



TRABAJO FINAL DE GRADO

“Optimización del proceso de construcción de un buque tipo Atunero Congelador por medio del diseño orientado a la producción”.



Titulación: Grado Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica

Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



AGRADECIMIENTOS

A mi tutor Carlos A. Mascaraque,
por ayudarme con este
impresionante proyecto que ha
servido para obtener el premio en el
congreso. Y a sus magníficas
anécdotas.

A mi familia, por el inmenso
esfuerzo realizado, y cómo no, ese
inconmensurable apoyo día tras
día. Me han enseñado a luchar por
mis sueños y hacerlos realidad a
base de esfuerzo, coraje, y ganas.
Gracias por estar siempre ahí, por
ayudarme a levantarme siempre que
lo necesitaba.

A mis amigos, qué haría yo sin esos
grandes momentos que he pasado
con vosotros.

A Sergio, uno de los Ingenieros
Navales más prometedores de éste
país, gracias por esos cafés y esas
estupendas charlas. El máster nos
espera.

*“Si tienes un objetivo, lucha por
ello, si te caes luchando, levántate y
te harás más fuerte.*

*No pienses que por caerte una y
otra vez estás fracasando, al
contrario, la persona que fracasa
es quien no lo intenta.*

*Para mí, lo difícil es posible, y lo
imposible se intenta.”*

David M.S.



Cuaderno N° 0

Introducción y Objetivos



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



1. Introducción

1.1 Historia Atún

1.2 Orígenes de la pesca

1.3 Breve descripción sistema de pesca: Pesca al cerco

1.3.1 Factores de riesgo

1.4 Historia buques atuneros

2. Objetivos

3. Bibliografía



1. INTRODUCCIÓN

1.1 . Historia del Atún

El atún desde la antigüedad fue muy apreciado en todo el Mediterráneo. Aristóteles cuenta que se decía que los Fenicios, desde Cádiz, viajaban con vientos del este por cuatro días más allá de los pilares de Hércules hasta un sitio con muchas algas y donde se encontraban en extraordinaria cantidad atunes de increíble tamaño, que una vez pescados, los preservaban, los ponían en jarros y los llevaban a Cartago, donde no sólo lo consumían ya que era muy apreciado como una delicadeza epicúrea, sino que de allí lo exportaban por todo el Mediterráneo.

Fue en cierto modo un catalizador de la civilización, en algunos casos los puertos sobre los arrecifes de esas costas desde Gibraltar hasta el Mar Negro y el Imperio Oriental de Bizancio, donde los observadores en sitios altos podían ver las migraciones de ellos y avisaban a los pescadores para que desplegaran sus redes, dieron origen a la formación de ciudades y fue tan importante por su valor comercial que estaba grabado en viejas monedas Púnicas.

Sobre el atún se estableció una verdadera mitología precisamente difundida por Aristóteles que le dedicó gran interés y que duraría por más de 1.000 años. Decía que llegaba a pesar hasta seiscientos kilos durante su vida que duraba dos años y que desovaba en el Mar Negro a donde el pez llegaba manteniendo la tierra a la vista con la ayuda de la poderosa vista de su ojo derecho. Asimismo, que dormía tan profundamente que ni siquiera un arpón lo despertaría, que en ese caso, sonámbulo se hundiría para flotar y hundirse nuevamente, lo que hacía que fuera difícil de pescar, especialmente los más jóvenes pues a los más grandes los excitaba un pequeño gusano o escorpión, el "asillo", que se les adhería a las aletas en ciertas épocas del año que coincidían precisamente con la época pico del desove cuando era más vulnerable.

Otros autores, Polibius, Strabo, Plinio el Viejo aumentaron los mitos, incluso que se alimentaban con bellotas, de allí que fuera llamado también "puerco marino", producidas por grandes encinas que crecían en las playas y en el fondo del mar a ambos lados de los Pilares de Hércules, a las cuales tenían acceso los atunes ayudados por su poderosa vista.

Mucho más tarde entre 170 y 235 después de Cristo, Claudius Aelianus autor de una enciclopedia, "De natural animalium", comenzó a estudiar más profundamente al atún, decía que podía conocer el cambio de las estaciones y los solsticios, en realidad como modernamente se ha establecido, debido a su capacidad de medir la luz mediante el aparato pineal situado en la base de su cerebro bajo una membrana transparente del cráneo que actúa como un exposímetro de fotógrafo y así sus migraciones responden en cierta medida al cambio de la intensidad de la luz en diferentes estaciones del año.



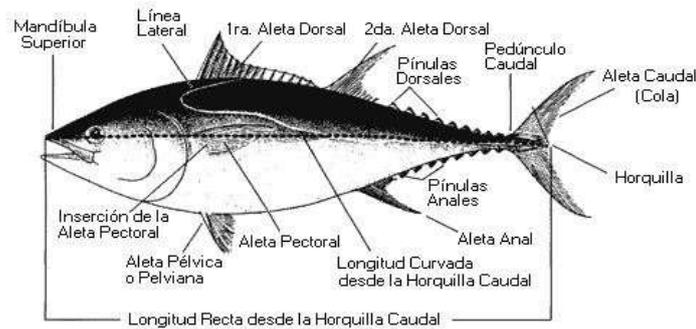
Poetas, filósofos y gastrónomos de la antigüedad se ocuparon del atún, Arcestrato, Salviani, Vitelio y Apicio se ocuparon de la parte culinaria y dieron consejos y recetas para prepararlo. Hay, incluso, un vocabulario propio para el atún, "vocabulario tonnaresco", desarrollado en el Mediterráneo, Italia, Sicilia y Cerdeña, especialmente, que se usa todavía en buena parte, con su contrapartida japonesa hoy, pues lo aprecian mucho para el sushi y sashimi, las muchas y diferentes calidades que cada atún tiene en su carne, donde su carne más grasa de color rosado, toro es la usada para el sashimi y es mucho más cara que la roja oscura, menos grasosa que se usa envuelta en arroz o sushi. También utilizan el bonito seco para hacer a través de un proceso muy complicado delgadas láminas, el katsoubushi, parecidas en aspectos a virutas de madera, que además de ser usado para sazonar caldos, vegetales, arroz, etc., es la base para la sopa llamada dashi.

Hoy día los mayores pescadores y consumidores de atún son los japoneses, en el resto del mundo, salvo en Italia, España y Portugal, el atún fresco es consumido recientemente, entre nosotros hasta hace poco era prácticamente desconocido, pues sólo el enlatado era el de uso común

Atún, nombre común de varias especies de peces, o túnidos, como genéricamente se conoce a esta numerosa familia perteneciente a los escómbridos, son una especie marina migratoria que viven en bancos próximos a la superficie (especies pelágicas) en la mayor parte de los mares y océanos del mundo y cuya carne es muy apreciada desde los tiempos más remotos.

Su carne es, en general, muy apreciada, aunque varía mucho de unas especies a otras. En los países del Sur de Europa se le llega a denominar el "buey marino" por su parecido con la auténtica carne de las especies terrestres o también "buey de los cartujos" ya que en muchos monasterios se utilizaban estos pescados para suplir a las carnes en las rigurosas dietas cuaresmales. Las numerosas especies diferentes de túnidos y de sus cualidades y sabores determinan también su diferente valor comercial e influye, asimismo, en la confusión que puede producir en el consumidor.

Morfológicamente, el atún tiene un cuerpo redondeado, esbelto e hidrodinámico, que se estrecha hasta formar una delgada unión con la cola. Se asemejan a la caballa en su estructura general, pero se distinguen de otros peces, no obstante, por la presencia de una serie de pequeñas aletas situadas detrás de la segunda aleta dorsal y la aleta anal.



H. Dodds, 1999

Figura 1. 1Partes de un Atún

Fuente: www.google.es

Su estructura es apropiada para mantener una alta velocidad de natación, llegando incluso hasta 45 km/h. Es un pez muy longevo, llegando a vivir hasta 15-20 años y excepcionalmente hasta 30. El tamaño y peso de los adultos varía notablemente, dependiendo del tipo de atún, siendo, normalmente, de entre 2 kg y 8 kg para los túnidos menores (bonito y listado) y entre 20 kg y 40 kg los de mayor tamaño (aleta amarilla y otros) aunque los gigantes de la familia, los atunes rojos, pueden alcanzar los 700 kg. y medir hasta 300 cm. (atún rojo). Viven en grandes bancos siguiendo las corrientes en busca de aguas templadas o calientes, de temperatura más o menos constante. Migran a grandes distancias, hasta 6000 km para llegar a sus zonas de desove y de alimentación, así, por ejemplo, un pez marcado frente a las costas de California (EEUU) fue capturado frente a las de Japón diez meses después. Gráficamente, lo podemos observar en el dibujo adjunto, donde se muestran las migraciones del atún rojo en el océano Atlántico y mar Mediterráneo.

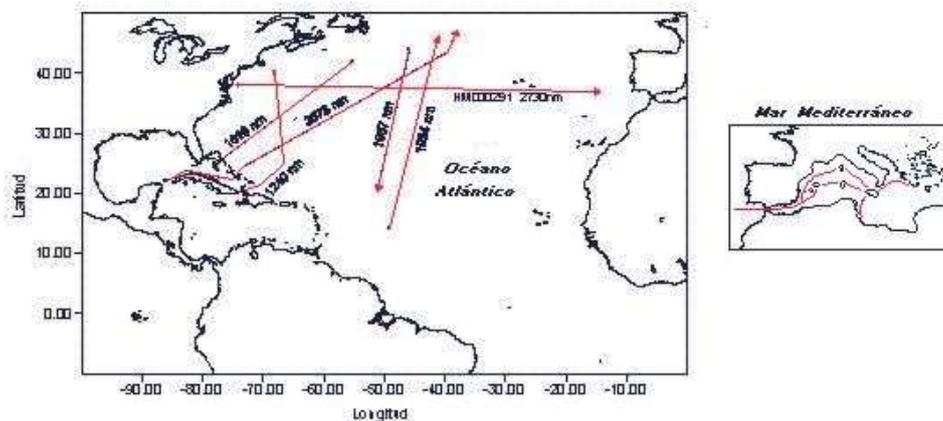


Figura 1. 2Migración Atunes

Fuente: www.google.es



Suelen tener su época reproductora en los meses de verano. Durante los meses de julio y agosto, los atunes se aproximan a las aguas costeras para desovar, regresando a aguas profundas a comienzos del invierno. El atún crece rápidamente, llegando a medir (atún rojo) hasta medio metro tras el primer año, y alcanzando la madurez sexual a los tres o cuatro años. Dado que el atún carece de mecanismos para mantener el flujo del agua a través de las branquias, debe permanecer en continuo movimiento, si deja de nadar muere por asfixia. Es un gran depredador y se alimenta de otras especies pelágicas más pequeñas, así como de una gran variedad de pescados, crustáceos y cefalópodos.

Posee las siguientes características anatómicas: entre 34-43 branquiespinas, 9 pinnulas dorsales y otras 9 ventrales amarillas con finos rebordes negros, vejiga natatoria, aletas pectorales muy cortas, las cuales se repliegan en surcos del cuerpo, y sus ojos están enrasados con la superficie de éste. La fuerza motriz la aporta una cola bifurcada cuyos rayos se extienden sobre las últimas vértebras. A cada lado de la base de la cola hay quillas óseas formadas por extensiones de las vértebras caudales. El diseño de la cola, aleta caudal, que es casi transparente en peces jóvenes y se vuelve negro al alcanzar la madurez, y el modo en que los tendones la conectan a los músculos natatorios son muy eficientes, lo cual le permite conseguir rápidos y brusco giro y de ese modo tener gran maniobrabilidad. El diseño del cuerpo se ve ulteriormente mejorado por un sistema vascular bien desarrollado que hay bajo la piel. Mantiene la temperatura corporal por encima de la del agua en la que nada el animal. Esto aumenta la potencia de los músculos y acelera los impulsos nerviosos.

Clasificación científica: los atunes pertenecen a la familia Escómbridos, orden Perciformes. El nombre científico del atún rojo es *Thunnus thynnus*, el del atún de aletas amarillas es *Thunnus macropterus*, el del bonito es *Sarda sarda*, el del atún listado es *Euthynnus pelamis* y el de la albacora o atún blanco es *Thunnus alalunga*.

El atún rojo o cimarrón el más grande de los atunes, pesa hasta 700 kg. También llamado atún de aleta azul o bluefin. El nombre de atún rojo le viene por el color de la segunda aleta dorsal que es marrón rojizo. Vive en los océanos Atlántico y Pacífico y en el mar Mediterráneo. Es el atún de más alta calidad. Su carne es muy apreciada especialmente en el mercado japonés, donde la consumen cruda (Shushi). Se pesca con almadrabas y se comercializa ultracongelado. Recientemente se está desarrollando una industria de engorde del atún rojo en las costas del mediterráneo español destinado al mercado japonés. Se capturan al año unas 60000 toneladas en el mundo.

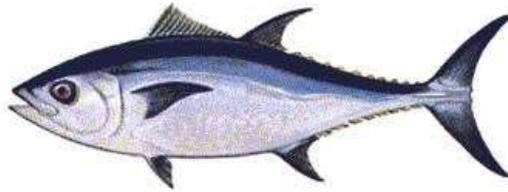


Figura 1. 3Atún Rojo.

Fuente: www.google.es

El atún de aletas amarillas también denominado rabil o atún claro. Vive tanto en el Atlántico como en el Pacífico, pero donde más abunda es en el Índico.

Prefieren las aguas cálidas, siendo la especie de atún más tropical. Puede llegar a los 180 kg. Sus bancos suelen mezclarse con otras especies, principalmente atunes listados y los patudos. Su calidad es media-alta y sus capturas son principalmente para la industria conservera. Se pesca mediante cerqueros congeladores y palangreros. Sus capturas alcanzan el millón de toneladas al año.



Figura 1. 4.Atún aletas amarillas

Fuente: www.google.es

El atún listado o skipjack se puede encontrar en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo. Son muy corrientes en las zonas tropicales del Atlántico. Suelen formar grandes bancos junto a los atunes de aleta negra del Atlántico occidental, llegando a reunir hasta 50.000 individuos. Puede llegar a pesar hasta 20 kg. Su calidad es media y sus capturas van dedicadas principalmente a la industria conservera. Se pesca por medio de buques cerqueros congeladores. Sus capturas rondan el millón y medio de toneladas

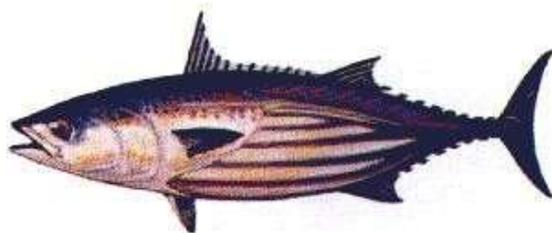


Figura 1. 5.Atún listado

Fuente: www.google.es



El atún patudo o bigeye vive en las aguas cálidas y templadas del Atlántico, Pacífico, e Indico. Tiene cuerpo robusto y grandes ojos, suele sobrepasar los 45 kg. Su calidad es media-alta, se comercializa fresco o congelado y se pesca con cerqueros, palangreros, cañeros y cerqueros congeladores. Las capturas mundiales rondan las 325000 toneladas.

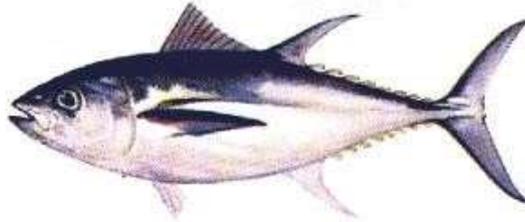


Figura 1. 6. Atún patudo

Fuente: www.google.es

La albacora o atún blanco (thunnusalalunga), un pez de carne excelente que puede pesar hasta 40 kg, migra entre las costas de California y Japón. Suelen encontrarse en las termoclinas de 17-21°C, migrando hacia aguas más frías, hacia el norte como en Nueva Inglaterra, según la estación. Está muy extendido por todos los mares. En España se le conoce también como "Bonito del Norte", y su carne es muy apreciada tanto en fresco como para conservas, generalmente artesanales. Se pesca mediante barcos de pequeño porte, barcos cañeros o curricaneros. Sus capturas alcanzan las 200000 toneladas anuales.



Figura 1. 7. Atún Blanco

Fuente: www.google.es

El atún es un pez de superficie que está muy extendido por todos los océanos. Los atunes se pescan tanto en el Atlántico, en el Indico como en el Pacífico. Estas características han hecho que existan gran multitud de formas de pescarlo, aunque para la mayoría de las variedades exista alguna forma predominante, dependiendo sobre todo de la variedad, así como de su situación geográfica, desde la pesca con anzuelo por pequeños barcos para el bonito hasta buques de gran tamaño, como el de proyecto, que son buques de altura que pueden llegar a realizar salidas (mareas) de cuatro meses.



De ellos se aprovechan gran cantidad de cosas, es comestible en un 94% y por ejemplo del hígado de la mayor parte de las especies se extrae un aceite que se usa a menudo para tratar el cuero. Las especies destinadas a la industria conservera son fundamentalmente tropicales y se capturan en los océanos Índico, Pacífico y Atlántico Centro-Este por una importante flota congeladora. Estas especies son: la aleta amarilla, el listado y el patudo. En mucha menor medida el atún blanco o bonito del Norte de carne muy apreciada pero muy localizado en el Atlántico Noroeste y circunscrito a flotas de España, Francia y Portugal, fundamentalmente artesanales. Finalmente, hay que mencionar, aunque con escasa incidencia en la industria conservera el atún rojo, capturado en el Mediterráneo. Ambas especies, atún blanco y atún rojo, con problemática muy diferente a la de los túnidos tropicales. En conclusión, conviene señalar que las especies de túnidos se comercializan en conserva básicamente como atún en general o específicamente como atún claro o como atún blanco, manteniendo íntegras sus excelentes propiedades nutricionales que contienen oligoelementos como: hierro, calcio, sodio, vitaminas A, D, E, K y B, y proteínas de alto valor biológico por sus destacados contenidos en aminoácidos esenciales (lisina, metionina, treonina, etc.). Además, sus grasas como el resto de pescados azules incorporan gran proporción de ácidos grasos polisaturados, muy beneficiosos para nuestro organismo pues rebajan los niveles de colesterol.

1.2 Orígenes de la pesca

El arte de la pesca constituye una actividad milenaria, su evolución a lo largo de nuestra historia, no ha sido, a menudo, suficientemente valorada. Sin embargo, nuestro país ha estado abierto desde sus orígenes al mar y le ha suministrado, desde antiguo, un medio de subsistencia tan importante, como es el pescado.

España es, sin lugar a dudas, uno de los países con mayor tradición pesquera y que más importancia ha otorgado a los recursos del mar. Desde siempre, el pescado y los diversos productos que se derivan de la pesca han formado parte de la dieta mediterránea.



Figura 1. 8. Pesca antigua.

Fuente: www.elpescadoartesano.com



Se supone que el hombre prehistórico primero pescó a mano, en aguas remansadas y en las pequeñas charcas que quedaban entre las rocas de la costa al retirarse la marea; después construiría trampas en los ríos de poco caudal y utilizaría también dardos y flechas, como algunas tribus actuales del Amazonas. Más tarde elaboraría redes y ganchos o garfios, que serían los antecedentes de los anzuelos y de los artes de pesca modernos junto con el descubrimiento de las embarcaciones y evolución de estas.

Con el transcurso del tiempo mejoraron las técnicas de conservación y elaboración del pescado y las tareas de pesca, a la vez que se idearon otras nuevas como las almadrabas que los romanos implantaron por todos los mares de su Imperio y que han sobrevivido hasta nuestros días. Estos fueron grandes consumidores de pescado dándole una gran importancia en nuestra gastronomía.

El conocimiento de estas técnicas, muchas de las cuales se han consolidado con los años y otras han sido superadas por otras más eficientes, quedando estas como un legado cultural pesquero que aún practican algunos pescadores nostálgicos de las viejas usanzas, que siempre demostraron una batalla más de igual a igual con el mundo submarino, que nos muestra la importancia de que los avances tecnológicos guarden siempre una adecuada relación con el aprovechamiento equilibrado de los recursos pesqueros.

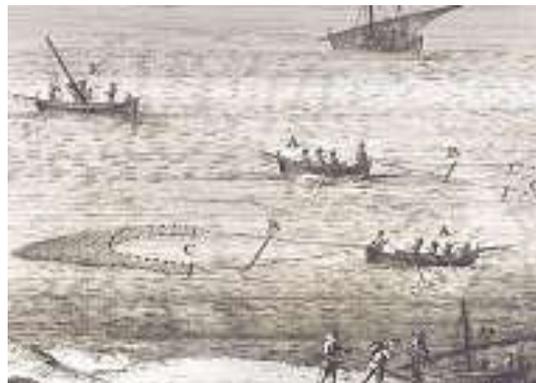


Figura 1. 9. Antigua arte pesquera.

Fuente: www.elpescadoartesano.com

1.3 Breve descripción sistema de pesca: Pesca al cerco

La pesca al cerco es un arte de calado vertical que se cierra por el fondo, necesita, para su flotación, boyas o flotadores que forman al mismo tiempo una barrera en la superficie una vez esté la red en el agua. La red es de forma rectangular cuyas dimensiones son 250 a 1000 metros de longitud y unos 50 de ancho aproximadamente.



Para el cierre de la red por su parte inferior, se dispone de una serie de anillas o cáncamos metálicos sujetos por una cadena que va de calón a calón, a través de los cuales pasa el cable de acero, conocido como “jareta” que, una vez recogido, impide la salida de los peces por la parte inferior de la red.

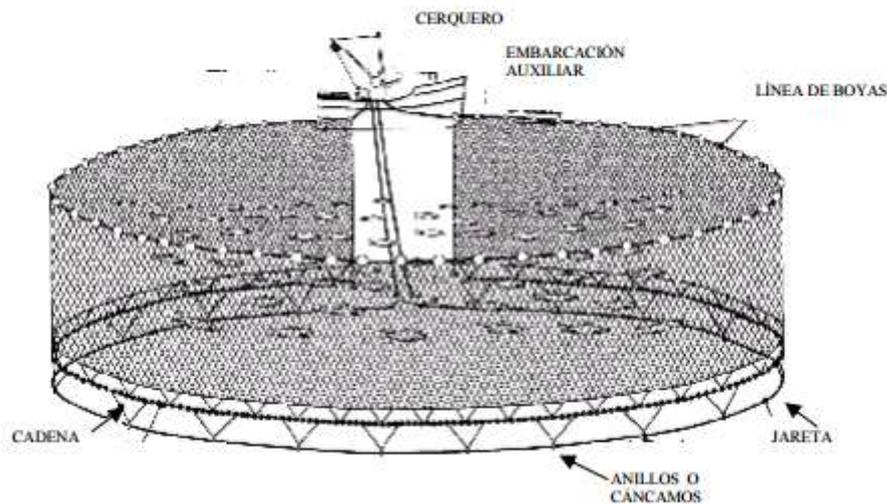


Figura 1. 10. Pesca al cerco.

Fuente: www.elpescadoartesano.com

La recogida de la jareta es realizada por una maquinilla o “winche” localizada en la cubierta de pesca. La recogida de la red por el costado de babor para formar el copo se realiza gracias a un rodillo lateral.

Una vez localizado el cardumen, se realiza una evaluación del tamaño del banco mediante inspección visual, con el empleo del sonar e incluso con la utilización de una embarcación auxiliar. El barco rodea entonces al grupo de peces a máxima velocidad largando la red, tirada por una embarcación auxiliar o “panga”, que va reduciéndose progresivamente en volumen hasta formar un copo.

La operación de largada dura de 2 a 4 minutos. Mientras se realiza esta operación, es frecuente que una lancha rápida se sitúe dentro del círculo formado por la red, junto al objeto, para mantener el cardumen en la posición óptima de forma que no escape antes del cierre de la jareta. En caso de tratarse de pesca a banco libre o brisa, estas lanchas mantienen agrupado al banco de peces mediante el ruido que realizan cuando lo rodean, pudiendo emplear incluso tintes para generar barreras artificiales que eviten la dispersión y huida de los atunes.

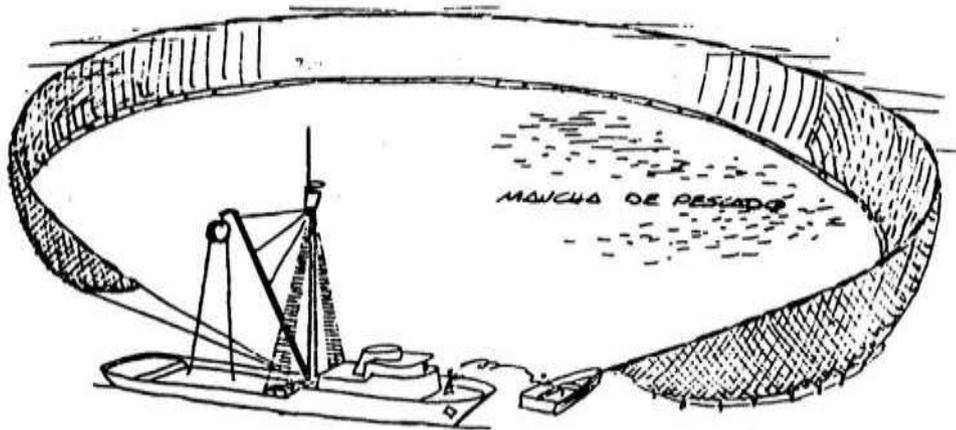


Figura 1. 11. Cierre de la red.

Fuente: www.elpescadoartesano.com

El cierre de la red se hace por medio de la jareta (cabo metálico), de la misma longitud que la línea de corchos, y una serie de anillas o cáncamos que van izándose a bordo.

No obstante, en los años 50, tanto la flota francesa como la española, utilizaba el sistema anillas para el cierre de la red, sin embargo, a mediados de los años 80, primero la flota española y después la francesa, sustituyeron este sistema por el de cáncamos; ya que presentan la ventaja de poder ser separados de la jareta gracias a un mecanismo de cierre automático durante la maniobra de izado de la red y se reduce significativamente la fricción con la jareta. La parte de popa de la red es izada a bordo mediante un halador (power-block). Mientras se cierra la red, en algunas embarcaciones se hace ruido en el costado para mantener alejado al pescado de la ventana que queda abierta en el costado de babor antes del cierre del calón de proa.

Durante el lance, el cerquero se encarga de describir el círculo que formará el cerco; mientras el bote auxiliar o “panga” aproxima un extremo de la red a la proa del barco, desplazándose en sentido contrario al movimiento del buque hasta quedar cerrado el cerco.

Posteriormente, la panga se encarga de mantener la posición correcta del barco para evitar el colapso de la red durante la operación de pesca. Esto se hace tirando la embarcación auxiliar del barco mediante un cabo. Los peces, una vez agrupados en el “copo” o saco, se trasladan a cubierta por medio de un salabardo con una capacidad de alrededor de 10 toneladas. Su contenido se vierte en un colector o “tolva” que comunica con el parque de pesca, donde se encuentran las cubas o bodegas para proceder a la congelación del pescado.

Los buques cerqueros que faenan, a la hora de recoger la red, generalmente cierran el círculo sin utilizarla por completo, para evitar que el atún escape en un cambio de dirección. Normalmente, en este tipo de pesca no termina de formarse el copo con el objetivo de mantener el pescado vivo y en buenas condiciones para su traslado a granjas de engorde.



Figura 1. 12. Atuneros extendiendo la red.

Fuente: www.google.es

1.3.1 Factores de riesgo

Las operaciones de cerco pueden tener un impacto en una amplia variedad de especies dependiendo en gran medida de cómo se llevan a cabo. La presión ejercida desde los años 70 y la atención focalizada en la captura accidental de delfines en la actividad pesquera de la flota atunera en el Pacífico Oriental ha motivado el desplazamiento de operaciones basadas en lances sobre delfines hacia el uso de dispositivos de agregación flotantes. El efecto de este cambio sobre otras especies no-objetivo pone de manifiesto la importancia de la gestión ecosistémica de las pesquerías, para garantizar su eficiencia y minimizar las capturas accidentales.

Miles de dispositivos de agregación flotante (FAD) se construyen y utilizan en barcos cerqueros en el mar cada año y prácticamente todos ellos se fabrican a partir de viejas redes de pesca. Estos dispositivos pueden producir capturas accidentales ya que es frecuente que tiburones y tortugas marinas se enreden en las redes utilizadas en estos dispositivos. Para evitar esta "captura fantasma" es necesario diseñar dispositivos que eviten el enmallamiento de estas especies y fomentar su uso en la industria pesquera.

Las operaciones de pesca de cerco en ocasiones se desarrollan en áreas de importante agregación de tortugas. En ocasiones este solapamiento se puede evitar, pero en otras no, ya que tanto pescadores como tortugas necesitan estar en una zona para encontrar sus presas. Las tortugas interfieren con el arte sobre todo cuando se utilizan agregadores de peces FAD. En muchas ocasiones las tortugas están aún con vida en el momento en que izamos el arte.



1.4 Historia buques atuneros

Los primeros barcos atuneros, se llamaban "bareros", porque se pescaba el atún con caña y anzuelo, requerían de un acondicionamiento especial, ya que utilizan cebo vivo, principalmente sardina, difícil de conservar en cautiverio. Para la conservación del atún, estos barcos llevan tanques especiales, en los que por medio de poderosas bombas se produce una activísima renovación del agua. Además, tienen que ir dotados de las redes y los accesorios necesarios para la captura de las especies que han de servirles de cebo en su pesca específica.

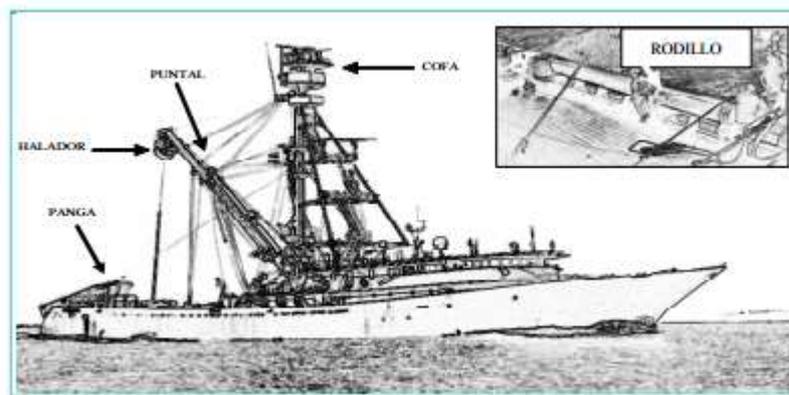


Figura 1. 13. Partes de un atunero

Fuente: www.google.es

Los modernos atuneros o "tuna-clippers", son barcos cuya técnica consiste, una vez descubierto el cardume, rodearlo con grandes redes que son tiradas por una pesada y potentísima barcaza de acero llamada panga con la que pueden capturarse 200 tns/día en sus 18 cubas de congelado de 2000 hasta 3000 m³ de capacidad total. Salvo por avería o carenado estos buques apenas tienen un periodo de descanso.

El atunero congelador al cerco es un buque pesquero y como tal tiene unas características comunes a todos ellos, entre las que están el trabajar con frecuencia en condiciones de mala mar y en caladeros alejados, y unas exigencias como son las de máxima seguridad para buque y tripulación, las de condiciones de trabajo apropiadas y las de economía.

Para conseguir la adecuada seguridad, el buque debe estar proyectado para aguantar las sollicitaciones producidas por la mar y por la carga. Dado que los pesqueros trabajan frecuentemente en condiciones de mala mar (fuerte oleaje, golpes de mar, etc.), suelen tener escantillones elevados. Debe tener la suficiente estabilidad en todas las condiciones de carga, en particular la necesaria para poder seguir pescando en condiciones de mala mar y fuertes vientos. Hay que tener en cuenta que en general los pesqueros, y en particular los atuneros, llevan gran cantidad de tanques con la consiguiente disminución de estabilidad que puede haber.



En pesqueros sobre todo de pequeño tamaño, no es este el caso, hay que tener cuidado también con la estabilidad longitudinal para evitar con mares de popa el hundimiento por proa.

En cuanto a la economía hay que decir que prácticamente todo influye en ella: la velocidad, la autonomía y duración del viaje, los equipos, el sistema de pesca, la tripulación, etc. A este respecto decir que se está produciendo en la actualidad una mayor inversión, lo que conduce a buques generalmente más grandes, complejos, seguros y de mayor productividad, lo que justifica esta mayor inversión.

En las consideraciones económicas hay que tener en cuenta la sencillez, seguridad y mantenimiento de los equipos y en todo lo posible la estandarización de los mismos, así como una adecuación de los equipos a los trabajos que se van a realizar y una contrastada eficacia de los mismos. Habrá que conseguir la máxima eficiencia en el mínimo espacio posible, lo que conducirá al buque más corto posible compatible con la capacidad del buque, con el consiguiente ahorro económico, ya que el coste del buque es, en principio y en primeras aproximaciones, función de la eslora del mismo.

El atunero congelador al cerco además de estas consideraciones generales se caracteriza por:

- Ser un buque de dos cubiertas, principal y superior, que deja entre medio un entrepuente de trabajo. La cubierta principal es además la cubierta de francobordo.
- La superestructura de estos buques suele ir a proa de la sección media para permitir tener en la popa espacio suficiente para ubicar todos los equipos de pesca y poder realizar toda la maniobra. Además, a proa de la superestructura lleva una cubierta castillo donde se sitúan botes y maquinillas, la cual suelen ir protegida con altas amuradas por razones de seguridad.
- Actualmente suelen llevar la cámara de máquinas a popa, aunque tradicionalmente la han llevado a proa. Suele ser de gran tamaño y en ella destaca la planta frigorífica, de gran potencia y tamaño, por lo que suele disponerse en un compartimento separado. Esto obliga también a una planta generadora de gran potencia.

Es un buque congelador para lo cual emplea el método de congelación por inmersión en salmuera. Para ello lleva unas cubas de congelado y en la actualidad y dependiendo del tamaño, bodegas, situadas bajo la cubierta principal. El número de cubas y su tamaño es función de las capturas previstas en el día para evitar la formación de superficies libres.

Dado que la operación de pesca puede sufrir irregularidades es importante adecuar el tamaño de los tanques a las capturas previstas y a la capacidad de congelación prevista o que se desee. Van dispuestas simétricamente respecto a crujía y en la zona opuesta a la cámara de máquinas (a proa si esta está a popa y a popa si ésta está a proa).



Todas las cubas van aisladas para mantener las bajas temperaturas y llevan serpentines frigoríficos por los que circula líquido refrigerante, lo cual obliga a un doble forro de las mismas con una doble finalidad, preservar el aislamiento y los serpentines de refrigeración del contacto con el agua y los atunes y la de proteger a los atunes del contacto con el aislamiento, serpentines y los refuerzos de los mamparos, lo cual deterioraría su carne. El empleo de salmuera como método de congelación obliga a embarcar y almacenar gran cantidad de sal.

El procedimiento de inmersión en salmuera es el empleado cuando las capturas son masivas y no han de ser procesadas, como en el caso del atún en el que hay copadas de 50 t o superiores. Además, se emplea cuando las dimensiones del pescado son grandes, caso el atún, y cuando la pesca se realiza en aguas tropicales, con temperaturas del agua de 30-32°C.

En estos casos el procedimiento de inmersión en salmuera es el más adecuado ya que la transferencia de calor es muy rápida, aunque la calidad de congelación no sea muy buena. Además, tiene las ventajas de que el espacio de congelación y almacenamiento es el mismo, la congelación rápida, tiene altos coeficientes de estiba (hasta 800 kg/m³) y un menor consumo de energía.

En cambio, tiene el problema de la absorción de sal por parte de pescado y de que la temperatura dentro del pescado no puede descender por debajo de -16°C, ya que la temperatura más baja que puede conseguirse con este sistema es de -21.2°C (punto eutéctico de la mezcla agua-sal), de ahí que la calidad de congelación no sea muy buena. La salmuera a su vez se refrigera en una planta convencional de refrigeración a través de los serpentines instalados en los tanques.

Las cubas pueden ser empleadas también para el almacenamiento de combustible (gasoil) y de agua dulce. Esto se suele realizar en la salida de puerto y se va consumiendo en el viaje de ida al caladero. En el caso de que el tanque tenga combustible, antes de introducir el atún, hay que limpiar las cubas para que este no se contamine con el combustible.

Entre las cubas y sobre el doble fondo, saliendo de la cámara de máquinas hay un túnel de tuberías por el que van las tuberías de refrigeración, de circulación de la salmuera, de combustible o agua dulce, según el tipo de barco, las bombas (una por cuba) y las válvulas, etc.

Sobre las cubas va el parque de pesca, por el que se distribuye el atún a las cubas, mediante cintas transportadoras, desde la escotilla de popa. En el parque de pesca hay también chigres y aparejos en cada cuba, con los cuales se pueden sacar los atunes de las cubas para volver a situarlos sobre las cintas y de éstas al exterior, mediante el empleo de grúas o plumas, a través de las escotillas de proa y popa. Si la descarga se hace en el mar se emplea la escotilla de popa y las plumas que se emplean para la maniobra de pesca. En esta zona se sitúan también pañoles y locales para distintas funciones, entre otras el almacenamiento de la sal para la salmuera.



Dado que el sistema de pesca empleado es el de cerco, los atuneros deben poder realizar la maniobra de echar el cerco lo más rápidamente posible para lo cual deben poseer una gran maniobrabilidad y una alta velocidad (15-17 nudos).

La alta velocidad permite además el llegar lo más rápidamente al caladero y la zona de pesca, con lo que se disminuyen los días empleados en la ida y vuelta y se pueden disponer de más días para pescar, o al banco localizado en caso de competencia con otros buques dentro del caladero. De esta manera esloras grandes suelen perjudicar el radio evolutivo, con el consiguiente aumento de tiempo en la realización de la maniobra.

Para poder realizar toda la maniobra del cerco, además de la red, que actualmente tiende a aumentar de tamaño, tanto en longitud como en profundidad, se emplean gran cantidad de maquinillas, de 15 a 20, las cuales van situadas, como antes se había comentado, en la parte de popa sobre la cubierta superior. Estas maquinillas se encargan tanto de cobrar los cabos, como la red y de mover las diferentes plumas empleadas, entre las que destacan la que posee el halador o especie de polea a través de la cual se cobra la red y las de salabardeo y auxiliar. Estas plumas van dispuestas sobre un mastelero de gran tamaño que les sirve de soporte y que además sirve para situar los puestos de vigilancia y de auxilio del patrón en la maniobra de pesca y en el que además se sitúan las distintas antenas y radares de buque.

Llevar gran cantidad de inversión en equipos de detección entre los que destacan ecosondas, radares de navegación y de localización de pájaros, sonares omnidireccionales y de discriminación, equipos registradores de temperatura del agua, vía satélite, radioboyas, etc.

La propulsión empleada siempre es mediante motor diésel, el cual puede ser reversible o no, llevando en este caso un reductor inversor. Es importante la rápida realización de la maniobra de inversión de marcha, de todo avante a todo atrás, que hay que realizar en el momento de cerrar el cerco. Para esto además se dispone de un freno que actúa sobre la línea de ejes o sobre el reductor (más frecuente).

Las potencias empleadas en buques de tamaño medio (70 m) están entre 4000-5000 HP, lo que representa una elevada potencia instalada, con lo que es común el empleo de popas de bulbo para mejorar las condiciones de entrada del flujo y reducir las vibraciones. Lo normal es el empleo de una única línea de ejes con un único motor, aunque a veces se emplean dos motores engranados a un reductor de doble entrada, del cual se puede desengranar uno y engranarlo a bombas hidráulicas que accionen las maquinillas de pesca.

Estos buques suelen emplear gran cantidad de buques auxiliares entre los que destacan la panga y los speed boats. El primero va situado en una rampa en la popa de barco, desde la cual se pone a flote para soportar uno de los extremos de la red durante el cerco.



Es de unos 12-13 m de eslora y lleva un gran motor propulsor (500-600 HP) con el cual se mantiene en su posición y evita así ser arrastrado por el atunero. Si el buque no lleva hélices de maniobra la panga es la encargada de separar al barco de la red y de compensar el empuje de los atunes en el cerco.

Los speed boats son unos botes rápidos con los cuales se evita que el atún se disperse y se salga del cerco. Suelen ser de aluminio y llevan un motor fuera borda o turbohélice para poder pasar por encima de las redes y corchos. Suelen ir situados sobre la cubierta de botes y se ponen a flote con grúas o plumas. A veces también se emplea otra embarcación denominada mini-panga, work-boat o vedette que se emplea como embarcación auxiliar para trabajos de puerto, recogida de boyas, etc.

En algunos casos estos buques llevan cubierta de helicópteros situada sobre el puente. En estos casos el buque debe estar construido para soportar este peso, tanto estructuralmente la cubierta, como por estabilidad al tratarse de un peso alto. Además, hay que disponer de tanques para el almacén del combustible (queroseno) y de piezas de repuestos para el helicóptero.

También pueden tener tanques estabilizadores para disminuir el balance en condiciones de mal tiempo. Estos tanques suelen ir situados bajo la rampa sobre la que va la panga.

Dados los largos períodos que debe pasar en la mar, es un buque en el que hay que tener en cuenta y cuidar el comportamiento en la mar y la capacidad de este para navegar a una velocidad adecuada en cualquier clase de tiempo. Para ello suelen tener grandes arrufos a proa, francobordos adecuados, así como castillo, lo que favorece el comportamiento en la mar desde el punto de vista del embarque de agua.

Deben tener una gran estabilidad transversal capaz de compensar el efecto escorante de la izada de la red, incluso con mal tiempo, así como las posibles pérdidas de estabilidad debidas a las superficies libres de los tanques. Por esta razón suelen tener una manga algo mayor que la que correspondería a buques pesqueros de tonelaje similar y conduce a valores moderados de la relación eslora/manga (L/B) comprendidos entre 4 y 5.

Emplean generalmente popas de espejo con lo que se contribuye a aumentar la zona disponible en cubierta para la maniobra de pesca, favoreciendo además la estabilidad. Además, suelen llevar el codaste cerrado para proteger la red en las maniobras.

El diseño de la popa en general y de la hélice en particular se hace con bastante cuidado para minimizar los efectos de cavitación y los ruidos y vibraciones transmitidas por la hélice que pueden perjudicar la estructura, el confort y las capturas.

Suelen utilizar también proa de bulbo para disminuir la resistencia por formación de olas, importante al ir a velocidades elevadas, y el movimiento de cabeceo del buque.



La eficacia de este dependerá de la situación de carga, velocidad, etc. Los tipos más frecuentemente empleados son los de tipo “peonza” por disminuir los movimientos de cabezada.

Para conseguir unas adecuadas condiciones de trabajo hay que tener en cuenta la disposición general y proyectarla de manera que facilite la vida a bordo en los largos períodos que los pesqueros, sobre todo tipo congelador, suelen estar faenando, en particular la situación de los camarotes y lugares de descanso lo más al centro y a popa posible para facilitar el descanso y el reposo de la tripulación tras los turnos de trabajo.

Además, hay que evitar en todo lo posible las resonancias entre el buque y distintas fuerzas excitadoras (olas, motores, hélice, etc.) que afectan tanto a las condiciones de trabajo y a la comodidad como a la seguridad del buque. Hay que tratar de conseguir que se trabaje en las mejores condiciones de seguridad para lo cual hay que proteger lo más posible los lugares de trabajo para lo cual se suelen emplear amuradas, entrepuentes, configuraciones adecuadas de la proa, etc

Los atuneros más grandes y más abundantes son de origen Bermeano y construidos en astilleros de España. La identificación es sencilla, se trata de un buque estilizado, con la proa lanzada y una popa en forma de rampa por donde sube la panga, que es donde se estiba mientras no está tirando de la red. Se suele disponer de una plataforma para aterrizaje de helicópteros, éste es el encargado de descubrir los bancos de atún, sin embargo, se emplean técnicas más eficientes y menos costosas.

Estos barcos poseen en la parte posterior una cubierta principal dedicada, en sus dos terceras partes, a la estiba de la red y manipulación de las capturas que cuenta con una tolva que comunica ésta cubierta con la inferior. Esta última, denominada parque de pesca, contiene las bodegas donde se almacena el pescado y las cintas transportadoras o canaletas que recogen el pescado vertido por la tolva y lo distribuyen a las distintas cubas

En el centro del buque se localiza un mástil robusto provisto de una cofa (plataforma de observación) donde se sitúa parte de los sistemas visuales de búsqueda (prismáticos de alta resolución). Adosado a este mástil se encuentra un puntal que soporta la pluma del halador (pasteca hidráulica, virador o “yo-yo”) con el que se iza la red a bordo.



Figura 1. 14. Atunero recogiendo red.

Fuente: www.google.es

Los barcos de atuneros dedican gran parte de sus instalaciones al almacenamiento de las capturas, con bodegas cuyo número y capacidad varía en función de la eslora y manga del barco. En las paredes de las bodegas se dispone de tuberías de frío (serpentines) por las que circula un líquido refrigerante (compuesto de nitrógeno p.e.).

Los atuneros cerqueros que tienen como especies objetivo los túnidos tropicales, son barcos que congelan sus capturas en cubas con salmuera (agua y sal hasta saturación) que puede alcanzar temperaturas de -18°C a -20°C . Algunos de los cerqueros de reciente construcción incluyen no sólo las cubas convencionales sino también túneles de congelación a -55°C . Esta flota está dotada de los más avanzados equipos para la detección, captura y conservación del atún, incluyendo una moderna red de comunicaciones, íntimamente relacionada con los sistemas de teledetección, que proporcionan información vía satélite que facilita la localización de los cardúmenes de pescado asociados a objetos flotantes balizados, permitiendo planificar con antelación la estrategia pesquera. También se equipa el puente de mando con radares (incluso de aves, ya que éstas se asocian frecuentemente a los bancos de atunes), sonares, sondas y otros sistemas de posicionamiento y detección.

La cubierta superior (sobre el puente) está preparada, en muchos barcos, para el aterrizaje de un helicóptero, ya que este medio se empleó habitualmente para la localización de cardúmenes hasta los años 90 en los océanos Atlántico e Índico. Actualmente se utilizan técnicas más eficientes y menos costosas que se han desarrollado gracias a los avances tecnológicos como la localización de objetos flotantes (dispositivos de concentración de peces o DCP) según la información enviada por las balizas situadas en los mismos que, a su vez, pueden registrar información sobre la presencia o no de pescado congregado bajo el objeto, así como datos ambientales (temperatura superficial, salinidad, etc.)



2. Objetivos

La optimización es conseguir algo que llegue a la situación óptima o dé los mejores resultados posibles mediante reducción de costes y plazos.

