conexión motor propulsor a bombas de accionamiento maquinilla.



Figura 5. Conexión a motor principal de diferentes elementos conducidos



Figura 6. Accionamiento oleohidráulico alternador.

Resumiendo, a continuación se observa una tabla comparativa de los diferentes tipos de montaje a utilizar en el interior de una cámara de máquinas de este tipo de arrastreros.

Tipo de montaje	Coste	Tipo de pesca	Dificultad
En línea	Bajo	Cerco	Baja
Caja multiplicadora	Medio	Arrastre	Media
Bomba de múltiples cuerpos	Muy alto	Cerco	Alta
Por correas	Muy bajo	Todos	Baja
Acoplando un alternador	Medio	Arrastre	Media
Varias tomas de fuerza	Alto	Arrastre	Media
En línea con multiplicadora	Medio	Arrastre	Alta
Multiplicadora y toma en una	Medio	Arrastre y cerco	Media

Tabla 3. Comparativa de los diferentes montajes utilizables en estos arrastreros.

5. Conclusiones

Se han verificado en varios arrastreros de la zona el funcionamiento y consumos energéticos de los circuitos oleohidráulicos obteniendo las siguientes conclusiones:

- Los circuitos auxiliares pueden emplear perfectamente bombas y motores de engranajes por su economía pero perjudican notablemente al resto de circuitos que emplean bombas y motores de paletas y pistones reduciendo drásticamente su vida en servicio de éstos últimos. Esto se debe a la existencia, por cuestiones de espacio, de un solo tanque de almacenamiento del aceite oleohidráulico para todos los circuitos. Se recomienda, por tanto, emplear bombas y motores de paletas los cuales son menos contaminantes en la producción de partículas metálicas.
- Los circuitos principales de las maquinillas de arrastre, siempre que el coste unitario de la instalación no sea lo prioritario, sino que se busque un ahorro considerable de pérdidas energéticas y un equipo muy compacto con grandes prestaciones, se empleará circuitos cerrados formados por: bombas de cilindrada variable versión estacionaria, con bloques de válvulas que incluyan válvula de regeneración para evitar la pérdida de propiedades del aceite en circulación y motor de pistones de dos cilindradas de accionamiento directo. En este circuito se alcanzan presiones de servicio entorno a los 350 bares y presiones punta de 450 bares. El empleo de motores de cilindrada variable no se recomienda porque encarecen excesivamente los costes de la instalación, complican su regulación y no mejoran notablemente las propiedades de los motores de accionamiento directo
- El accionamiento del alternador conectado por medios oleohidráulicos al motor propulsor ha sido uno de los circuitos más apasionantes y que más quebraderos de cabeza ha traído a la empresa colaboradora y al grupo de Investigación: circuito abierto oleohidráulico formado por bomba de pistones axiales con sistema load-sensing, válvula reguladora de caudal externa, válvula antirretorno y motor de pistones. Se han probado diferentes fabricantes llegando a la conclusión que en este formato:
 1. los fabricantes Sauer-Danfoss(SERIE 45) y Rexroth(A10VSO) no mantienen la señal de regulación de forma correcta entrando en resonancia rápidamente y afectando al sistema eléctrico de forma notoria. Las válvulas reguladoras actúan demasiado rápido e interaccionan con la placa electrónica.
 2. los fabricantes BREVINI s.p.A y Linde mantienen perfectamente la señal debido a que han conseguido ralentizar la señal de las válvulas reguladoras en comparación con la respuesta de la placa electrónica del alternador seleccionado.

Referencias

- [1] KG. Krausskopf-Verlag für, "*Arbeitsbuch der Ölhydraulik*", Wirtcheaft GMBH & Co. Mainz , 1965.
- [2] Thoma J., "*Transmisiones hidrostáticas*", Editorial Gustavo Gili S.A., 1968.
- [3] Speich H. and Bucciarelli A., "*Oleodinámica*", Editorial Gustavo Gili S.A., 1972.
- [4] Drexler P., Faatz H., Geis H., Morlok J. and Wiesmann E., "*Proyecto y construcción de equipos hidráulicos*", Mannesmann Rexroth Gmbh , 1988.

Agradecimientos

A reseñar por su activa y asidua colaboración de la empresa del sector naval “BASILIO MARTINEZ S.L.” en este tipo de proyectos de investigación con nuestro grupo de trabajo que permiten la interacción empresa – UPV de forma tan fructífera. Dicha empresa se halla situada en el Puerto Pesquero s/n (zona Poniente) de Alicante (España).

Correspondencia (Para más información contacte con):

Antonio Vicente Martínez Sanz.
Instituto de Diseño para la Fabricación y Producción Automatizada.
Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales.
Plaza Ferrandiz y Carbonell 2.
03801 Alcoy, Alicante, Spain.
Phone: +34 96 652 85 75
Fax: +34 96 652 84 09
E-mail: anmarsan@mcm.upv.es