Con la optimización lo que se pretende conseguir es:

- Mínimo coste de construcción.
- Mínimo coste estructural esperado (coste inicial, mantenimiento y reparaciones).
- Mínimos de costes materiales.
- Mínimos en plazos (horas).
- Aumento en ingresos de explotación.

Los objetivos de ésta investigación se basan en optimizar tanto la estructura y sistemas del buque y, por último, el astillero:

- i. Estructura del buque: Estandarización de planchas, refuerzos y escantillones.
- ii. Sistemas Auxiliares del buque: Usar mismo diámetro de tuberías para el sistema de refrigeración del motor, estandarización de bombas de achique, entre otras opciones.
- iii. Astillero: Redistribución de la planta del astillero, para mejorar la producción y así disminuir los desperdicios. Además, está asociada a procurar mejorar los procesos de trabajo y aumentar el rendimiento y la productividad.

No obstante, después de estudiar cada caso, en el último capítulo “Conclusiones” volveremos a mencionar los objetivos y se comprobará si se cumplen o no.

3. Bibliografía

- Informe 2003/2017(INI) de la comisión de pesca de la Unión Europea ‘Sobre el atún: Flota e Industria. Situación y perspectivas de futuro en la unión europea y en el mundo’.
- “Evaluación de los acuerdos de pesca celebrados por la Comunidad Europea. Informe de síntesis”. Contrato Europeo N° 97/S 240-152919 del 10/12/97.
- D. Fernando Dávara y D. J. F. Núñez Basáñez. “El empleo de satélites de observación para la localización y seguimiento de especies pelágicas migratorias”. XXXV sesiones técnicas de Ingeniería Naval.
-



- El pescador del artesano. <<http://www.elpescadoartesano.com>> [Consulta:06 de Agosto 2015]
- Modelismo naval. < <http://www.modelismonaval.com> > [Consulta:06 de Agosto 2015]
- Tortugas Marinas < <http://www.tortugasmarinas.info>> [Consulta:06 de Agosto 2015]
- Biblioteca digital instituto latinoamericano de la comunicación educativa < <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/> > [Consulta: 06 de Agosto 2015]
- Asociación nacional de armadores de buques atuneros congeladores < <http://www.anabac.org>> [Consulta:06 de Agosto 2015]
- IEO, (2008). “Descripción de las pesquerías del arte y buques de cerco” <https://www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH3/CHAP%203_1_1_PS_SPA.pdf>[Consulta: 06 de Agosto 2015]



Cuaderno N° 1

Antecedentes y Justificación



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Antecedentes**
- 2. Justificación**
- 3. Bibliografía**



1. Antecedentes

A partir de 1980 la industria naval surcoreana, tras la gran inversión gubernamental que le llevó a una mayor especialización, y con un coste de mano de obra relativamente barato, alcanzó la segunda posición a nivel mundial en cuanto a construcción naval, con una cuota de entre el 15 y el 20%, tan sólo superada por Japón. Corea del Sur cuenta con el menor plazo de entrega de buques a nivel mundial, sin embargo, el coste de fabricación, ya sea tanto mano de obra como materia prima, es superior al de otros países de la competencia, principalmente China, lo que le lleva a ofrecer unos precios por encima de la competencia asiática.

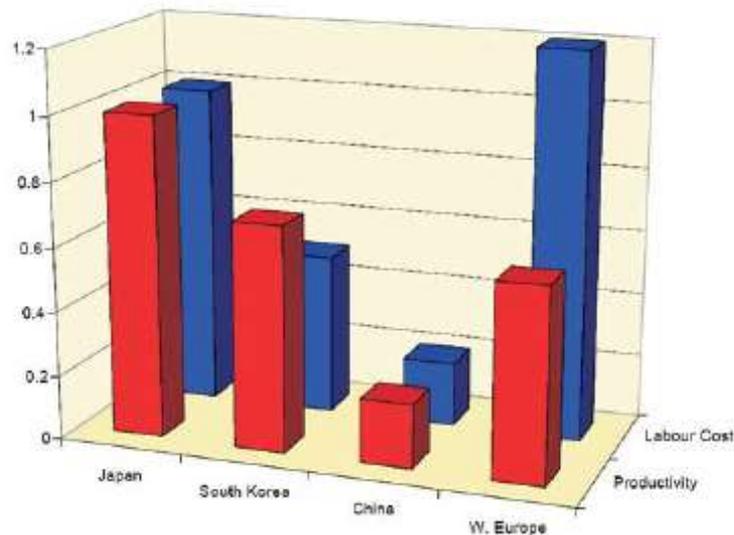


Figura 1.1. Datos registrados 2002

Fuente: www.google.es

Con cerca del 80% de los pedidos anuales en 2004 (90,4 millones de toneladas brutas) los astilleros asiáticos dominan holgadamente naval mundial. De esta manera, Corea del Sur se mantiene como líder indiscutible con el 37% de los pedidos y los astilleros japoneses poseen un cuarto del mercado.

Según datos de Lloyds-Fairplay, en 2012 se contrataron 2030 buques con 24.5 millones de CGT, lo que supone una reducción de la contratación civil de un 21% respecto a 2011. Esto implica que en 2012 se registró la menor contratación de la última década, con la excepción del año 2009 y siendo la contratación de 2012 una cuarta parte del máximo histórico registrado en 2007.



Por país-astillero (ANEXO), Corea se ha situado en la primera posición internacional, con el 36.3% de los contratos dejando a China en segundo lugar con el 27% de los contratos y con casi la mitad de la cuota de contratos que consiguió en 2011; en tercera posición aparece Japón con un 26.3% que viene reduciendo participación en la cartera y contratación internacional en la última década. A notable distancia, se encuentra la contratación europea: un 3% del total mundial, que ha recuperado varias décimas de cuota de mercado, pese a reducir su volumen absoluto de contratación en último año.

Sin embargo los astilleros chinos se han centrado más bien en ofrecer a los clientes precios bajos y ofertas de financiación irresistibles. A veces exigen tan sólo el 10 % del coste a la firma de un contrato, dejando el otro 90 % pendiente hasta después de la entrega. Aquí la calidad, la eficiencia y ajustarse a las fechas de entrega son muy importantes y los astilleros chinos todavía tienen una puntuación muy baja en todos esos aspectos.



Figura 1.2: Astillero Hyundai.

Fuente: BBC

Los astilleros europeos hacen agua por la competencia de los astilleros asiáticos, cuyos buques son más baratos gracias a menores costes, mayor producción y mano de obra barata, permitiendo que Corea del Sur, por ejemplo, venda sus barcos a unos precios por debajo del coste de producción. China y Corea del Sur absorben cada vez más pedidos y acaparan ya el 70% del mercado mundial. Los bajos precios que las empresas coreanas



ofrecen a los armadores han permitido arrancar casi toda la cartera de pedidos a los países comunitarios y les ha colocado con el agua al cuello. España es, junto con Alemania e Italia, uno de los países más afectados.

Por otra parte, España cuenta con astilleros competitivos que, en los picos de demanda, han logrado captar cerca del 20% de los pedidos internacionales conseguidos por los astilleros europeos y han llegado a alcanzar un volumen de exportaciones que supuso más de 1.200 millones de euros en el sector privado en el año 2009. Entre los largos períodos de reestructuración acometidos desde la década de los ochenta del pasado siglo la capacidad de nuevas construcciones ha disminuido un 60% en los últimos 30 años. Al mismo tiempo, se ha pasado de una producción superior a la capacidad existente, a principios del año 2008, a la existencia de un exceso de capacidad preocupante en la actualidad.

Además, la crisis del sector se vio acentuada por la paralización de la contratación producida desde el año 2011, consecuencia de la apertura de expediente por la Comisión Europea en relación con el sistema de bonificaciones fiscales a armadores aplicada en España desde el año 2002. La cartera de pedidos se mantuvo paralizada hasta el año 2013, porque, una vez corregida la incompatibilidad del tratamiento fiscal a la compra de buques y la implantación de un nuevo sistema, el sector no fue capaz de arrancar al retrasarse decisión respecto a la posible devolución de las ventajas fiscales recibidas por aplicación del sistema considerado incompatible con la legislación europea (unos 2.600 millones de euros).



Figura 1.3: Astillero Samsung.

Fuente: El País



En grandes cifras, entre 2009 y en la actualidad, la construcción naval supone en España una capacidad de producción anual de más de 390.000 CGT (ver **ANEXO I**) y emplea directamente a unos 8.000 trabajadores (3.000 en los astilleros privados y 5.000 en los públicos). Además de generar otros 17.000 empleos en la Industria auxiliar: subcontratación de mano de obra que trabaja en las propias instalaciones y suministradores.

2. Justificación

El presente estudio aborda la necesidad de mejorar rápida el nivel de competitividad con una inversión limitada de recursos.

Una forma de mejorar la competitividad es la aplicación de una metodología de producción, ahí donde el Lean se posiciona como la estrategia de trabajo más efectiva y rentable para lograr dichos objetivos.

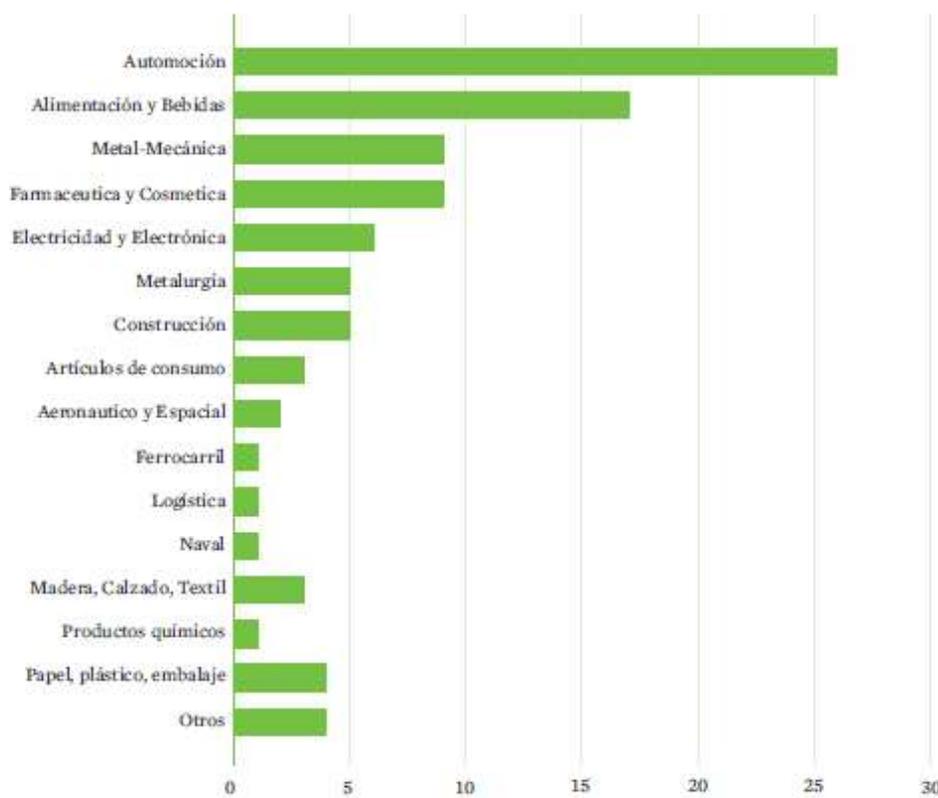


Figura 1.4: Aplicación Lean en otros sectores industriales.

Fuente: EOI. Ministerio de España



El Lean es un modelo que busca el incremento de competitividad de las empresas a través de 2 estrategias fundamentales:

- La búsqueda de la máxima satisfacción de sus clientes entregándoles exactamente lo que quieren, cómo lo quieren y justamente cuándo lo necesitan.
- La maximización de la rentabilidad de sus procesos a través de la agilización de sus flujos de trabajo, mediante la eliminación de todo aquello que no aporta valor añadido, por medio de una sistemática de mejora continua.

Es una metodología bastante segura, implantada en otras empresas y los ahorros derivados de la metodología Lean superan los costes de su implantación, incluyendo las actividades de formación.

Aplicando éste sistema en los programas de construcción naval se producirá una mejora de eficiencia y productividad desde el diseño y hasta la entrega de los buques reduciendo todos los elementos que suponen sobrecostes mediante la optimización de los tiempos de producción y la mejora de la calidad, evitando retrabajos, la minimización de las actividades que no generen valor añadido y la mejora continua de los propios procesos. En paralelo, se trabaja en la reducción de los costes de compras manteniendo la calidad de los productos, para lo cual se apuesta por mejorar la anticipación del área de compras en fases tempranas de los programas, agrupando compras o haciéndolas a costes internacionales, o desarrollando a los proveedores para que sean más eficientes.

Por otra parte, otra mejora de la competitividad es mediante subvenciones del Estado. La importancia del sector marítimo para el desarrollo económico e industrial de los países es un hecho indiscutible. Por tal motivo, y ante la feroz competencia existente a nivel internacional, ha sido y es habitual establecer mecanismos de apoyo con fondos públicos para el fomento de la industria marítima.

El soporte financiero en Corea no tiene comparación en España ni en Europa ya que poseen un amplio respaldo público en el sector naval.

El marco regulatorio de las ayudas al sector marítimo se encuentra en los diversos acuerdos formalizados en el seno de la OCDE (promulgado el RD 442/1994).

El RD 442/1994 establece la posibilidad de que el estado, a través del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, subvencione con cargo a sus presupuestos la diferencia entre el tipo de interés de referencia a largo plazo y el tipo de interés efectivo de un crédito concedido por entidades de financiación a armadores o a terceros para la construcción y/transformación de buques.

En el supuesto de que el sistema de financiación basado en el RD 442/1994 desaparezca, nos planteamos si se podría articular o perfeccionar algún otro mecanismo que reemplace a dicho sistema y que, a su vez, permita una mejora competitiva práctica y efectiva de los astilleros españoles.

Sería deseable que así fuese y que dicho esquema incidiese directamente en el abaratamiento de la financiación a los astilleros tal y como sucede en los países competidores de nuestro entorno.



Si el sistema desarrollado al amparo del RD 442/94 queda aparcado, proponemos como alternativa la puesta en marcha de un esquema de avales de naturaleza pública en favor de los financiadores del astillero constructor que, por un lado, garanticen la financiación a otorgar y, por otro, abaraten el coste de la misma.

Caso de que se elimine el sistema de financiación basado en el RD 442/1994 se va a producir un ahorro considerable a las arcas estatales. Si así fuera, se conseguiría mayor eficiencia, y en definitiva una mejora de la competitividad de los astilleros españoles.

Es decir, las actuaciones, mediante las cuales el Ministerio de Industria, Energía y Turismo apoya institucionalmente al sector de la construcción naval, tienen por objetivo fomentar la contratación y la mejora continua de los astilleros para alcanzar el nivel de competitividad necesario, mediante la modernización de instalaciones, la investigación y el desarrollo y, la innovación en procesos, productos y sistemas.



ANEXO



Country	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015 1st Half	
	No.	'000GT share(%)	No.	'000GT share(%)										
Japan	300	8.509	427	11.921	332	7.689	387	8.851	571	13.804	604	19.314	228	9.646
S. Korea	150	8.522	473	27.912	359	25.125	232	11.967	551	35.452	340	24.594	125	13.346
China	487	14.947	1,043	36.118	731	19.112	704	13.761	1,417	43.925	1,164	31.372	288	9.935
Belgium	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Denmark	1	0.0	1	0.0	1	0.0	5	3.0	0	0.0	3	5.0	1	0.0
France	5	5.0	8	28.2	3	3.6	6	22.9	0	0.0	3	50.1	0	0.0
Germany	9	8.0	22	54.7	12	28.1	11	42.2	11	53.5	11	56.8	4	5.44
Greece	4	3.0	0	0.0	3	3.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Italy	5	3.59	1.1	9.566	9	16.0	4	11.0	8	42.5	9	64.9	3	1.0
Netherlands	10	5.7	9	22.0	43	90.2	21	48.0	46	206.2	45	82.0	22	60.2
UK	2	0.0	1	0.0	3	1.0	5	2.0	1	0.0	7	11.0	4	1.0
Finland	1	1.2	3	7.1	7	11.0	3	11.9	2	10.0	6	23.0	3	4.09
Norway	14	30.0	13	62.0	17	74.0	26	116.0	20	102.0	27	130.0	8	26.0
Sweden	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Spain	14	4.5	24	34.0	11	5.8	20	9.2	24	32.0	21	84.0	11	4.5
Portugal	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Europe total	65	5.21	90	1.584	109	8.13	101	1.141	113	1.311	132	2.260	56	1.086
Brazil	24	4.2	22	9.2	42	5.56	59	5.82	29	1.93	12	4.5	0	0.0
Poland	13	6.0	13	8.3	35	7.3	33	9.0	44	11.1	29	9.4	19	2.6
Singapore	12	1.5	3	4.0	16	5.4	16	4.8	11	8.0	23	8.7	2	1.2
Taiwan	12	2.64	8	2.46	12	1.028	11	6.3	35	1.021	31	2.93	6	5.0
U.S.A.	23	2.7	45	7.0	36	2.76	35	2.12	72	7.21	27	2.00	6	5.0
Croatia	1	2.4	6	1.41	8	1.09	7	4.4	12	1.44	15	3.95	5	5.1
India	25	3.9	65	1.78	11	1.2	38	1.45	18	4.7	5	4.0	1	0.0
Philippines	7	6.04	31	2.256	16	6.01	8	4.05	67	3.474	37	1.933	33	2.275
Romania	9	1.7	41	3.56	41	5.8	42	2.30	50	1.376	32	8.24	10	2.5
Turkey	47	7.3	45	1.13	44	9.8	49	10.4	85	1.64	60	1.69	44	5.4
Vietnam	20	6.6	70	5.70	40	2.29	58	1.17	104	1.144	54	1.41	38	2.37
Others	213	-	398	7.20	420	4.68	372	6.40	1.7	3.53	323	-	60	3.9
Sub total	406	1.101	747	4.865	721	4.061	711	2.680	7.0	8.708	648	4.060	219	2.723
World Total	1,408	33.600	2,780	82.400	2,252	56.800	2,152	38.400	3,532	103.200	2,888	81.600	916	36.736
		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0

Fuente: Sociedad Astilleros Japoneses



3. Bibliografía

- **China loses shipbuilding Crown to South Korea: Chart of the Day**
<<http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-12-09/china-loses-shipbuilding-crown-to-south-korea-chart-of-the-day> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **Peer Review Of The Korean Shipbuilding Industry**
[http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=c/wp6\(2014\)10/final&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=c/wp6(2014)10/final&doclanguage=en) [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **Corea y La UE El futuro de los astilleros** <
http://elpais.com/diario/1999/11/18/andalucia/942880945_850215.html> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **Corea enciende la mecha en Astilleros**
<<http://www.elmundo.es/nuevaeconomia/99/NE007/NE007-10.html> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **La construcción naval** <
https://www.gernaval.org/Informes/anuales_boletin/2010/GSN_3.pdf> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **La situación de la construcción Naval en España**
<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/386/Alfredo%20Suaz%20Gonz%C3%A1lez.pdf> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **El sector naval. Situación y perspectivas**
<http://yoindustria.ccoo.es/comunes/recursos/99906/doc161240_El_sector_naval._Situacion_y_perspectivas.pdf> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **El naval asiático se come el mercado**
<http://www.lavozdegalicia.es/noticia/economia/2013/11/17/naval-asiatico-come-mercado/0003_201311G17P39992.htm> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **Optimización de procesos** < <http://blog.bpm-latam.org/2008/06/optimizacin-de-procesos-parte-i.html>> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **Lean Production in the Japanese Shipbuilding Industry**
<<http://www.sname.org/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=9440ba42-1133-44c0-9f05-3fbc78333931>> [Consulta: 28 de Marzo 2016]
- **Cadena de construcción y reparación naval**
<http://g4plus.uvigo.es/Publicaciones/CaixaNova/Revista_14.pdf> [Consulta: 28 de Marzo 2016]



Cuaderno N° 2

Estudio del Buque Base



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Introducción**
- 2. Descripción**
 - 2.1 Estructura**
 - 2.2 Equipos de Cubierta**
 - 2.3 Sistemas de carga y descarga**
 - 2.4 Conservación de la carga**
 - 2.5 Ayudas a la pesca**
 - 2.6 Instalación propulsora, línea de ejes y hélice**
 - 2.7 Maquinaria auxiliar en cámara de maquinas**
 - 2.8 Equipos de fondeo, amarre y remolque**
 - 2.9 Aparatos de navegación**
 - 2.10 Servicios contraincendios**
 - 2.11 Instalación eléctrica**
 - 2.12 Alumbrado**
 - 2.13 Alarmas**
 - 2.14 Equipo de gobierno y maniobra**
 - 2.15 Habilitación**
 - 2.16 Medios de salvamento**
 - 2.17 Pintura, galvanizado y protección catódica**
- 3. Bibliografía**



1. Introducción

El buque fue construido por Astilleros Murueta, éste es un atunero congelador proyectado para la pesca del atún por el sistema de cerco en caladeros situados en los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Se caracteriza por ser un buque robusto pero ligero con eficiencia energética y propulsiva, de ahí que se hayan empleado materiales como el aluminio, el acero de alta resistencia para reducir espesores, y peso, tuberías de fibra y polietileno para reducir pesos y mantenimiento, etc.

Dispone de 16 cubas autoportantes (no estructurales) para la congelación y conservación del atún. Las capturas de pescado se congelarán en las cubas de pescado por el sistema de inmersión en salmuera, conservándose posteriormente el atún congelado en seco en dichas cubas.



Figura 2. 1. Playa de Azkorri.

Fuente: Revista Ingeniería Naval

Las características principales del buque son las siguientes:

- Eslora total 87,00 m
- Eslora entre perpendiculares 74,40 m
- Manga de trazado 14,20 m
- Puntal a la cubierta superior 9,05 m
- Puntal a la cubierta baja 6,55 m
- Calado medio de trazado 6,30 m
- Registro bruto estimado 2.570 gt
- Cubas de congelación en agua 1750 m³



- Capacidad de combustible (aprox.) 720 m³
- Capacidad de agua dulce (aprox.) 60 m³
- Capacidad de aceite lubricante (aprox.) 45 m³
- Peso Muerto 2230 t
- Velocidad en pruebas a plena carga 17.5 Kn

El buque ha sido construido bajo vigilancia e inspección de la sociedad de clasificación Bureau Veritas.

2. Descripción

2.1 Estructura

El casco se ha construido con acero de calidad Naval A de acuerdo con los requisitos de la Sociedad de Clasificación, con aceros de Calidad Naval D ó E en función de los espesores de acuerdo con los requisitos de ésta. Las cubas se han construido en acero de calidad Naval E, tanto en las chapas que las forman como en los perfiles y refuerzos que componen su estructura. Las superestructuras por encima de la cubierta castillo se construirán con aluminio Naval AG4mc 5086 en las chapas que las forman y aluminio naval AG5 6060 en los refuerzos de las mismas.

La estructura del casco es del tipo longitudinal y está debidamente reforzada para tener en cuenta que el buque debe mantener una velocidad alta con mar formada.



Figura 2. 2. Estructura longitudinal.

Fuente:www.google.es



La soldadura de los refuerzos es doble continua en las siguientes zonas: cubiertas exteriores, entrepuente en la zona de cubas, local de sonares, cajas de cadenas, tanques de agua dulce y piques de proa y popa.

La proa es lanzada con bulbo (roda con bulbo), el buque dispone en popa de bulbo y de una rampa para permitir el izado y estiba de la panga

Debajo de la cubierta baja, donde se ha dispuesto el entrepuente de trabajo para la manipulación del pescado y su distribución en las cubas, de proa a popa, se han dispuesto los siguientes espacios: pique de proa, cámara para la hélice transversal de proa, tanques de combustible, cubas de pescado, cámara de máquinas, tanques de aceite y combustible y pique de popa.

Debajo de las cubas de pescado se han dispuesto un doble fondo en toda su eslora que se destina al transporte de combustible. Bajo la cámara de máquinas se ha dispuesto parcialmente de un doble fondo que se destina a tanques de aceite, reboses, lodos, etc.

Además del casco, las cubiertas, mamparos estructurales longitudinales y transversales, dobles fondos, tanques estructurales, amuradas y chimenea son de acero totalmente soldado. Dispone como mínimo de un 20 % de exceso de capacidad para la estiba cómoda de la cadena. Las superestructuras de habilitación y puente sobre la cubierta de castillo se realizaron con aluminio naval, así como las barandillas, escaleras, bases, soportes de las antenas, portillos y todos los distintos elementos de soportes y bases de la misma.

En el centro del buque se ha montado un palo principal autosoportado provisto de los herrajes, pastecas, etc., necesarios. Sobre él se han montado proyectores, luces de navegación, antenas, etc., y la cofa. El palo se ha construido en acero de alta resistencia AH/ 40 con el fin de disminuir su peso. La cofa es de aluminio naval, abierta con barandilla en los costados y amurada en proa con puerta corredera

El timón es de acero soldado, con piezas fundidas, de tipo colgado, soportado por la mecha, y servomotor y guiado por el pinzote de acero inoxidable situado en la zapata. La mecha del timón de acero forjado es recta y va encamisada en acero inoxidable en la zona de roce con la limera. La zona entre las camisas de acero inoxidable la mecha va protegida con fibra de vidrio o similar. La limera tiene casquillos de Thordon o similar en las zonas de roce con la mecha.

Estos casquillos se han sobredimensionado lo posible según la longitud que permita el Skeg. En su parte alta se ha dispuesto de un prensaestopas que impide la entrada de agua en el espacio del servomotor. La cámara de máquinas está situada a popa y la habilitación a proa. Además, dispone de una plataforma en donde se han instalado entre otros elementos la maquinaria de la instalación frigorífica y la maquinaria hidráulica principal.

El buque dispone de alojamientos para 30 personas en camarotes individuales además de una enfermería de tres plazas.



Para facilitar las operaciones de pesca se ha instalado a bordo un sistema de estabilización pasivo.

2.2 Equipos de cubierta

- Se han instalado dos molinetes de cubierta. Disponen de un barboten de cadena de 36 mm de diámetro con concreto y un cabirón embragable para estachas y cables.
- Se han instalado dos estopores de tipo mordaza, en rodillo guía.
- Una maquinilla principal de jareta, modelo WS-586, de 1.000 CV de potencia, reversible con tres carreteles en cascada con accionamientos independientes, frenos y embragues hidráulicos independientes en todos los carreteles, tres estibadores automáticos y frenos de retraso neumático en cada uno de los carreteles.
- Una maquinilla de amantillo principal modelo W-1925TRF, con freno de banda y trinquete de seguridad.
- Dos maquinillas de ostas, modelo W-1925.
- Una maquinilla para izado de la panga, modelo W-1929/2V, de dos velocidades.
- Una maquinilla de lanteón, modelo W-1925/RV, con velocidad rápida de arriado.
- Una maquinilla para trincar el halador, modelo W-0850F.
- Dos maquinillas de amantillo para las plumas auxiliares, modelo W-1925T, con trinquete de seguridad.
- Dos maquinillas de carga, modelo W-1925.
- Dos maquinillas de bolsa modelo, W-1931.
- Una maquinilla para la moña, modelo W-1925.
- Una maquinilla para soltar las anillas, modelo W-0456.
- Una maquinilla para el calón de proa, modelo W-1925.
- Una maquinilla de salabardeo, modelo MC-8000, con dos cabirones.
- Una maquinilla de contraostas, modelo W-2030.
- Una maquinilla de cierre del salabardo, modelo W-2032 con sistema de tensión constante.



Figura 2. 3. Equipos de cubierta de proa

Fuente: www.google.es

- Un pescante individual para botes rápidos, modelo PW-330, con cilindro de abatimiento y maquinilla de elevación, instalado en la amurada de estribor de la cubierta de botes. El pescante dispone de una maquinilla W-3.000, cilindro hidráulico con vástagos de acero inoxidable y mando local bidireccional.
- Dos grúas electrohidráulicas de pluma articulada, modelo HDC10- 4000A, con una capacidad de elevación de 4.000 kg a un alcance máximo de 10 m. Las grúas tienen vástagos de acero inoxidable y todas las partes metálicas han sido chorreadas y metalizadas. Una de éstas grúas se ha instalado en el castillo, y está destinada principalmente a la descarga del pescado. La otra grúa se ha instalado en la cubierta botes (a popa de la cubierta castillo) y está destinada a descarga de pescado y manejo de botes.



Figura 2. 4. Grúa electrohidráulica.

Fuente: www.google.es



- Un Palmeador Corchos, modelo PM-061, con un tiro de 500 kg a un alcance máximo de 6 m y sistema de control remoto por radio.
- Una central electro-hidráulica, adecuada para el accionamiento de todo el equipo, compuesta por cuatro motores eléctricos de 250 kW, doble eje con dos bombas dobles cada uno. Las bombas están interconectadas de tal forma que todo el sistema puede ser accionado por tres cualquiera de los motores, sirviendo el cuarto de reserva de los anteriores.
- Dos grupos electro-hidráulicos con una bomba accionada por motor eléctrico de 130 kW para accionamiento del pescante de botes, la maquinilla de trincar el halador sin necesidad de arrancar la central principal y para aumentar la velocidad en el halador y en la maquinilla principal.
- Un pescante de cerco, modelo SK-230 con 4 pastecas oscilantes, dos para cada jareta, estando las exteriores en los extremos para conseguir un perfecto guiado del cable totalmente perpendicular a la maquinilla principal en todo momento.
- Pescante de cerco SK-230, permite tener una mayor distancia entre las pastecas de los extremos para facilitar la operación de soltar las anillas, pero manteniendo la dirección de entrada del cable en la maquinilla principal totalmente perpendicular a la misma, reduciendo así los esfuerzos y por lo tanto alargando la vida del propio cable y de los componentes involucrados en su estiba
- Tres plumas para maniobras de pesca las cuales están provistas de todos los herrajes, pastecas, bases de maquinillas, etc. y están construidas en acero AH/40.

2.3 Sistema de carga y descarga

Todas las tapas de escotilla son de aluminio con brazola de acero rematado en un redondo de acero inoxidable. Las trincas son de acero inoxidable. El buque dispone de las siguientes escotillas:

Escotillas situadas en la cubierta castillo:

- Una de 1.200 x 1.200 mm, con brazola de 600 mm en chapa de 10 mm bordeada de redondo de acero inoxidable, para acceso al pañol de proa.
- Una de 2.500 x 1.600 mm con brazola de 600 mm en chapa de 10 mm bordeada de redondo inoxidable de 12 mm, para acceso a pañol de proa y local de la hélice de proa. La tapa de esta escotilla se abate lateralmente y está doblemente embisagrada, en el centro y en el costado de babor.
- Una de 3.000 x 3.000 mm con brazola de 600 mm en chapa de 10 mm y bordeado en la parte superior por redondo inoxidable de 12 para descarga. La tapa de esta escotilla se abate hacia popa, estando embisagrada.

Escotillas situadas en la cubierta superior:

- Una de 2.500 x 1.600 mm semi-enrasado para acceso al local de la hélice transversal. La tapa de esta escotilla está construida en acero.



- Una de 3.000 x 4.000 mm, llanta inoxidable de 12 enrasada con tapa de aluminio incluyendo en ésta una brazola y tolva cuadrada de 1.500 x 1.500 mm aproximadamente en popa para la carga del atún. Las tapas y tolva se han construido en aluminio. La tolva dispone en el embudo de una trampilla con accionamiento hidráulico.
- Una escotilla a popa de 3.200 x 2.400 mm para la cámara de máquinas con tapa enrasada construida en aluminio.

Escotillas ubicadas en la cubierta principal:

- 16 escotillas de 2.000 x 2.000 mm de hueco libre aproximadamente, en las cubas, con brazola de acero inoxidable de 500 mm altura.

Las tapas de cubas son de aluminio y van rellenos de poliuretano expandido. Lleva mirilla de observación y desaireación, son dobles, abisagradas en medio y a la brazola.



Figura 2. 5. Carga por escotilla.

Fuente: www.google.es

2.4 Conservación de la carga

Para la carga del pescado en las cubas, se ha instalado una tolva de aluminio en la escotilla de carga de cubierta superior que conduce el pescado a través de canaletas a las cintas transportadoras.

Por ello se ha dispuesto de una línea de cintas transportadoras en el entrepuente, compuesta de tres tramos, con una anchura útil aproximada de 1.000 mm, con bandeja para el deslizamiento de banda, construida con chapa de acero inoxidable AISI 316-L y de 400 mm aproximadamente de altura de gualderas. Se han instalado sobre el tramo de popa una gualdera desmontable a cada lado de unos 500 mm de altura, fabricadas en tres tramos cada una para que sean manejables y abarcan toda la longitud de este tramo.



El accionamiento de estas cintas se hace mediante motores eléctricos. Para la descarga se ha dispuesto en el entrepuente de cuatro maquinillas eléctricas verticales con dos cabirones horizontales de 15 CV con cuerpo inoxidable. Asimismo se ha dispuesto de una polea encima de cada una de las escotillas de las cubas, así como de tres cáncamos de suspensión. Una quinta maquinilla idéntica a las anteriores se ha instalado en la cubierta superior junto a la chimenea.

El buque dispone de 16 cubas frigoríficas aisladas por medio de poliuretano entre la estructura del barco y un forrado de acero. Las cubas son del tipo autoportantes y están apoyadas y fijadas al casco por medio de madera o material sintético. Tienen un aislamiento de 200 mm en todas sus caras. La congelación se realiza por inmersión del atún en salmuera (CINA) previamente enfriada y circulada continuamente mientras dure el proceso, por medio de las bombas de circulación de salmuera. La conservación del atún una vez congelado se realizará en seco, en el interior de las cubas debidamente enfriadas por los serpentines, a través de los cuales circula salmuera (Cl₂Ca) previamente enfriada.

Para la congelación y conservación del atún, se ha suministrado una instalación frigorífica por cuatro grupos autónomos de sistema de amoníaco inundado con intercambiadores de Cl₂Ca que se impulsa a los serpentines evaporadores impresos en el interior de las cubas.



Figura 2. 6. Cubas de congelación.

Fuente: Revista Ingeniería Naval

Cada grupo está compuesto por un compresor Mycom 200 S VLD de 850 m³ de desplazamiento con subenfriamiento controlado electrónicamente y motores eléctricos de 200 kW a 3000 rpm.



Se ha dispuesto además de una bomba de cloruro de 90 m³/h a 4,9 bar. También se ha instalado un sistema de congelación con cuatro armarios de enfriamiento rápido en el parque de pesca, cada uno de ellos con la capacidad suficiente para absorber toda la potencia del compresor, estos armarios están alimentados por el Cl₂Ca proveniente de los grupos autónomos indicados antes, a través de un colector común. Se ha instalado una única línea de Cl₂Ca al túnel de tuberías.

Todos los circuitos tienen manómetros termómetros y transductores de presión y sensores PT100. Todos los parámetros se controlan con autómatas y se visualizan en un sistema Scada.

Las bombas de circulación de salmuera son a la vez utilizadas mediante los circuitos de tubería correspondientes para el trasiego de salmuera y agua salada entre cubas, así como su vaciado al mar. Los colectores principales de trasiego de cada cuba de salmuera están comunicados por medio de una tubería de aproximadamente 6" de diámetro con el entrepuente de pesca, por medio de las cuales se asegura el relleno intermitente y manual durante el proceso de descarga de tñidos por reflotamiento. También conectara con los armarios de congelación rápida para el enfriamiento de las cubas.

2.5 Ayudas a la pesca

La característica más destacada en esta construcción es la disposición de los sensores de casco en el quillote. La integración de los sensores en el quillote hace que el casco esté limpio de barquillas y por lo tanto apéndices de los cuales se pueda enganchar el arte en las maniobras de pesca, así como un mejor rendimiento de las hélices al quedar el flujo laminar limpio de cualquier perturbación.

Esto sólo es posible en este tipo de buques que disponen de un quillón lo suficientemente alto y ancho para poder alojar los sensores (transductores) en su interior.

El sonar Simrad SX90 de baja frecuencia, alta definición y largo alcance, especialmente diseñado para buques en los que es fundamental un largo alcance de detección tiene como principal característica que lo diferencia de sus antecesores, es que se ha mejorado la tecnología de procesado de la señal, lo cual permite incrementar el análisis de los ecos recibidos presentando una mejora en la resolución que puede ser comparable a un sonar de lata frecuencia, pudiendo ser utilizado tanto como sonar de detección y de seguimiento en la captura sin tener que instalar dos sonares.

Además, el empleo de esta tecnología hace que la estabilidad de su hardware incremente la fiabilidad del equipo en condiciones ambientalres extremas.

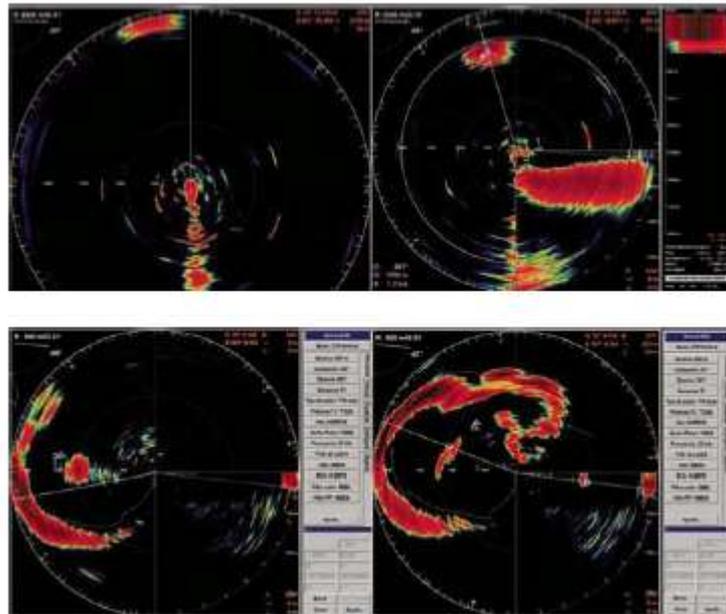


Figura 2. 7. Sonar Simrad.

Fuente: Revista Ingeniería Naval

Se han instalado lateralmente sondas Simrad ES60, fundamentales para la pesca de cerco, debido a dos motivos: el primero es que el sonar es una de las herramientas más valiosas a la hora de buscar bancos de peces y seguirlos hasta el punto óptimo para largar la red. Pero cuando el cerco va a cerrarse, es muy peligroso mantener los transductores de sonar transmitiendo bajo el agua ya que las redes pueden engancharse en ellos causando averías muy serias.

El otro de los motivos es la limitación del sonar en la falta de información sobre el objetivo a capturar más allá de su tamaño y posición, información esencial, que hace del sonar un dispositivo indispensable para la pesca de cerco, pero que si no se complementa con la información de la sonda lateral, puede dar lugar a capturas de nula rentabilidad ya sea por tamaño o especie. Existen múltiples configuraciones posibles a la hora de instalar una sonda lateral.

Otra de las ayudas instaladas a bordo es el sistema de monitorización de las capturas con el sistema de monitorización de red Simrad PI44, que indica la profundidad a la cual se encuentra el cardumen para poder situar la red justo debajo de él. Gracias a estos sensores se tiene monitorizada la red en todo momento.

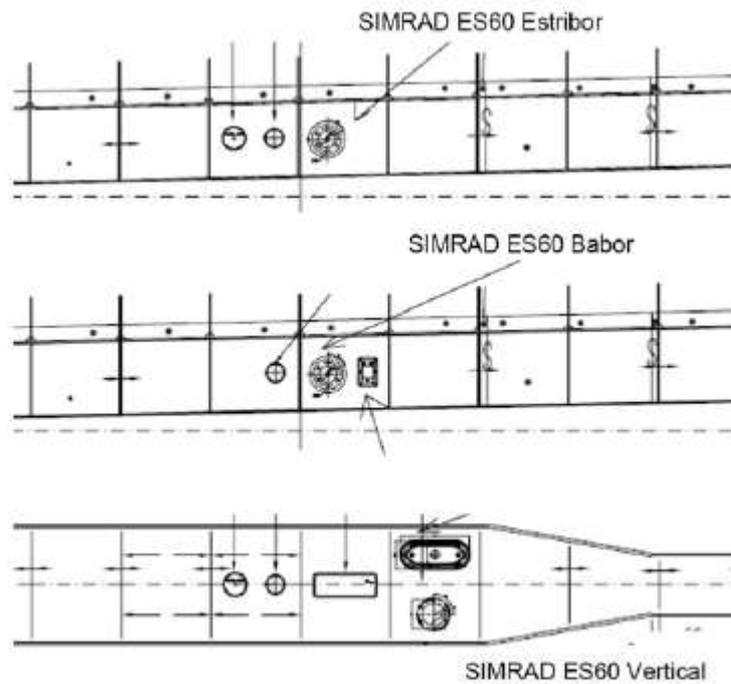


Figura 2. 8. Sonar Simrad, disposición.

Fuente: Revista Ingeniería Naval

2.6 Instalación propulsora, línea de ejes y hélice

Se ha instalado un motor diesel marino, MAN tipo 8L32/44CR, de cuatro tiempos, sobrealimentado y con refrigeración de aire de sobrealimentación no reversible, con arranque por aire comprimido, de 4.480 kW a 750 rpm aproximadamente

. El motor acciona la hélice que se indica más adelante a través de una reductora sobredimensionada a 5.500 kW incorporando el sistema de accionamiento y control de la hélice de paso controlable y dispone de una potencia de 3.000 kW para el accionamiento de un alternado de cola de 2.500 kW IP44 con cojinetes.

El control del motor se hace a través de un regulador electrónico con *back-up* neumático. La sobrealimentación del motor se realiza por medio de turbo soplantes ABB.



Figura 2. 9. Motor 4T.

Fuente: vwww.google.es

La bocina está constituida por dos piezas fundidas de acero, donde se alojan los cojinetes antifricción, unidas por un tubo de acero comercial reforzado. Son del tipo de baño en aceite disponiéndose a proa y popa de cierres partidos de tipo Wärtsilä Lips MKII con Unnuet. Los casquillos de bocina está provistos de sensores pt 100 dobles, según lo requerido por la Sociedad de Clasificación.

El *Playa de Azkorri* lleva una hélice de 4.600 mm de diámetro, girando a 120 rpm, de paso controlable de cuatro palas de CuNiBr. Cumple con las tolerancias admitidas según normas ISO-TC-8, para buques Clase II. La hélice va embridada en el eje de cola.

2.7 Maquinaria auxiliar en cámara de maquinas

Se han instalado dos grupos electrógenos principales de 1.200 kW, 380 V a 50 Hz IP 44 con cojinetes accionado por un motor diésel a 1.000 rpm con arranque neumático.

Se ha dispuesto un grupo electrógeno de puerto de 750 kW, 380 V a 50 Hz con cojinetes accionado por un motor diésel a 1.500 rpm, con arranque neumático y eléctrico. Los motores están sobrealimentados, con enfriador de aire, regulador Woodward, arranque por aire comprimido y dispone de bombas incorporadas para combustible, lubricación y agua dulce de refrigeración.

Están preparados para trabajo en paralelo entre sí y con el alternador de cola. Disponen de equipo de alarma óptico acústico para el control de la presión de aceite lubricante, temperatura de agua dulce, aire de sobrealimentación y sobrevelocidad.



Se ha instalado un generador diésel autónomo de 15 kW con salidas 220 V y 24 V, en el local del motor de proa con el que se pueden cargar baterías y alimentar las luces de alumbrado de emergencia. El arranque se realiza por medio de baterías y manualmente. La refrigeración es por aire.



Figura 2. 10. Línea de Ejes.

Fuente: www.google.es

Todas las bombas centrífugas para agua salada tienen la carcasa y rodetes en bronce y el eje de acero inoxidable. Las bombas centrífugas para agua dulce tienen la carcasa de hierro fundido, el rodete en bronce y el eje de acero inoxidable. Las bombas de tornillo para aceites y combustibles, tienen el cuerpo de hierro fundido y los tornillos de acero al carbono.

Los circuitos de refrigeración del motor principal se han realizado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Las bombas de agua dulce de refrigeración están accionadas por el propio motor, disponiéndose de electrobomba de reserva (*stand-by*) para cada tipo de bomba. El circuito de agua salada dispone de dos electrobombas, siendo una de reserva de la otra. Se ha dispuesto de un equipo de precalentamiento eléctrico.

Los circuitos de lubricación del motor principal se realizaran de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Las bombas de lubricación del motor principal se accionan con el propio motor, disponiéndose de electrobomba de reserva para cada tipo de bomba. Las bombas de lubricación del reductor están accionadas por el propio reductor, disponiéndose de electrobomba de reserva para cada tipo de bomba. Se dispone de un equipo de prelubricación de la mitad de caudal que la de servicio del motor.

Los circuitos de combustible del motor principal se han realizado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Dispone de dos electrobombas, siendo una de



reserva de la otra. Se han instalado dos contadores para medir el consumo del motor. Se ha dispuesto de un equipo de precalentamiento para combustible diésel con una viscosidad superior a 2° a estribor a la entrada de los inyectores, compuesto de un precalentador calentado por el agua refrigerante, para mantener una temperatura constante en el combustible, con válvula reguladora de temperatura, sobre la placa de base común. Se ha instalado un tanque intermedio.

Las bombas Azcue BT-IL 45 a 1.450 rpm son:

- 1 bomba de 6 m³/h a 3,93 bares para trasiego de aceite entre tanques a cubierta
- 1 bomba de 6m³/h a 3,93 bares para trasiego de aceite hidráulico
- 1 bomba de 6 m³/h a 3,93 bares para achique del tanque de lodos.



Figura 2. 11. Bomba hidráulica.

Fuente: www.google.es

El sistema de aire de arranque está formado por dos botellas de aire comprimido siguiendo las recomendaciones del fabricante. Del motor principal. Se han instalado dos compresores de aire Sauer WP –101 de 10 m³/h a 40 bares. Se ha dispuesto de un compresor auxiliar de aire de arranque Sauer de 54 m³/h a 30 kg/cm² accionado por motor diésel marino de arranque manual y eléctrico Diter. Se han instalado un equipo secador y de tratamiento del aire comprimido Centralair montado en el bastidor con filtro coalescente y de partículas en la línea de entrada de equipo a 30 bares y otro filtro similar en la línea de salida. Se han instalado dos bombas de trasiego de combustible de 40 m³/h a 6 bares. Además se ha instalado una bomba de 10 m³/h a 2,45 bares para trasiego de combustible a la panga.

Se disponen de dos purificadoras de combustible Alfa Naval MPOX 205 en régimen semiautomático de autolimpieza y con arranque manual y parada automática por alto nivel de combustible del tanque de servicio diario. Además, dispone de una separadora de aceite lubricante, idéntica a la de combustible. Cada separadora/purificadora de su propia electrobomba de alimentación. Un calentador eléctrico para la separadora de aceite.



Una electrobomba para la descarga de aceite sucia al exterior, de tornillos de 5m³/h a 25 m en corriente alterna de cuerpo de hierro fundido y tornillos en acero al carbono, ejecución horizontal a 1.500 rpm Azcue BT-IL-45D2 M2AAM100 LA-4.

Los servicios auxiliares del casco están formados por:

- Tres bombas auto aspirantes inatascables de 40 m³/h a 1,47 bares 1.450 rpm, Azcue VRX monobloc, una en cámara de máquinas a popa, una en cámara de máquinas a proa que da servicio al túnel y la sentina de proa de máquinas, una colocada en el local de hélices de proa para dar servicio al túnel y local sonares.
- Dos bombas autoaspirantes tipo CA-3-50.
- Un equipo separador de aguas oleaginosas de sentinas de 2,5 t/h de tres etapas y una descarga de menos de 15 ppm, según exigencias del U.S. Coast Guard.
- Una electrobomba de desplazamiento positivo incorporada al equipo separador.
- El achique del entrepuente, se hace mediante 4 electrobombas verticales tipo vortex 80/17 de 50 m³/h a 8 m con caña de 700 mm.
- El achique del local de la hélice de proa se hace con bomba autocebada vertical.
- En el local de compresores frigoríficos se disponen dos pocetes y una bomba CA-2-50.
- Dos electrobombas centrífugas, verticales de 60/130 m³/h a 5,40/3,43 bares para la cámara de máquinas, ambas van conectadas al colector contraincendios.

El servicio de lastre se hace a través del servicio de salmuera. Las bombas son Azcue tipo VM 125-26 200 m³/h a 1,96 bares motor eléctrico de 18 kW, con disposición de montaje de cuerpo intermedio abierto según plano N.OVM-306-M. Se suministraran 18 bombas de las cuales dos quedan de reserva. Todas estas bombas se suministran con cierres mecánicos especiales preparados para sólidos en suspensión y salmueras.

Compuesto por dos electrobombas de contraincendios, centrífugas, ejecución vertical, carcasa y rodetes en bronce y eje de acero inoxidable de 60/130 m³/h a 55/35 mca a 1.500 rpm provistas de cierres mecánicos. Una motobomba de contraincendios de emergencia, centrífuga, autocebada, ejecución horizontal, carcasa y rodete en bronce y eje de acero inoxidable de 25 m³/h a 4,91 bares, accionada por motor diésel de arranque manual y eléctrico.



Figura 2. 12. Sistemas Auxiliares.

Fuente: Revista Ingeniería Naval

Los servicios sanitarios están formados por los siguientes elementos:

– Agua dulce: para este servicio se han instalado dos tanques hidróforos de 500 l cada uno, contruidos en fibra de vidrio de la casa Ptsa con todos sus accesorios incorporados. Cada tanque está servido por una electro bomba de 6 m³/h a 3,93 bares, a 1.500 rpm, centrífuga, horizontal del tipo de anillo líquido, cuerpo de hierro fundido, rodetes de bronce y eje de acero inoxidable, con arranque y parada automática por presostato. Esta bomba aspirará de los tanques de agua potable.

Se ha instalado un equipo dosificador de cloro con bomba dosificadora que está accionada por medio del presostato del hidróforo.

Se ha suministrado una tercera bomba de reserva, no instalada.

- Una fuente de agua fría para la zona de acomodación.
- Una fuente de agua fría para la cámara de máquinas
- Cuatro calentadores de inoxidable de 100 l conectados en serie para los servicios de agua caliente.
- Dos bombas Grunfoss de circulación de agua caliente conectados en paralelo.
- Agua salada: se ha instalado un tanque hidróforo de 500 l, construido en fibra de vidrio de la casa Ptsa con todos sus accesorios incorporado.

El tanque está servido por una electrobomba de 6 m³/h a 3,93 bares, 1.500 rpm, centrífuga, horizontal del tipo de anillo líquido, cuerpo de hierro fundido, rodetes de bronce y eje de acero inoxidable, con arranque y parada automática por presostato.



Se ha instalado un generador de agua dulce de placas, Alfa Naval, de aproximadamente 20 t /día alimentado por el circuito amplificador diferencial del motor principal y también conectado a los grupos auxiliares.

Se ha instalado una máquina de ósmosis inversa de 10 t/día. También se disponen de filtros acondicionadores de agua necesarios a la salida de los generadores.

Se ha instalado un sistema de aguas residuales para el servicio de todas las descargas de sanitarios, lavabos, duchas, lavadoras, etc. Las aguas fecales provenientes de los servicios mencionados se tratan a bordo por medio de un tanque de tratamiento de aguas fecales, que depurará las descargas previamente a su salida al exterior. Este equipo cumple los requisitos exigidos por el USCG. El equipo está construido en material sintético o acero inoxidable. Para evitar incrustaciones y poder mantener las tuberías de refrigeración libres de la flora y fauna marina, se ha instalado un sistema de protección Petio capaz de tratar 600 m³/h.

Otros servicios de cámara de máquinas

En cámara de máquinas hay instalados un electroventilador reversible de 45.000 m³/h a 1.500 rpm para la parte baja de babor, a 40 mm.c.a.; un electroventilador reversible de 45.000 m³/h a 1.500 rpm para la plataforma a 40 mm.c.a.; un electroventilador reversible de 45.000 m³/h a 1.500 rpm de diámetro 300 para la mesa de soldadura y la mesa de taller.

En el local de compresores frigoríficos el buque dispone de un electroventilador antideflagrante reversible de 15.000 m³/h a 0,0025 bares y un electroventilador mural de 10.000 m³/h a 0,0025 bares 1.500 rpm antideflagrante.

En el parque de pesca se ha instalado un electroventilador reversible de 45.000 m³/h a 1.500 rpm a 0,0025 bares.

En el túnel se ha instalado un ventilador reversible de 25.000 m³/h a 1.500 rpm para extracción siendo la impulsión natural, a 0,0025 bares.

En los espacios del local del motor de proa y del local de las hélices transversales de proa, hay dos electroventiladores reversibles de 25.000 m³/h a 0,0025 bares.

En la cocina el buque tiene un ventilador de 5.000 m³/h a 1.500 rpm y un extractor de 5.000 m³/h a 1.500 rpm conectado a la campana de extracción de humos.

2.8 Equipo de fondeo, amarre y remolque

El equipo de fondeo está formado por: dos anclas de leva sin ceпо, de acero fundido con un peso unitario de 1.740 kg; estopores que tienen las siguientes características: los ejes son de acero inoxidable y los casquillos de Thordon; el husillo y la manivela de apertura y cierre son de acero inoxidable y tuerca de



bronce; cadenas con concreto de 36 mm de diámetro de calidad Q-2 con una longitud total de 440 m.

Se disponen de 4 cables de amarre de 160 m de longitud cada uno y 132 kN de carga de rotura mínima.

2.9 Aparatos de navegación

Los sistemas suministrados son: un compás magistral, una aliada acimutal, dos taxímetros, una corredera de hélice, un sextante, un cronómetro, un cronógrafo contador de bolsillo, un anemómetro, seis relojes de guardias, un reloj de bitácora, un escandallo de cinco kilos con sondaleza de 50 m, dos prismáticos nocturnos de 7 x 50, un barómetro, un barógrafo, un psicómetro, un proyector de señales diurnas, entre otros.

Se ha instalado un equipo de teléfonos autogenerados con posibilidad de comunicación entre el puente de gobierno, la sala de máquinas y el local del servo.

Además se ha instalado una central telefónica automática con las extensiones necesarias y dos circuitos de conversación para comunicación entre puente, despacho del capitán, despacho patrón, comedor de oficiales, comedor de la tripulación, cocina y local de la hélice de proa y todos los camarotes de oficiales.

Se ha instalado un intercomunicador independiente entre el parque pesca, el local de descargas y túnel de congelación con sus altavoces y micrófonos. Tiene características similares al equipo de altavoces de órdenes. La central se ha instalado en local de control descargas.

La red de altavoces para la retransmisión de órdenes con respuesta desde el puente a los siguientes puntos se ha instalado en:

- Puente: un intercomunicador con altavoz de recepción, y ocho puestos de selección. Un micrófono de mano.
- Alerón: un micro altavoz de mano.
- Cofa: un micro altavoz de mano.
- Consola de maquinilla de pesca: un micro altavoz de mano.
- Entrepunte: altavoz reentrante y micrófono.
- Proa: altavoz rentable orientable.
- Popa: altavoz reentrante para gran potencia.
- Túnel: altavoz reentrante para gran potencia.
- Comedores: altavoz reentrante de mamparo.
- Sala de oficiales y salón del puente: altavoz reentrante de mamparo.

Desde cualquiera de los 6 micrófonos se puede solicitar a la central el enganche a la red de altavoces. Cuando se hable desde cualquier micrófono se oye la orden en todos los altavoces enganchables a la red excepto en el correspondiente al puesto desde donde se habla. Desde el puente se pueden seleccionar los altavoces



y micrófonos que han de estar enganchados. En caso de que estén conectados, cualquier orden dada desde cualquiera de los seis micrófonos es oída en los altavoces de los puestos restantes.

Se instalaron a bordo antenas para la radiodifusión y TV necesarias, con tomas en la cocina, salón de oficiales, comedores, tripulación y oficiales, y todos los camarotes de tripulación. Se han colocado los amplificadores necesarios para cada zona.

El *Playa de Azkorri* dispone en el puente de un equipo de telégrafo de órdenes entre el puente de gobierno y la cámara de máquinas del tipo empotrable en consola de mando y un repetidor indicador en la cámara de máquinas de tipo empotrable.

La sirena se ha instalado sobre el palo del puente, es del tipo tifón, y funciona con aire comprimido. De funcionamiento automático para emitir señales en caso de niebla y eléctrico a base de pulsadores en el puente.

Se ha montado un indicador de ángulos de posición del timón en el puente de tipo panorámico con 180 ° de visibilidad, y sendos repetidores en el alerón de babor y control de máquinas. El dispositivo comprende un transmisor situado en el local del aparato de gobierno y conectado a la mecha del timón de tal modo que transmita los movimientos de la pala.

El buque lleva instalado un tacómetro eléctrico en el puente que indica las revoluciones por minuto del motor propulsor y su sentido de marcha, un repetidor en el alerón de babor y máquinas.

2.10 Servicios de contraincendios

Se ha instalado un sistema contra incendios de acuerdo con los requerimientos del Capítulo V del Convenio Internacional para la Seguridad de los Buques Pesqueros. Para mamparos y cubiertas, se ha utilizado el método I-F.

Se ha instalado una tubería principal en la cubierta superior con derivaciones a la superestructura y escobenes. Donde está permitido, las tuberías son de fibra de vidrio epoxi. En el resto de las tuberías son de acero galvanizado con acoplamiento y válvula de bronce.

El sistema de timbre generales de alarma se ha instalado en el puente de gobierno desde el cual se pueden maniobrar para realizar las llamadas de ejercicio y casos de emergencia. Las bocas contraincendios, tanto su número como su situación, han sido instaladas a bordo según lo indicado en el capítulo V del Convenio Internacional para la Seguridad de los Buques Pesqueros.

Asimismo, se han instalado quince mangueras con una longitud aproximada de 15 metros para cubierta y la superestructura, dos mangueras de las mismas dimensiones para la cámara de máquinas provistas todas de boquillas pulverizadoras.



Todas las mangueras se han estibado en cajas y devanadores de acero inoxidable. Los extintores se han dispuesto los acordados en el capítulo V del Convenio Internacional para la Seguridad de los Buques Pesqueros.

Se han suministrado dos equipos de bombero reglamentarios, instalados en los armarios específicos para ellos. Se ha instalado un sistema fijo de extinción de incendios por CO₂ en la cámara de máquinas. Se ha instalado un sistema de detección, extinción de incendios por CO₂ y corte corriente eléctrica en túnel.

El buque lleva instalado un sistema fijo automático, tanto para detección de humos como de llamas y una alarma contra incendios que está provisto con avisadores de accionamiento manual en todos los pasillos, escaleras y vías de evacuación que están situadas en el interior de los espacios de alojamientos. Cumple con la regla 15-2 del capítulo V del Convenio Internacional para la Seguridad de los Buques Pesqueros.

Compuesto por dos electrobombas de contraincendios, centrífugas, ejecución vertical, carcasa y rodetes en bronce y eje de acero inoxidable de 60/130 m³/h a 55/35 mca a 1.500 rpm provistas de cierres mecánicos. Una motobomba de contraincendios de emergencia, centrífuga, autocebada, ejecución horizontal, carcasa y rodete en bronce y eje de acero inoxidable de 25 m³/h a 4,91 bares, accionada por motor diésel de arranque manual y eléctrico.

2.11 Instalaciones eléctricas

Todos los motores son de tipo marino, aptos para climas tropicales y equipados con cajas de terminales estancas. Los motores situados en locales cerrados tienen como mínimo protección contra goteo IP-23.

Los motores situados a la intemperie tienen protección contra chorro de agua (IP-56). Todos los motores serán para servicios continuos. Todos los motores eléctricos de potencia igual o superior a 80 kW, así como los situados en el parque de pesca y túnel disponen de resistencia de caldeo.

El sistema de arranque de motores de potencia superior a 1/2 CV y menor de 30 CV son de tipo directo por guardamotor. El sistema de arranque de motores de potencia superior a 30 CV es de estrella-triángulo.

En aquellos casos que exijan motores eléctricos que por su elevada potencia puedan ocasionar problemas en el arranque, éste será estudiado especialmente, disponiéndose si es necesario, de arranque mediante motor de embalamiento o variador de frecuencia.

La instalación eléctrica del buque sirve para el alumbrado, fuerza y servicios especiales.

Las tensiones, tipos de corriente y sistemas de distribución a utilizar son:



- Corriente alterna trifásica a 380 V a 50 Hz, para la instalación de fuerza con sistema de distribución a tres conductores con neutro aislado.
- Corriente alterna trifásica a 220 V a 50 Hz, obtenida a través de dos transformadores para la instalación del alumbrado, servicios domésticos y servicios especiales con sistema de distribución a tres hilos con neutro aislado hasta las cajas y a dos o tres hilos a partir de aquí hasta los receptores.
- Corriente alterna monofásica 24 V a 50 Hz, para alumbrado de lámparas portátiles en la cámara de máquinas, y cubas mediante una red de enchufes alimentados a través de un transformador de aislamiento.
- Corriente continua de 24 V para alarmas y servicios especiales obtenida a partir de la red de 220 V, mediante un grupo transformador-rectificador.
- Corriente continua de 24 V procedente de baterías para servicio de emergencia.
- Los grupos de baterías de emergencia están instaladas en el local de hélice de puerto.

En la plataforma de la cámara de máquinas en el entrepuente, se montó el cuadro principal para el control, protección y acoplamiento de los alternadores y distribución de energía a los diversos receptores del buque. El cuadro se ha instalado dentro de un local cerrado en el que van situados también los elementos del taller. Este local dispone de aislamiento térmico y acústico y tiene dos *fancoil* de aire acondicionado local, conexiónados al grupo de compresores de aire acondicionado central del barco.

Dispone de un embarrado trifásico independiente seccionable, para atender a los servicios de fuerza, fonda y equipos especiales. La distribución de los embarrados se ha sometido a la consideración del armador.

El cuadro principal incorpora los disyuntores automáticos para los 5 motores (4 de 250 kW y 1 de 130 kW) de la central hidráulica, los 4 motores de los compresores de frío de 200 kW y los 3 motores de 300 kW de las hélices transversales. Estos disyuntores son independientes, uno para cada motor.

Los cuadros de fuerza de estos servicios se han diseñado para evitar la utilización de fusibles y en ellos se ubican los correspondientes arrancadores. El cableado de estos cuadros se realiza con pletina para potencias superiores a 80 kW.

El cuadro principal consta de los siguientes paneles:

- Un panel para control y protección de cada uno de los alternadores.
- Un panel para la maniobra del acoplamiento de alternadores.
- Los paneles necesarios para las salidas de fuerza a 380 V.



- Los paneles necesarios para las salidas a 220 V y acoplamiento de los transformadores correspondientes.



Figura 2. 133. Cuadros eléctricos

Fuente: www.krillgeneradores.com

El panel para control y protección de cada generador dispone de los siguientes elementos:

- Un interruptor automático Merlin Gerin motorizado de capacidad adecuada, extraíble, equipado con protección magnética contra cortocircuito y relé de mínima tensión, ambos retardados hasta un mínimo de 500 milisegundos.
- Dos relés de protección de sobrecarga regulables entre 100 y 130 % para protección del generador y uno entre 90 y 120 % para el disparo de servicios no esenciales, actuando sobre un elemento retardado para diferir el disparo.
- Se ha instalado un equipo analizador de redes con puerto de comunicación para la conexión con el sistema escada.
- Dos lámparas de señalización del interruptor automático.
- Transformadores de tensión e intensidad para aparatos de medida.
- Dispositivo de acoplamiento de excitaciones para la puesta en paralelo.
- Se instaló un equipo repartidor de carga ente los generadores.



El panel para la maniobra de acoplamiento de los alternadores dispondrá de los siguientes elementos:

- Voltímetro doble con conmutador que señale la tensión en barras y la del generador a acoplar.
- Frecuencímetro doble conectado como el anterior.
- Sincronoscopio doblado con dos lámparas de sincronización.
- Mandos de los variadores de velocidad.
- Conmutador para alumbrado de cuadro.

Todas las salidas de 380 V tienen disyuntores automáticos de la potencia adecuada y están diseñados para la tensión de cortocircuito del cuadro. Las salidas de una intensidad entre 160 y 400 A llevarán interruptores automáticos con capacidad suficiente de corte. Próximo al lugar donde se encuentran emplazadas las baterías de emergencia se ha montado el cuadro de emergencia.

Las cajas de distribución son del tipo de frente muerto con el armazón de la caja realizado con chapa y perfiles de chapa. El espesor de chapa de las cajas de fuerza o de alumbrado en locales no embonados es de 2 mm; las cajas de alumbrado en locales embonados son de 1,5 mm. Tienen la protección correspondiente a las necesidades de su emplazamiento.

Previamente a la aplicación de la capa de esmalte sintético se trató la chapa con un desengrasante aplicando a continuación una capa de antioxidante. La puerta está dotada de bisagras y el cierre con manilla.

Los servicios van convenientemente señalizados por medio de rótulos de plástico. La línea de entrada procedente del cuadro principal alimenta las barras a las que se embornan las tomas para las distintas salidas. Cada caja llevará al menos un 20 % de salidas de respeto con capacidad similar a la media de la caja.

La caja de luces de navegación se alimenta con una línea principal de 24 V con salida desde un cuadro de alumbrado a través de transformador, y otra de emergencia también a 24 V de corriente continua alimentada desde el cuadro de emergencia.

La caja de toma de corriente de tierra, tiene una protección IP-56 su alimentación será a 380 V 50 Hz con una capacidad de 450 A. Contiene: un seccionador con fusibles, un aparato indicador de fases, un contador de kilowatios consumidos, un amperímetro y un voltímetro.

Para el servicio de emergencia se ha instalado un grupo de baterías de capacidad adecuada con entrada en servicio automática en caso de fallo de corriente en la red principal. Igualmente se han instalado baterías para el servicio de radio, independientes de las anteriores.

Se ha instalado otro grupo de baterías independiente con su cargador inteligente para la alimentación de los equipos de alarmas y seguridades.



Además, se ha instalado un grupo independiente de baterías para el arranque del grupo auxiliar de puerto con su cargador inteligente.

La tensión de 220 V se obtiene mediante dos transformadores de 100 kVA que se disponen en las proximidades del cuadro principal.

Son de tipo marino con aislamiento en seco, refrigeración natural, protegida contra gotas y dispuesta para régimen continuo.

2.12 Alumbrado

Se ha cumplido con los siguientes niveles lumínicos con la clase de alumbrado que se señala a continuación.

- Cámara de máquinas- Fluorescente
- Locales con maquinaria- Fluorescente
- Entrepunte - Fluorescente
- Pañoles - Fluorescente
- Cocina-Comedor - Fluorescente
- Pasillos - Fluorescente
- Salones - Fluorescente
- Aseos - Incandescente



Figura 2. 144. Alumbrado

Fuente: www.elecpasaia.com



A los camarotes con una superficie igual o menor a 7 m² se les dotará de un punto de luz en el techo con dos lámparas fluorescentes de 40 W. Para una superficie mayor hasta 14 m² se disponen de dos puntos de luz.

Las medidas lumínicas se efectuaron inmediatamente antes de la entrega del buque, a un metro del piso entre dos puntos de luz, o entre el único punto de luz centrado y los mamparos de cierre.

En la cámara de máquinas hay al menos dos líneas de alimentación. Para el alumbrado de cubas, se han diez enchufes estancos convenientemente repartidos en el entrepuente para conectar lámparas portátiles adecuadas a 24 V. El número de puntos de luz por circuito no es superior a 10. Los aparatos de alumbrado que se dispongan en cámara de máquinas, cocina, aseos, pañoles y en general en aquellos espacios donde puedan estar expuestos a salpicaduras o condensaciones serán de tipo debidamente protegido, estancos y con soporte antivibratorio.

Cada camarote dispone necesariamente de un punto de luz en el techo y otro en la cabecera de cama tipo aplique fluorescente 9 W, éste con interruptor incorporado. En el caso de que exista mesa y lavabo, cada uno de estos elementos lleva respectivamente interruptor e interruptor y enchufe. Asimismo, cada camarote dispone de un enchufe sobre la mesa o en un lugar cercano a la cabecera.

Los interruptores montados sobre mamparos llevan un aislamiento efectivo de ésta. En los camarotes que alojan más de un tripulante se ha dispuesto sobre la puerta un punto de luz de color azul con lámpara de 25 W.

El alumbrado exterior se ha realizado con aparatos estancos, tipo fluorescente recto con el cableado por el interior de los alojamientos.

Todos los aparatos de alumbrado exterior que son móviles llevan un enchufe con tercer polo a masa para hacer fácil su desmontaje. Los proyectores para alumbrado exterior son con lámparas de luz blanca con carcasa de policarbonato Philips situados en los siguientes puntos:

- Frontis del puente mirando a proa (dos de 1.000 W cada uno).
- Palo mirando a popa (6 de 1.000 W cada uno).
- Pluma principal (tres de 1.000 W cada uno).
- Palo mirando a proa (dos de 1.000 W).
- Dos focos 1.000 W de techo puente alumbrando zona de botes en cubierta castillo.
- Alerón de babor (uno de 1.000 W junto a consola hidráulica).

Además se han instalado:

- En la chimenea un reflector de 1.000 W con protección para la red y soporte giratorio.



- Dos lámparas de 1.500 W por cada banda con brazo giratorio de medio metro para atraer el pescado de noche.
- Un foco halógeno de largo alcance de diámetro 300 marca Ibak NS-350 A, lampara 500 W 24 V E40, con alcance de un lux a 1.000 m colocado junto a la consola de babor en puente.

2.13 Alarmas

Todo el sistema de alarmas va alimentado a 24 V en corriente continua. Los timbres de la alarma general tienen la sonoridad suficiente para escucharse claramente en la zona en la que sirven. La alarma del aparato de gobierno dispone de un sistema para el caso de fallo o sobrecarga del mismo en el puente de gobierno y local del cuadro principal, así como señal en el sistema de alarmas SCADA.

La alarma de CO₂ dispone de un dispositivo que antes de abrir las botellas acciona una alarma de alta sonoridad, que suena en todas las zonas en las que entre el gas y al mismo tiempo desconecta los ventiladores y las bombas de combustible y aceite.

Se ha instalado un equipo de alarmas centralizado para todos los equipos de la máquina, así como control y registro de temperaturas de cubas, niveles tanques y niveles sentinas. Es un sistema que cumple la especificación BV AUT-UMS. También se integra un sistema de acoplamiento y reparto de cargas de alternadores.

El buque se ha construido cumpliendo con los requisitos para la notación adiciones: AUT-MUS a pesar de no certificarse con esta notación.

2.14 Equipo de gobierno y maniobra

Se ha instalado un servomotor hidráulico para que accionen dos grupos de electrobombas, uno para trabajo normal y el otro de reserva, pudiendo trabajar ambos a la vez.

El ángulo máximo del timón es de 35° a cada banda y el tiempo máximo de giro de es de 19 s con una sola bomba. Se incluyen los siguientes elementos:

- Un servomotor de accionamiento por pistones con una capacidad de aproximadamente 50 t.
- Dos grupos de electrobombas, constituido cada uno por motor eléctrico y bomba hidráulica, válvula de control, válvula amortiguadora y válvula piloto, accionados por solenoides que permiten acoplar el piloto automático. Equipado con palancas para gobierno de emergencia a mano. Todo montado en bancada común.



- Dos arrancadores automáticos tipo marino, para instalar en el espacio del servomotor y con medios de fijación para su montaje en el mamparo, dispuestos para que los motores de las bombas hidráulicas arranquen directamente.

Están dispuestos a maniobra local desde el espacio del servo y remota desde el alerón de babor en el puente de gobierno, mediante pulsadores instalados en las cajas estancas de señalización de maniobra. Uno de ellos está en *stand by* dispuesto para arrancar si falla el que está en marcha. Disponen de protección contra corto circuito e incorporan relés avisadores de sobrecarga que activan las alarmas óptica y acústica a instalar en la caja de señalización y maniobra del puente de gobierno.

Cada arrancador lleva incorporados los siguientes elementos: pulsadores de marcha-parada; amperímetro, indicador de marcha (rojo); indicador luminoso de parada (verde); rectificador-transformador para alimentar a los solenoides de las válvulas piloto de los grupos; una caja estanca de señalización y maniobra de tipo empotrable en consola para instalar en el puente de gobierno.

Dicha caja lleva incorporados los siguientes elementos para cada bomba hidráulica: pulsadores de marcha-parada; indicador luminoso de marcha (rojo); indicador luminoso de parada (verde); indicador luminoso de sobrecarga (azul); avisador acústico de sobrecarga y parada del mismo; amperímetro del motor; mando desde el alerón de babor; indicador eléctrico de posición de timón, formado por potenciómetro, repetidor de lectura con escala graduada para el puente de mando y rectificador transformador de 220 V/24 V en corriente continua. El repetidor va equipado con luz de intensidad regulable, de tipo panorámico para montaje en techo. Se han instalado repetidores en máquinas y alerón de babor; un indicador de timón para instalar en el local del servo-motor.

Se han instalado tres hélices transversales de 300 kW accionados por motores eléctricos controlados por variadores de frecuencia. Dos de estas hélices están instaladas en el local destinado a ello y el otro a popa en la cámara de máquinas. Se ha dispuesto de cuatro puestos de control y mando IP 66 para las tres hélices desde los diferentes puesto.



Figura 2. 155. Equipos de Maniobra

Fuente: <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/>

2.15 Habilitación

El buque dispone de alojamiento para 30 personas en individuales, y un camarote con aseo para la enfermería. En general, el mobiliario fijo, así como las mesas de centro de despachos y salones, está construido a base de tablero contrachapado con cara vista de ukola o similar y acabado con barniz poliuretano.

Las puertas del puente que dan al exterior tienen cierre estanco y las puertas interiores de camarotes y pasillos tienen clasificación contra incendios B-15 o superior según las reglas, construidas en acero inoxidable con acabado imitación madera y con rejilla ventilación.

Los suelos de los pasillos y camarotes están realizados en material especial Hempel. Las entradas de cubierta a interiores se han hecho con mamparos de panel sándwich inoxidable en las zonas entre la puerta estanca y la puerta decorativa. Los armarios de equipos contra incendios se han construido en poliuretano o panel sándwich inoxidable.

• Mamparos, techos y forros

El sistema de construcción de los espacios embonados es por medio rastrelado en forma de “U” con goma antivibración sobre el que se han instalado los mamparos de panel sandwich.

Los paños de acero tan sólo se han pintado. Los techos de los paños que dan al exterior han sido aislados con falso techo y lana de roca 100 mm.

Los mamparos divisorios que no son de acero están constituidos por paneles sándwich de unos 50 mm de espesor, recubiertos por ambas caras con un laminado plástico decorativo.



Los espacios de lavandería, pañol del sello y pañoles de habilitación van embonados.

- **Pisos**

El puente lleva un piso de clase contra incendios A-60. Los pisos del puente de gobierno, llevan subpavimento de cemento Látex, de unos 10 mm sobre el que se ha colocado goma abotonada resistente a los aceites y gasoil. Los pasillos llevan zócalo de goma. Las cocinas, gambuzas, pañoles, habilitación, aseos y lavadero, llevan una capa de pasta antideslizante Hempel HCC.

Los pañoles y espacios similares, no llevan piso, aplicándose pasta antideslizante HBS Hempel. El piso de taller y local cuadro eléctrico lleva una capa de pasta antideslizante HBS Hempel.

- **Enjaretados**

Se han colocado enjaretados plásticos debajo de las baldas en los pañoles y en gambuzas. Se ha dispuesto de goma alveolada resistente al aceite en el suelo de la zona de control de cámara de máquinas.

- **Cocina, gambuzas, oficio y lavandería**

En el espacio destinado a la cocina, se han dispuesto los siguientes elementos: una cocina doble novofri con cuatro placas redondas de 300 kW y dos cuadradas de 500 x 450 accesible por los cuatro costados con balanceras y pasamanos; una pila doble con escurrer platos, totalmente de acero inoxidable integrada en el mueble alto; un taburete de metal y tapa de laminado plástico, dos máquinas de cubitos hielo Sammic que se han instalado en cada comedor; un armario frigorífico tipo restaurante de 1.000 l. de acero inoxidable; dos amasadoras eléctricas modelo Sammic; dos freidoras eléctricas Novofri; una sierra de cortar carne de cinta Sammic; dos cafeteras termo de 5 l cada una Sammic que se han instalado en el comedor de la marinería; una cortadora circular de embutidos marca Sammic; una campana extractora de filtros desmontables inoxidables; un lavavajillas industrial 24 cubiertos marca Sammic con dosificador de detergente; una lavadora doméstica de carga alta ,estrecha para colocar en cocina, Fagor; dos microondas domésticos para colocar en cada comedor, Fagor; dos neveras congeladores uno en cada comedor; dos fuentes de agua fría, una en el comedor de la marinería y una en cámara máquinas; una lavadora doméstica Fagor carga frontal en cámara máquinas; tres lavadoras domésticas Fagor de carga frontal en lavandería; dos hornos de pan Labe Trans LT-4 de la casa Salva.



Figura 2. 166. Cocina

Fuente: www.cisde.es

Para el almacenamiento y conservación de provisiones perecederas se ha instalado una gamba frigorífica compuesta de los siguientes espacios:

Se han instalado dos grupos compresores de R-404 A, los cuales pueden mantener las temperaturas indicadas anteriormente para cada departamento, de forma que un grupo no trabaje más de 16 horas diarias a una temperatura ambiente de 32° C, después de que el departamento se haya enfriado hasta la temperatura especificada.

• **Aire acondicionado, ventilación mecánica y ventilación de pañoles**

Se ha dispuesto de un sistema de refrigeración, calefacción y ventilación de alta presión con control individual de caudal y regulación centralizada de las condiciones térmicas para camarotes, despachos, salones, comedores, derrota y puente de gobierno. Además se ha dispuesto de un sistema de ventilación mecánica independiente del interior para la cocina y aseos.

En lo que se refiere al aire acondicionado, supuestas unas condiciones de verano exteriores de 36° C con 90 % de humedad relativa, se mantendrá en acomodaciones una temperatura de 21° C, con 55 % de humedad relativa. El armario climatizador es de acero inoxidable así como el plenum de distribución de aire de impulsión.

La conexión a la toma exterior es de acero inoxidable tanto el conducto como la rejilla y tapa estanca. Los conductos de distribución galvanizados se aislaron con armaflex.

El número de renovaciones de los distintos departamentos es el siguiente:

Aproximadamente el 50 % del volumen de aire es recirculado y el restante procede del exterior. Para la producción de frío se han instalado dos compresores de tornillo Bitzer o similar, uno de servicio y otro de reserva cada uno de la suficiente potencia para cumplir los requisitos demandados, de Freón-404 A acoplados a un intercambiador de calor y a una unidad acondicionadora de aire.



El grupo climatizador completo, salvo las bombas de agua salada, va situado en el local de aire acondicionado en la cubierta castillo. La instalación puede también funcionar como ventilación, dejando fuera de servicio la planta refrigerante.

El evaporador de la climatizadora principal es de tubo y aletas de cobre con separación entre aletas de 3 mm, el bastidor de chapa 1,5 mm inoxidable.

El control de la instalación se realiza con termostatos digitales y válvulas termostáticas electrónicas Danfoss.

Los siguientes espacios están ventilados mecánicamente, a través de una instalación independiente del anterior, para conseguir los siguientes cambios a la hora:

Los ventiladores se alojan en carretes de acero con brida que disponen de registros para la fácil inspección y desmontaje de los mismos. Los ventiladores son axiales de tipo torpedo. Cuando el caudal de los ventiladores lo aconseje se podrá disponer, alternativamente, ventiladores centrífugos protegidos. Los conductos interiores son de chapa de aluminio con cambios de sección y de dirección lo más suave que sea posible.

Los pañoles existentes en el buque así como el local del servo llevan ventilación natural excepto los del parque de pesca que dispone de un ventilador diámetro 400 a bajas vueltas cada uno.

2.16 Medios de salvamento

Todos los elementos del equipo de salvamento están de acuerdo con el Convenio Internacional para la Seguridad de los Buques Pesqueros.

Los dos botes de trabajo se homologaron como salvamento y rescate. Se han suministrado balsas salvavidas para el 200 % de la tripulación dotadas del equipo reglamentario de gran altura, 4 balsas de 16 personas cada una, dos a cada banda. Son de la marca zodiac con base de inoxidable.

Se han instalado ocho aros salvavidas repartidos por igual a ambos lados, de los cuales:

- dos aros salvavidas provistos de una rabiza de 30 m de largo,
- dos con luz de encendido automático y señal fumígena flotante y
- dos con luces de encendido automático.

El buque dispone de treinta y siete chalecos salvavidas de los cuales se han instalado uno por persona en los camarotes y seis en una caja de aluminio naval situada en la cubierta de puente y uno en el puente de gobierno, para el servicio de guardia.



Todos los chalecos salvavidas están homologados para personal que trabaja habitualmente en cubierta.

Se ha dispuesto de un lanzacabos de tipo 1, capaz de lanzar una guía a 230 m como mínimo, asimismo de trajes de inmersión para toda la tripulación, y adicionalmente para los tripulantes del bote de rescate.

Las señales de socorro están compuestas por:

- doce cohetes o proyectiles con luz roja brillante, con paracaídas.
- dos señales fumígenas flotantes.

2.17 Pintura, galvanizado y protección catódica

La pintura ha sido suministrada por Hempel, el aplicado ha sido suministrado por Indupime y la protección catódica por Europea de Ingenieros en Corrosión. La pintura de la obra viva es del tipo especial de poliuretano, con chorreado previo en dique de toda la obra viva que requiere una aplicación especial y muy laboriosa.



Figura 2. 176. Pintura

Fuente: www.ingenieromarino.wordpress.com

Las superficies de las cubiertas sin forrar, las áreas del túnel, techo, mamparos, fondos, se les ha preparado mediante un desengrasado una limpieza y un chorreado abrasivo al grano Sa 2 de la norma ISO 8501-1:1988.

Las superficies de áreas de cámara de máquinas, hélice y pañoles se han preparado con un desengrase y se han eliminado los contaminantes, posteriormente se ha realizado una limpieza mecánica al grado St. 3 de acuerdo con la norma ISO 8501-1:1988.



Se han preparado las superficies de pesca, de la superestructura y las plumas, mediante un desengrasado y un lavado con agua a alta presión para finalmente someterlas a un chorreado abrasivo al grado Sa 1 de la norma ISO 8501-1:1988.

El proceso de preparación de la superficie de los costados ha consistido en un desengrasado y un lavado con agua a alta presión para posteriormente ser sometidos a un chorreado abrasivo al grado Sa 1 de la norma ISO 8501-1:1988.

Las superficies de los exteriores de aluminio (superestructura, cofa, chimenea y base de antenas), se les ha sometido a un desengrasado y un lavado con agua a alta presión. A continuación a un chorreado abrasivo no metálico para conferir la rugosidad correspondiente al Rugotest nº 3 BN 9-10.

La superficie del palo principal se ha preparado con un desengrasado y una limpieza y finalmente un chorreado abrasivo al grado Sa 2 de la norma ISO 8501-1:1988.

Todas aquellas superficies en acero inoxidable se les ha aplicado un desengrase en aquellas que lo necesitaban y un lavado con agua a alta presión hasta eliminar todos los residuos del desengrasante.

Las superficies de los tanques de agua potable, de las cubas de pescado, de los tanques estabilizadores, del acero bajo las planchas de la caja de cadenas y cofre, se las ha preparado mediante un desengrasado y limpieza y un chorreado abrasivo al grado Sa 2 de la norma ISO 8501-1:1988.

La preparación de la superficie de los pisos interiores ha consistido en un desengrasado y una eliminación de contaminantes, para posteriormente someterles a una limpieza mecánica al grado St 3 de acuerdo con la norma ISO 8501-1:1988.

Las superficies de los interiores forrados se han desengrasado y se han eliminado los contaminantes. Finalmente se ha realizado una limpieza mecánica al grado St 2 de acuerdo con la norma ISO 8501-1:1988.

La superficie del piso de aluminio de la cofa se ha desengrasado, lavado con agua a alta presión y un chorreado con abrasivo no metálico, para conferir una rugosidad correspondiente al Rugotest nº 3 BN 9-10.

Las superficies de los interiores forrados con aluminio se han desengrasado, lavado con agua a alta presión y un posterior chorreado ligero con abrasivo no metálico, para conferir una rugosidad superficial densa y uniforme.

Toda la tornillería empleada en la intemperie ha sido galvanizada. Los pasamanos de las escaleras interiores se han construido con tubo soldado galvanizado menos las especificadas de inoxidables. Los candeleros son de tubo de acero galvanizado.



Todas las tuberías de acero para agua salada han sido galvanizadas en caliente una vez que los tubos tengan su forma definitiva y estén terminados de soldar, incluso las bridas. Las cubas de pescado se han metalizado antes de su pintado.

La obra viva del buque se ha protegido contra la corrosión por medio de un sistema de protección catódica por ánodos de zinc de sacrificio, adecuadamente dispuestos para la superficie sumergida del casco incluyendo la hélice y el timón.

3. Bibliografía

- “Revista Ingeniera Naval Diciembre 2009” [Consulta: 28 Marzo 2016]



Cuaderno N° 3

Optimización del Buque



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Introducción**
- 2. DNV**
- 3. Optimización del buque**
 - 3.1 Escantillón**
 - 3.2 Equipos y Servicios**
- 4. Bibliografía**



1. Introducción

Existen muchos problemas al momento de construir un buque, así también en el cambio de estructuras y cambio de planchas durante el mantenimiento. En muchos varaderos o astillero, llevan un control de la relación peso- producción vs horas-hombre, peso- producción vs costos de construcción o mantenimiento, peso producción vs peso-electrodo de soldadura, etc.

Como es bien conocido ya en las primeras fases de un proyecto muchos aspectos de un buque dependen del diseño estructural que se ha definido únicamente en un nivel preliminar. Esta tendencia es similar para los buques mercantes, buques de pasajeros y yates a motor. Solo en la parte final del proyecto algunos astilleros comienzan a aplicar los procesos de optimización más o menos sofisticados, con el fin de perfeccionar el diseño estructural en vista de la reducción del peso y/o el costo de la construcción. El peso, en particular, tiene un impacto muy importante en todo tipo de embarcaciones de gran tamaño.

Las modificaciones estructurales propuestas por tales procedimientos de optimización implican una serie de cambios de segundo orden en artículos relacionados, tales como instalaciones, equipo y otros. Como consecuencia de la optimización estructural podría ser particularmente útil si se puede aplicar durante las primeras etapas del proyecto, de esta manera podemos evitar pérdidas de tiempo por causa de las modificaciones estructurales.

2. Uso del software DNV

Nauticus Hull, es un software que permite evaluar la resistencia de las estructuras del buque. Ofrece todas las herramientas necesarias para el diseño eficiente del casco y la verificación de acuerdo con las reglas estructurales comunes para graneleros, petroleros y otros tipos de buques.



Figura 3. 1. Ejemplo DNV.

Fuente: www.dnv-gl.com



Con este software permite:

- Paquete completo análisis estructural basado en módulos
- Entorno eficiente para la evaluación de la fuerza, el diseño y la verificación
- Soporta la última versión de la RSE BC & OT para los cálculos preceptivos y método de elementos finitos
- Interfaz perfecta con Sesam Genie para el modelado de FE, post-procesamiento y verificación de código
- Integración con otros sistemas de modelado de barco común como MSC Patran / Nastran, ANSYS, AVEVA Marine NAPA acero etc.
- Software utilizado por más de 275 astilleros y oficinas de diseño en todo el mundo.
- Soporte técnico de alta calidad

Durante el diseño de buques y la evaluación de la fuerza que es imprescindible disponer de las herramientas más eficaces que permiten optimizar el proceso de diseño, la estructura del casco y de garantizar el cumplimiento de las Reglas de la Clase. Nauticus Hull tiene acceso a un paquete de software completo e integrado para todos los pasos del proceso.

Los beneficios clave de software del casco Nauticus:

- Software basado en sólidos conocimientos y experiencia en la industria de Det Norske Veritas
- Capacidades de modelado de gran alcance y fácil de usar
- Modelado eficiente de toda la región de las bodegas de carga, incluida la transición al cuerpo de proa y la sala de máquinas y la importación de la forma del casco del software de la estabilidad
- El software es totalmente compatible con la última RSE BC & OT
- Disponible en diferentes configuraciones.



Figura 3. 2.Nauticus Hull.

Fuente: www.tankershipping.com

3. Optimización del buque

Este trabajo se centrará en la optimización estructural como de sus equipos auxiliares

3.1 Escantillón

Antes de comenzar a optimizar el escantillón del buque atunero se procede a la entrada de datos del buque tal y como muestra la Figura 3.3.

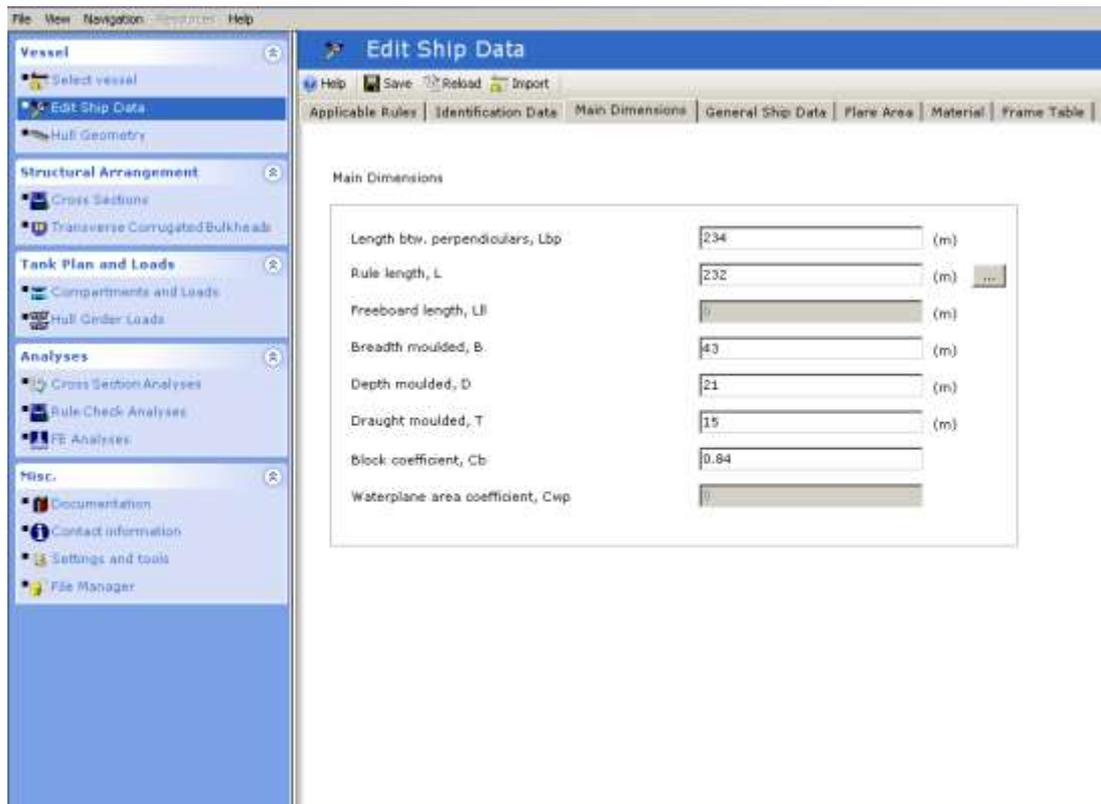


Figura 3.3. Entrada Datos Software

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull

Una vez que tenemos los datos del buque debemos de seleccionar el cuerpo cilíndrico del buque atunero y comenzar la modelización geométrica de éste.

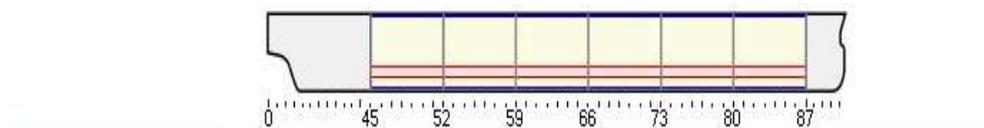


Figura 3.4. Visualización de la longitud de la cuaderna maestra

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull



La modelización geométrica consiste básicamente en dibujar el modelo del buque. Las unidades de longitud utilizadas en el DNV, es el metro lineal y para las dimensiones de las estructuras se utiliza el milímetro.

Algo indispensable que hay que mencionar, se trata justamente que el modelo que se representa es la cuaderna maestra.

En la Figura se puede observar la sección media dibujada en el software. Donde los puntos son los nodos, los números separados de las planchas son los espesores de éstas además se representan los refuerzos longitudinales en forma de “L” del buque.

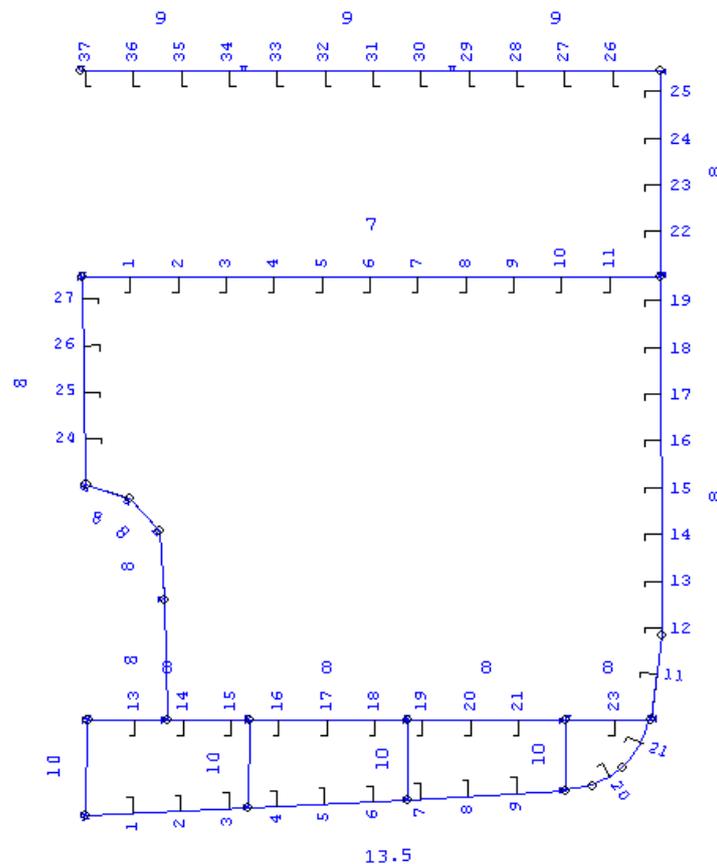


Figura 3.5. Ejemplo de modelización del software

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull

Al analizar la cuaderna maestra del buque con los espesores originales, vemos que el escantillón está sobredimensionado. Esto quiere decir que, los espesores de las planchas, los refuerzos y el forro tienen un espesor muy por encima del mínimo que requiere este buque para poder navegar y no sufrir problemas de tensiones internas y diversas consecuencias como roturas.



Sin embargo, después de estos resultados, no quiere decir que una sobredimensión del escantillón afecte a la estructura del barco, al contrario, es más robusto pero si tiene una serie de consecuencias, esas consecuencias son:

- Mayor desplazamiento
- Mayor Resistencia contra el agua
- Mayor consumo

Todo esto se traduce en aumentos de coste. Pero estos puntos se solucionan con la estandarización del escantillón y también de sus equipos y servicios que más adelante hablaremos.

3.1.1 Desplazamiento

Desplazamiento es el volumen sumergido por el peso específico del agua en que flota y representa el peso del agua desplazada por este volumen.

$$\Delta = V_c \times \gamma$$

Donde γ representa el peso del agua desplazada por este volumen, y V_c es el volumen de carena del buque, es decir, es el volumen de la parte sumergida del barco.

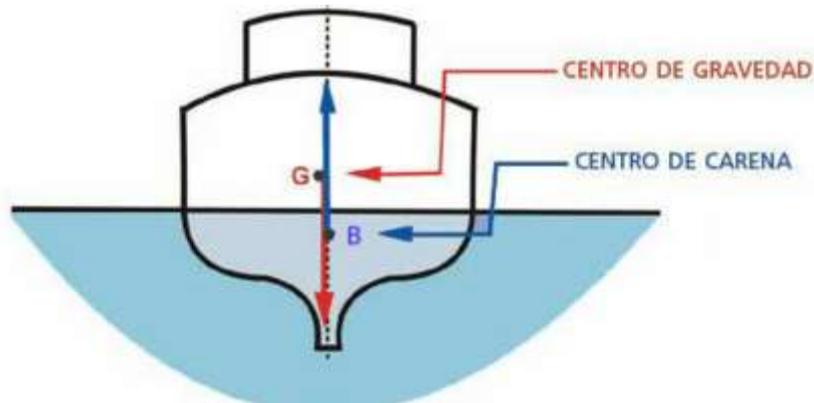


Figura 3.6. Representación de definiciones

Fuente: El patriciero.mforos.com

Desde el punto de vista de la teoría del buque se distinguen:

$$\Delta = PR + PM$$



- Peso en Rosca, es el peso del buque tal como lo entrega el astillero; esto es, sin combustible, pertrechos, viveres ni tripulantes.
- Peso Muerto, es el total de los pesos que puede transportar el buque expresado en toneladas métricas, es decir el peso del cargamento, más el combustible, más el agua y provisiones en general.

Como hemos dicho anteriormente, una sobredimension de las planchas del buque conlleva aumentos de consumo del buque, desperdicios de tiempo y aumento de los costes.

Es decir, supongamos dos barcos similares en condición de desplazamiento en rosca, uno con más espesor de las planchas que el otro. El buque A tendrá más desplazamiento en rosca, es decir, más volumen de carena sumergido que el buque B, al tener más volumen sumergido en el agua, tendrá más resistencia al agua al navegar y mayor consumo de combustible. En cambio, el buque B al tener menos peso debido al escantillón, tendrá menos volumen de carena, consumirá menos combustible además la diferencia de peso del buque B con respecto al buque A puede servir para aumentar la capacidad de carga, por ejemplo, llenar al 100% las bodegas de atún.

3.1.2 Consumo de combustible

El cálculo del consumo de combustible para los motores diésel depende de una extensa serie de supuestos. Consecuentemente, es sólo estimativo para el motor diésel a las condiciones ambientales especificadas con una carga definida de la hélice. Si personas diferentes hacen el cálculo del consumo de combustible para un buque dado, en el caso de no disponer de una buena y completa especificación, existirán diferentes resultados. La cantidad necesaria de combustible, por ejemplo el tamaño de los tanques de combustible, tiene un impacto decisivo en el proyecto del buque y no deben olvidarse las tolerancias en el llenado de los tanques.

Se necesitan los siguientes valores para el cálculo del consumo de combustible:

1. Estado y desplazamiento del buque (por ejemplo, buque nuevo, casco limpio, casco sucio, plena carga)
2. Condición del tiempo y estado de la mar (por ejemplo viento Beaufort 2, estado de la mar 2 – 3)
3. Condiciones ambientales
4. Diagrama velocidad – potencia (velocidad del buque (n) – Potencia al freno (PB) para el desplazamiento supuesto, las condiciones del tiempo y el estado de la mar.
5. Planta propulsora y condiciones de proyecto (por ejemplo, Potencia total al freno instalada (PB) para propulsión, velocidad del buque (v), velocidad de la línea de ejes (n), número de motores diésel por buque).



6. Diagrama de funcionamiento del motor diésel, incluyendo las líneas de consumo específico de combustible para el poder calorífico inferior (H_u); de otra forma deberán corregirse los valores.
7. Poder calorífico inferior del combustible (por ejemplo 42800 kJ/kg para el combustible diésel)
8. Densidad del combustible (por ejemplo $\rho_{\text{combustible}} = 830 \text{ kg/m}^3$)
9. Relación de reducción si se va a utilizar un reductor (para conocer la relación entre la velocidad de la línea de ejes y la del motor Diésel)
10. Consumo de combustible del grupo generador funcionando a un porcentaje definido de la potencia mecánica instalada (por ejemplo todos los grupos al 33%)
11. Volumen utilizable de los tanques de combustible (por ejemplo, el 95%)
12. Perfil operativo (por ejemplo velocidad de crucero (v) o perfil de velocidad)

Es obvio que una especificación incompleta de estos valores puede conducir a diferencias en los cálculos. A la hora de evitar todo este tipo de inconvenientes y sobretodo evitar mayores costes habrá que recurrir a la estandarización del escantillón del buque.

Al dibujar la cuaderna maestra inicial del buque atunero procedemos a analizarlo, como muestra la imagen a continuación en la Figura 3.7:

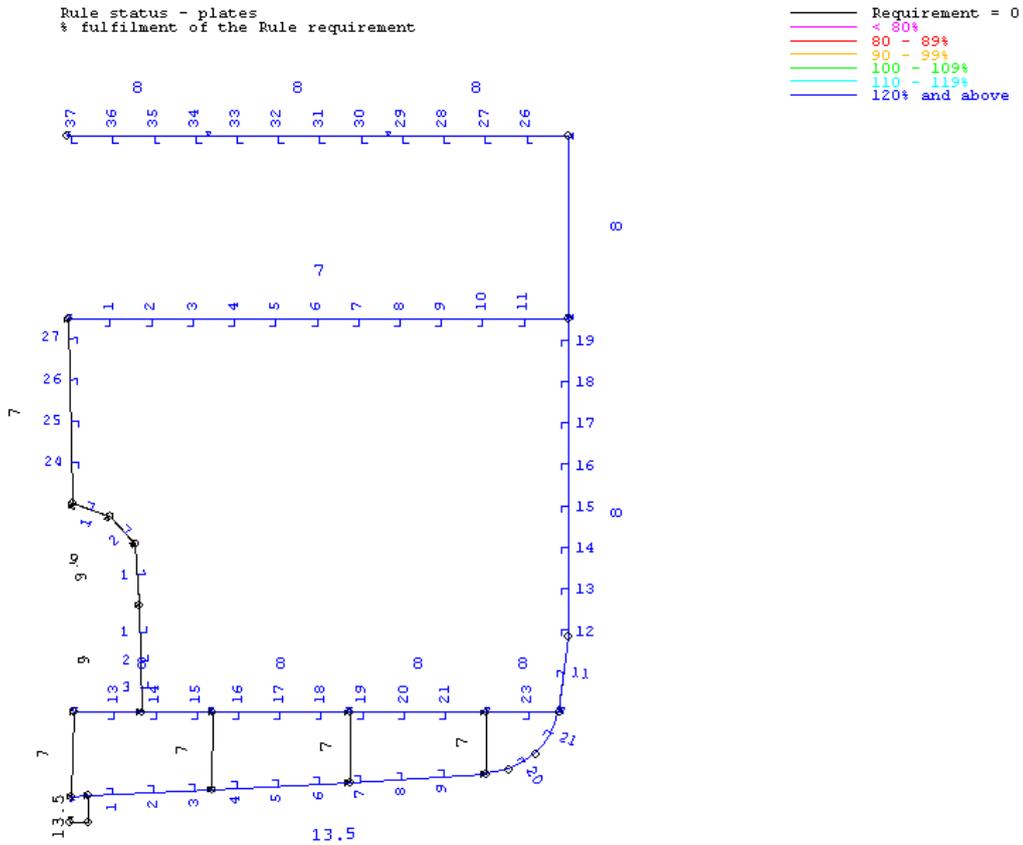


Figura 3.7. Situación inicial de la cuaderna maestra

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull

Como se puede observar el escantillón inicial que tiene el buque es sobredimensionado por lo tanto se puede optimizar, si llevamos esos espesores a valores dentro de un rango que nos permitan que nuestro buque no sufra ninguna alteración en cuanto a estructura podremos llegar a nuestro objetivo que es disminuir nuestro peso y estandarizar nuestras planchas y por tanto reducir los costes.

A continuación reflejamos el coste estimativo que podría tener el escantillón inicial del buque atunero, la única incógnita es definir la eslora de la cuaderna maestra, a priori, sería la siguiente:

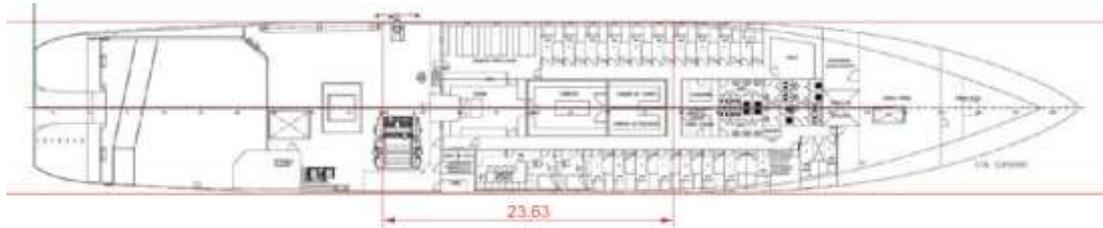


Figura 3.8. Eslora de la Cuaderna maestra

Fuente: Elaboración propia mediante Rhinoceros

Situación inicial				
Nombre	Distancia	Espesor	Area m ²	Volumen m ³
Plancha cubierta	7,1	0,07	0,497	11,431
Mamparo Cubierta Francobordo-Túnel	2,62	0,07	0,1834	4,2182
Túnel	3,469	0,09	0,31221	7,18083
Quilla Exterior	0,7	0,135	0,0945	2,1735
Plancha doble fondo	7,1	0,08	0,568	13,064
Plancha Fondo	7,4	0,135	0,999	22,977
Varenga 1	1,2	0,07	0,084	1,932
Varenga 2	1,1	0,07	0,077	1,771
Varenga 3	0,97	0,07	0,0679	1,5617
Varenga 4	0,87	0,07	0,0609	1,4007
Cubierta principal	7,1	0,09	0,639	14,697
costado superior	2,6	0,08	0,208	4,784
costado	5,55	0,08	0,444	10,212
Longitud cuaderna maestra (cilindro)	23	m		
Precio AH36	0,4	€/Kg		
densidad acero	7850	kg/m ³		
			TOTAL	97,40293 m ³
				764613 kg
				305.845 €

Tabla 3.1. Datos situación inicial escantillón

Fuente: Elaboración propia



Sin embargo, hay una opción del software que nos permite saber cuál es el mínimo espesor de nuestras planchas para que no sufra estructuralmente nuestro barco.

Al seleccionar esa opción lo que hace realmente el programa es optimizar al máximo el escantillón sin ningún margen de seguridad.

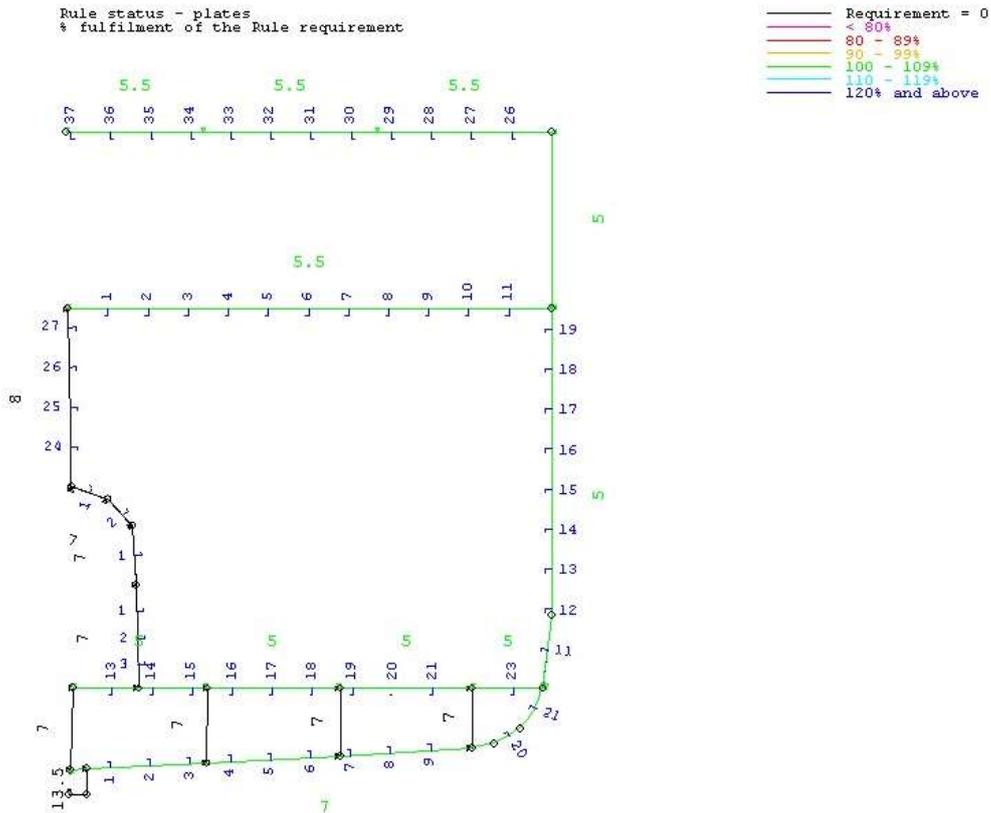


Figura 3.9. Cuaderna maestra optimizada

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull

Si analizamos los costes para la situación optimizada y manteniendo 23 metros de eslora de la cuaderna maestra vemos:



Situación E1				
Nombre	Distancia	Espesor	Area m ²	Volumen m ³
Plancha cubierta	7,1	0,055	0,3905	8,9815
Mamparo Cubierta Francobordo-Túnel	2,62	0,07	0,1834	4,2182
Túnel	3,469	0,07	0,24283	5,58509
Quilla Exterior	0,7	0,135	0,0945	2,1735
Plancha doble fondo	7,1	0,05	0,355	8,165
Plancha Fondo	7,4	0,07	0,518	11,914
Varenga 1	1,2	0,07	0,084	1,932
Varenga 2	1,1	0,07	0,077	1,771
Varenga 3	0,97	0,07	0,0679	1,5617
Varenga 4	0,87	0,07	0,0609	1,4007
Cubierta principal	7,1	0,055	0,3905	8,9815
costado superior	2,6	0,05	0,13	2,99
costado	5,55	0,05	0,2775	6,3825
Longitud cuaderna maestra (cilindro)	23	m		
Precio AH36	0,4	€/Kg		
densidad acero	7850	kg/m ³		
			TOTAL	66,05669 m ³
				518545 kg
				207.418 €

Tabla 3.2. Datos situación estandarizada N° 1 escantillón

Fuente: Elaboración propia

Entre el escantillón inicial y el más optimizado sin margen de seguridad hay una diferencia de 246,06 Tn lo que se traduce en 98.427,19 € de ahorro.

Como se puede observar en la figura vemos que el escantillón cumpliría con la normativa de navegación con esos espesores que se ven.



Al saber el mínimo de los espesores y el máximo que es nuestro buque inicial vamos a elegir un espesor dentro de ese rango y que sea lo más estándar posible.

Si los resultados no son los que deseamos seguiremos iterando hasta que encontremos un valor óptimo.

Empecemos aumentando el valor del espesor a 5,5 cm por tanto los resultados son:

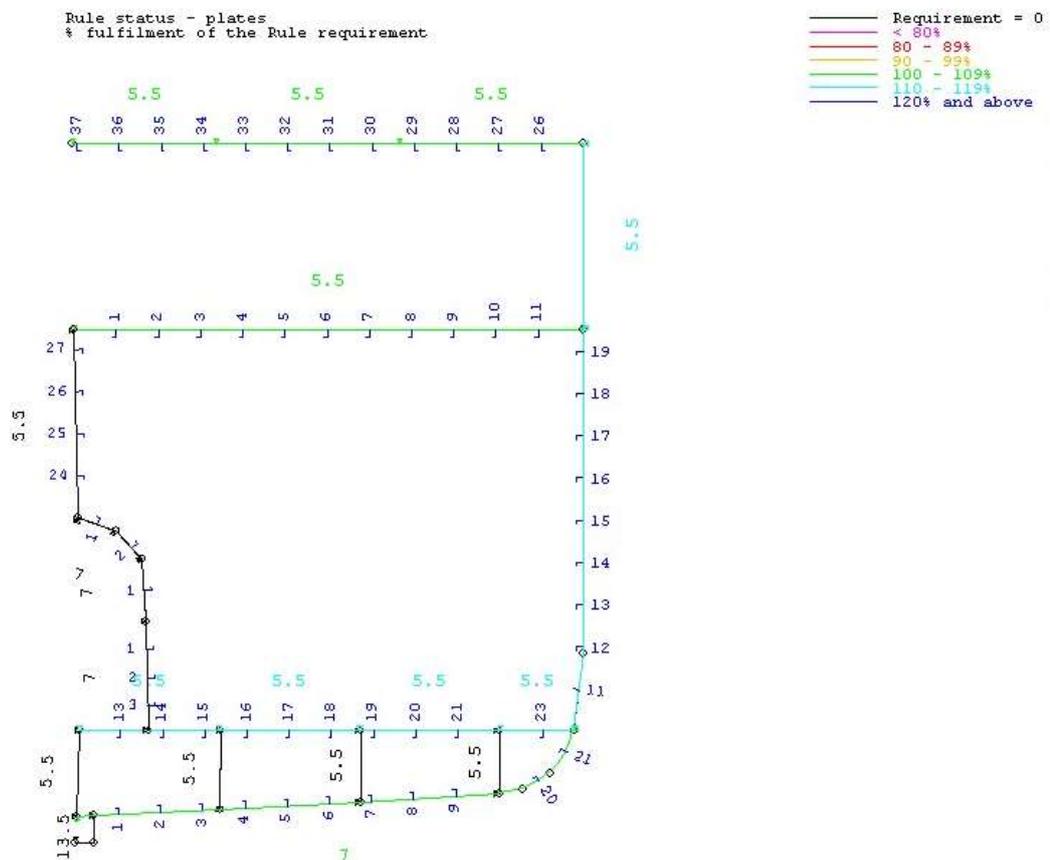


Figura 3.10. Cuaderna maestra optimizada primera iteración

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull

Como podemos observar hay una sobredimensión entorno un 10~19% en la zona del costado y doble fondo, pero el restante sigue estando en la zona más óptima.



Situación E2

Nombre	Distancia	Espesor	Area m ²	Volumen m ³
Plancha cubierta	7,1	0,055	0,3905	8,9815
Mamparo Cubierta Francobordo-Túnel	2,62	0,07	0,1834	4,2182
Túnel	3,469	0,07	0,24283	5,58509
Quilla Exterior	0,7	0,135	0,0945	2,1735
Plancha doble fondo	7,1	0,055	0,3905	8,9815
Plancha Fondo	7,4	0,07	0,518	11,914
Varenga 1	1,2	0,055	0,066	1,518
Varenga 2	1,1	0,055	0,0605	1,3915
Varenga 3	0,97	0,055	0,05335	1,22705
Varenga 4	0,87	0,055	0,04785	1,10055
Cubierta principal	7,1	0,055	0,3905	8,9815
costado superior	2,6	0,055	0,143	3,289
costado	5,55	0,055	0,30525	7,02075
Longitud cuaderna maestra (cilindro)	23	m		
Precio AH36	0,4	€/Kg		
densidad acero	7850	kg/m ³		
			TOTAL	66,38214 m ³
				521099 kg
				208.439 €

Tabla 3.3. Datos situación estandarizada N° 2 escantillón

Fuente: Elaboración propia

En este caso, se reducen 243,51 Tn y hay un ahorro de 97.405,28 €, sin embargo a la hora de estandarizar el escantillón del buque, preferimos que el margen de seguridad sea lo más alto posible, por tanto, seguiremos iterando, probaremos este caso con 7 cm de espesor del escantillón y en el fondo pondremos un espesor 13.5 al igual que la quilla.

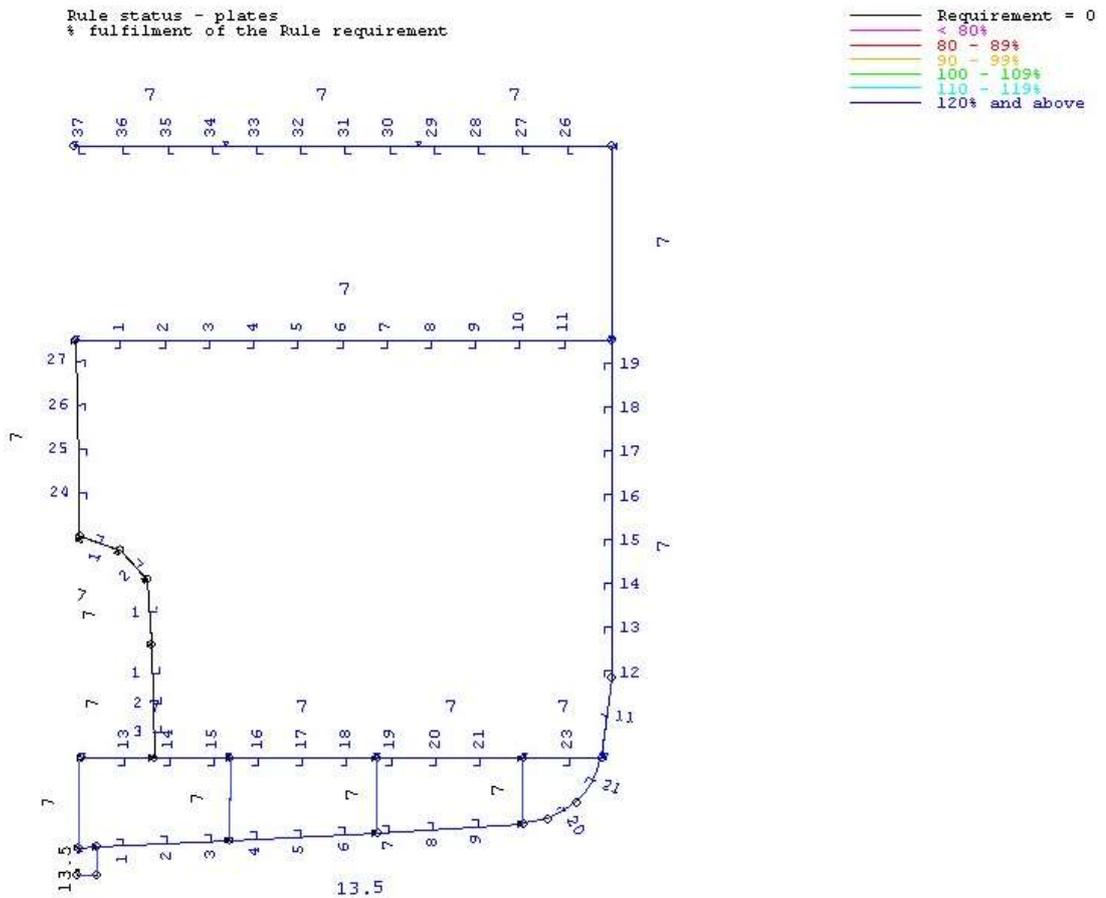


Figura 3.11. Cuaderna maestra optimizada segunda iteración

Fuente: Elaboración propia mediante uso Nauticus Hull

En este último caso se puede observar que con la iteración de 7 cm de espesor cumple la estandarización de la cuaderna maestra y además obtenemos un margen de seguridad por encima del 20%, esto nos permitirá que nuestro buque no tenga problemas estructurales de ningún tipo al haber reducido y/o estandarizado los espesores de la cuaderna maestra del buque atunero.



Situación EF				
Nombre	Distancia	Espesor	Area m ²	Volumen m ³
Plancha cubierta	7,1	0,07	0,497	11,431
Mamparo Cubierta Francobordo-Túnel	2,62	0,07	0,1834	4,2182
Túnel	3,469	0,07	0,24283	5,58509
Quilla Exterior	0,7	0,135	0,0945	2,1735
Plancha doble fondo	7,1	0,07	0,497	11,431
Plancha Fondo	7,4	0,135	0,999	22,977
Varenga 1	1,2	0,07	0,084	1,932
Varenga 2	1,1	0,07	0,077	1,771
Varenga 3	0,97	0,07	0,0679	1,5617
Varenga 4	0,87	0,07	0,0609	1,4007
Cubierta principal	7,1	0,07	0,497	11,431
costado superior	2,6	0,07	0,182	4,186
costado	5,55	0,07	0,3885	8,9355
Longitud cuaderna maestra (cilindro)	23	m		
Precio AH36	0,4	€/Kg		
densidad acero	7850	kg/m ³		
			TOTAL	89,03369 m ³
				698914,4665 kg
				279.565 €

Tabla 3.4. Datos situación estandarizada final escantillón

Fuente: Elaboración propia

Además, con estos últimos resultados hemos obtenido una diferencia de peso de 65,7 Tn con respecto a la situación inicial, y un ahorro de 26.279 €.



Situación inicial	305.845 €
Situación EF	279.565 €
Diferencia	26.279 €

Tabla 3.5. Cuadro resumen coste estructura

Fuente: Elaboración propia

Esto se traduce en lo siguiente, esos 65,7 Tn se puede destinar a aumentar la carga de pesca del atún, o a la mejora y estandarización de equipos auxiliares, es decir, si tenemos 2 bombas de 20 kg y 2 de emergencia de 10 kg, podemos poner las de emergencia igual que las de servicio aunque aumente el peso y al igual pasa con los costes, esas bombas de emergencia al cambiarlas a las mismas características que las de servicio además de verse incrementado el peso lo hará también el precio.

Como conclusión final en el apartado del escantillón podemos decir que los resultados obtenidos a partir del software Nauticus Hull del DNV son válidos para un anteproyecto al no ser resultados tan exactos, pero si estimativos.

A priori, se consigue el objetivo que eran menores costes, peso y conseguir estandarizar las planchas de la cuaderna maestra del buque.

3.2 Equipos y Servicios

Para la estandarización de los equipos y servicios nos centraremos en 9 grandes grupos que son los siguientes:

- Motores
- Grupos electrógenos
- Generadores Diésel Autónomo
- Electrobombas
- Bombas
- Electroventiladores
- Compresores
- Purificador de Combustible
- Iluminación



No resulta sencillo estandarizar los equipos y servicios del buque, se necesitaría saber todas las características completas de cada equipo, es decir, su peso, dimensiones, potencia, presión, marca etc..., por lo que a priori este estudio y sus resultados servirán para un anteproyecto.

El objetivo de la estandarización de los equipos seguirá la misma línea de tendencia que se ha detallado en el tema de escantillón. Un claro ejemplo, en el uso de sistemas de iluminación se sustituirá la iluminación fluorescente por LED adecuados que permiten una importante reducción en el consumo energético (en torno al 25%) así como en el coste de mantenimiento aunque probablemente el coste de la iluminación sea más cara pero en el consumo se amortiza ese coste de iluminación.

Al igual sucede con los otros 8 grandes grupos restantes, encontraremos situaciones en el que el coste definitivo estandarizado sea mayor pero hay que tener en cuenta al proveedor más adelante lo explicaremos , si estandarizamos las clases diferentes de equipos podemos reducir la lista de proveedores y de esta forma pedir grandes lotes a un determinado proveedor , un ejemplo , si pedimos a un solo proveedor 22 bombas del tipo “A” probablemente el precio será más reducido que si compramos 10 bombas del tipo “A” , 5 del tipo “B” y 5 del tipo “C”.

Las decisiones que se han adoptado para este anteproyecto, son a priori:

1. No hay variación significativa en tamaño.
2. Sobredimensión en referencia a potencia, caudal, presión, etc.
3. Disminuir uno o dos tipos de equipos por clase

3.2.1 Motores

Según las especificaciones del buque reflejadas en la Revista de Ingeniería Naval, éste tiene 2 motores diésel instalados de 1500 rpm y 1000 rpm. Veamos la siguiente tabla 3.6:

Estandarizado			
Equipos	N. E.	Coste U.	Total
M. 1500 rpm	1	5900 €	5900 €
M. 1000 rpm	1	4000 €	4000 €
Total			9900 €

Tabla 3.6. Estimación de coste estandarizado en Motores

Fuente: Elaboración propia

En este caso, no se estandarizaría por el peso que supondría otro motor de 1500 rpm.



3.2.2 Grupos Electr6genos

Para el caso de los grupos electr6genos, el buque lleva instalados 2 grupos electr6genos de 1200 KW m1s otro de puerto de 750 KW, el m1todo de estandarizaci3n ser1a eliminar el grupo de puerto y a1adir otro de 1200 KW, veamos la siguiente tabla:

SIN Estandarizar				Estandarizado			
Equipos	Nº E.	Coste U.	Total	Equipos	Nº E.	Coste U.	Total
G.E 1200 KW	2	146.137 €	292.242 €	G.E. 1200 KW	3	146.137 €	438.412 €
G.E 750 KW	1	110.957 €	110.957 €				
Total			403.232 €	Total			438.412 €

Tabla 3.7. Estimaci3n de coste estandarizado en Grupos Electr6genos

Fuente: Elaboraci3n propia

3.2.3 Generadores Di3sel Aut3nomo

Al tener solamente un elemento instalado el buque, no se podr1a estandarizar a no ser que tuvi3semos todas las caracter1sticas completas de este equipo (Marca, peso, dimensiones, etc) como se ha comentado anteriormente y realizar una b1squeda para poder encontrar otro similar con un precio m1s bajo. Por tanto, la estandarizaci3n ser1a similar al inicial:

Estandarizado			
Equipos	Nº E.	Coste U.	Total
G.D 15 KW	1	5.718 €	5.718 €
Total			5.718 €

Tabla 3.8. Estimaci3n de coste Generador Di3sel

Fuente: Elaboraci3n propia

3.2.4 Electrobombas

Para la estandarizaci3n de las electrobombas se ha planteado que la 1nica estandarizaci3n que se podr1a a llevar a cabo es la bomba de 5 m³/h reemplazarla por otra bomba de 6 m³/h este cambio no supone ning1n inconveniente en el funcionamiento del servicio, sin embargo, si se hubiese sustituido por otra de menor caudal entonces habr1a inconvenientes.



SIN Estandarizar				Estandarizado			
Equipos	Nº E.	Coste U.	Total	Equipos	Nº E.	Coste U.	Total
$\frac{5 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 5.4 bar	1	1.227 €	1.227 €	$\frac{5 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 5.4 bar			
$\frac{50 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 8 m	4	2.072 €	8.288 €	$\frac{50 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 8 m	4	2.072 €	8.288 €
$\frac{130 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 5.4 bar	2	2.430 €	4.860 €	$\frac{130 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 5.4 bar	2	2.430 €	4.860 €
$\frac{6 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 3.93 bar	7	1.442 €	10.094 €	$\frac{6 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 3.93 bar	8	1.442 €	11.536 €
Total			24.469 €	Total			24.684 €

Tabla 3.9. Estimación de coste estandarizado electrobombas

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Bombas

La situación de las bombas es similar a las electrobombas, hay que analizar que bombas se deciden estandarizar

SIN Estandarizar				Estandarizado			
Equipos	Nº. E	Coste U.	Total	Equipos	Nº. E	Coste U.	Total
$\frac{6 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 3.93 bar	3	1.442€	4.326€	$\frac{6 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 3.93 bar	8	1.588€	12.704€
$\frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 6 bar	2	2.181€	4.362€	$\frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 6 bar	2	2.181 €	4.362€
$\frac{10 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.47 bar	1	1.750€	1.750€	$\frac{10 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.47 bar	1	1.750€	1.750€
$\frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.47 bar	3	1.985€	5.955€	$\frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.47 bar	3	2.181€	6.543€
CA – 3 – 50	2	1.588€	3.176€	CA – 3 – 50			
CA – 2 – 50	1	1.442€	1.442€	CA – 2 – 50			
$\frac{125 - 200 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.96 bar	20	3.517€	70.340€	$\frac{125 - 200 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.96 bar	20	3.517€	70.340€
Agua caliente	2	1.442 €	2.884€	Agua caliente			
Total			94.271€	Total			95.699€

Tabla 3.10. Estimación de coste estandarizado bombas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 3.10, hay dos cambios significativos, el primero el cambio de $40 \text{ m}^3/\text{h}$ de 1,47 bares a 6 bares, y el segundo cambio para las bombas de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ a $10 \text{ m}^3/\text{h}$ de esta manera el precio no se afectado en grandes cantidades de coste.



3.2.6 Electroventiladores

Sin embargo en los electroventiladores se ha seguido la misma estrategia que en las bombas, cambiamos el electroventilador de 10.000 m³/h por el de 15.000 m³/h:

SIN Estandarizar				Estandarizado			
Equipos	Nº. E	Coste U.	Total	Equipos	Nº. E	Coste U.	Total
$\frac{4500 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1500 rpm	3	2.601€	6.420€	$\frac{6 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 3.93 bar	4	2.601€	10.404€
$\frac{10000 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 0.0025 bar	1	883€	883€	$\frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 6 bar			
$\frac{45000 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1500 rpm	1	2.601€	2.601€	$\frac{10 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.47 bar			
$\frac{25000 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 0.025 bar	2	1.377€	5.955€	$\frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 1.47 bar	2	1.377€	2.755€
$\frac{15000 \text{ m}^3}{\text{h}}$ a 0.025 bar	1	1.057€	1.057€	CA - 3 - 50	2	1.057€	2.144€
Total			13.719€				15.275€

Tabla 3.11. Estimación de coste estandarizado Electroventiladores

Fuente: Elaboración propia

3.2.7 Compresores

La situación de los compresores es diferente, se ha mantenido la situación inicial por que el compresor de mayor caudal es un compresor de aire de arranque, por lo tanto sus dimensiones en un principio serán mucho mayores que el compresor de 10 m³/h, por tanto en los compresores se tendrá en cuenta la dimensión y su función, es decir, la función del compresor de aire de arranque es para el motor diésel, en cambio los otros no.

Estandarizado			
Equipos	Nº E.	Coste U.	Total
$\frac{10 \text{ m}^3}{\text{h}}$	2	1.600€	3.200€
$\frac{54 \text{ m}^3}{\text{h}}$	1	5.630€	5.630€
Total			8.830€

Tabla 3.12. Estimación de coste estandarizado Compresores

Fuente: Elaboración propia



3.2.8 Purificador Combustible

En esta situación pasa igual que con el generador diésel autónomo, si hubiese más características de las que podamos indagar más se podría estandarizar, pero en este caso, carecemos de más información, por tanto:

Estandarizado			
Equipos	Nº E.	Coste U.	Total
<i>Alfa Naval MPOX</i>	2	12.700€	25.400€
<i>Total</i>			25.400€

Tabla 3.13. Estimación de coste purificador combustible

Fuente: Elaboración propia

3.2.9 Iluminación

Hay que aclarar que tanto para los anteriores casos como el de iluminación los costes por unidad son orientativos, como se ha dicho al principio, la iluminación será un claro ejemplo de estandarización puede ser que reemplazar la luminaria fluorescente por LED sea un proceso costoso, pero en el consumo es donde se producirá el ahorro energético y por consiguiente ahorro monetario.

SIN Estandarizar				Estandarizar (LED)			
Equipos	Nº E.	Coste U.	Total	Equipos	Nº. E	Coste U.	Total
40 W	20	18€	379€	40 W	20	5€	116€
9 W	20	9€	197€	9 W	20	1.8€	36€
1000 W	14	145€	2030€	1000 W	14	118€	1675€
1500 W	2	217€	435€	1500 W	2	244€	488€
500 W	1	72 €	72€	500 W	1	84€	84€
Focos 1000 W	2	185 €	370€	Focos 1000 W	2	372€	744€
Total			3484€	Total			3.126€

Tabla 3.14. Estimación de coste estandarizado iluminación LED

Fuente: Elaboración propia

En el ANEXO 1 y ANEXO 2 se pueden ver más detallado los precios y sus comparaciones, por tanto, de forma resumida y cogiendo los datos de los anexos y el precio estandarizado e inicial de la estructura podemos decir que:



	Equipos Auxiliares	Estructura
NO Estandarizada	544.366 €	305.845 €
Estandarizada	597.236 €	279.565 €
DIFERENCIA	-52.870 €	26.279 €
BALANCE	-26.591 €	

Tabla 3.15. Resumen económico global

Fuente: Elaboración propia

El resultado es negativo, no obstante, el proveedor juega un papel importante como se dijo al principio. Si compramos los motores, grupos electrógenos y los generadores al mismo proveedor, se podría llegar a un acuerdo para una rebaja comercial hipotéticamente de un 3 %, entonces si se llegase a ese acuerdo:

Motores	9.900 €
G. Electrógenos	438.413 €
G. Diésel	5.718 €
Total Sin Descuento	454.031 €
Descuento 3%	13.621 €
Total con Descuento	440.410 €
Nueva Situación Estandarizada	613.265 €
Nueva Diferencia	-24.739 €
Nuevo Balance	1.541 €

Tabla 3.16. Resumen Económico primera hipótesis de reducción proveedores

Fuente: Elaboración propia



El nuevo balance sería de 1.540,87 €, sin embargo si compramos a otro proveedor el siguiente lote de electrobombas, bombas y los compresores, el balance actual con otro 3 % de descuento máximo sería:

Electrobombas	24.684 €
Bombas	95.537 €
Compresores	8.830 €
Total Sin Descuento	129.051 €
Descuento 3%	3.872 €
Total con Descuento	125.179 €
Nueva Situación Estandarizada	609.393 €
Nueva Diferencia	-20.867 €
Nuevo Balance	5.412 €

Tabla 3.17. Resumen Económico segunda hipótesis de reducción proveedores

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver el balance final es positivo y con un margen considerable, de esta forma se reduce la lista de proveedores de 9 a 5.

Ese 3% de rebaja comercial es hipotético no obstante es un valor admisible que se puede conseguir a la hora de negociar con el proveedor.

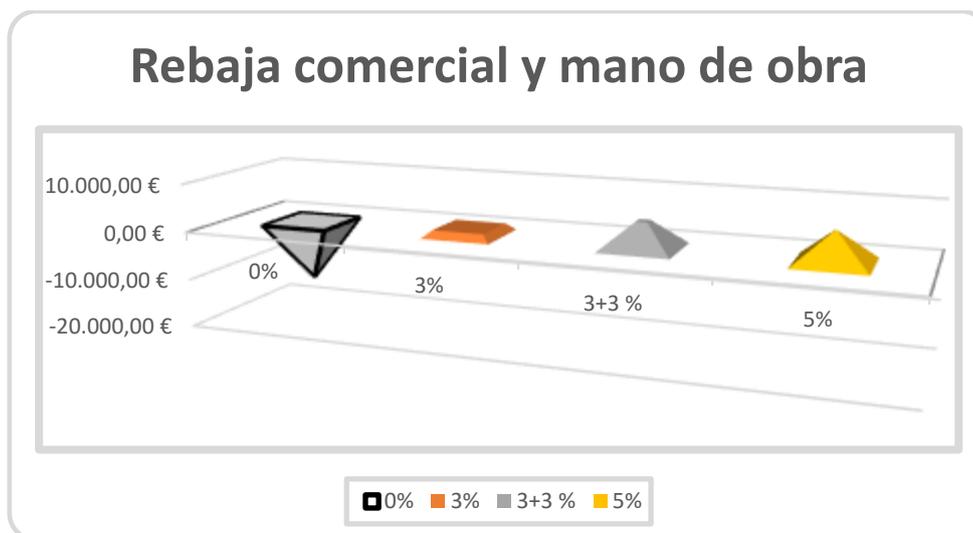


Figura 3.12. Variación de costes

Fuente: Elaboración propia



Si añadimos las horas de montaje éstas serán menores y por tanto se obtendrá mayor margen económico al reducir esas horas de montaje el astillero ahorra un tanto por ciento en costes, debido a que los operarios, al estandarizar más esos equipos tendrán más capacidad de montaje para un determinado equipo que para varios.

En el presente estudio lo que se pretende demostrar son los numerosos desperdicios que se cometen en la construcción de buques tanto en sobredimensionar los espesores de los escantillones como en la variedad de clases en las bombas, electrobombas, compresores, iluminación, etc...



ANEXO 1

Situación NO Estandarizada			
Equipos	Nº Elementos	Coste (unidad)	Total Coste
Motores			
Motor Diésel 1500 rpm	1	5.900 €	5.900 €
Motor Diésel 1000 rpm	1	4.000 €	4.000 €
			9.900 €
Electrógenos			
Grupos electrógenos 1200 KW	2	146.138 €	292.275 €
Grupo electrógeno de puerto 750 KW	1	110.950 €	110.950 €
			403.225 €
Generador Diésel Autónomo			
15 KW	1	5.718 €	5.718 €
Electrobombas			
5 m ³ /h a 25 m	1	1.227 €	1.227 €
50 m ³ /h a 8 m	4	2.072 €	8.288 €
60/130 m ³ /h a 5,4/3,34	2	2.430 €	4.860 €
6m ³ /h a 3,93 bares 1500 rpm	1	1.442 €	1.442 €
Agua salada/Lubricación/combustible	6	1.442 €	8.652 €
			24.469 €
Bombas			
6 m ³ /h a 3,93 bares	3	1.442 €	4.326 €
40 m ³ /h a 6 bares	2	2.181 €	4.362 €
10 m ³ /h a 1,47 bares 1450 rpm	1	1.588 €	1.588 €
40 m ³ /h a 1,47 bares 1450 rpm	3	1.985 €	5.955 €
CA-3-50	2	1.442 €	2.884 €
CA-2-50	1	1.442 €	1.442 €
125-26 200 m ³ /h a 1,96 bares	20	3.517 €	70.340 €
Agua caliente	2	1.442 €	2.884 €
			93.781 €
Electroventiladores			
45000 m ³ /h a 1500 rpm	3	2.140 €	6.421 €
10000 m ³ /h a 0,0025 bares	1	883 €	883 €
45000 m ³ /h a 1500 rpm a 0,0025 bares	1	2.602 €	2.602 €
25000 m ³ /h a 0.0025 bares	2	1.378 €	2.755 €
15000 m ³ /h a 0,0025 bares	1	1.058 €	1.058 €
			13.719 €
Compresores			
10 m ³ /h	2	1.600 €	3.200 €
aire de arranque 54 m ³ /h a 30 kg/cm ²	1	5.630 €	5.630 €
			8.830 €
Purificador de Combustible			
Alfa NAVAL MPOX	2	12.700 €	25.400 €
Iluminación			
40 W	20	19 €	379 €
9 W	20	10 €	198 €
1000 W	14	145 €	2.030 €
1500 W	2	218 €	435 €
500 W	1	73 €	73 €
focos 1000 W	2	185 €	370 €
			3.484 €
Total			588.526 €



ANEXO 2

Situación ESTANDARIZADA			
Equipos	Nº Elementos	Coste (unidad)	Total Coste
Motores			
Motor Diésel 1500 rpm	1	5.900 €	5.900 €
Motor Diésel 1000 rpm	1	4.000 €	4.000 €
			9.900 €
Electrógenos			
grupo electrógeno 1200 KW /1500 KVA	3	146.138 €	438.413 €
Generador Diésel Autónomo			
15 KW	1	5.718 €	5.718 €
Electrobombas			
5 m ³ /h a 25 m	1	1.442 €	1.442 €
50 m ³ /h a 8 m	4	2.072 €	8.288 €
60/130 m ³ /h a 5,4/3,34	2	2.430 €	4.860 €
6m ³ /h a 3,93 bares 1500 rpm	1	1.442 €	1.442 €
Agua salada/Lubricación/combustible	6	1.442 €	8.652 €
			24.684 €
Bombas			
6 m ³ /h a 3,93 bares	3	1.588 €	4.764 €
40 m ³ /h a 6 bares	2	2.181 €	4.362 €
10 m ³ /h a 1,47 bares 1450 rpm	1	1.588 €	1.588 €
40 m ³ /h a 1,47 bares 1450 rpm	3	2.181 €	6.543 €
CA-3-50	2	1.588 €	3.176 €
CA-2-50	1	1.588 €	1.588 €
125-26 200 m ³ /h a 1,96 bares	20	3.517 €	70.340 €
Agua caliente	2	1.588 €	3.176 €
			95.537 €
Electroventiladores			
45000 m ³ /h a 1500 rpm	3	2.602 €	7.806 €
10000 m ³ /h a 0,0025 bares	1	1.058 €	1.058 €
45000 m ³ /h a 1500 rpm a 0,0025 bares	1	2.602 €	2.602 €
25000 m ³ /h a 0.0025 bares	2	1.378 €	2.755 €
15000 m ³ /h a 0,0025 bares	1	1.058 €	1.058 €
			15.278 €
Compresores			
10 m ³ /h	2	1.600 €	3.200 €
aire de arranque 54 m ³ /h a 30 kg/cm ²	1	5.630 €	5.630 €
			8.830 €
Purificador de Combustible			
Alfa NAVAL MPOX	2	12.700 €	25.400 €
Iluminación			
40 W	20	6 €	116 €
9 W	20	2 €	36 €
1000 W	14	118 €	1.657 €
1500 W	2	244 €	489 €
500 W	1	84 €	84 €
focos 1000 W	2	372 €	744 €
			3.126 €
Total			626.886 €



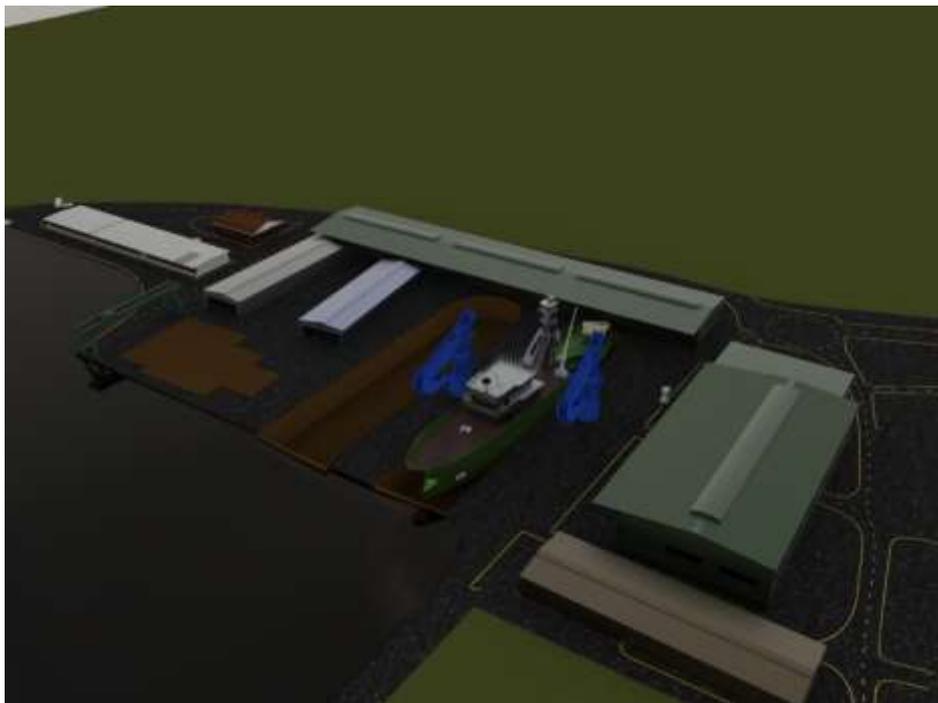
4. Bibliografía

- Tanker Shipping < http://www.tankershipping.com/news/view.dnv-and-ccs-tie-up-agreement-for-nautilus-hull_26860.htm> [Consulta:24 de Marzo 2016]
- Ahorro Eficiencia Energética
<http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10995_Agr17_AyEE_buques_pesca_ExperienciasyPracticas_A2011_bac5d46e.pdf> [Consulta:24 de Marzo 2016]
- DNV page <www.dnvgl.com>



Cuaderno N° 4

Optimización del Astillero



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Introducción**
- 2. Lean Manufacturing**
 - 2.1 Definición**
 - 2.2 Orígenes y antecedentes**
 - 2.3 Estructura del sistema Lean**
 - 2.4 Principios del sistema Lean**
 - 2.5 Concepto de despilfarro vs valor añadido**
 - 2.6 Concepto de mejora continua y Kaizen**
 - 2.7 Técnicas Lean**
 - 2.7.1 5S**
 - 2.7.2 Cambio rápido de herramientas SMED**
 - 2.7.3 Estandarización**
 - 2.7.4 Mantenimiento productivo total TPM**
 - 2.7.5 Control visual**
 - 2.7.6 Jidoka**
 - 2.7.7 Técnicas de calidad**
 - 2.7.8 Sistemas de participación del personal**
 - 2.7.9 Heijunka**
 - 2.7.10 Kanban**
 - 2.8 Hoja de ruta para la implantación Lean**
 - 2.9 Factor humano en la implantación Lean**
- 3. Presentación Astillero Actual**
 - 3.1 Instalaciones**
 - 3.2 Distribución en planta**
- 4. Implantación modelo Lean al Astillero**
 - 4.1.1 Diseño**
 - 4.1.2 Proveedores**
 - 4.1.3 Zona de curvado y perfil**
 - 4.1.4 Zona de tubería**
 - 4.1.5 Zona de Montaje inicial**
 - 4.1.6 Zona de habilitación**
 - 4.1.7 Zona de montaje final**
 - 4.1.8 Zona de gradería**
- 5. Bibliografía**



1. Introducción

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implantar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global. El modelo de fabricación esbelta, conocido como Lean Manufacturing, constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por toda empresa que pretenda ser competitiva.

El Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la extensión del sistema a otros sectores y países se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial.

De forma resumida puede decirse que Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

La clave del modelo está en generar una nueva cultura tendente a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios.

Lo cierto es que, más allá de las técnicas concretas, existe toda una “filosofía” que subyace detrás de este método y que lo distingue claramente de otras estrategias “de moda” encaminadas a mejorar la productividad de las empresas. Seguramente es la primera vez que una “cultura de analizar, pensar y actuar”, surgida de la experiencia de aquellas personas que están en contacto directo con la realidad a nivel de la planta de producción, ha recibido consideración y respuesta por parte de académicos, consultores y directivos de las empresas.

Una visión pragmática de que lo que significa el Lean Manufacturing nos confirma que constituye una puesta al día de los métodos tradicionales de organización del trabajo, desempeñados habitualmente por las oficinas técnicas de producción, que se estructuran y enriquecen con nuevos principios, métodos y técnicas aplicables a problemas específicos y dirigidos a conseguir la simplificación de la operación y la reducción de costes.

La industria pionera en su aplicación ha sido la del automóvil, arquetipo de la preocupación constante por mejorar la competitividad. La gran repercusión de cualquier iniciativa en esta industria tuvo un efecto muy beneficioso en la difusión de estas técnicas, aunque se extendió la idea falsa de que solo se podía aplicar a este sector. En la última década, industrias de los sectores de la alimentación, farmacéutica o bienes de equipo han adoptado con éxito el modelo Lean. Actualmente las experiencias señalan que el Lean es aplicable a cualquier tipo de industria, incluso a los servicios.

En España, el interés por el Lean Manufacturing está creciendo en los últimos años, aunque todavía existe un gran desconocimiento, especialmente entre las pequeñas y medianas empresas.



Los responsables de algunas organizaciones se muestran escépticos y consideran difícil poder generar ventajas duraderas a partir de la implantación Lean. Sin embargo, los numerosos éxitos de implantaciones Lean en nuestro país demuestran que cuando las direcciones de las empresas se comprometen con este modelo se alcanzan siempre resultados muy positivos. En muchas ocasiones los problemas principales para su aplicación están relacionados con la falta de convicción de los directivos sobre las ventajas que aporta, la resistencia al cambio de los trabajadores y la ausencia de liderazgo. En estas condiciones el factor humano toma una especial relevancia como clave en su implantación y mantenimiento.

La implicación de la alta dirección y sus acciones de motivación y comunicación con todos los niveles de la empresa resultan fundamentales. Un hecho sobresaliente es que muchas empresas están aplicando técnicas Lean sin ser plenamente conscientes de ello. Acciones relacionadas con mejora de tiempos, optimización de distribución en planta, organización de puestos de trabajo o aplicación de la calidad total son, en definitiva, acciones Lean.

El problema es que se trata de iniciativas aisladas y no forman parte de una política consciente y asumida por todos los actores de la empresa dirigida hacia la mejora continua.

2. Lean Manufacturing

2.1 Definición

El primer problema con el que nos encontramos a la hora de definir el significado de Lean Manufacturing es el elevado número de términos en castellano con los que las empresas se refieren a estas técnicas. Dependiendo de la industria o del autor se encontrarán traducciones como producción/fabricación delgada, ajustada, ágil, esbelta o incluso, sin grasa. Por otra parte, las empresas han adaptado como universales palabras en inglés o japonés que han pasado a ser parte del vocabulario técnico de las empresas que adoptan metodología Lean.

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.

Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro. Los beneficios obtenidos en una implantación Lean son evidentes y están demostrados.

La Figura 4.1 muestra el resultado de los beneficios que proporciona la implantación Lean las empresas en los aspectos importantes de la fabricación.



La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica. Lean Manufacturing consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie máquina y apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad. El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales e, incluso, de servicios.

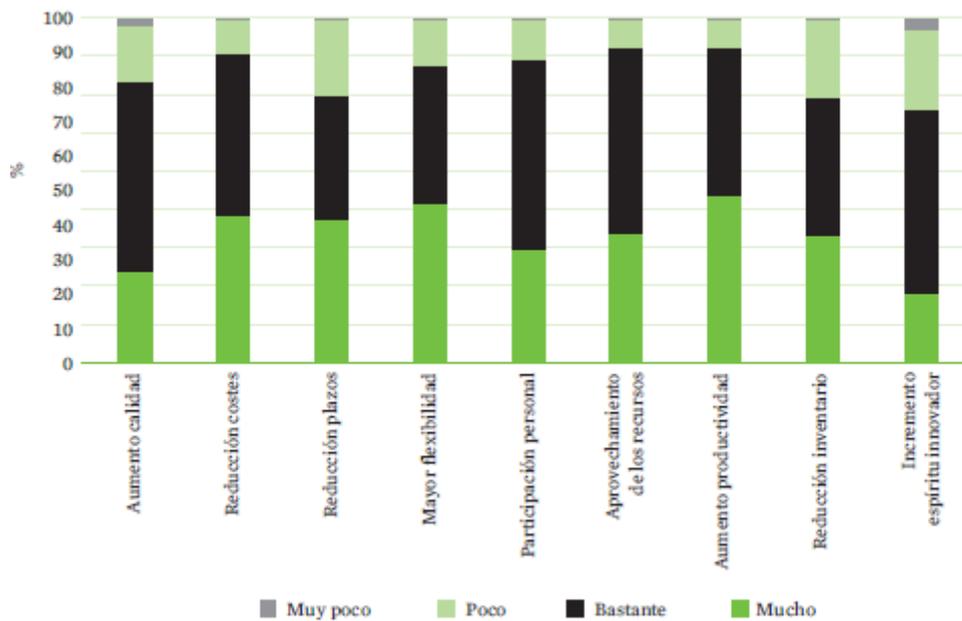


Figura 4. 1. Beneficios de la implantación Lean.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

2.2. Orígenes y antecedentes

Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y metodifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX y que encuentran sus ejemplos más relevantes en la fabricación de fusiles (EEUU) o turbinas de barco (Europa). Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos.

Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos se trata conjuntos de acciones y técnicas que buscan una nueva forma de organización y que surgen y evolucionan en una época en donde era posible la producción rígida en masa de grandes cantidades de producto.



La ruptura con estas técnicas se produce en Japón, en donde se encuentra el primer germen recocado con el pensamiento Lean. Ya en 1902, Sakichi Toyoda, el que más tarde fuera fundador con su hijo Kiichiro de la Corporación Toyota Motor Company, inventó un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba con una señal visual al operador que la maquina necesitaba atención.

Este sistema de “automatización con un toque humano” permitió separar al hombre la máquina. Con esta simple y efectiva medida un único operario podía controlar varias máquinas, lo que supuso una tremenda mejora de la productividad que dio paso a una preocupación permanente por mejorar los métodos de trabajo. Por sus contribuciones al desarrollo industrial del Japón, Sakiichi Toyoda es conocido como el “Rey de los inventores Japoneses”. En 1929, Toyoda vende los derechos de sus patentes de telares a la empresa Británica Platt Brothers y encarga a su hijo Kiichiro que invierta en la industria automotriz naciendo, de este modo, la compañía Toyota. Esta firma, al igual que el resto de las empresas japonesas, se enfrentó, después de la segunda guerra mundial, al reto de reconstruir una industria competitiva en un escenario de post-guerra. Los japoneses se concienciaron de la precariedad de su posición en el escenario económico mundial, pues, desprovistos de materias primas, sólo podían contar con ellos mismos para sobrevivir y desarrollarse.

El reto para los japoneses era lograr beneficios de productividad sin recurrir a economías de escala. Comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos, con especial atención a las prácticas productivas de Ford, a el control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, a las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Moses Juran, junto con las desarrolladas en el propio Japón por Kaoru Ishikawa.

Precisamente, en este entorno de “supervivencia”, la compañía Toyota fue la que aplico más intensivamente la búsqueda de nuevas alternativas “prácticas”. A finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En ese momento, dos jóvenes ingenieros de la empresa, Eiji Toyoda (sobrino de Kiichiro) y Taiicho Ohno, al que se le considera el padre del Lean Manufacturing, visitaron las empresas automovilísticas americanas. Por aquel entonces el sistema americano propugnaba la reducción de costes fabricando vehículos en grandes cantidades, pero limitando el número de modelos.

Observaron que el sistema rígido americano no era aplicable a Japón y que el futuro iba a pedir construir automóviles pequeños y modelos variados a bajo coste. Concluyeron que esto solo sería posible suprimiendo los stocks y toda una serie de despilfarros, incluyendo los de aprovechamiento de las capacidades humanas.

A partir de estas reflexiones, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”.

Las aportaciones de Ohno se complementaron con los trabajos de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota, que estudió detalladamente la administración científica de Taylor y teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth.



Entendió la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requería, focalizando su interés en la reducción de los tiempos de preparación. Sus primeras aplicaciones se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka–Joke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota.

El sistema JIT/TPS ganó notoriedad con la crisis del petróleo de 1973 y la entrada en pérdidas de muchas empresas japonesas. Toyota destacaba por encima de las demás compañías y el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo a otras empresas.

A partir de este momento la industria japonesa empieza a tomar una ventaja competitiva con occidente. En este punto hay que destacar que Taicho Ohno ha reconocido que el JIT surgió del esfuerzo por la superación, la mejora de la productividad y, en definitiva, la necesidad de reducir los costes, prueba de que en época de crisis las ideas surgen con más fuerza.

Sin embargo, pese a todos estos antecedentes, no es hasta principios de la década de los 90, cuando repentinamente el modelo japonés tiene “un gran eco” en occidente y lo hace a través de la publicación de “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos. En este libro se sintetiza el “Programa de Vehículos a Motor” que se realizó en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) con el fin de contrastar, de una forma sistemática, los sistemas de producción de Japón, Europa y Estados Unidos.

En esta publicación se exponían las características de un nuevo sistema de producción “capaz de combinar eficiencia, flexibilidad y calidad” utilizable en cualquier lugar del mundo.

En esta obra fue donde por primera vez se utilizó la denominación Lean Manufacturing, aunque, en el fondo, no dejó de ser una forma de etiquetar con una nueva palabra occidentalizada el conjunto de técnicas que ya llevaban utilizándose desde hacía décadas en Japón.

Teniendo en cuenta todos estos antecedentes es lógico que técnicos, docentes y expertos en la materia, hagan referencia al sistema de producción Japonés para hablar de Lean, un sistema nacido en un entorno socio-industrial muy diferente al occidental.

Precisamente, según Suzuki (2004), las técnicas JIT, junto al sistema de organización del trabajo japonés JWO (Japanese Work Organization) y el Jidoka, son los fundamentos que configuran el Lean Manufacturing.

El JWO consiste en idear y establecer una manera de organizar el trabajo orientado a la exhaustiva aplicación práctica de las habilidades de los trabajadores; esto es, a la plena utilización de las capacidades de la mano de obra. El sistema se completa con otras prácticas organizativas, tales como la formación de trabajadores para que puedan realizar varias tareas, la asignación flexible del trabajo, la asignación de responsabilidad a los trabajadores con el fin de comprobar parámetros de calidad y para efectuar mantenimiento básico. El Jidoka consiste en proporcionar a las máquinas la capacidad de parar el proceso si detecta que no puede fabricar una pieza sin errores.



JIT	JWO	Lean
Reducción producto en curso	Trabajadores multidisciplinares	Jidoka
Flujo continuo	Calidad en el puesto	Calidad Total
Reducción tiempos de entrega	Mantenimiento en el puesto	Mejora continua
Reducción tiempos de fabricación	Mejoras del puesto de trabajo	Compromiso dirección y empleados

Tabla 4. 1. Origen y evolución de los principios Lean.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.1 muestra un resumen de los principios esenciales que se han ido sumando al modelo Lean. En un primer grupo se encuadran los principios JIT originales, que afectan a productividad, costes, plazo de entrega y diversidad de productos. En un segundo grupo se recogen los principios JWO que usan el potencial de los trabajadores. El último grupo estaría formado por aquellos principios que se han ido incorporando finalmente para configurar lo que se entiende por Lean.

Para concluir la descripción del origen del Lean Manufacturing es conveniente simplificar los conceptos y desmitificar las denominaciones, en un primer ejercicio de pensamiento Lean que evite “despilfarros” en la comunicación de conceptos. El origen del Lean Manufacturing se encuentra en el momento en que las empresas japonesas adoptaron una cultura, que se mantiene hasta nuestros días, consistente en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y línea de fabricación, todo ello en contacto directo con los problemas y contando con la colaboración, involucración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios. En esa búsqueda adoptaron plenamente los principios de la calidad total y mejora continua logrando un cambio de mentalidad que no se produciría hasta décadas después en las fábricas de occidente.

2.3 Estructura del sistema Lean

Lean es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. En estas condiciones es complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla y que no siempre son homogéneos teniendo en cuenta que se manejan términos y conceptos que varían según la fuente consultada. De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema. El ilustración 3 representa una adaptación actualizada de esta “Casa”.

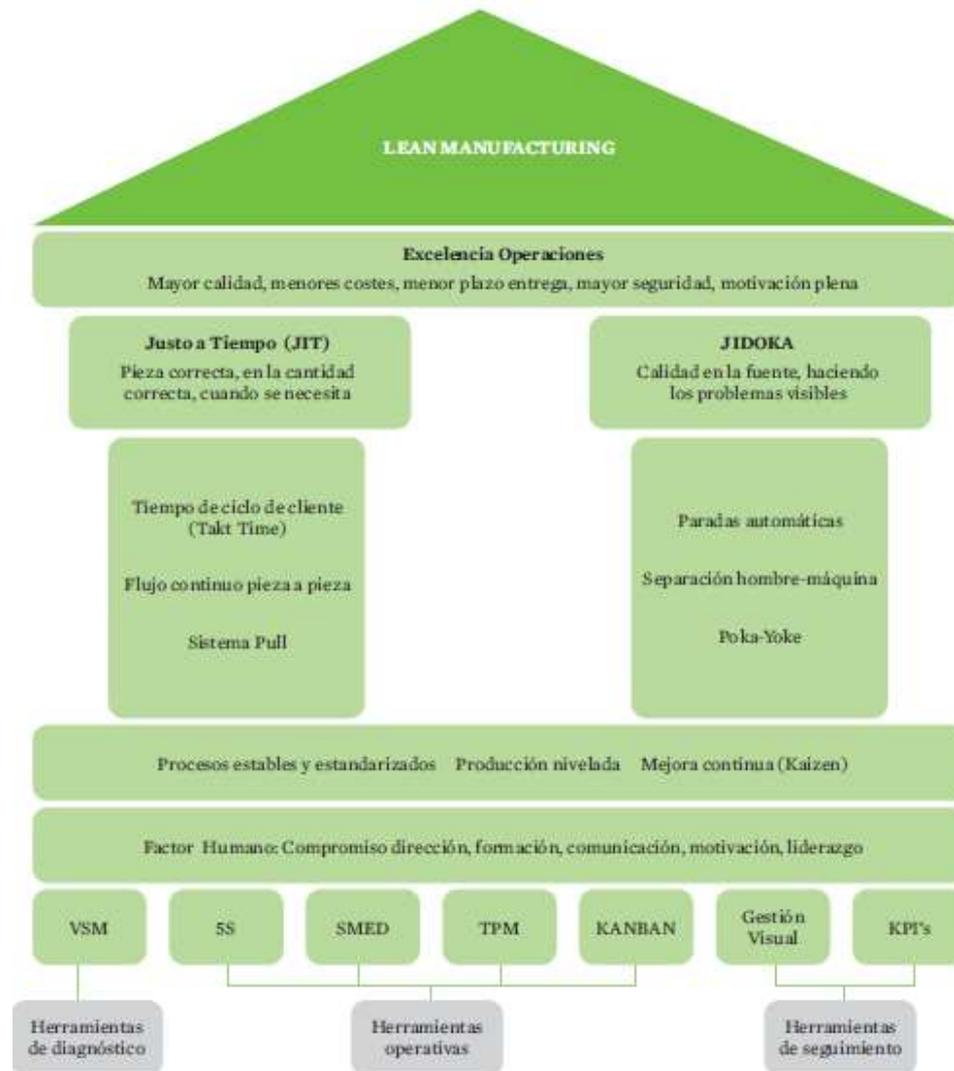


Figura 4. 2. Adaptación actualizada de la Casa Toyota.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración (Lead-time). Sujetando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT y Jidoka. El JIT, tal vez la herramienta más reconocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso. Ese sistema permite detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz de manera que los defectos no pasen a las estaciones siguientes.

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua.



A estos cimientos tradicionales se les ha añadido el factor humano como clave en las implantaciones del Lean, factor éste que se manifiesta en múltiples facetas como son el compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa. Todos los elementos de esta casa se construyen través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento.

Es importante utilizar este esquema de manera flexible en una primera aproximación al pensamiento Lean. Si bien la Casa Toyota es un buen ejercicio a nivel de presentación formal, una primera visión puede inducir a un directivo a pensar que es un sistema difícil de entender, complicado de poner en práctica y largo de implantar. Nada más lejos de la realidad. El esquema es una forma de trasladar al papel todas las facetas del sistema. Cada empresa, en función de sus características, experiencias, mercado, personal y objetivos, tanto a corto como a medio plazo, debe confeccionar un plan de implantación con objetivos acotados; seleccionando e implantando, paso a paso, las técnicas más adecuadas.

2.4 Principios del sistema Lean

Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son:

- Trabajar en la planta y comprobar las cosas in situ.
- Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.
- Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.
- A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:
 - Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
 - Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
 - Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
 - Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
 - Utilizar el control visual para la detección de problemas.
 - Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
 - Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
 - Conseguir la eliminación de defectos.



2.5 Concepto de despilfarro vs valor añadido

Muchos de los principios enunciados anteriormente están en consonancia con los objetivos que persiguen la práctica totalidad de las empresas industriales. En principio puede parecer una lista de buenas intenciones, pero surge inmediatamente la pregunta de cómo realmente pueden llevarse a la práctica.

Para ello Lean Manufacturing propugna un cambio radical cultural. Este cambio consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de “valor añadido” y “despilfarro”.

Un ejemplo de este cambio es la forma en la Lean mide la eficiencia y productividad de los sistemas de fabricación. Las empresas usan los indicadores de productividad como medida clave del rendimiento de sus procesos, pero si las mediciones se realizan sobre lo que hacemos, sin plantearnos si está o no bien hecho, si tiene o no “valor”, es muy probable que las cifras camuflen todo el potencial de mejora de competitividad y costes de nuestro sistema.

El valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente esté dispuesto a comprar. Entender esta definición es muy importante a la hora de juzgar y catalogar nuestros procesos. El valor añadido es lo que realmente mantiene vivo el negocio y su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal de la cadena productiva. En este punto, en el entorno Lean se define “despilfarro” como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. No se debe cometer el error de confundir desperdicio con lo necesario, es decir, cuando identificamos una operación o proceso como desperdicio, por no añadir valor, asociamos dicho pensamiento a la necesidad de su inmediata eliminación y eso nos puede crear confusión y rechazo.

Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso, aunque no tengan un valor añadido. En este caso estos despilfarros tendrán que ser asumidos.

Si las empresas actúan en la línea de la eliminación de los despilfarros dispondrán de la herramienta más adecuada para mejorar sus costes. Precisamente Lean surgió cuando las empresas ya no podían vender productos a partir del cálculo de sus costes, fueran los fueran, más un porcentaje de incremento por beneficios.

Con el pensamiento Lean, la estructura de precios se fundamenta en la ecuación simple:

$$\text{Coste} = \text{Precio de mercado} - \text{Beneficio}$$

En un planteamiento Lean se parte del precio que el mercado está dispuesto a pagar y del beneficio que se desea obtener para afrontar la minimización de costes combinando, reduciendo o eliminando tantas actividades sin valor añadido como sea posible. Las organizaciones cuentan con un enorme potencial para reducir costes y ofrecer mejores productos a los clientes si simplifican o eliminan las actividades de valor reducido.

En el entorno Lean la eliminación sistemática del desperdicio se realiza a través de tres pasos que tienen como objetivo la eliminación sistemática del despilfarro y todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido y que recibe el nombre de Hoshin (Brújula):



- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de nuestros procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente, volver a iniciar el ciclo de mejora.

La idea fundamental del Hoshin es buscar, por parte de todo el personal involucrado, soluciones de aplicación inmediata tanto en la mejora de la organización del puesto de trabajo como en las instalaciones o flujos de producción. Uno de los puntos clave del éxito del sistema se encuentra en la implicación de todo el personal, empezando por la dirección y terminando en los operarios.

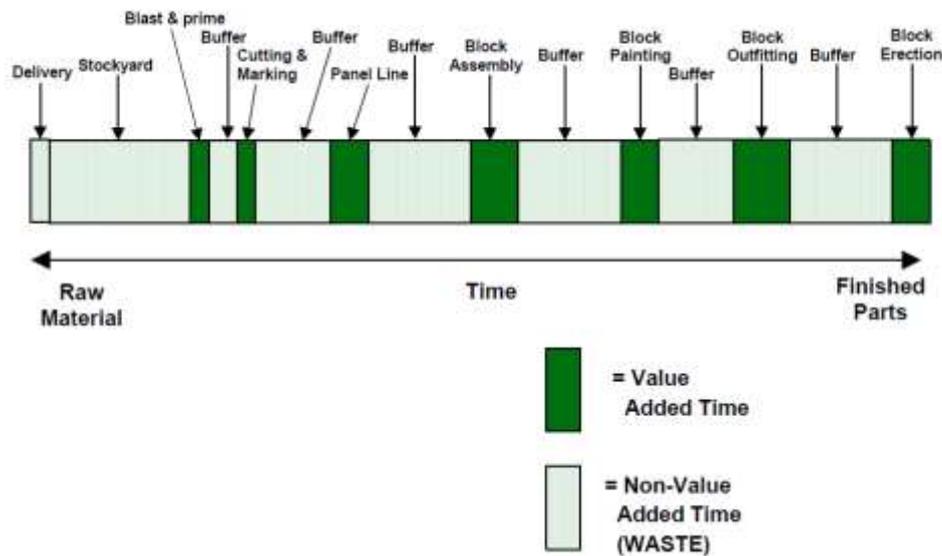


Figura 4. 3. Elementos valor añadido.

Fuente: Apuntes Asignatura Procesos Fabricación

La mejor forma de entender los conceptos descritos y evaluar su magnitud es identificar algunos de los tipos de desperdicios sobre los que se centra el Lean Manufacturing; almacenamiento, sobreproducción, tiempo de espera, transporte o movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos. Para cada uno de ellos identificaremos sus características y las probables causas de fallos, así como las posibles acciones que propone el sistema Lean para su eliminación.

El reconocimiento de los desperdicios de cada empresa debe ser el primer paso para la selección de las técnicas más adecuadas. El firme convencimiento de la existencia de multitud de desperdicios en la empresa ayudará a la hora de diagnosticar el sistema y aplicar las medidas más eficientes

2.5.1 Despilfarro por exceso de almacenamiento

El almacenamiento de productos presenta la forma de despilfarro más clara porque esconde ineficiencias y problemas crónicos hasta el punto que los expertos han denominado al stock la “raíz de todos los males”.



Desde la perspectiva Lean, los inventarios se contemplan como los síntomas de una fábrica ineficiente porque:

- Encubren productos muertos que generalmente se detectan una vez al año cuando se realizan los inventarios físicos. Se trata de productos y materiales obsoletos, defectuosos, caducados, rotos, etc., pero que no se han dado de baja.
- Necesitan de cuidados, mantenimiento, vigilancia, contabilidad, gestión, etc.
- Desvirtúan las partidas de los activos de los balances. La expresión “inversión en stock” es un error, porque no ofrecen retribución sobre las inversiones y, por tanto, no pueden ser considerados como tales en ningún momento.
- Generan costes difíciles de contabilizar: deterioros en la manipulación, obsolescencia de materiales, tiempo empleado en la detección de errores, incremento del lead time con posible insatisfacción para clientes, mayor dependencia de las previsiones de ventas, etc.

El despilfarro por almacenamiento es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material, antes y después del proceso, indica que el flujo de producción no es continuo. El mantenimiento de almacenes permite mantener los problemas ocultos, pero nunca los resuelve.

a) Características

- Excesivo espacio del almacén.
- Contenedores o cajas demasiado grandes.
- Rotación baja de existencias.
- Costes de almacén elevados.
- Excesivos medios de manipulación (carretillas elevadoras, etc.).

a) Causas posibles:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o fuera de control.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Sobreproducción.
- Reprocesos por defectos de calidad del producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

b) Acciones Lean para este tipo de despilfarro

- Nivelación de la producción.
- Distribución del producto en una sección específica. Fabricación en células.
- Sistema JIT de entregas de proveedores.
- Monitorización de tareas intermedias.
- Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

2.5.2 Despilfarro por “sobreproducción”

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria.



La sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita para nada, lo que representa claramente un consumo inútil de material que a su vez provoca un incremento de los transportes y del nivel de los almacenes.

El despilfarro de la sobreproducción abre la puerta a otras clases de despilfarro. En muchas ocasiones la causa de este tipo de despilfarro radica en el exceso de capacidad de las máquinas. Los operarios, preocupados por no disminuir las tasas de producción, emplean el exceso de capacidad fabricando materiales en exceso.

a) Características:

- Gran cantidad de stock.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipos sobredimensionados.
- Tamaño grande de lotes de fabricación.
- Falta de equilibrio en la producción.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipamiento obsoleto.
- Necesidad de mucho espacio para almacenaje.

b) Causas posibles:

- Procesos no capaces y poco fiables.
- Reducida aplicación de la automatización.
- Tiempos de cambio y de preparación elevados
- Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
- Falta de comunicación.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro

- Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción).
- Implementación del sistema pull mediante kanban.
- Acciones de reducción de tiempos de preparación SMED.
- Nivelación de la producción.
- Estandarización de las operaciones.

2.5.3 Despilfarro por “tiempo de espera”

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Por ello, es preciso estudiar concienzudamente cómo reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación.

a) Características:

- El operario espera a que la máquina termine.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.
- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario.



b) Causas posibles:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.
- Producción en grandes lotes.

- Baja coordinación entre operarios
- Tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea.
- Layout específico de producto. Fabricación en células en U.
- Automatización con un toque humano (Jidoka).
- Cambio rápido de técnicas y utillaje (SMED).
- Adiestramiento polivalente de operarios.
- Sistema de entregas de proveedores.
- Mejorar en mantenimiento de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.

2.5.4 Despilfarro por “transporte” y “movimientos innecesarios”

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados.

a) Características

- Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.
- Los equipos de mantenimiento circulan vacíos por la planta.

b) Causas posibles:

- Layout obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes o multifuncionales.



- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

2.5.5 Despilfarro por defectos, rechazos y Reprocesos

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier

necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos.

a) Características:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
- Espacio y técnicas extra para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

b) Causas posibles:

- Movimientos innecesarios.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Automatización con toque humano (Jidoka).
- Estandarización de las operaciones.
- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (andon).
- Mecanismos o sistemas anti-error (Poka-Yoke).
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas.
- Implantación mantenimiento preventivo.
- Aseguramiento de la calidad en puesto.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Control visual: Kanban, 5S y andon.
- Mejora del entorno de proceso.

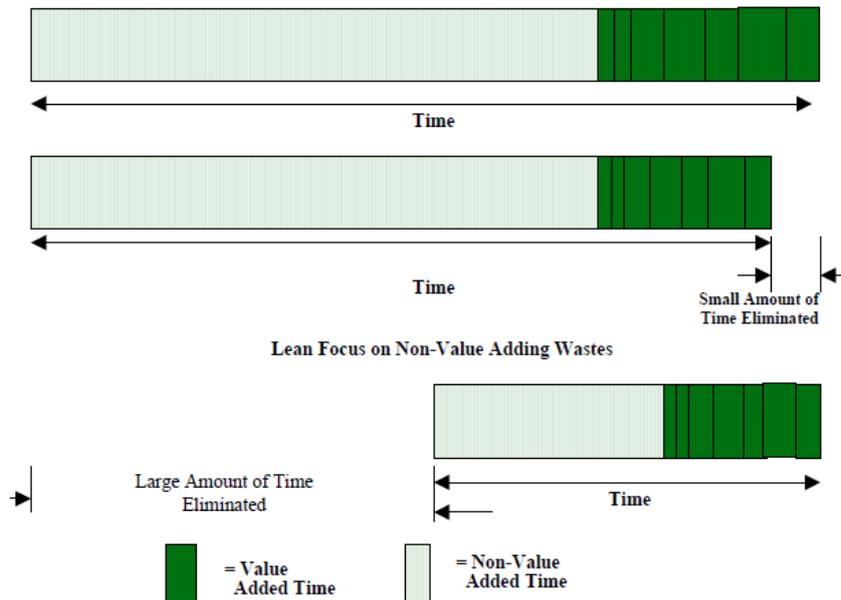


Figura 4. 4.Elementos valor añadido organizado.

Fuente: Apuntes Asignatura Procesos Fabricación

2.6 Concepto de mejora continua y KAIZEN

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido en denominar espíritu Kaizen, verdadero impulsor del éxito del sistema Lean en Japón.

Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de “mejora continua”.

La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos maduros aunque no tienen una aplicación real extendida. Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de las veces, lógico y de sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo. Las ventajas de su aplicación son patentes si consideramos que los estudios apuntan a que las empresas que realizan un constante esfuerzo en la puesta en práctica de proyectos de mejora continua se mueven con crecimientos sostenidos superiores al 10% anual.

Kaizen se ha considerado como un elemento clave para la competitividad y el éxito de las empresas japonesas.



El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras, realizado por todos los empleados, incluyendo a los directivos, que se van acumulando y que conducen

a una garantía de calidad, una reducción de costes y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo fijado. El proceso de la mejora continua propugna que, cuando aparece un problema, el proceso productivo se detiene para analizar las causas y tomar las medidas correctoras con lo que su resolución aumenta la eficiencia del sistema.

Llega un momento en que los incrementos derivados de la introducción de mejoras son poco significativos. Entonces debe producirse una inversión o cambio de la tecnología utilizada. Cuando los cambios son radicales, y se llevan a cabo mediante técnicas de reingeniería o de importantes mejoras en el diseño del producto, implican grandes inversiones y, a menudo, están asociados a la modernización de equipos y automatización. No obstante, el pensamiento Kaizen presenta inconvenientes y dificultades que, en la mayoría de los casos, tienen que ver con el cambio de mentalidad de directivos y resto del personal.

Obviamente las personas constituyen el capital más importante de las empresas; los operarios están en permanente contacto con el medio de trabajo, son quienes están mejor situados para percibir la existencia de un problema y, en multitud de ocasiones, son los más capacitados para imaginar las soluciones de mejora.

Ante estas consideraciones es lógico concluir que la mejora continua es el pilar básico del éxito del modelo creado en Japón y es un factor fundamental a la hora de conseguir que los beneficios de implantación de cualquier herramienta Lean Manufacturing sean persistentes en el tiempo.

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

Tabla 4.2. Los 10 puntos clave del espíritu KAIZEN

2.7 Técnicas LEAN

El Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños.

Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso.



El número de técnicas es muy elevado y los expertos en la materia no se ponen de acuerdo a la hora de identificarlas, clasificarlas y proponer su ámbito de aplicación.

La mejor forma de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las técnicas más importantes es agruparlas en tres grupos distintos.

Un primer grupo estaría formado por aquellas cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier casuística de empresa/producto/sector.

2.7.1 5S

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.

El concepto 5S no debería resultar nada nuevo para ninguna empresa pero, desafortunadamente, si lo es. Produce resultados tangibles y cuantificables para todos, con gran componente visual y de alto impacto en un corto tiempo plazo de tiempo. Es una forma indirecta de que el personal perciba la importancia de las cosas pequeñas, de que su entorno depende de él mismo, que la calidad empieza por cosas muy inmediatas, de manera que se logra una actitud positiva ante el puesto de trabajo.

Los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.

La implantación de las 5S sigue normalmente un proceso de cinco pasos cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa



y la consideración de aspectos humanos. La dirección de la empresa ha de estar convencida de que las 5S suponen una inversión de tiempo por parte de los operarios y la aparición de unas actividades que deberán mantenerse en el tiempo. Además, se debe preparar un material didáctico para explicar a los operarios la importancia de las 5S y los conceptos básicos de la metodología.

Para empezar la implantación de las 5S, habrá que escoger un área piloto y concentrarse en ella, porque servirá como aprendizaje y punto de partida para el despliegue al resto de la organización. Esta área piloto debe ser muy bien conocida, debe representar a priori una probabilidad alta de éxito de forma que permita obtener resultados significativos y rápidos. Los hábitos de comportamiento que se consiguen con las 5S logrará que las demás técnicas Lean se implanten con mayor facilidad.

El principio de las 5S puede ser utilizado para romper con los viejos procedimientos existentes y adoptar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo, de la calidad y de los objetivos generales de la organización. Es por esto que es de suma importancia la aplicación de la estrategia de las 5S como inicio del camino hacia una cultura Lean. El gráfico 3 resume los principios básicos y su implantación en cinco pasos o fases:



Figura 4. 5. Jerarquía 5'S'.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

2.7.1.1 Eliminar (Seiri)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes,



pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. En la práctica, el procedimiento es muy simple ya que consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho.

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

Figura 4. 6. Tarjeta Roja.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

2.7.1.2 Ordenar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa seiton, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del seiton comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.



Para su puesta en práctica hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad y eficiencia, dotando a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la correcta ejecución del trabajo.

2.7.1.3 Limpieza e inspección (Seiso)

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”.

Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir. Debe insistirse en el hecho de que, si durante el proceso de limpieza se detecta algún desorden, deben identificarse las causas principales para establecer las acciones correctoras que se estimen oportunas.

Otro punto clave a la hora de limpiar es identificar los focos de suciedad existentes (como los lugares donde se producen con frecuencia virutas, caídas de piezas, pérdidas de aceite, etc.) para poder así eliminarlos y no tener que hacerlo con tanta frecuencia, ya que se trata de mantener los equipos en buen estado, pero optimizando el tiempo dedicado a la limpieza.

2.7.1.4 Estandarizar (Seiketsu)

La fase de seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del seiketsu es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen. Su aplicación comporta las siguientes ventajas:



- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.

Para implantar una limpieza estandarizada, el procediendo puede basarse en tres pasos:

- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
- Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
- Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las
- 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican.

2.7.1.5 Disciplina (Shitsuke)

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y más difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas.

La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación. El líder de la implantación lean establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como, por ejemplo: flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc.



SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Figura 4. 7. Resúmen 5"S".

Fuente: Escuela de Organización Industrial

2.7.2 Cambio rápido de herramientas SMED

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

Es una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, generalmente con poca inversión aunque requiere método y constancia en el propósito.

La reducción en los tiempos de preparación merece especial consideración y es importante por varios motivos. Cuando el tiempo de cambio es alto los lotes de producción son grandes y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios.



Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de técnicas y útiles. Los nuevos métodos de cambio reducen sustancialmente los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones. Con cambios rápidos se puede aumentar la capacidad de la máquina. Si las máquinas se encuentran a plena capacidad, una opción para aumentarla, sin comprar máquinas nuevas, es reducir su tiempo de cambio y preparación.

Cabe destacar que en las empresas japonesas la reducción de tiempos de preparación no sólo recae en el personal de producción e ingeniería, sino también en los Círculos de Control de Calidad (CCC). Precisamente, SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolución de problemas como el análisis de Pareto, las seis preguntas clásicas: ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué?. Todas estas técnicas se usan a los efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas de preparación a partir de identificar la causa raíz que determinan tiempos elevados de preparación o cambio de técnicas.

En este sentido conviene tener presente las posibles causas que originan elevados de cambio:

- La terminación de la preparación es incierta.
- No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- Utilización de equipos inadecuados.
- No haber aplicado la mejora a las actividades de preparación.
- Los materiales, las técnicas y las plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.
- Las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado.
- Número de operaciones de ajuste elevado.
- Las actividades de preparación no han sido adecuadamente evaluadas.
- Variaciones en los tiempos de preparación de las máquinas.
- Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos
- y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación.

Estos estudios suelen encuadrarse en cuatro fases bien diferenciadas:

Fase 1: Diferenciación de la preparación externa y la interna

Por preparación interna, se entienden todas aquellas actividades que para poder efectuarlas requiere que la máquina se detenga. En tanto que la preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona.

El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa.



Para convertir la preparación interna en preparación externa y reducir el tiempo de esta última, son esenciales los puntos siguientes:

- Preparar previamente todos los elementos: plantillas, técnicas, troqueles y materiales...
- Realizar el mayor número de reglajes externamente.
- Mantener los elementos en buenas condiciones de funcionamiento.
- Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- Utilizar tecnologías que ayuden a la puesta a punto de los procesos.
- Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de los elementos
- principales y auxiliares (5S).

Fase 2: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones

Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. A tales efectos se consideran clave para la mejora continua de las mismas los siguientes puntos:

- Estudiar las necesidades de personal para cada operación.
- Estudiar la necesidad de cada operación.
- Reducir los reglajes de la máquina.
- Facilitar la introducción de los parámetros de proceso.
- Establecer un estándar de registro de datos de proceso.
- Reducir la necesidad de comprobar la calidad del producto.

Fase 3: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo

Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades. La siguiente fase debe enfocarse a la mejora del equipo:

- Organizar las preparaciones externas y modificar el equipo de forma tal que puedan seleccionarse distintas preparaciones de forma asistida.
- Modificar la estructura del equipo o diseñar técnicas que permitan una reducción de la preparación y de la puesta en marcha.
- Incorporar a las máquinas dispositivos que permitan fijar la altura o la posición de elementos como troqueles o plantillas mediante el uso de sistemas automáticos.

Fase 4: Preparación Cero

El tiempo ideal de preparación es cero por lo que el objetivo final debe ser plantearse la utilización de tecnologías adecuadas y el diseño de dispositivos flexibles para productos pertenecientes a la misma familia.



Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se traducen en una mayor capacidad de respuesta rápida a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de la línea), permitiendo la aplicación posterior de los principios y técnicas Lean como el flujo pieza a pieza, la producción mezclada o la producción nivelada.

2.7.3 Estandarización

La “estandarización” junto con las 5S y SMED supone unos de los cimientos principales del Lean Manufacturing. Una definición precisa de lo que significa la estandarización, que contemple todos los aspectos de la filosofía lean, es la siguiente:

“Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.

La estandarización en el entorno de fabricación japonés, se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema. Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; a continuación se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo”.

Este concepto de “estándar” es diametralmente opuesto a los sistemas rígidos de aquellas empresas en donde la estandarización se traduce en documentos muertos que reposan en estantes o paneles, desfasados y poco o nada utilizados; incluso suelen tener errores en las descripciones de los métodos y en otras usan enfoques inapropiados para el usuario o situación particular.

Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

1. Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
2. Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
3. Garantizar su cumplimiento.
4. Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.



2.7.4 Mantenimiento Productivo Total TPM

El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la máquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

La eficacia de los equipos se maximiza por medio del esfuerzo realizado en el conjunto de la empresa para eliminar las “seis grandes pérdidas” que restan eficacia a los equipos

Las seis grandes pérdidas en los equipos productivos

Tipo	Perdida
Tiempo Muerto	1. Averías debidas a fallos en equipos.
	2. Preparación y ajustes. Ejemplos, cambios de utillajes, moldes, ajustes herramientas.
Perdidas de velocidad	3. Tiempo en vacío y paradas cortas (operación anormal de sensores, bloqueo de trabajo en rampas, etc.).
	4. Velocidad reducida (diferencia entre la velocidad nominal y la real).
Defectos	5. Defectos en proceso y repetición de trabajos (desperdicios y defectos de calidad que requieren reparación).
	6. Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable.

Figura 4. 8. Seis grandes pérdidas en los equipos productivos.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

Una consecuencia importante de la implantación del TPM en la fábrica es que los operarios toman conciencia de la necesidad de responsabilizarse del mantenimiento básico de sus equipos con el fin de conservarlos en buen estado de funcionamiento y, además, realizan un control permanente sobre dichos



equipos para detectar anomalías antes de que causen averías. El TPM incluye como primeras actividades la limpieza, la lubricación y la inspección visual. El TPM promueve la concienciación sobre el equipo y el automantenimiento por lo que es necesario asegurar que los operarios adquieren habilidades para descubrir anomalías, tratarlas y establecer las condiciones óptimas del equipo de forma permanente. En estas condiciones, la implantación TPM requiere una metodología adecuada a las características de la empresa y sobre todo, formación de las personas.

De una forma esquemática, el proceso de implantación TPM se puede desplegar en las siguientes fases:

Fase preliminar

En una fase preliminar es necesario modelizar la información relacionada con mantenimiento, identificando y codificando equipos, averías y tareas preventivas.

Fase 1.- Volver a situar la línea en su estado inicial

El objetivo debe ser dejar la línea en las condiciones en las que fue entregada por parte del proveedor el día de su puesta en marcha: limpia, sin manchas de aceite, grasa, polvo, libre de residuos, etc.

Fase 2.- Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Una fuente de suciedad (fugas de aire o de aceite, caídas de componentes, virutas de metal, etc.) es aquel lugar en el que, aunque se limpie continuamente, sigue generando suciedad. Estas fuentes de suciedad hay que considerarlas como causas de un mal funcionamiento o anomalías de los equipos, aunque está claro que unas repercutirán más que otras en el rendimiento de las instalaciones.

Fase 3.- Aprender a inspeccionar el equipo

Para el proceso de implantación del TPM es fundamental que el personal de producción, poco a poco, se vaya encargando de más tareas propias de mantenimiento, hasta llegar a trabajar de forma casi autónoma. Para ello es imprescindible formación para transmitir los conocimientos necesarios a los operarios de la línea sobre el funcionamiento de las máquinas y los equipos. Esta formación cada vez será más detallada y abarcará más tareas multidisciplinarias.

Fase 4.- Mejora continua

En este paso los operarios de producción realizan las tareas de TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las técnicas necesarias y proponen mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de línea. Los responsables verifican los esfuerzos para mejorar los procedimientos de mantenimiento preventivo y supervisan sus actividades orientadas a elevar la rentabilidad económica de la planta. En esta fase cobra vital importancia la determinación de las causas de averías para la cual se pueden utilizar las mismas técnicas de calidad total que se usan en SMED.



2.7.5 Control Visual

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros.

El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión.

En este sentido, el control visual se convierte en la herramienta Lean que convierte la dirección por especialistas en un dirección simple y transparente con la participación de todos de forma que puede afirmarse que es la forma con la que Lean Manufacturing “estandariza” la gestión. Bajo la perspectiva Lean, estas técnicas persiguen mantener informado al personal sobre cómo sus esfuerzos afectan a los resultados y darles el poder y responsabilidad de alcanzar sus metas. Estas técnicas tienen relación con la importancia que en la metodología Lean tiene la motivación de los empleados a través de la información.

El control y comunicación visual tiene muchas ventajas, entre ellas la rápida captación de sus mensajes y la fácil difusión de información. En las empresas japonesas se considera el dialogo como una inversión muy importante para las compañías, pues gracias a los aportes de sus integrantes se establece un proceso de aprendizaje, común y compartido, a partir de la experiencia y conocimiento de los mismos empleados. La motivación aumenta cuando el trabajador tiene la oportunidad de contribuir y recibir reconocimientos. Los tableros de gestión visual, o cualquier otro tipo de técnicas de comunicación visual, son excelentes espacios que sirven como marco metodológico para orientar el flujo de ideas y brindar un contexto de la situación a ser analizada.

El control visual incluye muchos métodos de aplicación, cada uno adecuado a diferentes objetivos o problemas de gestión. El siguiente cuadro expone un resumen de las diferentes técnicas de control visual que pueden darse en la planta de fabricación.

No hay razón para implantar todo lo que aparece en el esquema sino que hay que aplicar aquellas medidas que mejor se adapten a las particularidades del sistema, de las personas, y del estado de evolución de la empresa hacia la cultura Lean

La implantación de cualquiera de los mecanismos de comunicación visual solo puede tener éxito con un cambio cultural en la fábrica. No sucede de la noche a la mañana el poder avanzar a un sistema de participación de la información. El punto de partida para la dirección y personal de supervisión es apoyar el proceso de participación en la información a la vez que se comunica a toda la compañía esta nueva perspectiva.



En este sentido, para aumentar el éxito de su implantación se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- No empezar nunca un proyecto de comunicación visual sin primero verificar el compromiso de la compañía con unas pautas bien definidas y siguiendo los principios citados con anterioridad.
- No se debe nunca hacer una aproximación a la comunicación visual como una mera técnica. Si la dirección de una compañía no mantiene este concepto, la exposición pública de información no avanzará más allá del gesto sin contenido y el debate superfluo.
- Una vez que se han salvado los primeros escollos de relación entre dirección y posesión de información es posible empezar. Más allá del punto de partida, la comunicación visual llega a ser un verdadero aliado del proyecto cultural por su poder para estimular el diálogo y superar las barreras jerárquicas.
- La aplicación de un sistema de indicadores no consiste meramente en colocar gráficos de control de gestión en los lugares de trabajo. Más bien, se debe cambiar el modo de concebir el sistema de mediciones, enfatizando en los indicadores del proceso y descentralizando la adquisición, medición, presentación y análisis de los datos.
- La colocación de resultados en el dominio público requiere considerar los aspectos culturales del tipo de medición específica y la cultura del personal. Es necesario permitir a los usuarios participar en la creación de estándares, incrementar la cantidad de trabajo hecho por pequeños grupos y aumentar el contacto informal con la cadena jerárquica.
- Desarrollar un sistema de responsabilidades compartidas, especialmente entre los departamentos de producción y los funcionales (mantenimiento, instalaciones, ingeniería industrial, etc.).
- Reorientar las funciones de control de calidad hacia la observación de los hechos y la resolución de problemas en lugar de monitorizar a los individuos para buscar culpables.
- Fomentar la participación del personal de producción en proyectos de mejora en sus lugares de trabajo.

2.7.6 Jidoka

Jidoka es un término japonés, que significa automatización con un toque humano o autonomación. Esta palabra, que no debe confundirse con automatización, define el sistema de control autónomo propuesto por el Lean Manufacturing.

Bajo la perspectiva Lean, el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Dado que sólo se producirán piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso.



Con este sistema máquinas y operarios se convierten en un inspector de calidad. No hay distinción entre empleados de la línea (que fabrican los artículos) e inspectores de calidad (que comprueban la bondad de la fabricación).

Las fases de inspección, si son necesarias, se realizan dentro de la misma línea y cada operario garantiza la calidad de su trabajo. En esta situación el énfasis se desplaza de la inspección para hallar defectos a la inspección para prevenir defectos. En otras palabras, se muestra más interés en controlar el proceso y menos el producto. Todas las unidades producidas deben ser buenas, no se permite el lujo de tener piezas defectuosas ya que no está prevista la producción de piezas adicionales.

La técnica Jidoka se puede aplicar de distintas maneras; en casi todos los casos depende de la creatividad aplicada para evitar que una pieza defectuosa siga avanzando en su proceso. Normalmente se identifican las técnicas Jidoka con sistemas de automatización de las máquinas o con la capacidad (y autoridad) del operario de parar la línea.

Una máquina automatizada es aquella que está conectada a un mecanismo de detención automático para prevenir la fabricación de productos defectuosos; de esta forma, se incorpora a las máquinas la inteligencia humana o un toque humano. La automatización modifica también el sentido del uso de la máquina. Cuando trabaja normalmente no es necesario ningún operario; sólo cuando se para como consecuencia de una situación anormal requerirá de la atención del personal. Como resultado, un solo trabajador podrá atender varias máquinas reduciéndose así el número de operarios e incrementando el rendimiento de la producción.



Fase	Descripción	Carga Hombre/máq.
1	Autonomación del proceso Transferir esfuerzo de operario en esfuerzo de la máquina. Ejemplo: Atornillado automático.	Operaciones simultáneas operario/máq.
2	Autonomación de sujetar Sustitución de apriete manual por sistemas accionados mecánicamente. El operario solo carga el útil.	
3	Autonomación de alimentación Alimentación automática. El operario solo interviene para parar la alimentación en caso de errores.	
4	Autonomación de paradas El sistema de alimentación para correctamente la máquina al final del proceso. El operario puede abandonar el proceso o máquina.	Tareas de operario
5	Autonomación de retornos Finalizado y parado el proceso correctamente, el sistema retorna a situación de inicio sin ayuda del operario.	
6	Autonomación de retirada de piezas Finalizado el proceso y retorno, la pieza es retirada automáticamente de forma que la siguiente pieza puede ser cargada sin necesidad de manipular la anterior.	
7	Mecanismos antierror (Poka-Yoke) Para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario.	
8	Autonomación de carga La pieza es cargada sin necesidad de operario. El proceso debe tener capacidad de detectar problemas y parar la operación.	Tareas máquina
9	Autonomación de inicio Completados los pasos anteriores la máquina debe empezar a procesar piezas de forma autónoma. Se deben prever problemas de seguridad y calidad.	
10	Autonomación de transferencia Se enlazan operaciones mediante sistemas de transferencia que eviten la intervención del operario.	

Figura 4. 9.Fases para alcanzar autoformación en las maquinas.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

La tabla muestra el esquema de los pasos progresivos y técnicas concretas que se pueden ir aplicando para alcanzar una autonomación completa en las máquinas.

La capacidad de parar la línea por parte del operario es un aspecto fundamental del Jidoka. Cada operario puede pulsar un botón para detener la producción cuando detecta defectos o irregularidades. Cuando el operario pulsa el botón, una señal indica el problema y alerta a todos los compañeros de la sección de las dificultades de la operación asignada al operario. Este sistema de luces, permite la comunicación entre los operarios.



En la práctica funciona de la siguiente manera. Una luz verde significa que no hay problemas, una de color ámbar indica que la producción se está quedando atrás, como consecuencia de un problema, pero el operario que lo ha detectado se ve capacitado para resolverlo personalmente.

Una luz roja indica la detección de un problema grave: el proceso se paraliza de manera que los compañeros y el propio encargado deben contribuir decididamente a encontrar una solución factible.

Un ejemplo que combina ambas técnicas es el utilizado en algunas factorías del sector del automóvil en donde los operarios caminan junto a una línea de montaje móvil, disponiendo de un tiempo limitado para ejecutar su trabajo. Si éste camina más allá de la distancia establecida, pisará una alfombrilla que activará un mecanismo que parará la línea de montaje. Pisar la alfombrilla significa que ha detectado un problema, causante del retraso en sus tareas. Cuando el mecanismo se activa y la línea se detiene, el encargado de sección junto con el operario tendrá un tiempo para resolver el problema y poner de nuevo la línea en marcha.

Otro punto clave de las técnicas Jidoka es el sistema de autoinspección o inspección “a prueba de errores”, conocido como Poka-Yoke en japonés. Se trata de unos mecanismos o dispositivos que, una vez instalados, evitan los defectos al cien por cien aunque exista un error humano. En otras palabras, se trata de que “los errores no deben producir defectos y mucho menos aún progresar”. Los poka-yoke se caracterizan por su simplicidad (pequeños dispositivos de acción inmediata, muchas veces sencillos y económicos), su eficacia (actúan por sí mismos, en cada acción repetitiva del proceso, con independencia del operario) y tienen tres funciones contra los defectos: pararlos, controlarlos y avisar de ellos.

El diseño de un poka-yoke debe partir de la base de que han de ser baratos, duraderos, prácticos, de fácil mantenimiento, ingeniosos y, preferiblemente, diseñados por los operarios.

2.7.7 Técnicas de calidad

La garantía de alta calidad constituye un pilar extraordinariamente importante en el contexto de Lean manufacturing. La calidad se entiende como el compromiso de la empresa en hacer las cosas “bien a la primera” y en todas sus áreas para alcanzar la plena satisfacción de los clientes, tanto externos como internos. El esfuerzo continuo mediante el despliegue de las técnicas de calidad es la única forma de asegurar que todas las unidades producidas cumplan las especificaciones dadas.

En esta situación cada empleado se convierte en un inspector de calidad, no habiendo distinción entre los operarios de la línea y el personal del departamento de calidad. De esta manera la reparación de los defectos no se realiza después de



un largo tiempo de producción defectuosa, sino inmediatamente después de la localización de un problema.

Sin embargo, la búsqueda de soluciones aplicables en cada caso industrial no es sencilla y en muchas ocasiones depende de la creatividad de las personas involucradas en los procesos de diseño, ejecución y control del proceso el evitar que una pieza defectuosa siga avanzando en su proceso.

Para alcanzar estos objetivos, Lean Manufacturing propugna un uso intensivo de las técnicas de Calidad TQM (Total Quality Management), destacando entre todas ellas los chequeos de autocontrol, la Matriz de Autocalidad, 6 Sigma, el análisis PDCA y la implantación de planes cero defectos.

2.7.7.1 Chequeos de autocontrol

Los autochequeos de calidad persiguen que el mismo operario que ejecuta las operaciones de fabricación se encargue de la inspección. Son un buen complemento en aquellos casos en que no es posible diseñar mecanismos anti-error que realicen un cien por cien de la inspección. Es un sistema muy eficiente aunque, a veces, puede ser difícil que los operarios tengan un espíritu crítico con su trabajo y sea necesario añadir otros sistemas de inspección.

Los chequeos sucesivos pueden reducir la tasa de defectos a una quinta parte de la inicial en pocas semanas. Para ello, es indispensable fijar sólo dos o tres puntos de chequeo. Debe advertirse que, de entrada, la tasa de defectos aumentará ya que se detectarán defectos que antes pasaban inadvertidos. En el caso de que sea necesario realizar inspecciones de tipo sensorial (por ejemplo, rayado, calidad de la pintura, etc.), es conveniente colocar las muestras (aceptables y no válidas) junto a los puntos de control para hacer evidentes los límites aceptables.

En la inspección sensorial tiene un papel relevante la visual, con la inestimable involucración de los operarios, lo que requerirá una labor de formación y cuatro fases:

- Mostrar los estándares para facilitar la interpretación del campo visible y permitir el reconocimiento de anomalías que puedan exigir respuestas.
- Desarrollar un sistema de respuesta que mantenga tres principios: transmisión de una retroacción rápida, colocar mensajes cerca y asegurar que la información se comparte dentro del grupo.
- Registrar los problemas.
- Observar más allá del propio entorno, ya que habitualmente se ha de ser consciente de las circunstancias externas al propio territorio.

2.7.7.2 La Matriz de Autocalidad (MAQ)

La Matriz de Autocalidad (MAQ) es una herramienta de soporte a la calidad que permite visualizar “dónde” se producen los defectos en un proceso dado y “hasta



quién llegan”. En la práctica se usa registrar los defectos con el objetivo de perseguir que se detecten allí donde se generan.

En esta matriz se representan cada una de las fases de un proceso productivo en filas y columnas. En general, se incluyen dos columnas destinadas a proveedores: la primera para los externos (donde se reflejan las compras) y la segunda para los internos (que son las distintas secciones que aprovisionan la línea de montaje). Del mismo modo se incluyen dos filas para clientes finales: una para los de carácter externo y otra para los de carácter interno.

La utilización de la MAQ se origina a partir de los datos de defectos anotados en las denominadas “Hojas de Registro de Defectos”. Al final de un turno de trabajo se recogen dichas hojas y se trasladan las anotaciones que figuran en las mismas y que representan los defectos detectados a la matriz de Autocalidad.

Por ejemplo, en un proceso de fabricación de un determinado producto, el operario encargado de la realización de la fase final, en la que se controla el aspecto de la pieza, observa un exceso de pegamento en la zona interior de una pieza. La cola sobresale por encima del embellecedor lo que da lugar a que el producto sea defectuoso. Una vez detectado el problema, el operario retira la pieza y la coloca en un contenedor de color rojo, anotando seguidamente el defecto en la hoja de registro de defectos de la línea.

Una vez introducidos todos los datos procedentes de las hojas de registro de defectos en la MAQ, se elabora un plan de acción para cada tipo de defecto. En este momento, las personas implicadas dejan de ser sólo los operarios, entran en escena el supervisor de la línea y el responsable de calidad. Estos últimos son los encargados de seleccionar los problemas más importantes empleando para ello un diagrama de Pareto, analizar dichos problemas y establecer un plan de acciones para paliarlos e incluso, si fuese factible, eliminarlos.

El objetivo final de la matriz de autocalidad es detectar todos los defectos en la fase donde se generan o lo que es lo mismo, que los defectos aparezcan registrados en la diagonal principal. Otro de los objetivos perseguidos es el de no tener ningún incidente con el cliente, esto aparece identificado en la matriz, cuando en la fila de los clientes no se aparece registrada ninguna marca.

2.7.7.3 Ciclo PDCA

Dentro de las técnicas de la calidad se considera que el análisis mediante el Ciclo PDCA, conocido como círculo de Deming, es una de las técnicas fundamentales a la hora de identificar y corregir los defectos.

En el entorno Lean Manufacturing, el ciclo planificar-ejecutar-verificar-actuar debe guiar todo el proceso de mejora continua, tanto en las mejoras drásticas o radicales como en las pequeñas mejoras: P (plan), diagnosticar los problemas,



definir los objetivos y la estrategia para abordarlos; D (do), llevar a cabo el plan, C (control), analizar los resultados; y A (act), ajustar, aprender de la experiencia, sacar conclusiones y realizar una nueva P o pasar a la S, al estándar, si se han cubierto los objetivos.

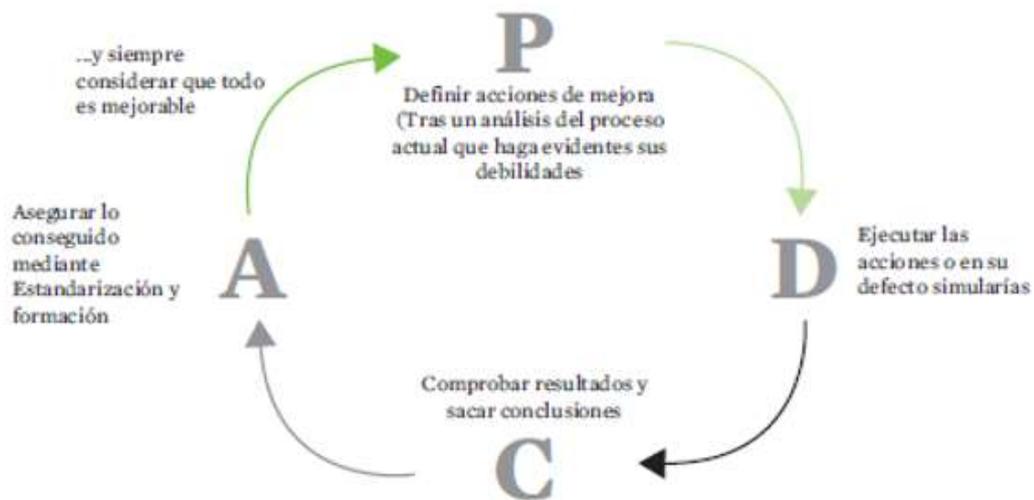


Figura 4. 10. Ciclo PDCA.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

La metodología de aplicación del ciclo PDCA puede resumirse en los siguientes pasos:

- Analizar la situación inicial. Las técnicas que se utilizarán para el análisis inicial del lugar de trabajo dependerán del nivel de implantación de técnicas Lean. La herramienta a aplicar en el análisis inicial puede ser un cuestionario de satisfacción del operario y una visita al lugar de trabajo, tomando fotografías con la finalidad de mejorar el control visual.
- Planificar y estudiar la viabilidad. Una vez finalizado el análisis inicial se analizan los resultados obtenidos, se detectan los puntos susceptibles de mejora y las técnicas a utilizar. En esta fase, se crean los indicadores, se cuantifican sus valores iniciales y se definen los objetivos a alcanzar para poder valorar la evolución después de la implantación.
- Seleccionar línea/área piloto. Se elige una línea o área piloto para la mejora, valorando la viabilidad económica y técnica, así como el cumplimiento de los estándares de la calidad. En caso de que las mejoras no sean viables se buscarán otras posibilidades.



- Implantación inicial en línea piloto. Después de seleccionar una línea piloto se implantan todas las mejoras utilizando las técnicas Lean más adecuadas para cada situación particular.
- Formar al personal. Una vez implantadas las mejoras se realiza la planificación de la formación de todo el personal con el fin de incrementar su capacitación y motivación.
- Verificar la efectividad de las mejoras. Se vuelven a utilizar las técnicas definidas para evaluación inicial con el fin de volver a obtener nuevos valores de los indicadores y, de esa manera, ver si se han logrado los objetivos propuestos. De no ser así se investigarán las causas y se volverán a realizar nuevas propuestas. Si los resultados cumplen los objetivos definidos se procederá a una estandarización de las mejoras y las técnicas para su mantenimiento.
- Planificar el trabajo en el resto de líneas o áreas de producción. Las mejoras estandarizadas en la línea piloto se implementarán en el resto de la línea de empresa.

2.7.7.4 Cero defectos

El objetivo final de aplicar cualquier herramienta de la calidad es la obtención de cero defectos bajo una perspectiva que englobe los cinco elementos clave de la de las fábricas: operarios, materiales, máquinas, método e información. Un plan global para lograr los cero defectos que utilice las técnicas Lean que han sido expuestas hasta ahora podría desplegarse a partir de las siguientes acciones:

- Entrenamiento básico (Personas). Las personas son la raíz de muchos errores y defectos. Se debe asegurar un buen fundamento con entrenamiento básico que incluya temas tales como el rol global de las personas en las fábricas, la calidad y la importancia del seguimiento de estándares.
- Entrenamiento en habilidades múltiples (Personas). Muchos defectos son resultados de la falta de conocimientos. Los operarios intentan voluntariamente fabricar productos libres de defectos pero la falta de algunos conocimientos y habilidades pueden hacer difícil para ellos descubrir los defectos. Cuanto más entrenamiento y formación, mayores serán las posibilidades de que los operarios puedan sumir con efectividad el autocontrol.
- Control visual (Información). En muchas ocasiones las empresas recogen gran cantidad de información sobre defectos para realizar análisis cuantitativos que quedan archivados si mayor uso. Este funcionamiento tiene poco sentido si la información no se examina y comparte con los trabajadores.



Los datos analíticos conviene ser expuestos en forma de representación gráfica que ayude a los trabajadores a explorar el significado de los datos.

- Inspección preventiva (Materiales). La inspección aguas abajo (en procesos posteriores) tienen poca capacidad para evitar la producción de artículo defectuosos. La mejor prevención de defectos es la que detecta y corrige los errores antes de que se produzcan los defectos.

Esta clase de control solo puede obtenerse combinando las operaciones productivas e inspección en el mismo lugar.

- Mecanismos anti-error (Máquina). La automatización con toque humano significa crear máquinas con la característica de detectar fallos y de forma automática y debe convertirse en pieza clave para lograr cero defectos en la línea.

- Mantenimiento preventivo (Máquina). Es necesario garantizar que los equipos de fábrica están en perfectas condiciones operativas para lo cual es necesario que los operarios aprenden las pautas diarias de mantenimiento que necesitan los equipos basándose en las técnicas TPM.

- Producción en flujo (Método). El mejor modo de descubrir defectos es usar el producto tan pronto se ha fabricado. La producción en flujo de una sola pieza permite a los trabajadores hacer justamente eso.

- Operaciones estándares (Método). Donde quiera que encontremos operarios que piensan “no sé realmente el mejor modo de hacer esto”, o, “es demasiado para mi decidir cómo debe hacerse esto”, podemos estar seguros que encontraremos productos defectuosos. La estandarización de los procesos y operaciones se convierte el elemento clave para asegurar que los operarios siempre realizan las operaciones de la forma más eficaz.

- 5S. Ninguna de las acciones anteriores funcionará a plena efectividad a menos que se establezca previamente una implantación eficaz de las 5S que, como se ha comentado, se convierte el primer cimiento sobre el que empezar aplicar principios y técnicas Lean.

2.7.7.5 Seis Sigma

Seis Sigma ha ido evolucionando desde su mera aplicación como herramienta de calidad a ser incluida dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación Lean. En realidad no es una herramienta sino una nueva técnica que adquiere su máxima efectividad cuando se combina con Lean Manufacturing.



Aun partiendo de esta premisa, se ha optado por incluirla dentro de las técnicas Lean para intentar clarificar sus diferencias ya que es muy frecuente encontrar alusiones recientes al Lean Seis Sigma (LSS).

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos o productos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, que persigue reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier fallo que en un producto o servicio no logre cumplir los requisitos del cliente. Utiliza técnicas estadísticas para la caracterización y el estudio de la variabilidad de los procesos. Utiliza técnicas estadísticas y no estadísticas en un proceso de cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Introducir Mejoras y Controlar (DMAIC).

Mientras que Lean Manufacturing actúa sobre los despilfarros de las actividades de producción de una manera rápida, Seis Sigma afronta el análisis de las causas para evitar su repetición. Lean Seis Sigma es algo más que un programa de mejora convencional.

Los programas Lean Seis Sigma exigen una mayor dedicación (en algunos casos, y para algunas personas, a tiempo completo), se centran en problemas concretos para cuya elección se realizan estudios de viabilidad económica, utilizan técnicas potentes de recogida y análisis de datos, y exigen un inequívoco compromiso de la dirección. Todo ello encaminado a que las acciones de mejora se reflejen finalmente en beneficios en el balance económico de la empresa.

El conocimiento de los principios Seis Sigma es la mejor forma de conocer el contenido y alcance de este sistema:

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo. Esta metodología implica un cambio en la forma de realizar las operaciones y de tomar decisiones. La estrategia se apoya y compromete desde los niveles más altos de la dirección y la organización.
- Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye personal a tiempo completo. La forma de manifestar el compromiso por Seis Sigma es creando una estructura directiva que integre líderes de negocio, de proyectos, expertos y facilitadores. Cada uno de los líderes tiene roles y responsabilidades específicas para formar proyectos de mejora.
- Formación y acreditación. Cada uno de los actores del programa de Seis Sigma requiere de una formación específica.
- Orientada al cliente y enfocada a los procesos. Esta metodología busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente y que



los niveles de calidad y desempeño cumplan con los estándares de Seis Sigma. Al desarrollar esta metodología se requiere profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades. En base a ese estudio sobre el cliente se diseñan y mejoran los procesos.

- Dirigida con datos. Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos de esta metodología. Los datos son necesarios para identificar las variables de calidad y los procesos y áreas que tienen que ser mejorados.
- Se apoya en una metodología robusta. Se requiere de una metodología para resolver los problemas del cliente, a través del análisis y tratamiento de los datos obtenidos.

La metodología Seis Sigma es una iniciativa a realizar a largo plazo, basada en una política intensa de comunicación entre todos los miembros y departamentos con el fin de crear una nueva cultura en toda la organización.

2.7.8 Sistemas de participación del personal

Los sistemas de participación del personal (SPP) se definen como el conjunto de actividades estructuradas de forma sistemática que permiten canalizar eficientemente todas las iniciativas que puedan incrementar la competitividad de las empresas. Estos sistemas tienen como objetivo común la identificación de problemas o de oportunidades de mejora para plantear e implantar acciones que permitan resolverlos, de aquí que son pieza fundamental en el proceso de mejora continua propugnado por el Lean Manufacturing.

Sobre el papel, los sistemas de participación le dan al personal la oportunidad de expresar sus ideas relativas a diferentes aspectos de las actividades desarrolladas en la organización. Su puesta en marcha no es sencilla ya que la implicación del personal es uno de los temas más controvertidos en las empresas y su éxito suele ser escaso.

El problema radica en la poca importancia que muchas veces se le ha otorgado al individuo dentro del sistema. La implicación personal se consigue con trato directo y el establecimiento de técnicas que se ocupen particularmente del individuo. Para ello, el sistema Lean de mejora continua establece las prioridades en el lanzamiento de las mismas en función de su transcendencia:

- Seguridad en el trabajo. La premisa principal es garantizar la seguridad de todos los trabajadores a partir de buenas normas y mecanismos de control.
- Condiciones de trabajo. La creación de un buen ambiente de trabajo comienza por establecer unas condiciones de trabajo satisfactorias que inviten a emprender el camino a la mejora.



- Formación. El crecimiento profesional personal motiva e implica para sentirse partícipe del conjunto y asumir los objetivos de la empresa como propios.
- Comunicación personal. Una comunicación frecuente, clara y directa de los trabajadores con los superiores jerárquicos, de forma personal, elimina dudas y conflictos que pueden entorpecer el avance de la mejora.
- Participación en la mejora. La experiencia de cada uno de los trabajadores es uno de los mayores valores de la empresa. Se deben crear mecanismos para incitar ideas de mejora, tanto a nivel individual como colectivo.
- Implicación de todos. Finalmente la implicación de todo el personal, desde los directivos hasta los operarios, creará el vínculo necesario para la sostenibilidad. En estas condiciones, los sistemas de participación pueden suponer evidentes ventajas para las empresas:
- La mejora de las relaciones y la comunicación entre los diferentes niveles jerárquicos de la organización.
- El fomento de la creatividad y de la conciencia de grupo frente a la conciencia individual, lo que supone una mejor integración en la estructura organizativa.
- El incremento de la motivación del personal.
- Dentro del pensamiento Lean, los sistemas de participación de personal más usados son los grupos de mejora y los sistemas de sugerencias.

GRUPOS DE MEJORA:

En el entorno Lean, los proyectos de implantación, mejora y mantenimiento del sistema se organizan a través de diferentes tipologías de grupos (de mejora) cuya solidez se basa en la implicación gracias a su participación activa y a las técnicas puestas a su disposición:

- Equipos de mejora (equipos Kaizen). Equipos de seis a ocho miembros que abordan la resolución de problemas específicos o el despliegue de nuevas técnicas. Son equipos multidisciplinares formados por personas de diferentes niveles de responsabilidad y departamentos. Están adiestrados en técnicas de análisis y resolución de problemas y en técnicas específicas para la búsqueda y eliminación de “desperdicios”. La creación de grupos Kaizen permite gestionar, de forma activa, el conocimiento depositado en todas las personas de la organización. Bajo la perspectiva “la situación actual nunca es la mejor de las posibles”, estos grupos trabajan para conseguir mejoras.
- Grupos autónomos de producción (GAP). Grupos de personas que trabajan en un área determinada, organizando el trabajo orientado a los procesos y que persiguen en todo momento la mejora continua. Estos grupos son decisivos a la hora de pilotar la implantación inicial de técnicas Lean en un área determinada de la fábrica.



Posteriormente, una vez implantadas y estabilizadas, son decisivos a la hora de mantener el sistema y perseguir el control y la mejora continua de los resultados (costes, calidad, entregas y personal).

Las características que diferencian estos grupos Lean de las iniciativas tradicionales de equipos o reuniones de resolución de problemas, son las siguientes:

- Disponen de estructuras definidas de soporte operativo que están a su disposición para el desarrollo de sus acciones de mejora. Utilizan la gestión visual como soporte al sistema. La gestión visual se refleja en todas las actividades de los equipos tales como control de indicadores, técnicas de implicación del personal, seguridad, formación (polivalencia), ideas de mejora, condiciones de trabajo, estándares de calidad o informaciones de buenas prácticas de otros equipos Lean.
- Pertenecen a una estructura perfectamente jerarquizada y definida que deja claras las reglas para la comunicación y gestión que facilitan de forma ágil y eficiente la toma de decisiones.
- Disponen de un sistema perfectamente definido de reuniones según los diferentes niveles jerárquicos. Este sistema se traduce en un Mapa de Reuniones de Planta que establece tipo de reuniones, cadencia, participantes, agenda y objetivos.
- La metodología de las reuniones está también perfectamente definida en todos sus aspectos: actas, preparación previa, tiempo controlado...

PROGRAMA DE SUGERENCIAS:

Los programas de sugerencias están dirigidos a aprovechar todo el potencial individual de los empleados mediante la canalización de sus sugerencias. Una sugerencia es toda idea que suponga una modificación, simplificación, o mejora de los métodos de trabajo, tanto administrativos como productivos, y cuya consecuencia es una reducción de costes. Una sugerencia debe incluir una situación previa (“el antes”) y una situación propuesta (“el después”) de modo concreto y claro ya que no pueden admitirse sugerencias idealistas o genéricas como plantear la “mejora del sistema de comunicación de la empresa”. En principio, las sugerencias deben enfocarse hacia los siguientes temas:

- Mejora de la calidad y de los procesos productivos y administrativos.
- Ergonomía y seguridad de los puestos de trabajo.
- Reutilización y aprovechamiento de materiales.
- Eliminación de cualquier tipo de despilfarro.
- Ahorros de energía, horas máquina, gastos generales, etc.
- Los sistemas de sugerencias se han considerado tradicionalmente los primeros programas de mejora, sin embargo, no siempre han alcanzado éxito por las siguientes razones:
- El programa se desarrolla más como una entidad independiente que como parte de un enfoque global dirigido a la mejora continua del sistema.



- La mayor parte de la organización no comparte la idea de que a mayor número de sugerencias, mejor moral del personal y mejor rendimiento.
- Las personas que formulan las sugerencias no son las mismas que las aplican.
- El proceso de evaluación es complejo y lento quizás porque, al intentar que sea justo y exacto, se burocratiza demasiado.
- Los éxitos no se comparten con el personal. Los participantes no reciben estímulo ni información sobre resultados y se piensa que el sistema no es importante para la dirección.
- No se ha formado lo suficiente a los operarios ni a los líderes del proceso de mejora continua, ni se ha verificado que estos líderes sirvan para extender el sistema.
- Existe una falta de voluntad en la organización, especialmente en la dirección, para mejorar el programa de sugerencias y hacer que funciones de forma efectiva.
- No se ha establecido un procedimiento de presentación de sugerencias y tampoco se ha previsto un formato estándar de seguimiento de las sugerencias.

En general, los medios más comunes para difundir el programa de sugerencias son: la información general a los empleados, a través de la Intranet o el boletín interno de la empresa, los cursos de formación y los anuncios de premios y recompensas

2.7.9 Heijunka

La técnica Heijunka y el Kanban, objeto de explicación en el siguiente apartado, son las técnicas que suponen el paradigma de la producción Lean. Surgidas de manera específica en la industria del automóvil suponen el máximo grado de compromiso con la filosofía JIT y son técnicas que necesitan de entornos específicos para su aplicación, tanto en lo relativo a los productos, como en los procesos y disponibilidad de medios.

Heijunka es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo. Evidentemente, esta herramienta no es aplicable si hay nula o poca variación de tipos de producto. La gestión práctica del Heijunka requiere un buen conocimiento de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos y, a su vez, exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización. Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en promedio dentro de un período suficientemente grande de tiempo, pero son impredecibles si se analizan con un rango de tiempo pequeño y fuera de un programa pactado. En el primer caso, las variaciones de la producción se deben al propio proceso (planificación, tamaño de los lotes, incidentes, oportunidades de negocio, etc.). En el segundo caso, es la aplicación extrema del tamaño unitario del lote lo que lleva a las empresas a intentar el ajuste instantáneo de la demanda, soportando todas las variaciones de los pedidos. A través de una producción continua nivelada, suavizada y en pequeños lotes, se logra producir con el mínimo nivel de despilfarro posible.



Para la aplicación del Heijunka existen una serie de técnicas que, integradas en su conjunto, permiten obtener un sistema avanzado de producción con flujo constante, ritmo determinado y trabajo estandarizado, lo que proporciona unas ventajas muy significativas desde el punto de vista de la optimización de mano de obra, minimización de inventarios y tiempos de respuesta al cliente. Estas técnicas son:

- Usar células de trabajo.
- Flujo continuo pieza a pieza.
- Producir respecto al Takt time (tiempo de ritmo).
- Nivelar el mix y el volumen de producción.

2.7.9.1 Usar células de trabajo

Uno de los primeros pasos en la puesta en marcha de un sistema Lean es la creación de flujo en la planta, lo que lleva a un layout orientado al producto. En este tipo de distribución las estaciones de trabajo se sitúan una al lado de la otra siguiendo las fases del proceso productivo y el producto avanza a medida que se hacen las operaciones correspondientes. De esta forma se crea una secuencia eficiente que permite un movimiento continuo y suave de las materias primas para elaborar productos de principio a fin. El diseño que mejor cumple los requerimientos básicos de la gestión Lean es la denominada “célula flexible” (o de trabajo), que responde al concepto de flujo de actividades muy cercanas y que adopta la forma física de “U”. Lo esencial de la distribución en U es que la entrada y la salida de una línea se encuentran en la misma posición. El flujo continuo transforma varios procesos que trabajan de forma independiente en una celda de trabajo conjunta donde todos los procesos van ligados uno después del otro.

Cada celda se diseña para producir una familia de partes o una cantidad limitada de familias de partes. Una familia de partes es un grupo de piezas o subconjuntos del producto principal que poseen similitudes en la forma geométrica y el tamaño, o en las fases de fabricación. La celda incluye equipo especial de producción y técnicas y soportes personalizados para optimizar la producción de las familias de partes. En esta situación, cada celda se convierte en una fábrica dentro de la fábrica.

A la hora de diseñar células de células se hacen necesarios ciertos requerimientos:

- Identificar familias de productos, a menudo utilizando tecnología de grupos.
- Contar con personal capacitado y flexible.
- Disponer de personal de apoyo o empleados imaginativos y flexibles para establecer las células de trabajo iniciales.
- Diseñar sistemas antierror en cada estación de la célula.

La adopción de células permite obtener unas ventajas muy significativas en la eficiencia del sistema:



- Mejor cumplimiento de los requisitos establecidos por el cliente, en calidad y plazos.
- Reducción del inventario en proceso ya que la célula de trabajo se establece para proporcionar un flujo equilibrado de máquina a máquina.
- Reducción en el espacio de la planta ya que se necesita de menos espacio entre las máquinas para el inventario en proceso.
- Menor inventario de materias primas y productos terminados, porque con menos trabajo en proceso se agiliza el movimiento de materiales.
- Mayor uso de equipo y maquinaria debido a una mejor programación y el flujo más rápido.

2.7.9.2 Flujo continuo pieza a pieza

El concepto de flujo continuo se resume mediante una frase simple: “mover uno, producir uno” (o “mover un pequeño lote, fabricar un pequeño lote”). Es fundamental el papel del flujo continuo dentro de la filosofía Lean en la que hay que asegurar que una operación “aguas arriba” nunca hace más de lo que requiere una operación “aguas abajo”, de manera que nunca se produce más de lo que solicita un cliente.

También se puede definir como trabajar de modo que el producto fluya de forma continua, desde el proveedor al cliente, con el menor plazo de producción posible y con una producción de despilfarro mínima.

El flujo continuo supone configurar todo el proceso para que dicho flujo se interrumpa lo menos posible, de modo que se pueda trabajar a un ritmo fluido y, para hacerlo posible, se necesitan contemplar tres niveles distintos:

1. Flujo de información normalizado para tomar decisiones aplicando las técnicas siguientes:
 - La nivelación para distribuir la producción de la forma más fluida.
 - Las tarjetas kanban para indicar la necesidad de material.
 - El seguimiento diario de procesos para localizar las desviaciones y resolver problemas cuanto antes.
2. Flujo de materiales. Al reducir el despilfarro paso a paso, se crea un flujo de materiales con el menor plazo de producción posible mediante el uso de las técnicas siguientes:
 - Un flujo pull entre todos los procesos para reducir el trabajo en proceso.
 - Un equipo necesario para el flujo de proceso.
 - Una organización multiproceso.
 - Unas entregas frecuentes.
3. Flujo de operarios (trabajo normalizado). Al formar a los operarios y asignarles las técnicas adecuadas, se crean estaciones de trabajo que ofrecen gran flexibilidad y eficacia. Para ello es necesario:



- Sincronizar el proceso según el takt time.
- Crear celdas o líneas flexibles.
- Formar a los operarios para trabajar en líneas multiproceso (polivalencia del personal).
- Normalizar el trabajo para distinto número de operarios en función de la demanda del mercado.

2.7.9.3 Producir respecto al Takt time (tiempo de ritmo)

El takt, “compás” en idioma alemán, se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, convirtiéndose en un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir. Se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción por la demanda del cliente, todo ello en un periodo dado. Así pues, el takt time se puede describir mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Takt time} = (\text{tiempo operativo por periodo en segundos.}) / (\text{Demanda cliente por periodo en unidades}).$$

Si el turno de trabajo es de ocho horas diarias (480 minutos), 22 días laborables al mes y los clientes compran 79.200 unidades por mes, deberían fabricarse 3.600 unidades al día o una unidad cada 8 segundos. En un proceso de flujo pieza a pieza, cada proceso debería estar diseñado y preparado para producir una unidad cada 8 segundos. Si va más rápido, se producirá en exceso y si va más lento, se creará un departamento cuello de botella. El takt se utiliza para sincronizar el ritmo de la producción con el de las ventas y además permite alertar a los operarios cuando están adelantados (sobreproducción) o retrasados. Dado que el volumen de pedidos fluctúa, el takt time se ajusta para que exista una sincronización entre la producción y la demanda. Sin embargo, los clientes no piden un solo artículo cada vez sino una cantidad más o menos estandarizada para ser entregada en un contenedor o palet. Cuando esto pasa, debe reconvertirse el takt time en una unidad llamada tiempo de paso.

El tiempo de paso es, por tanto, el producto del takt time (definido por la demanda de los clientes) por la cantidad conjunta (definida por la empresa). Producir al ritmo del takt suena sencillo, pero requiere esfuerzo para dar rápida respuesta ante los problemas, eliminar causas de ineficiencias y eliminar tiempos de cambio en procesos tipos de ensamblaje aguas abajo.

Nivelar el mix y el volumen de producción

La programación de grandes series o lotes en los procesos finales de montaje o procesos reguladores evita realizar muchos cambios pero esto crea serios problemas en el resto del flujo de valor.

Los grandes lotes hacen difícil el servir a clientes que desean algo diferente a la serie que se está produciendo en el momento. Esto se traduce en requerimientos de más stock de producto terminado y mayor periodo de maduración. El inventario en curso de procesos aguas arriba también se incrementa y amplifica por la necesidad de disponer de los conjuntos en grandes lotes.



De la misma manera, pequeñas fluctuaciones de las órdenes en el proceso regulador afectan y distorsionan los requerimientos de capacidad aguas arriba. Muchas empresas encargan lotes grandes de trabajo a los procesos de planta, lo cual causa los siguientes problemas:

- No hay ni sentido de takt time ni pull con el que responder.
- El volumen de trabajo se encarga de manera aleatoria con picos y valles que causan caos en máquinas, trabajadores y supermercados. La situación se hace difícil de monitorizar.
- Con tal cantidad de trabajo cada proceso tiende a secuenciar las ordenes por su cuenta, lo cual incrementa el periodo de maduración o lead time y la necesidad de expedir órdenes.
- Responder a cambios en requerimientos de clientes se vuelve muy complicado.

Una de las formas más efectivas de evitar dicho efecto consiste en realizar un mix o mezcla lo más nivelada posible en el proceso regulador. Nivelar el mix de producción significa producir en pequeños lotes, incrementando el número de cambios y manteniendo las variantes de componentes a disposición en la sección de montaje

Por otra parte, nivelar el volumen de producción significa desencadenar la producción encargando y retirando en el proceso regulador unidades de trabajo pequeñas y con asistentes. Trata de que la frecuencia de tiempo de gestión, la cantidad de trabajo que se encarga cada vez y el tiempo dedicado al control de la producción sean mínimos.

Establecer un ritmo de nivel de producción crea un flujo de producción predecible, el cual da la alarma sobre los problemas y habilita tomar rápidas acciones correctoras.

Una buena forma de comenzar es entregar en el proceso regulador pequeñas unidades de trabajo valoradas entre 5 y 60 minutos o entre 15 minutos y 2 horas, según de qué autor se trate, y, simultáneamente, retirar la misma cantidad de producto terminado. A este proceso también se le denomina paced withdrawal o retirada rítmica. A la unidad de trabajo valorada en tiempo se le llama pitch (paso), y habitualmente es calculado basándose en la cantidad de unidades de embalaje o en un múltiplo de dicha cantidad.

En un entorno en el que se trabaja bajo pedido se aconseja que el pitch sea calculado en base a la capacidad del cuello de botella. Por ejemplo, para un takt time 30 segundos con tamaño de embalaje de 20 unidades, el pitch corresponderá a 10 minutos de trabajo ($30 \text{ seg} * 20 \text{ piezas}$). Por tanto, cada 10 minutos:

- Se le da una orden al proceso regulador para producir una unidad de embalaje.



- Se retira un pitch de producto terminado.
Así pues, el pitch se convierte en la unidad básica del programa de producción para la familia de producto. Si se secuencian y se controlan cada pitch, se puede responder a problemas rápidamente y así mantener el takt time.

2.7.10 Kanban

Se denomina Kanban a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés, Kanban), aunque pueden ser otro tipo de señales. Utiliza una idea sencilla basada en un sistema de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de tarjetas. Kanban se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

El sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final.

Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor. De esta forma, las tarjetas Kanban se convierten en el mecanismo de comunicación de las órdenes de fabricación entre las diferentes estaciones de trabajo. Estas tarjetas recogen diferente información, como la denominación y el código de la pieza a fabricar, la denominación y el emplazamiento del centro de trabajo de procedencia de las piezas, el lugar donde se fabricará, la cantidad de piezas a producir, el lugar donde se almacenarán los artículos elaborados, etc.





KANBAN	
CÓDIGO Art.	63 10 2200
DESCRIPCIÓN	PLA 63x10x2200
Cantidad a fabricar	Consumo promedio
50	100
Cantidad de Tarjetas KANBAN	
2 de 2	
Almacén Estante:	
A 02	
Material:	
63x11	

Figura 4. 11. Tarjetas Kanban.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

Se distinguen dos tipos de kanbans:

- El kanban de producción, que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.
- El kanban de transporte, que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior.

La principal aportación del uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento único del material vendido, reduciéndose de este modo, los stocks no deseados.

Cuando se explican las cuestiones técnicas de funcionamiento del sistema aparecen dudas: ¿cómo deben calcularse el número de tarjetas en circulación?, ¿y el número de piezas por kanban?, ¿qué pasa si una desaparece?, etc. Aunque es necesario resolver estas cuestiones, lo realmente importante es formar un equipo de personas dispuestas a aprender, que busquen y encuentren caminos para minimizar el número de tarjetas para reducir y, finalmente, eliminar los stocks. Kanban ha tenido una fuerte implantación en la industria del automóvil, convirtiéndose en uno de los prototipos del sistema JIT. Precisamente, en el sector del automóvil, la implantación del sistema pull mediante este tipo de tarjetas se ha acompañado de la aplicación de otros tres métodos operativos de gestión de la producción y logística:

2.7.10.1 Nivelación de la producción: contrato logística-producción

Para obtener la nivelación y capacidad tanto de la producción como de los materiales y recursos humanos, se establece un acuerdo, denominado “contrato”, entre las áreas de logística y de producción, referente a la variedad y cantidad a producir en un periodo mínimo de un mes.



Será necesario dimensionar la cadena logística a través de los pedidos hechos por los clientes y garantizar el suministro de componentes para montar a tiempo los productos. Por su parte, el área de producción debe fabricar las cantidades pedidas, gestionando sus recursos tanto humanos como materiales, independientemente de las incidencias que se produzcan.

Trabajando mediante el sistema pull, sólo se fabrican aquellos productos que quiere el cliente. Pero si se desea obtener un verdadero flujo continuo hay que seguir tirando de este flujo y esto se traslada al almacén, dónde llega el material necesario para la producción. Una manera de conseguir este objetivo es mediante el aprovisionamiento según las necesidades igual que ocurre en las líneas de producción, disponiendo de una política de suministro de entregas frecuentes con los proveedores. En este sistema se buscan relaciones a largo plazo con los proveedores. Los proveedores entregan piezas de alta calidad varias veces al día, a menudo en la misma línea de montaje del cliente, lo que evita la recepción y la inspección. Se trata de un sistema casi sin papeles basado en un espíritu de confianza mutua.

2.7.10.2 Polivalencia de los operarios

El sistema pull de producción, por un lado y los requerimientos del mercado, por otro, obligan a la polivalencia, es decir, exigen que los operarios dominen más de un proceso de forma que tengan la capacidad de trabajar en varios puestos, máquinas o técnicas distintas. La polivalencia permite al equipo tener un funcionamiento autónomo ya que las personas polivalentes no siempre se limitan a un puesto porque pueden ayudarse mutuamente, reemplazarse o cambiar de tarea.

Para conseguir flexibilidad es preciso que el número de operarios se adapte a las necesidades reales de la demanda en cada momento. Desde el punto de vista del operario, esto significa que puede ver alterada su asignación de tareas incrementándose o disminuyéndose el número de actividades a realizar o, simplemente, modificándose el orden o el contenido de las mismas. En Japón se utiliza el término shojinka para referirse a la flexibilidad en el número de trabajadores en cada taller para adaptarse a los cambios de la demanda mediante la ampliación de la gama de tareas asignadas a los operarios.

Por otro lado, la organización Lean comporta una revalorización de la figura del encargado de la planta, que tiene una tasa de polivalencia del 100%, y al que compete garantizar el cumplimiento de los objetivos de producción en cuanto a calidad y rendimiento. El encargado debe estar en un estado permanente de observación crítica del desarrollo de la producción. Debe supervisar y coordinar a todos sus subordinados y tomar las decisiones oportunas acorde con el interés de la estrategia de la empresa.



Los encargados, además, tienen una amplia autonomía de decisión con respecto a las sugerencias de mejora que provengan de los operarios. Los japoneses atribuyen al encargado el papel de responsable de la eliminación de las tres “M”: Muri-muda-mura, es decir, operaciones no ergonómicas o sobrecarga del trabajo (muri), despilfarros (muda) y operaciones irregulares (mura).

2.8 Hoja de ruta para la implantación Lean

Las técnicas descritas en el capítulo anterior suscitan enseguida las preguntas relacionadas sobre si es posible implantarlas en cualquier empresa, en qué orden y cómo.

Las preguntas no son fáciles de responder si lo que se busca es una solución única y aplicable a todas las casuísticas y sectores industriales. La propia naturaleza de la producción moderna aconseja evitar el uso de generalizaciones y no acatar términos, conceptos, ni métodos en el ámbito industrial como universales.

Los estudios realizados hasta la fecha, y la opinión de los profesionales con larga experiencia en implantaciones Lean, indican que la extensión del modelo es aplicable todas las empresas y sectores. Aconsejan que la implantación se haga de forma secuencial, adaptándose a la realidad particular de cada caso, equilibrando los esfuerzos y recursos con los objetivos de mejora propuestos y la realidad. En general existe un consenso en que es necesario empezar por aquellas técnicas y métodos que modifican sustancialmente y, sobre todo, rápidamente, las formas de trabajo. En este sentido parece lógico afrontar primero aquellas que permiten mejorar las condiciones de trabajo (5S) y la reducción de los tiempos de preparación (SMED). Un ejemplo clásico de implantación puede comenzar con una primera etapa en donde se define un área piloto y se entrena un equipo de producción en las técnicas Lean, incluyendo funciones de soporte de personal de ingeniería y mantenimiento, bajo una estructura jerarquizada y organizada de reuniones/talleres con mandos y directivos. El éxito de esta primera implantación será fundamental a la hora de extender el “modelo de buenas prácticas” al resto de la empresa.

A continuación, ya se pueden ir estableciendo programas de mejora en el resto de las unidades operativas que involucren a nuevos equipos Lean suficientemente formados y motivados en la detección de despilfarros y propuesta de mejoras. Por su parte, mandos y directivos deben implicarse personalmente en el proceso de “cambio cultural” y garantizar la sostenibilidad y crecimiento del sistema.

A partir de los éxitos iniciales, ya puede pensarse en técnicas Lean más avanzadas, teniendo en cuenta que al final del proceso habrá que diseñar un procedimiento de auditoría permanente que garantice el mantenimiento y la mejora continua del propio sistema en el tiempo.

En cualquier caso, para implementar en las empresas un sistema tan sencillo en el procedimiento, pero difícil en su filosofía, es determinante el compromiso de la alta dirección que, con sentido común y suficientes recursos económicos, debe invertir en formación para respaldar este tipo de proyectos.



- **Fases de implantación**

La hoja de ruta está constituida por una posible secuencia de fases y elementos que permitan a las empresas diseñar el mejor camino para una implantación Lean Manufacturing.

Evidentemente, las fases propuestas que aparecen en el gráfico 10 consideran un escenario de “máximos” por lo que deben ser tomadas exclusivamente como una referencia de manera que cada empresa diseñe su propia hoja de ruta.

Los objetivos al diseñar esta hoja de ruta han sido:

- Establecer metas intermedias, por medio de una secuencia de bloques (elementos) buscando resultados en periodos de tiempo pequeños.
- Evolucionar hacia nuevas técnicas conforme se dedica más tiempo a la implantación.
- Adaptar a la situación de las empresas españolas.
- Reducir la curva de aprendizaje para implantar sistemas Lean.
- Permitir a una compañía localizar el grado de avance Lean de su sistema de fabricación.
- Incidir en la importancia del espíritu de mejora continua, factor humano, formación y en la utilización del control visual y estandarización como pilares básicos en la hoja de ruta de una implantación Lean.

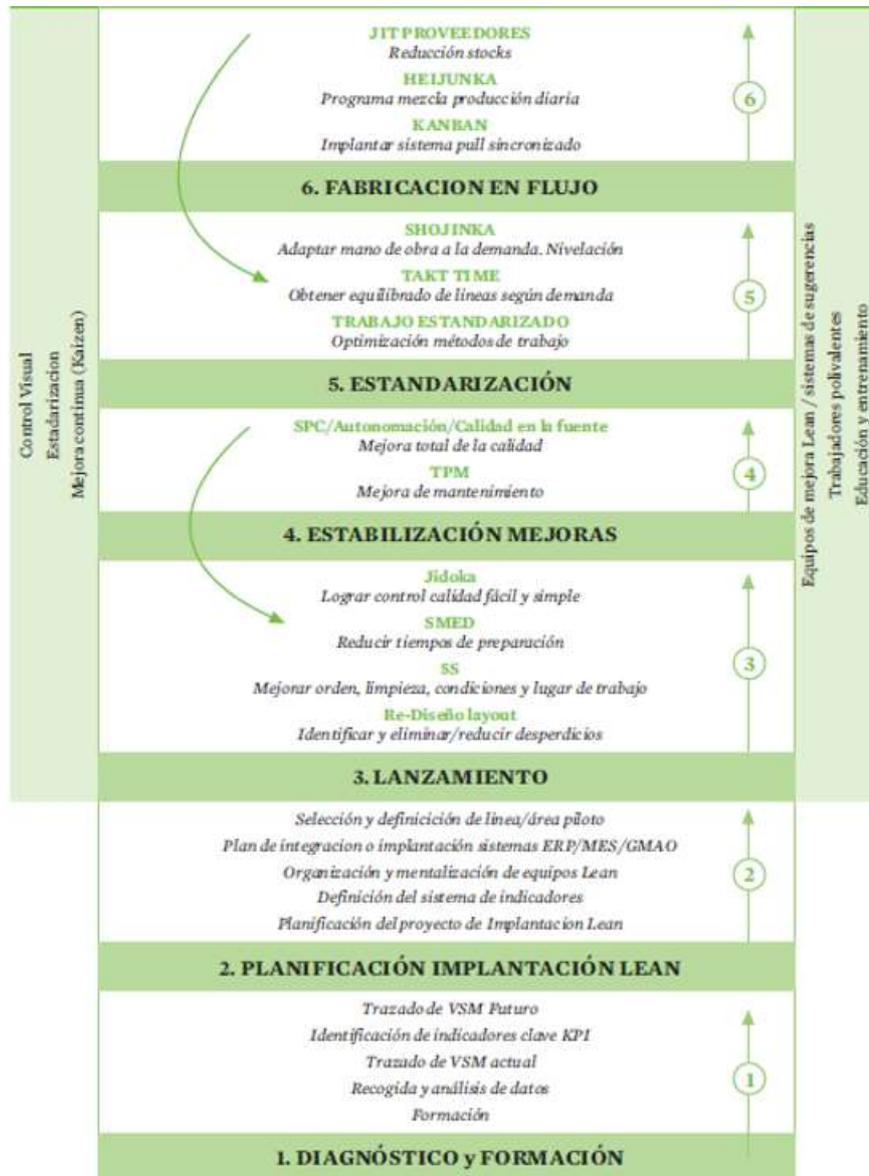


Figura 4. 12. Hoja de ruta Lean.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

Fase 1: Diagnóstico y Formación

No se puede comenzar a estudiar el proceso de mejora sin definir por dónde hay que empezar, de qué manera hay que trabajar, qué recursos se necesitan, etc. La primera fase debe centrarse en conocer el estado actual del sistema de fabricación en relación con las áreas abordadas por el Lean y emprender un programa específico de formación interna. Las etapas recomendadas para esta etapa de diagnóstico son:



FORMACIÓN EN CONCEPTOS LEAN MANUFACTURING:

Se forman las personas que han de participar en el lanzamiento de la implantación Lean, los principales puntos en los que debe incidir la formación inicial son:

- Objetivos y aspectos clave del Lean Manufacturing como los conceptos de valor y despilfarros.
- Aprender a analizar las operaciones y su flujo, detectando despilfarros, con la ayuda de paneles de técnicas visuales.
- Tomar conciencia de los diferentes aspectos del factor humano dentro del sistema Lean.
- Aprender a representar el proceso y su flujo por medio del mapa de cadena de valor o value stream map (VSM) herramienta visual que representa los flujos de materiales y de información del proceso desde el aprovisionamiento hasta el cliente.

RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS:

El éxito de la implantación depende, en gran medida, de la fiabilidad de los datos de partida. Se precisa información sobre los productos (referencias, componentes, cantidades...) y los procesos (operaciones, equipos, capacidad, tiempos...). Se debe analizar, también, la demanda efectiva, producto a producto, para poder evaluar el ritmo de producción necesario. En esta fase puede ser muy útil realizar un análisis de la variedad de productos y volúmenes de producción (análisis P-Q).

Este análisis ordena las cantidades de producto de acuerdo con sus destinos (clientes). El objetivo de este estudio es organizar y priorizar productos como ayuda a la toma de decisión de cuál es el modelo de producción más adecuado a cada caso, por ejemplo: producción tradicional con trabajadores especializados, líneas de fabricación o montaje dotadas de flexibilidad o líneas de producción JIT multiproducto.

TRAZADO DEL VSM ACTUAL:

En esta etapa se introduce toda la información recogida y analizada hasta el momento en un VSM denominado “actual” que actúa como fuente de información global de la situación de partida, visualizada a través de los flujos de producto, materiales.

Trazado del VSM futuro

A partir de toda la información de etapas anteriores se plantean las posibles soluciones más efectivas y se diseña un nuevo VSM con el nuevo flujo de producto, materiales e información.

Fase 2: Diseño del plan de mejora

Dependiendo de las situación de cada empresa, sus características y su grado de eficacia desde una perspectiva Lean, es necesario planificar un proyecto de



implantación coherente con su realidad, y con unos objetivos bien definidos a corto, medio y largo plazo.

Este plan de mejora debería incidir en los siguientes aspectos:

- Planificación detallada del proyecto de implantación Lean, estableciendo objetivos concretos, tareas, duraciones y proporcionando los medios necesarios para llevarlo a cabo.
- Definición del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto de manera que se conozcan perfectamente los criterios que se van a utilizar para medir el grado de mejora según avance el proyecto.
- Organización de los equipos de trabajo Lean, incluyendo su estructura jerarquizada, funciones y metodología operativa. Se debe abordar la formación específica en técnicas
- Lean, incidiendo tanto en técnicas específicas como todas aquellas acciones que faciliten la implicación del personal y el cambio de mentalidad (pre-requisito Lean).
- Diseño de un plan de integración o implantación sistemas ERP/MES/GMAO o, en su defecto, tener claro el papel de los sistemas de información en la implantación Lean.
- Selección de la línea o área piloto. El cambio que provoca el Lean en un sistema productivo es muy grande y hay que minimizar los riesgos desde el principio. Por ello, es aconsejable seleccionar un área limitada para iniciar la implantación de las técnicas. Una vez que se van consiguiendo los éxitos, esta área piloto se convierte en un modelo de buenas prácticas para el resto de la empresa.

Fase 3: Lanzamiento

En esta fase, comienzan los cambios radicales en los medios materiales y en su gestión operativa. En un primer momento es aconsejable perseguir cambios impactantes, rápidos y motivadores que faciliten la implantación del resto del sistema.

Se comienza siempre con las técnicas esenciales del Lean como son las 5S, SMED y técnicas específicas del Jidoka como los mecanismos anti-error.

En muchas ocasiones también puede ser necesario un rediseño previo de la distribución en planta, sobre todo en casos de sistemas productivos obsoletos con grandes ineficiencias a todos los niveles. Incluso hay situaciones en que el diagnóstico previo debe plantearse como un estudio completo de racionalización de la producción. El estudio incluiría un nuevo diseño de flujos de materiales, ubicación de máquinas y lugares de trabajo, recorridos de materiales y personas, definición de nuevos elementos de transporte. Incluso podría ser necesario afrontar estudios preliminares de equilibrado de operaciones y puestos de trabajo, ajustando la capacidad productiva a la demanda y prestando atención a las operaciones con más despilfarros y a los cuellos de botella.



Desde ese momento se pueden realizar grupos de trabajo (talleres kaizen) en todos los niveles de la organización que vayan ayudando en el proceso de “revolución de mentalidades”.

Este proceso debe continuar durante toda la implantación Lean mediante la aplicación sistemática y permanente de las técnicas y principios esenciales del Lean Manufacturing: control visual, estandarización, mejora continua (Kaizen), equipos de mejora Lean, trabajadores polivalentes, educación y entrenamiento, programas de sugerencias.

Fase 4: Estabilización de mejoras

Los objetivos de esta etapa son:

- Reducir desperdicios en actividades relacionadas con mantenimiento y calidad.
- Estabilizar el proceso de producción para incrementar el nivel de confianza con respecto a tiempos de preparación, efectividad global del equipo y niveles de calidad.
- Reducir los lotes de producción al mínimo posible, determinado por el punto de equilibrio de producción.

Para ello se pueden desplegar acciones TPM y todas aquellas técnicas de calidad disponibles: SPC, autonomación, chequeos de calidad y MAQ. Según se vayan logrando las mejoras y haciendo más confiable y estable el proceso, se conseguirán menores tamaños de lote, mayor flexibilidad y un aumento de la calidad.

En esta fase se pueden organizar realizar talleres Kaizen relacionados con metodologías de mejora como mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total, calidad en la fuente o control estadístico de proceso. Los sistemas de información pueden aportar ayuda en esta fase, especialmente mediante la utilización de sistemas de gestión de mantenimiento (GMAO), sistemas de control MES y programas de análisis estadístico de la calidad, siempre recordando, que estos programas son simples técnicas y que lo importante es la cultura de mejora.

Fase 5: Estandarización

La implantación de las técnicas anteriores permite afrontar el despliegue de aquellas acciones Lean más específicas relacionadas con la optimización de los métodos de trabajo y el control de la gestión. Los objetivos de esta etapa son:

- Optimizar métodos de trabajo.
- Diseñar métodos de trabajo capaces de adaptarse a las variaciones de la demanda.
- Adaptar el ritmo de producción a la demanda del cliente.
- Adaptar la mano de obra y capacidad a la demanda requerida.



En esta etapa, los métodos bajo los cuales se han logrado lotes pequeños deben ser estandarizados y diseñados para ajustarse a las variaciones de demanda que genere el cliente. Elementos como el tiempo de ciclo demandado (takt time), shojinka y trabajo estandarizado deben utilizarse en esta etapa; los talleres Kaizen siguen siendo importantes para encontrar formas de mejorar los métodos estándar. En esta fase cobra aún más importancia la educación y entrenamiento de todos los trabajadores involucrados en la implementación y operación de sistema es muy importante. Los trabajadores multifuncionales deben adaptarse al requerimiento de demanda de los clientes.

Fase 6: Producción en Flujo

Una vez recorridas las fases anteriores es posible plantearse los principios más ambiciosos

JIT relacionados con la fabricación en flujo y justo a tiempo, produciendo en la cantidad, tiempo y lugar requeridos con niveles de desperdicio tendentes a cero. En este nuevo escenario los objetivos que se persiguen deben ser:

Mantener la estabilidad y la flexibilidad logradas en las etapas anteriores.

- Garantizar al cliente expediciones con tiempos de entrega reducidos y a tiempo.
- Reducción drástica del inventario en proceso.
- Mejorar el sistema de gestión, control y logística de materiales en toda la planta.
- Introducir las técnicas más avanzadas Lean relacionadas con la producción mezclada, equilibrado y sincronización de la producción.

Estos objetivos pueden alcanzarse creando y controlando el flujo de producción con elementos como kanban, heijunka y sistemas avanzados de logística Lean de materiales.

Los talleres Kaizen ahora deben enfocarse en la mejora de las actividades de creación de flujo y suministro de materiales.

De cualquier forma, el proceso de implantación Lean nunca va a terminar puesto que las posibilidades de mejora continua, por su propia definición, siempre deben ser posibles.

DIAGNOSTICO A TRAVÉS DE VSM:

Dentro de la hoja de ruta se ha hecho mención a la conveniencia de realizar un Mapa de Cadena de Valor o Value Stream Mapping (VSM). El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en un papel, de una manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso. El VSM facilita, de forma visual, la identificación de las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el fin de eliminarlas y ganar en eficiencia.



Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor. Actualmente ya existen en el mercado diferentes programas de software que facilitan la labor de elaboración de estos modelos a través bibliotecas de simbología normalizada. Algunos ejemplos son Smartdraw, eVsm, SigmaFlow o Microsoft Visio.

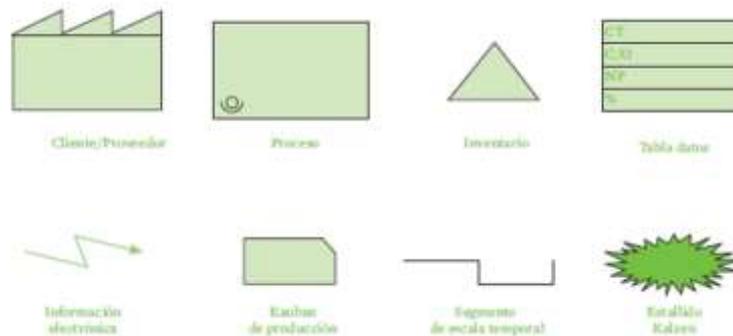


Figura 4.13. Simbología VSM.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

Entre los beneficios obtenidos destacan la mayor visualización del proceso, la vinculación del flujo de información y materiales en un esquema mediante un único lenguaje, la obtención de un sistema estructurado para implantar mejoras y la visión de cómo tendría que ser el sistema.

El VSM se elabora para cada familia de productos. Los datos se deben recoger sobre el terreno, reflejando la realidad y desconfiando de los facilitados por el sistema de información. Al tratar de descubrir cómo cada proceso sabe lo que debe producir para su cliente (o sea, para el proceso siguiente) y cuándo fabricarlo, se descubre el flujo real del material. En el VSM se representa también el flujo de la información: las previsiones, programas y pedidos del cliente, y su frecuencia. Análogamente se recogen las previsiones y pedidos de la empresa hacia sus proveedores. Finalmente, se incorpora la manera en que se comunica realmente el programa de producción a los procesos operativos.

Un aspecto clave es que VSM recoge una línea de tiempos; tiempos “VA”, en los que se genera valor añadido, y el resto de tiempos “NVA” o de “no valor añadido”. La comparación entre los tiempos totales de valor añadido y totales de no valor añadido es esclarecedora, siempre sorprendente y además un excelente indicador del potencial de mejora.

Una aproximación al método operativo que se aplica en la confección del mapa VSM es la siguiente:

1. Dibujar los iconos los clientes, proveedores, y control de producción.
2. Identificar los requisitos de clientes por mes/día
3. Calcular la producción diaria y los requisitos de contenedores.
4. Dibujar iconos logísticos con la frecuencia de entrega.



5. Agregar las cajas de los procesos en secuencia, de izquierda a derecha.
6. Agregar las cajas de datos abajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.
7. Agregar las flechas de comunicación y anotar los métodos y frecuencias.
 - Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos. En el caso de los tiempos utilizar sistemas de medida como cronometraje o estimación. Los tiempos que normalmente se plasman son:
 - Tiempo del Ciclo (CT). Tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza o producto completo y la siguiente.
 - Tiempo del valor agregado (VA). Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto.
 - Tiempo de cambio de modelo (C/O). Tiempo que toma para cambiar un tipo de proceso a otro debido a cambio en las características del producto.
 - Número de personas (NP) requeridas para realizar un proceso particular.
 - Tiempo Disponible para Trabajar (EN). Tiempo de trabajo disponible del personal restando descansos o suplementos (comida, W.C.,... etc.).
 - Plazo de Entrega - Lead Time (LT). Tiempo que se necesita para que una pieza o producto cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
 - % del Tiempo Funcionando (Uptime). Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las máquinas.
 - Cada pieza Cada (CPC): Es una medida del lote de producción, cada cuánto cambia de modelo, cada día, cada turno, cada hora.
8. Agregar los símbolos y el número de los operadores.
9. Agregar los sitios de inventario y niveles en días de demanda y el gráfico o icono más abajo. Los niveles de inventario se pueden convertir a tiempo en base fórmulas del tipo:
 10. Agregar las flechas de flujo y otra información que pueda ser útil.
 11. Agregar datos de tiempo, turnos al día, menos tiempos de descanso y tiempo disponible.
 - $\text{Tiempo permanencia} = (\text{Cantidad inventario}) * (\text{Tiempo Takt}) / (\text{Tiempo disponible diario})$.
 - $\text{Tiempo permanencia} = (\text{Cantidad de Inventario}) / (\text{Requerimiento diario del Cliente})$.
 - $\text{Tiempo Takt} = (\text{Tiempo Disponible por día}) / (\text{Demanda del Cliente por día})$.
12. Agregar horas de trabajo valor agregado y tiempos de entrega en la línea de tiempo ubicada al pie de los procesos.
13. Calcular el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total de procesamiento.

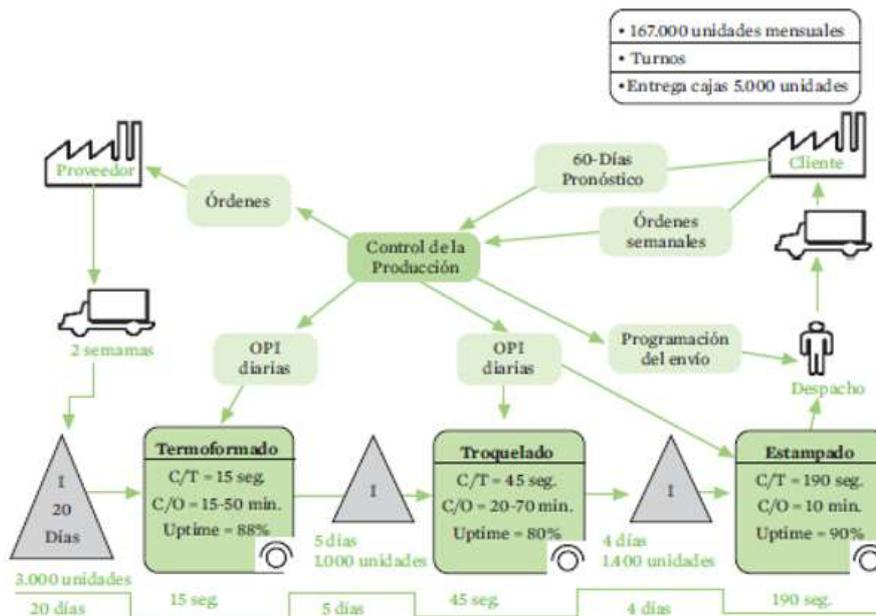


Figura 4. 14. Ejemplo práctico VSM.

Fuente: Escuela de Organización Industrial

Los mapas de proceso permiten rastrear y cuantificar todo el proceso de valor añadido de la cadena y suelen realizarse para tres estados diferentes:

- Estado actual: Se realiza un estudio a detalle de cada operación dentro del proceso actual, en donde se cuantifica el % de valor agregado y el % de NO valor agregado, separando estos de las actividades de NO valor agregado pero que son necesarios a la operación final.
- Estado futuro: Una vez analizado y mapeado el proceso actual se desglosan las actividades en donde NO hay valor agregado al “entregable” ya sea un producto, un proceso administrativo o un servicio. Estas actividades de NO valor agregado se analizan por medio de diagramas de Pareto, lluvia de ideas u otras técnicas Lean con la finalidad de detectar áreas de mejora.
- Estado ideal: El estado ideal se plantea como mejora a largo plazo donde se cuantifica la posible mejora si no existieran actividades de NO valor agregado.

MEDIDA DE RESULTADOS LEAN A TRAVÉS DE INDICADORES:

El análisis de datos para la evaluación de resultados a través de indicadores es uno de los puntos clave en la implantación de un sistema Lean. La definición de un sistema de indicadores es vital para monitorizar el avance y éxito de la implantación. Actualmente, se dispone de poderosos instrumentos para determinar paso a paso la eficacia y la eficiencia de un equipo. Lo importante es no dar por terminado un proceso de mejora en el área de operaciones sin haber creado antes un indicador que mida su rendimiento, porque sin medición no hay mejora. Lo que no se mide, no mejora y, en la fábrica, lo que no mejora, empeora. Los indicadores deben ser fáciles de entender y facilitadores de medidas concretas. Por otro lado, las mediciones son claves para establecer recompensas, especialmente en los primeros pasos de la implantación del pensamiento Lean.



Las empresas que utilizan mediciones mensuales, elaboradas a modo de informes contables y confeccionados según un calendario propio de la legislación contable, acostumbran a llegar demasiado tarde para ser útiles. Sin embargo, los problemas deben ser detectados cuando nacen; la información debe aparecer rápidamente.

De manera general, existen una serie de criterios que deberían tenerse en cuenta antes de implantar un sistema de indicadores:

- Se tiene el apoyo de la dirección superior.
- Se implica a empleados en su desarrollo.
- Se asegura que las medidas usadas sean relevantes a directivos y empleados en la realización de su trabajo del día a día.
- Se usan técnicas de medición no financieras, a través de valores numéricos cuantitativos, cualitativos, ratios y porcentajes con elevado uso de técnicas visuales.
- Se promueve la mejora versus la supervisión.
- Se establecen objetivos realistas como resultado de consenso, de forma que cada persona involucrada se movilice en la misma dirección. Deben ser accesibles con los medios a adoptar y los pasos que se están tomando en beneficio del progreso.

Teniendo claros estos criterios, las directrices básicas que se deben utilizar a la hora de definir los indicadores deben ser:

- Meta o nivel numérico a alcanzar y plazo de tiempo.
- Fórmula de cálculo, frecuencia con la que se debe medir el indicador y fuentes de datos. Quién actúa en caso de desviaciones que requieran acciones correctivas.
- Qué hacer en caso que el indicador no proporcione la información necesaria.
- Representación gráfica del indicador.
- Variables que influyen en su comportamiento y significado.
- Valor del indicador en otras empresas de la competencia o mismo sector.

Los indicadores de rendimiento se materializan en datos numéricos, normalmente índices de eficiencia, o en respuestas a preguntas concretas que permiten analizar el estado de una determinada área. Estos últimos son más útiles en tareas de diagnóstico del sistema aun que no existen datos normalizados que puedan ser utilizados para su obtención.

Los estudios consultados resaltan que los tres indicadores más usados por las empresas, normalmente de tamaño elevado, para evaluar los resultados derivados del Lean son: el tiempo necesario para la puesta a punto de maquinaria y cambio de útiles; el porcentaje de fabricación realizado con procesos documentados y el ratio que relaciona productos defectuosos con ventas. Por el contrario, los menos utilizados son: el número de decisiones que cada trabajador puede adoptar sin consultar con su supervisor; el porcentaje de piezas co-diseñadas con el proveedor y el porcentaje de líderes de equipo



que habían sido elegidos por sus propios compañeros. En cuanto al grado de utilidad, los indicadores mejor valorados son: la rotación de inventarios, el tiempo de cumplimentación de los pedidos de los clientes y el porcentaje de producción sin procesos documentados.

Es imposible diseñar un listado definitivo de indicadores a utilizar al inicio de un proyecto, por lo que cada líder o responsable empleará los más adecuados a la situación particular en la que se encuentre. Además, la selección de indicadores depende de las políticas de fabricación de las empresas y los sistemas de organización de la producción.

2.9 Factor Humano en la implantación Lean

Cuando una empresa decide implantar un sistema Lean debe apostar firmemente por la formación de sus recursos humanos. Esta formación puede realizarse a través de los siguientes pasos:

- Valoración del capital humano. Evaluación de los niveles de conocimientos y habilidades actuales del equipo de trabajo.
- Determinación de los conocimientos, habilidades y recursos requeridos perseguidos.
- Programación temporal y de contenidos de la formación, fijando una agenda detallada de formación, tanto a nivel individual como en grupo.
- Evaluación de la efectividad de la formación.

Para el primer paso pueden utilizarse sistemas de valoración del capital humano específicamente diseñados para entornos Lean. Estos sistemas parten de una base de datos en la que incluyen las habilidades de cada uno de los trabajadores. Dichas habilidades las agrupan en tres categorías: técnicas (conocimientos básicos, matemáticas, medidas, etc.), humanas (cualidades personales, habilidades sociales, etc.) y Lean (conocimientos sobre técnicas, mejoras...). Una vez que se conocen dichas habilidades de la plantilla, se establecen los planes de formación más adecuados, se asigna al trabajador al puesto más idóneo y se establece un sistema de recompensas y premios. Sin embargo, estos sistemas solo se aplican en grandes empresas con departamentos de recursos humanos potentes y estructurados.

3. Presentación del Astillero Tipo

El buque Playa de Azkorri se fabricó en Astilleros de Murueta, es un grupo industrial de propiedad privada con más de 60 años de actividad, dedicada al diseño y construcción de todo tipo de embarcaciones. El buque de carga “2D Punta Begoña” fue el primer buque construido. El astillero fue fundado en 1943 en el río de Gernika, más de 200 embarcaciones han sido botadas en este astillero. Y cuenta con la tecnología más avanzada y mano de obra altamente cualificada con el fin de lograr los buques eficientes y óptimos.



Figura 4. 15. Astillero Murueta.

Fuente: Pagina web Astillero

Cuenta con dos centros operativos de la producción, el original Astillero Murueta en el río Gernika y el más reciente, el astillero Erandio en la Ría de Bilbao. Solo 40 km separan ambas instalaciones, que cuentan con excelentes comunicaciones por carretera y numerosas conexiones aéreas internacionales cercanas al aeropuerto de Bilbao.

El astillero destaca por su capacidad para entender y adaptarse a las necesidades de los armadores. Son capaces de diseñar y construir buques eficaces. Los campos de actividades son arquitectura naval, ingeniería básica de acero, equipamiento, tuberías, ingeniería eléctrica y modelado 3D con software CAD.

El sistema de Gestión de Calidad, Ambiente y Protección se basan en la norma ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y UNE-EN 16602.

El astillero cuenta con las instalaciones necesarias para reparar buques como de nueva construcción el cartel es amplio (atuneros, buques de carga general, dragas, off-shore, patrulleras, Buques frigorífico, RO-RO). El tamaño de estos astilleros es mediano.

3.1 Instalaciones

El astillero tipo tiene la capacidad de puesta a flote de 40.000 toneladas repartidas en dos diques. Los dos diques tienen una longitud de 120 metros de eslora, 22 metros de manga y alcanza un calado máximo de 6.6 metros. Entre estos dos diques tiene una grúa Elyma, con una capacidad de izaje máxima de 80 tn con un radio máximo de 35 metros y un mínimo 5 metros.



Cuenta con un taller de torno, un taller de mecánica, un taller de acero y tubería, de carpintería y de habitación- ventilación

3.1.1 Taller de mecanizado

El taller de mecanizado está equipado con los siguientes equipos:

- Una fresadora vertical con un carro de 1.2m de largo y 0.7m de ancho. En ella podemos montar piezas de un peso máximo de 300kg y permite una profundidad o altura de mecanizado de 0.3m.
- Un taladro vertical
- Dos tornos paralelos con un diámetro efectivo del plato de 500mm y una longitud de carro longitudinal de 5.6m y 4.2m
- 2 mesas o bancos de trabajo con un tornillo de bancada en cada uno.
- Dos esmeriladoras de banco.
- Una máquina de soldar para soldadura SMAW (siglas en inglés de Shielded metal arc welding)
- Una prensa hidráulica de 50 toneladas
- Un calentador de rodamientos pequeño
- Una sierra de cinta

3.1.2 Taller de mecánica

El taller de mecánica está equipado con los siguientes equipos:

- Un taladro vertical
- Cuatro mesas o bancos de trabajo con un tornillo de bancada en cada uno de ellos.
- Una esmeriladora de banco
- Una máquina de soldar para soldadura SMAW
- Un calentador de rodamientos pequeño
- Un horno de secado con una profundidad de 2.0m, una altura de 1.5m y un ancho de 1.5m capaz de mantener una temperatura de 150°C.
- Un banco de arenado
- Un pequeño almacén con herramientas, eslingas y grilletes, además de componentes de repuestos habituales y de bajo coste.

3.1.3 Taller de Acero y tubería

El taller de acero y tubería está equipado con los siguientes equipos:

- Una dobladora de plancha capaz de doblar espesores de hasta 15mm de acero grado A.
- Una cizalladora de plancha capaz de cortar espesores de hasta 15mm de acero grado A.



- 2 módulos de soldadura multi-operador de 8 conexiones para SMAW de 230V
- máquinas de soldar MIG
- Una dobladora de tubos hidráulica para tubos de Schd 160 de 1”1/4.

El nivel de tecnificación de sus equipos se instalaciones se podría considerar entre bajo y medio. Como contrapunto, tiene 2 grúas flotantes con una capacidad de izaje de 50 y 75 toneladas respectivamente. Por otra parte, cuenta con 2 camiones con un PMA de 18 toneladas. Además de ello cuenta con 2 montacargas o carretillas elevadoras de 7 toneladas El nivel de tecnificación de la mano de obra que en él opera la consideraremos nivel medio debido a que poseen certificación de procedimientos de soldadura SMAW para diferentes posiciones por una Sociedad de Clasificación del IACS, los soldadores han sido certificados por la Sociedad de Clasificación para esos procedimientos y su personal cuenta con gran experiencia práctica en las ramas de mecánica y mecanizados.

3.1.4 Taller de carpintería y ventilación

- **ACONDICIONAMIENTOS:** Acondicionamientos estructurales para cualquier tipo de dispositivos tanto de gobierno de la nave, de control adecuando la belleza de los acabados a las necesidades prácticas de la tripulación.
- **AISLAMIENTOS:** Especialidad en diferentes tipos de aislamientos acústicos, térmicos, tabicación de madera, mamparos.
- **ASEOS:** Aseos modulares, preparación instalaciones sanitarios, lavabos y muebles a medida.
- **CAMAROTES:** Camarotes, tanto sencillos con aseos integrados como comunitarios dependiendo de las necesidades de cada navío teniendo siempre especial atención a los acabados de calidad.
- **COCINAS:** Cocinas a medida adaptando el mobiliario a las necesidades de cada buque, siempre pensando en la máxima comodidad y usabilidad teniendo en cuenta las necesidades de espacio y seguridad de un barco.
- **CUBIERTAS:** Cubiertas, plataformas y pisos realizados con las maderas más adecuadas a las necesidades requeridas.
- **MOBILIARIO:** Mobiliario de lo más diverso en calidades y acabados ajustándose siempre a las necesidades de cada buque, sillas, mesas, muebles auxiliares, cajoneras, etc....
- **PANELES:** Paneles de madera donde integrar del modo más marinero la máxima tecnología necesaria para el control y gobierno de la nave.
- **PUNTES:** Puentes y zonas de mando integrando las necesidades de cada proyecto con las calidades y acabados que nos caracterizan.
- **VENTANALES:** Ventanales y estructuras de puente adecuadas a las necesidades de cada proyecto sin descuidar la belleza de un trabajo bien realizado.

3.2 Distribución en Planta y proceso de construcción del astillero tipo actual

En la ilustración se muestra la distribución aproximada del astillero actual ya que se intentó establecer comunicación con el astillero Murueta pero se no se obtuvo respuesta



alguna. De aquí en adelante, se hablará de astillero tipo, es decir, todo el sistema Lean es aplicable a cualquier tipo de astillero.

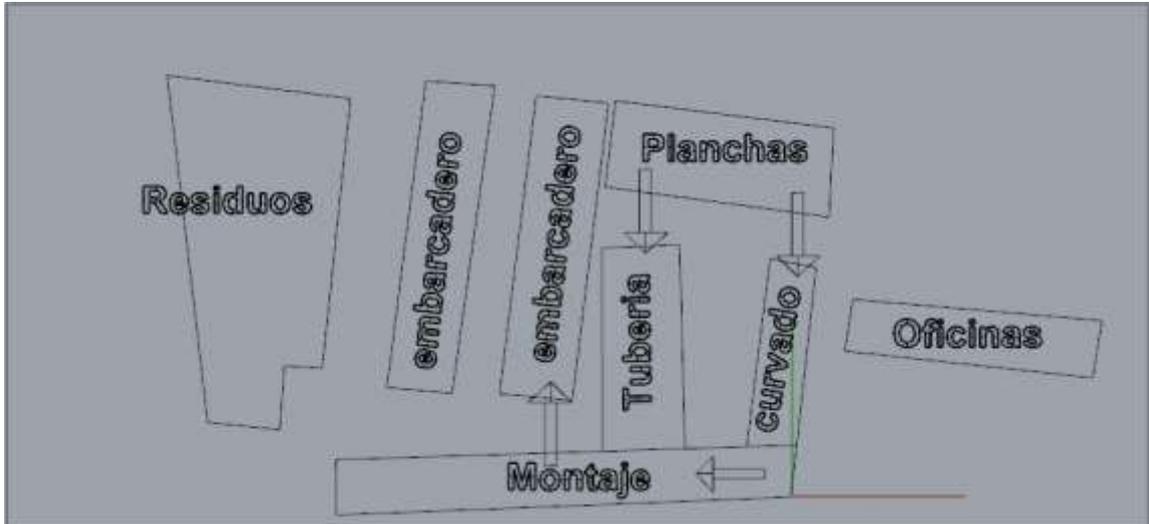


Figura 4. 16. Distribución en planta astillero tipo.

Fuente: Elaboración propia Rhinoceros

La espiral de construcción comienza en las oficinas, trabajan con el diseño del buque a construir, una vez finalizado el diseño se comienza con la construcción.

Las planchas de acero pasan al taller de curvado y doblado para obtener perfiles, en paralelo se trabaja con el taller de tuberías y así obtener el ruteado de tuberías.

Los módulos de tuberías y las planchas pasan a la siguiente fase que es el taller de montaje, donde se realiza el acoplamiento de los diferentes módulos y sistemas auxiliares, y así obtener los bloques.

Los bloques se limpian y pasan al embarcadero para su posterior ensamblaje final y pintado.

Como se puede observar el astillero tipo trabaja en forma de “U” teniendo inactivo el resto del astillero.

4. Implantación Lean en el Astillero

Lo ideal para un buen funcionamiento del Astillero es un único flujo, esto significa, que todo producto asignado a la célula (línea de producción) pasara por una serie de operaciones en un espacio y en un tiempo determinado. Es posible que algunas unidades salten un paso ya que no todas las unidades deben pasar por cada uno de los pasos.

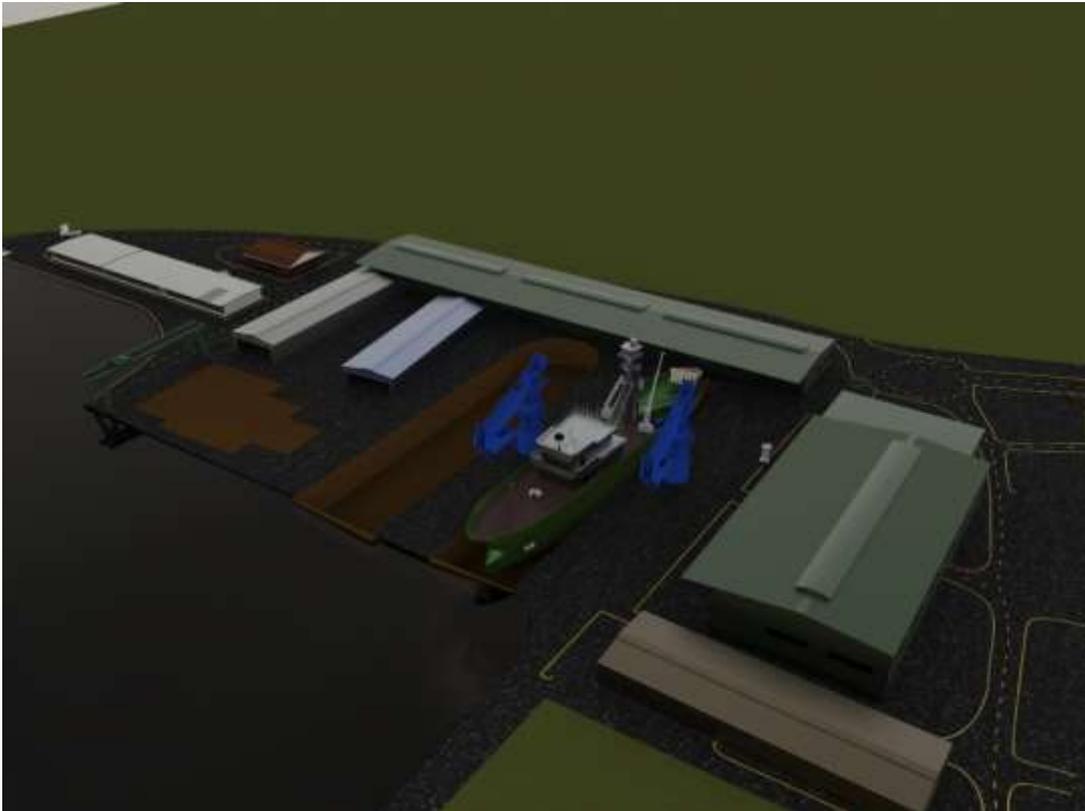


Figura 4. 17. Distribución Lean del astillero tipo.

Fuente: Elaboración propia Rhinoceros.

También es aplicable en astilleros el takt time, que es el ritmo de producción, es decir, una planificación.

Se necesita saber cómo de frecuente una unidad necesita ser terminada para establecer la programación total de la construcción final del barco y, a la vez, todas las unidades del proceso de construcción naval deben moverse a través del muelle al mismo ritmo.

Para establecer el takt time en el astillero se empieza con el programa de entrega del barco: todos los componentes necesitan estar contruidos justo a tiempo para que el barco salga del dique en la fecha de entrega. Se identifica cuando se necesita que cada componente este terminado para cuadrar con el programa de entrega: los componentes deben construirse en menor tiempo que el barco en sí.

Por tanto, el proceso de construcción del buque con la implantación Lean se esquematiza de la siguiente manera:

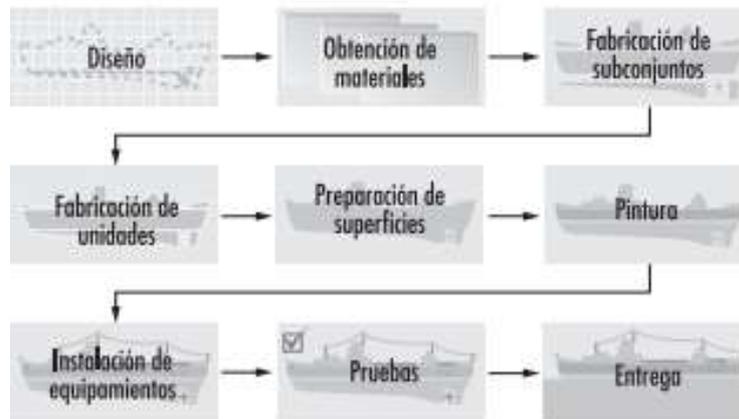


Figura 4. 18. Espiral de diseño tradicional.

Fuente: Apuntes asignatura proyectos

4.1 Diseño

En Astilleros, el diseño orientado a la producción (PODAC) ha atraído la atención de los directivos, ya que puede reducir los costes y tiempos. Se aumenta la calidad y se eliminan los problemas de fabricación. Sin embargo, si no se considera el concepto de Diseño Orientado a la Producción habrá tiempo elevado de fabricación, menor calidad en los productos, habrá necesidad de equipamiento especial.

Las consideraciones de diseño orientadas a la producción son:

- Dificultad para fabricación y montaje, estandarización....
- Calidad (nº de partes, imposibilidad de montaje incorrecto...)
- Facilidad de montaje
- Posibilidad de ensayos (coste elevado en productos complejos)
- Sencillez de servicio y reparación (evita reparación en fabrica)
- Empaquetado

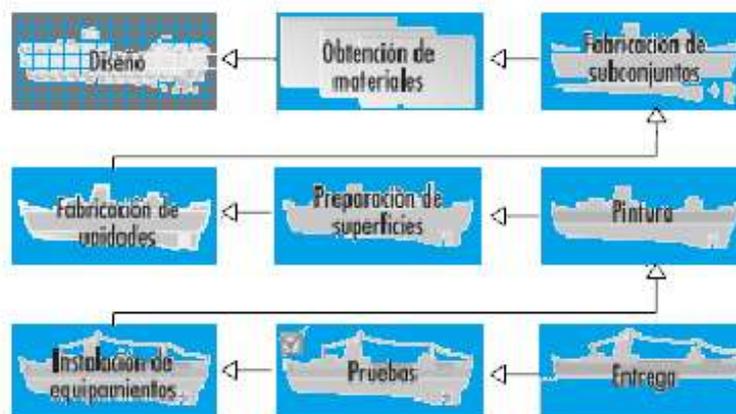


Figura 4. 19. Espiral de proyecto orientado a la producción.

Fuente: Elaboración propia



4.2 Proveedores

Los proveedores representan una parte muy importante de la cuenta de resultados de los astilleros, reducir lista de proveedores es menos traumático y más rápido, potente y efectivo que incrementar ésta. Hay que seleccionar los proveedores que más se ajusten al precio, después, la confiabilidad, es uno de los factores clave que habrá que buscar. Un proveedor eficiente y de confianza siempre enviara la cantidad correcta de artículos en el tiempo convenido y en buen estado.



Figura 4. 20. Producto entregado por el proveedor.

Fuente: Internet

Una de las ventajas de reducir proveedores son los pedidos de gran volumen de piezas y/o artículos, cuantos más artículos más barato sale el producto. Incluso se puede llegar algún tipo de acuerdo con el proveedor. Por ejemplo, un proveedor de bombas no solo se le puede pedir éstas sino también se le puede pedir la realización de tuberías y válvulas, y así evitar problemas de estandarización.

Una de las ventajas de la estandarización en la obtención de materiales reside, entre otras, en la elección de un solo tipo de válvula o bombas, de esta manera, se reduce el almacenaje de diferentes tipos de válvula y bombas, también en la compra en grandes lotes de estos productos.

Otro factor clave, es dar importancia a los proveedores, en el caso de Siemens, no sólo se puede pedir que se encargue la elaboración de los autómatas programables para el control de las cubas de congelación, sino que haga todo el sistema de congelación del buque, también todo el panel de control de gobierno del buque y no solamente el sistema SCADA.



En resumen, uno de los criterios Lean es centrarse en “pocos” proveedores de confianza y con buena calidad/precio competitivos y dando importancia a esos proveedores en la construcción del buque.



Figura 4. 21. Prueba de productos.

Fuente: Internet

4.3 Taller Curvado y perfiles

Una de las mejoras Lean que proporciona al astillero es la fabricación en un solo flujo único. En el caso del proceso en masa algunas planchas de acero rectangulares destinadas a un bloque se van a cortar sin importar las formas de corte que son requeridas. Estas planchas deben ser clasificadas antes de que se corten. El lote de planchas para cortar supone tener un inventario extenso, el cual hay que moverlo a otro almacén temporal y luego clasificarlo para su sub-ensamblaje. Al final, este sub-ensamblaje se transporta y se clasifica para construir el bloque. Por lo que al proceso se le está añadiendo no-valores: todos los movimientos, inventarios y clasificaciones son puros desperdicios

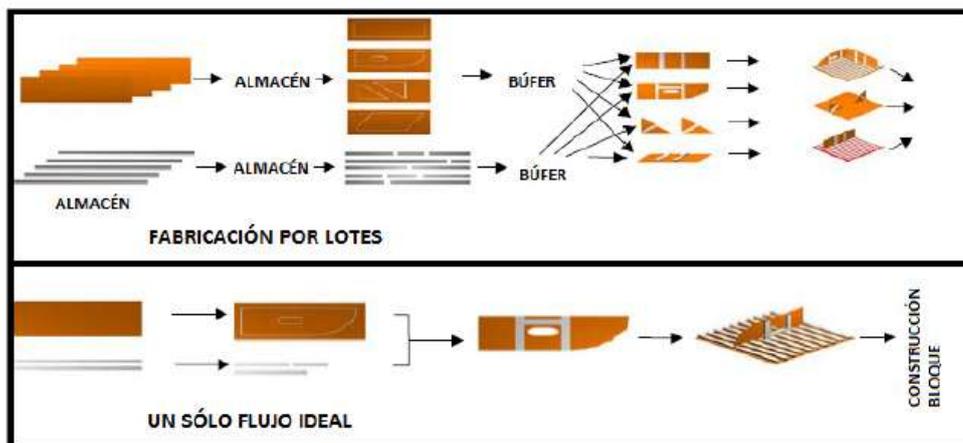


Figura 4. 22. Construcción Lean de planchas y perfiles.

Fuente: Apuntes impartido por Carlos Mascaraque



Pero la manufacturación lean u su flujo único, que se muestra también en la Ilustración, la plancha se curvaría o cortaría lo necesario y requerido. Pasaría igual con la elaboración de perfiles, las planchas se cortan, conforman, curvan y trabajan de la forma necesaria para darles la configuración definida en el diseño. Se cortan en equipos automáticos de corte con soplete; las formas así obtenidas se sueldan a continuación para formar vigas en forma de I y de T.

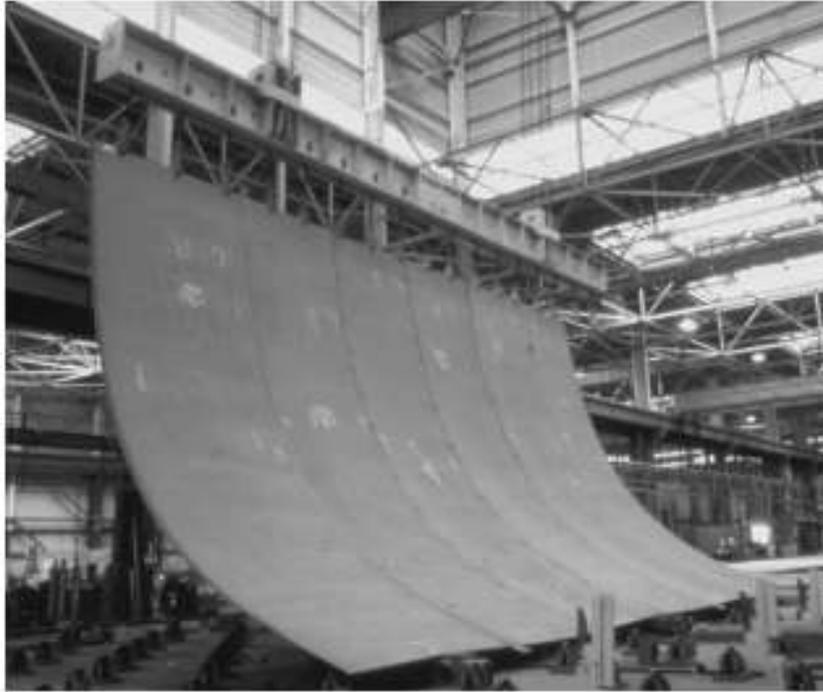


Figura 4. 23. Curvado de las planchas.

Fuente: Internet

Por ultimo cabe destacar una de las aplicaciones Lean que es fabricar “lo justo y necesario” con el fin de evitar desperdicios tales como sobreproducción, transporte, inventario y defectos.

4.4 Taller Tubería

La secuencia básica de la tubería naval es:

1. Elaboración de la tubería:

Se elabora según las especificaciones de los planos isométricos. Cada montaje a bordo debe planificarse según necesidades. El proceso se compone principalmente de los siguientes pasos:

Corte del tubo, curvado según isométrica, preparación de extremos y posible soldadura de bridas, tratamientos en taller (galvanizado, pintado...), protección del tubo acabado.



Figura 4. 25.Haz de tubería.

Fuente: Apuntes proporcionados por Carlos Mascaraque

- **Soldadura definitiva de los soportes:** Una vez premontados los tubos, estos serán desmontados cuidadosamente y almacenados hasta su montaje definitivo. En ese momento se realizará la soldadura definitiva de los soportes a los bloques, módulos o al casco.
- **Chorreado y pintado del bloque o del local:** Al finalizar la soldadura de todos los elementos del bloque o del local, se verificará (ensayos e inspecciones) y se procederá a proteger los elementos que no sean desmontados, para así realizar el chorreado y pintado del bloque o del local.

3. *Montaje definitivo de la tubería:*

En la etapa de armamento final del bloque o del local se realizará el montaje definitivo de la tubería. Los tipos de tubería según su estrategia de montaje son:

- *Tubos de montaje según plano*

Este tipo de tubería se elaborará y se premontará en su totalidad según las especificaciones de los planos de elaboración y montaje. Una vez chorreado y pintado el bloque o local se montará



- *Tubos de cierre*

Elaborar dejando sobredimensionado alguno de sus extremos, posteriormente se premonta y se sueldan los soportes y se finalizara su elaboración para el montaje final cuando se verifique su cierre con el equipo o componente

- *Tubos de plantilla*

Debido a la dificultad el tubo o a la falta de información sobre su forma o posición final, no se elaborará ni montará hasta que no esté montado definitivamente los equipos, tubos o componentes que conexas sus extremos. Se usará una plantilla para trazar el tubo y elaborarlo, asegurando así su correcto montaje.

4.5 Taller de Montaje inicial

En esta fase se empiezan a ensamblar los módulos de planchas, tuberías y sistemas auxiliares, y se sigue la línea de un solo flujo de construcción.

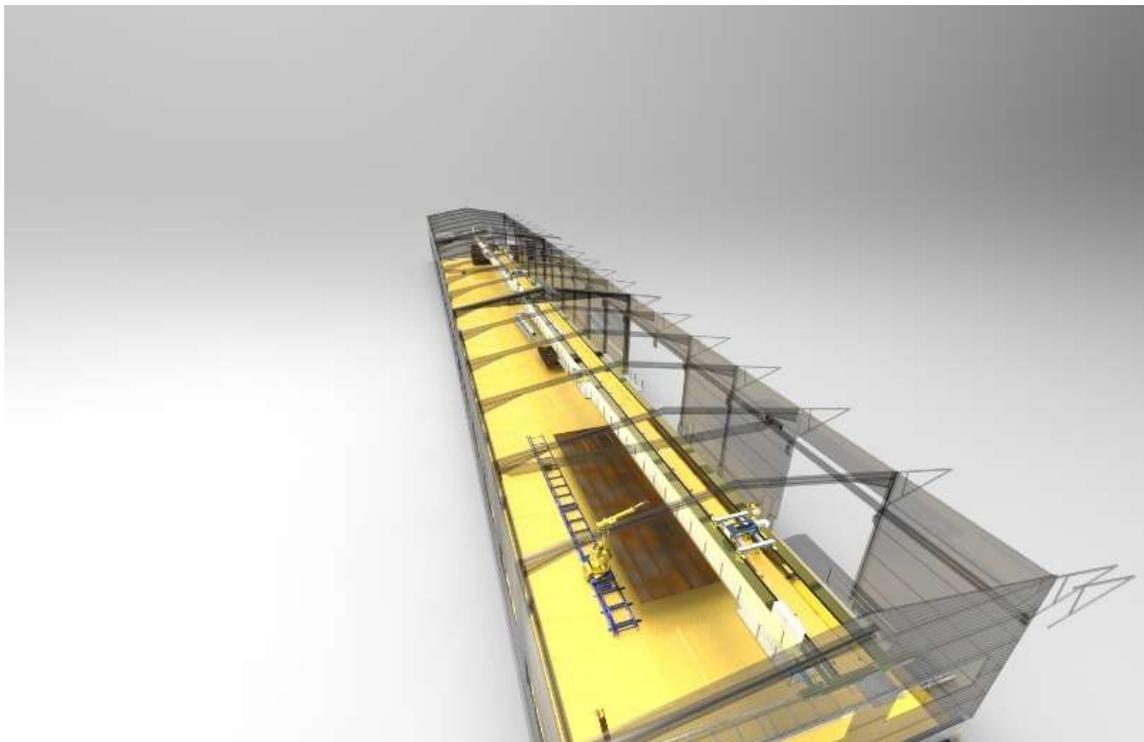


Figura 4. 26. Distribución del montaje inicial Lean.

Fuente: Elaboración propia Rhinoceros



El proceso de montaje es unificar las planchas, perfiles, tuberías y submódulos. De tal manera que se obtenga un producto intermedio previo paso al taller de montaje final.

Todo este proceso se hace con materiales estandarizados y de forma automática, esto evita tiempos de espera en el proceso de soldadura, en el transporte del material, etc. Es decir, supongamos durante el transporte de materiales que se daña la cuaderna del módulo de estribor del barco, y en el taller de curvado están con las cuadernas del módulo de babor, en vez de parar todo el proceso de construcción para fabricar la cuaderna dañada, al estar estandarizado, se monta la cuaderna de babor y se elimina cualquier tiempo de espera que se considera un desperdicio.

Por otra parte, hay que conservar el lugar de la construcción limpio como una sala de exhibición, es decir, es necesario para el astillero causar buena impresión en los clientes actuales y en clientes potenciales. Los trabajadores que se destacan por la limpieza de sus sitios de construcción son motivados a liderar las sucesivas mejoras.



Figura 4. 27. Unificación de equipos de tubería, equipos y planchas.

Fuente: Elaboración propia Rhinoceros



4.6 Taller habilitación

En paralelo, se realizan los módulos de habilitación del buque, tanto camarotes como cocina, de forma automatizada al ser módulos continuos y numerosos.

Una vez que se finalicen dichos módulos pasan al Taller de montaje final donde se unificara con los módulos del taller de montaje inicial.



Figura 4. 28. Construcción camarote tipo.

Fuente: Internet

El uso de cabinas modulares prefabricadas reduce el tiempo de equipamiento a bordo y por lo tanto acorta el ciclo de la construcción naval. La construcción modular reduce los costos debido a la estandarización ya que permite el uso de línea de montaje automático.

Las cabinas son difíciles de moverse y no es práctico intentar transportarlos a través de largas distancias. En el astillero tipo, las cabinas salen y se montan en los grandes bloques, por lo que no recorren grandes distancias. Si se montan las cabinas antes de llevar el bloque al embarcadero se evita el almacenaje, mayores costes de construcción y mayor tiempo de maniobra.

Por otra parte, los módulos de habilitación tienen que estar en perfecto estado y limpio, por eso se protege con plásticos para evitar imperfecciones durante las sucesivas instalaciones.



Figura 4. 29. Camarote tipo.

Fuente: Internet

Sin embargo este taller no estará siempre operativo todo el año, ya que dependerá de la demanda de buques, sin embargo al ser un taller bastante productivo una de las medidas que se adopta para generar beneficios es fabricar módulos de habitación y exportar a terceras empresas y convertirse en un proveedor altamente cualificado en construcción modular de habitación.

4.7 Taller de montaje y pintura

En este taller, los módulos terminados pasan a montaje final junto con los módulos de habitación y equipos,

Por un lado la secuencia básica de los equipos navales es:

- **Pruebas en fábrica:** Se probarán los equipos en la factoría donde se hayan fabricado, estando presente el cliente (el astillero) y requiriendo la aprobación de éste. La instalación, y por tanto los equipos, han de cumplir con las especificaciones solicitadas por el cliente. Han de simularse las condiciones reales de funcionamiento y considerar todos los supuestos que hayan sido definidos. Para ello se emplearán los medios auxiliares que garanticen estas condiciones
- **Recepción e inspección en la recepción:** Por norma general será el proveedor quien realice la entrega de los equipos en el astillero. Una vez recibidos los equipos deberán ser inspeccionados por el astillero, verificando que son los equipos pedidos y que no vienen dañados. Por tanto, las inspecciones se centrarán en el cumplimiento de las dimensiones, pesos, modelo exacto del equipo solicitado, desglose en sus componentes y propiedades características dependiendo del equipo o material. El proceso quedará registrado y en caso de detectarse alguna incidencia, los inspectores



deberán abrir un aviso de no conformidad al material recibido. Se valorará si ese equipo puede utilizarse o si ha de ser devuelto al fabricante.



Figura 4. 30. Inspección equipos

Fuente: Internet

- **Almacenaje:** Para el correcto almacenaje de los equipos se ha de considerar el material (corrosión y desgaste), electrónica que incorpora (humedad, temperatura), caducidad (extintores, neoprenos, etc...), toxicidad, riesgo de incendio. Durante el tiempo que los equipos estén almacenados se realizará un mantenimiento de ellos, dependiendo de las características propias de cada uno:
 - Limpieza,
 - Engrase,
 - Carga de baterías o gases,
 - Puestas en marcha periódicas

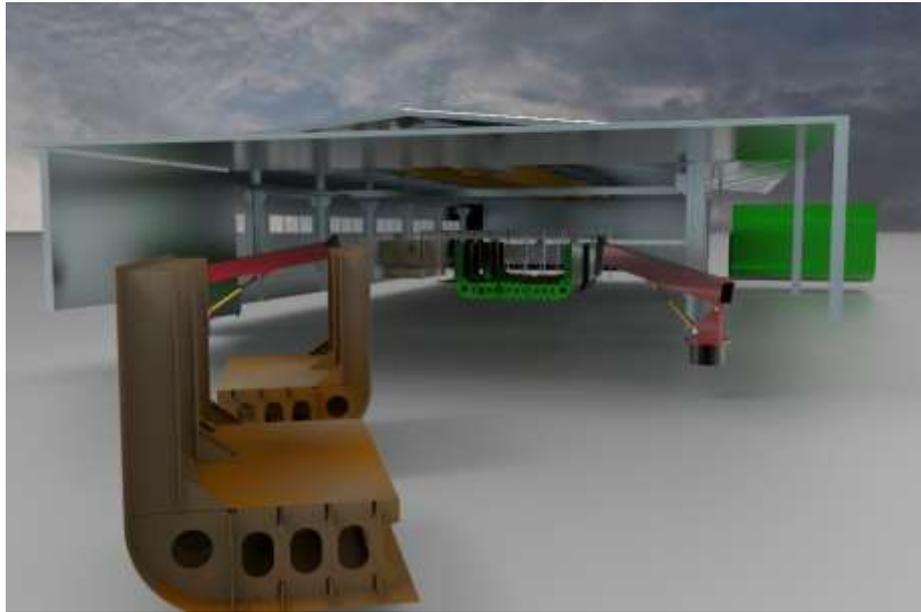


Figura 4. 31. Transporte módulos al taller.

Fuente: Elaboración propia Rhinoceros

Se montan los equipos navales a los módulos obtenidos del taller de montaje inicial, se sueldan y por otro camino se añaden las habitaciones del taller. Una vez soldados tanto los equipos, habitación y módulos pasan a formar bloques, esos bloques son pintados, una vez pintados pasan a grada para su posterior unificación entre bloques.

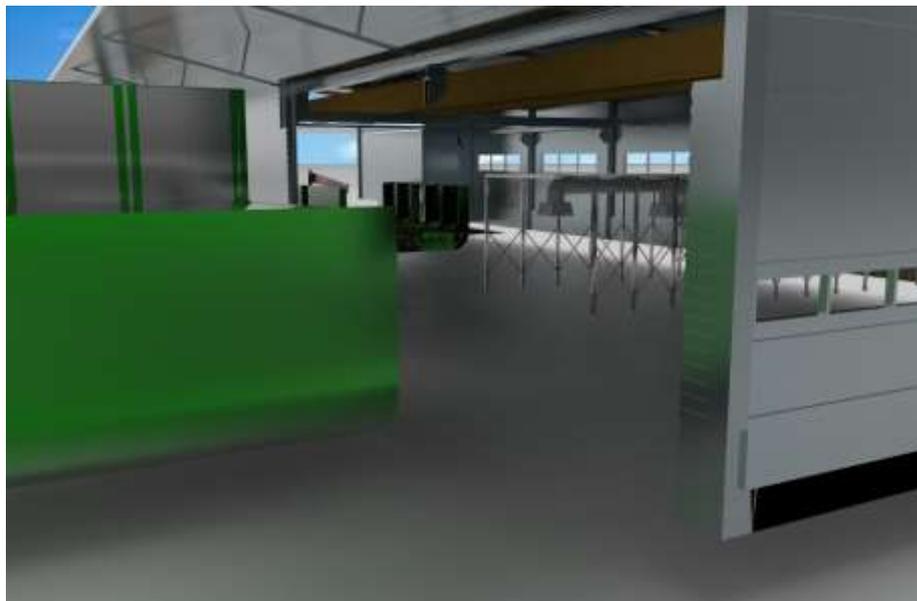


Figura 4. 32. Obtención de bloques del taller.

Fuente: Elaboración propia Rhinoceros



4.8 Grada. Embarque de grandes módulos y Bloques

Una vez terminadas las unidades de mayor tamaño se trasladan a la grada, mediante la ayuda de la grúa, donde se ensamblan unas con otras para dar forma al buque. Antes de embarcar el modulo este pasará por una serie de etapas:

- Construir el modulo completo, con todos sus elementos estructurales, equipos, tubería y cables
- Pintarlo con su esquema final
- Probar el modulo en el taller
- Desmontar todos los elementos que puedan interferir en la maniobra de embarque
- Montar posibles elementos necesarios para su embarque
- Proteger el modulo y sus equipos

En paralelo a los trabajos que se efectúan sobre el modulo en el taller se preparará el local a bordo para recibir el modulo o el bloque armado:

- Instalar todos los elementos que queden confinados después del embarque
- Pintar el local en esquema final
- Proteger los equipos
- Instalar medios auxiliares para la maniobra de embarque, tales como railes, guías, apoyos, etc...

Se transportará el modulo o el bloque a la grada o al dique donde se está construyendo el buque, para este proceso se emplearán grúas y medios auxiliares de transporte. La maniobra estará supervisada cubriendo todos los puntos de visión posible y con todo el personal involucrado en comunicación constante.

Las maniobras son siempre de gran complejidad y peligrosidad para el personal involucrado sin embargo el personal habrá obtenido métodos de aprendizaje para evitar sucesivos problemas de maniobra.



Figura 4. 33. Ensamblaje bloques en grada

Fuente: Internet

Es requisito imprescindible el aseguramiento de la maniobra y el cumplimiento de todos los requerimientos al respecto para que no ocurra ningún accidente.

Los medios auxiliares empleados deben estar diseñados para poder acometer la maniobra asegurando que no se dañará ni el modulo a embarcar ni el local que recibe tal modulo.

En el caso de ser un bloque, éste será soldado al casco. Si se trata de un módulo se usarán sus medios de fijación. Una vez embarcado y fijado el modulo, se montarán los equipos que se habían desmontado para poder realizar el embarque.

Se realizará el conexionado entre el buque y el modulo, instalando los equipos, tubería, conductos y cableado que hay entre el modulo y el buque

5. Bibliografía

- CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES. James R. Thornton
- Apuntes de la asignatura “Procesos y Fabricación” Carlos A. Mascaraque
- Artículo: Jeffrey K. Liker & Thomas Lamb, Lean Manufacturing Principles Guide, University of Michigan, 2000
- Libro: Francisco Madariaga Neto, Lean Manufacturing, Bubok Publishing, 2013
- Libro: Daniel Jones & James Womack, Lean Thinking, Gestion 2000, 2012.
- Artículo: Lean Project Planing in Shipbuilding. Jan Emblemsvag 2014
- <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/sistemas-de-produccion-y-fabricacion/material-de-clase-1/tema-7>
- <http://www.google.com/patents/US6016636> [Consulta:16/07/2017]
- Página Web <http://toyota.es>[Consulta:16/07/2017]
- Libro: John Teale, Como Diseñar un Barco: una Guía Paso a Paso de Todas las Fases del Diseño de Barcos de Motor y Veleros, Tutor, 2002.



- Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Escuela organización industrial



Cuaderno N° 5

Planificación



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Planificación**
- 2. Conclusión**
- 3. Bibliografía**



1. Planificación

Todo proyecto necesita una planificación del mismo a lo largo del tiempo, tal planificación nos aportará información sobre los tiempos necesarios para cada tarea, los hitos principales del proyecto y los plazos que hemos de cumplir.

La confección de la planificación de grandes voces del proyecto de construcción de un buque como se puede observar en la figura 5.1 consta de cuatro hitos:

- Fabricación y armamento: elaboración de tuberías, bloques,..
- Ensamblaje de bloques en grada 1: recepción de los bloques y su posterior ensamblaje
- Armamento final en grada 2 : el barco ya estanco para realizar una puesta a flote preliminar
- Periodo de pruebas de puerto y mar.

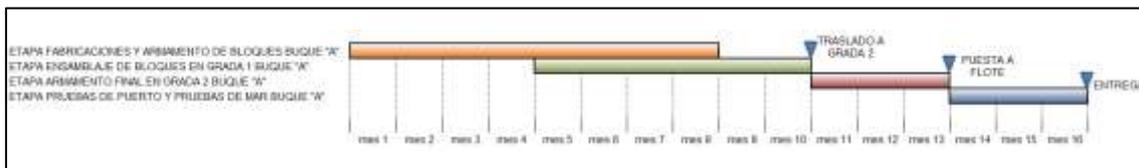


Figura 5.1: Planificación del proyecto de construcción de un buque atunero congelador

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la planificación de la construcción de por ejemplo una serie de 3 barcos atuneros constaría de tres partes principales, como se puede observar en la figura 5.2:

- Proyecto de mejora y optimización de las instalaciones del astillero
- Programa de diseño y construcción de buques tipo
- Ventanas temporales para oportunidades de negocio de reparación de buques

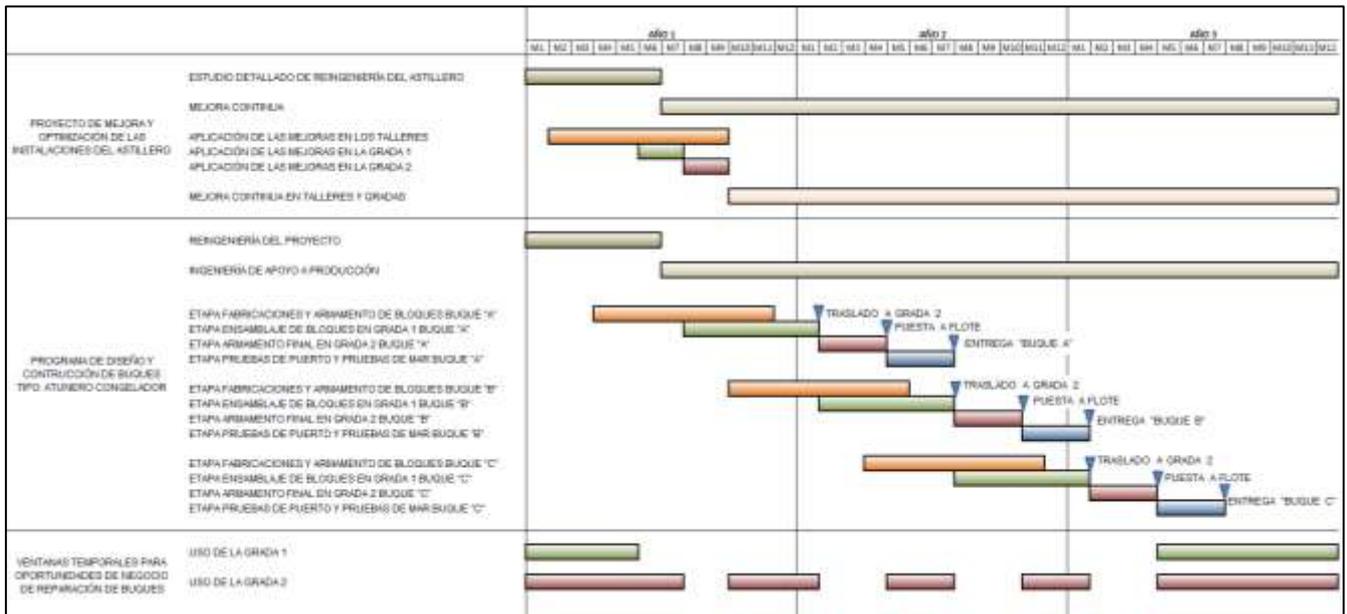


Figura 5.2: Planificación completa del astillero

Fuente: Elaboración propia

1.1. Proyecto de mejora y optimización de las instalaciones del astillero

En esta etapa se realiza un estudio de la reingeniería que necesita un astillero, por eso cuando finaliza la etapa comienza la mejora continua de astillero, y al mismo tiempo se realizan mejoras en los talleres y en la grada

1.2. Programa de diseño y construcción de buques tipo: atunero congelador

Se tiene una reingeniería del proyecto buque atunero donde se estudian las viabilidades de la estandarización tanto estructurales como de equipos. Más adelante la ingeniería de apoyo a producción consiste en dar soluciones a posibles fallos detectados durante la construcción del buque.

La construcción del buque A, comienza con la etapa de fabricación y armamentos de éste, una vez que se van obteniendo subbloques, equipos modulares, o tuberías empieza entonces la etapa de ensamblaje de bloques en grada 1, cuando finaliza esta etapa, se inicia el armamento final del buque ya estanco en grada 2, una vez armado el buque por completo se realiza su puesta a flote y se entrega el buque. Como se puede observar en la figura 5.2, la etapa de fabricación y armamento de bloques del buque B comienza cuando se está terminando la etapa correspondiente al buque A, de esta manera la etapa de fabricación no está en “stand by”, de ser así, son horas y dinero que pierde el Astillero.



Muy similar sucede con la etapa de ensamblaje en la grada 1, no se procederá a la iniciación de esta etapa hasta que no se quede libre del anterior buque. Debe ser rigurosamente medido, por eso como se ha comentado la etapa de fabricación comienza antes de que se acabe con el anterior proyecto, ya que se corre el riesgo de tener un colapso de bloques o que la grada 1 este vacía.

Si comparamos el buque A y el Buque B vemos que cuando comienza el traslado de la grada 1 a la grada 2, se empiezan a llevar bloques a la grada 1 de nuevo, y lo mismo sucede con referencia a la entrega del buque, hasta que no se entrega el buque, la grada 2 no se queda vacía del todo, y ahí es cuando comienza el cambio de etapa de la verde a la morada.

Mismo proceso iterativo con el buque C pero en este caso dependiendo de la situación de construcción del buque B.

Como se puede observar en la figura una vez que se ha procedido la entrega del buque, las gradas se quedan vacías dando lugar a nuevas oportunidades de negocio, mientras en paralelo el astillero está cerrando proyectos nuevos de buques, se produce la reingeniería del proyecto como del astillero, una vez que el astillero decide comenzar a construir un buque, las gradas dejan de ser utilizadas. Para dar paso a una mejora de las gradas y así comenzar la espiral de construcción.

1.3. Ventanas temporales para oportunidades de negocio de reparación de buques

Al tener una grada vacía podemos usarla para oportunidades de negocio, reparaciones, mantenimiento de buques, posibilidad al mismo armador u otros armadores.

Beneficios.

La planificación completa del astillero, donde se contemplan todos los proyectos tanto de construcción como de ingeniería y de reformas de las instalaciones, permitirá identificar ventanas temporales de inactividad en los talleres o en las gradas, como se puede apreciar en la parte inferior de la figura 5.2. Estas ventanas de oportunidad nos ofrecerán la posibilidad de usar las instalaciones para otras líneas de negocio. En el caso de estudio se obtienen una serie de periodos de 3-4 meses donde la grada 2 estará inactiva, siendo de gran interés para poder implantar una línea de negocio basada en la reparación o mantenimiento de buques. No solamente la posibilidad de negocio al mismo armador, si no a otros posibles armadores, que necesiten un mantenimiento del barco.

2. Conclusiones

La elaboración y estudio de los gráficos y diagramas propuestos aportan una visión amplia de las ventajas e inconvenientes de las mejoras planteadas para el proyecto de nueva construcción de buques atuneros congeladores y de los propósitos generales del astillero como organización.



El conjunto de herramientas desarrolladas se establece como un recurso de gran utilidad para los objetivos planteados en el presente estudio, donde la aportación de información fiable y sencilla para facilitar la toma de decisiones se identifica como una base crucial para la gestión de proyectos de gran envergadura, con altos costes y largos periodos de ejecución.

Los análisis propuestos están orientados tanto a los miembros de la empresa que componen la Dirección del proyecto como al armador/naviero, es decir, al cliente final. Es por ello que resultan de utilidad para la gestión del programa y para la estrategia de marketing con el cliente actual y los clientes potenciales, logrando la organización, como consecuencia de todo ello, ser más competitiva en un sector ampliamente globalizado.

3. Bibliografía

- Ahsan, K., & Gunawan, I. (2010). Analysis of cost and schedule performance of international development projects. *International Journal of Project Management*, 28(1), 68-78.
- Alvariño-Castro, R., Azpíroz-Azpíroz, J. J., & Meizoso-Fernández, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid (Spain): Fondo Editorial de Ingeniería Naval.
- Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). *Ship Construction*. Butterworth-Heinemann.
- Gardiner, P. D., & Stewart, K. (2000). Revisiting the golden triangle of cost, time and quality: the role of NPV in project control, success and failure. *International Journal of Project Management*, 18(4), 251-256.
- Kapurch, S. J. (2010). *NASA Systems Engineering Handbook*. Washington, D.C. (USA): DIANE Publishing Company.
- Ling, F. Y. Y. (2004). How project managers can better control the performance of design-build projects. *International Journal of Project Management*, 22(6), 477-488.
- Lloyds-Register. (2015). *IHS Fairplay Register of Ships 2015-2016*. Redhill (United Kingdom): IHS Global Incorporated.
- Project-Management-Institute. (2004). *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides)*. Project Management Institute.
- Reich, B. H., Gemino, A., & Sauer, C. (2013). How knowledge management impacts performance in projects: An empirical study. *International Journal of Project Management*, 32(4), 590-602.



Cuaderno N° 6

Presupuesto



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Presupuesto**
 - 1.1 Diagrama estático de coste y plazo**
 - 1.2 Diagrama longitudinal de coste**
 - 1.3 Curva de coste por unidad de construcción**
- 2. Resultados**
- 3. Bibliografía**



1. Presupuesto

1.1 Diagrama estático de coste y plazo

Con el propósito de conocer el impacto en plazo y en coste para el proyecto de cada una de las propuestas de mejora planteadas, se presenta el gráfico de la figura 6.1, donde se expone, para las diferentes medidas la estimación de la ganancia en plazo (representada en una escala de meses) y su repercusión en el coste final del proyecto (representada en miles de euros k€).

El área de cada una de las burbujas representadas simboliza el coste de implementación que supondrá para el astillero llevar a cabo la mejora planteada, siendo, por tanto, las burbujas de mayor tamaño las que suponen una inversión inicial más significativa.

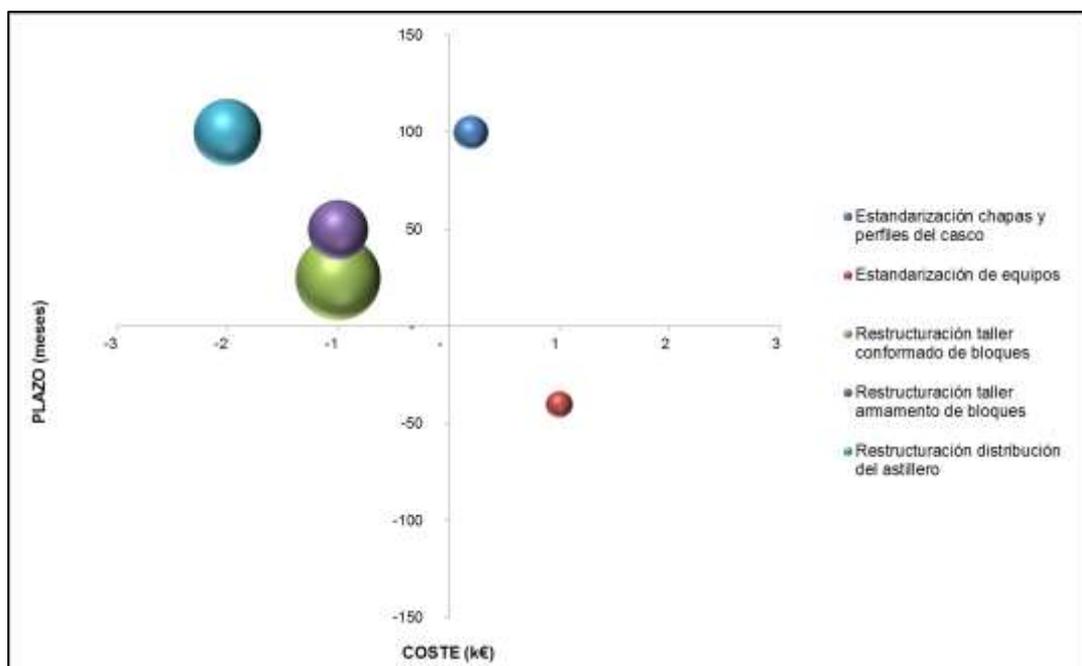


Figura 6.1: Diagrama estático de coste y plazo de las mejoras propuestas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 6.1, para el primer barco de la serie de los buques la estandarización de las chapas y perfiles del casco en plazo supone un adelanto, al tener las chapas estandarizadas esto conlleva menos tiempo de soldadura, es decir, como se reducen el espesor, se reducen el número de pasadas de soldadura y en coste, también se obtiene una gran reducción.

Por otra parte, en la estandarización de equipos, obtenemos cierto adelanto en cuanto a plazos al estandarizar el montaje de los mismos.



Los momentos temporales analizados son: a corto, medio y largo plazo, y durante el ciclo de vida del buque y, por tanto, su explotación, considerándose este último en términos de beneficios medios anuales. En la parte izquierda del diagrama se ofrece la información de la inversión inicial y las repercusiones a corto plazo, seguidamente de las implicaciones de las mejoras ya implantadas a medio plazo, y a largo plazo cuando se esté trabajando con todos los barcos de la serie y se haya avanzado en las nuevas líneas de negocio identificadas con la planificación que se mostraba en la figura 3.

Finalmente se muestran los datos del análisis del ciclo de vida del buque, donde será necesario realizar un estudio detallado de la explotación esperada. Por lo tanto, se ha de comenzar conociendo y estudiando las intenciones de negocio del naviero, una vez analizadas, se desarrolla una perspectiva de beneficio anual de cada mejora durante el ciclo de vida de las embarcaciones que componen el programa, y estos resultados se expondrán sobre el diagrama longitudinal de coste.

1.3 Curva de coste por unidad de construcción

Con el objetivo de disponer de una mayor información para el equipo comercial del astillero, se expone la gráfica de la figura 6.3, donde se indica el descenso del precio de venta unitario en función del número de buques de la serie contratada.

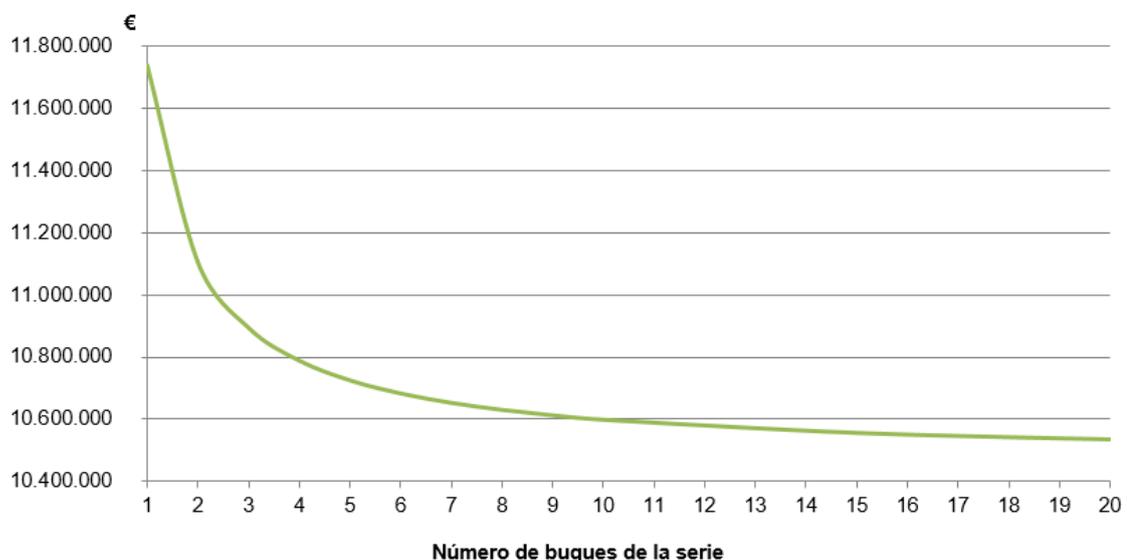


Figura 6.3: Precio unitario según el número de buques de la serie

Fuente: Elaboración propia

Esta información se ha desarrollado suponiendo un 15% de beneficios sobre el coste de construcción que ha sido estimado por medio del cálculo de sus diferentes partidas presupuestarias. El cálculo del presupuesto de un único buque en sus diferentes conceptos queda desglosado en la tabla 1 y en el ANEXO más detallado.



Concepto	Importe
Estructura del casco	559.007 €
Planta propulsora	646.565 €
Planta eléctrica	432.204 €
Comunicaciones y control	133.000 €
Servicios auxiliares	979.740 €
Equipo y habilitación	1.227.243 €
Servicios técnicos	185.555 €
Apoyo al buque durante la construcción	742.221 €
Personal dedicado a la obra	5.300.000 €
Coste total de construcción de 1 buques	10.205.534 €
Margen de beneficio	15%
Importe 1 buque	11.736.364 €

Tabla 1. Presupuesto de un buque atunero congelador

Fuente: Elaboración propia

2. Resultados

2.1 Resultados obtenidos del diagrama estático de coste y plazo

La utilidad del diagrama estático de coste y plazo reside en la información que transmite a la Gerencia de programa y a la Dirección del astillero con el fin de valorar si cada mejora es relevante para el proyecto, si la inversión inicial es conveniente con los costes finales de la obra y si los adelantos o retrasos estimados en el plazo de entrega del buque son asumibles.

El impacto en plazo deberá analizarse con las repercusiones contractuales del proyecto. No siempre un adelanto puede ser beneficioso (Reich, Gemino & Sauer, 2013), pues podría suponer una inmovilización del buque en el muelle hasta el comienzo de la temporada de pesca, con el coste que esto supondría. No obstante, un retraso puede estar penalizado en las condiciones contractuales, además de los costes directos de producción derivados de retrasar la obra.

2.2 Resultados obtenidos del diagrama longitudinal de coste

La interpretación adecuada del diagrama de la figura 5 proporciona una visión en plazo de los resultados esperados de la implantación de cada mejora propuesta. Con esta herramienta, la Dirección del astillero dispondrá de mayor información para la toma de decisiones, pudiendo analizar los escenarios de forma longitudinal.

Uno de los resultados interesantes de este análisis, es conocer si las decisiones pueden suponer pérdidas económicas a corto plazo y ganancias a medio y largo plazo, para así asegurar la eficiencia económica organizativa (Klingenberg et al., 2013).



Respecto a los datos del análisis del ciclo de vida del buque, estos son importantes para las tareas comerciales del astillero, dado que toda esta información podrá ofrecerse a los navieros para identificar ventajas en la explotación de los buques y como consecuencia de estas, lograr un aumento significativo de los beneficios esperados.

2.3 Resultados obtenidos de la curva de coste por unidad de construcción

La ventaja del gráfico propuesto en la figura 6.3, radica en la disposición de una mejor información para el Departamento Comercial sobre los precios a los que pueden ofertar en los concursos de licitación, dependiendo del número de barcos que tenga previsto construir el astillero.

El coste unitario se ve reducido principalmente por un decremento en las horas de ingeniería y producción. Las primeras debido a disponer del desarrollo completo del proyecto y debiendo quedar únicamente parte de ingeniería de apoyo a la construcción, el segundo se debe al aprendizaje del personal de construcción y, por tanto, a una reducción en las horas empleadas para cada una de las tareas a desarrollar.



ANEXO



NÚMERO DE BUQUES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
CONCEPTO	IMPORTE	IMPORTE	IMPORTE									
100- ESTRUCTURA DEL CABECO	559.007 €	1.118.015 €	1.677.022 €	2.236.029 €	2.795.036 €	3.354.044 €	3.913.051 €	4.472.058 €	5.031.066 €	5.590.073 €	6.149.080 €	6.708.087 €
200- PLANTA PROPULSORA	546.565 €	1.093.130 €	1.639.695 €	2.186.260 €	2.732.825 €	3.279.390 €	3.825.955 €	4.372.520 €	4.919.085 €	5.465.650 €	6.012.215 €	6.558.780 €
300- PLANTA ELÉCTRICA	432.204 €	864.408 €	1.296.612 €	1.728.816 €	2.161.019 €	2.593.223 €	3.025.426 €	3.457.630 €	3.889.834 €	4.322.038 €	4.754.241 €	5.186.445 €
400- COMUNICACIONES Y CONTROL	133.000 €	266.000 €	399.000 €	532.000 €	665.000 €	798.000 €	931.000 €	1.064.000 €	1.197.000 €	1.330.000 €	1.463.000 €	1.596.000 €
500- SERVICIOS AUXILIARES	970.740 €	1.959.479 €	2.939.219 €	3.918.958 €	4.898.698 €	5.878.438 €	6.858.178 €	7.837.918 €	8.817.657 €	9.797.397 €	10.777.137 €	11.756.877 €
600- EQUIPO Y HABITACIÓN	1.217.243 €	2.434.486 €	3.651.729 €	4.869.972 €	6.088.215 €	7.306.458 €	8.524.701 €	9.742.944 €	10.961.187 €	12.179.430 €	13.400.673 €	14.621.916 €
700- ARMAMENTO	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
800- SERVICIOS TÉCNICOS	185.555 €	371.110 €	556.665 €	742.220 €	927.775 €	1.113.330 €	1.298.885 €	1.484.440 €	1.669.995 €	1.855.550 €	2.041.105 €	2.226.660 €
900- APOYO AL BUQUE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	740.221 €	1.480.442 €	2.220.663 €	2.960.884 €	3.701.105 €	4.441.326 €	5.181.547 €	5.921.768 €	6.661.989 €	7.402.209 €	8.142.430 €	8.882.651 €
PERSONAL DEDICADO A LA OBRA	3.300.000 €	6.600.000 €	9.900.000 €	13.200.000 €	16.500.000 €	19.800.000 €	23.100.000 €	26.400.000 €	29.700.000 €	33.000.000 €	36.300.000 €	39.600.000 €
COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE 1 BUQUES	10.205.554 €	20.411.108 €	30.616.662 €	40.822.216 €	51.027.770 €	61.233.324 €	71.438.878 €	81.644.432 €	91.849.986 €	102.055.540 €	112.261.094 €	122.466.648 €
MARGEN DE BENEFICIO	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
IMPORTE PRESUPUESTADO 1 BUQUES	11.736.364 €	22.207.729 €	32.679.091 €	43.150.457 €	53.621.822 €	64.093.186 €	74.564.550 €	85.035.915 €	95.507.279 €	105.978.643 €	116.450.007 €	126.921.371 €
IMPORTE POR BUQUE	11.736.364 €	11.103.864 €	10.893.931 €	10.787.614 €	10.724.364 €	10.682.198 €	10.652.079 €	10.629.489 €	10.611.920 €	10.597.864 €	10.585.698 €	10.574.614 €



3. Bibliografía

- Ahsan, K., & Gunawan, I. (2010). Analysis of cost and schedule performance of international development projects. *International Journal of Project Management*, 28(1), 68-78.
- Alvariño-Castro, R., Azpíroz-Azpíroz, J. J., & Meizoso-Fernández, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid (Spain): Fondo Editorial de Ingeniería Naval.
- Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). *Ship Construction*. Butterworth-Heinemann.
- Gardiner, P. D., & Stewart, K. (2000). Revisiting the golden triangle of cost, time and quality: the role of NPV in project control, success and failure. *International Journal of Project Management*, 18(4), 251-256.
- Kapurch, S. J. (2010). *NASA Systems Engineering Handbook*. Washington, D.C. (USA): DIANE Publishing Company.
- Ling, F. Y. Y. (2004). How project managers can better control the performance of design-build projects. *International Journal of Project Management*, 22(6), 477-488.
- Lloyds-Register. (2015). *IHS Fairplay Register of Ships 2015-2016*. Redhill (United Kingdom): IHS Global Incorporated.
- Project-Management-Institute. (2004). *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides)*. Project Management Institute.
- Reich, B. H., Gemino, A., & Sauer, C. (2013). How knowledge management impacts performance in projects: An empirical study. *International Journal of Project Management*, 32(4), 590-602.



Cuaderno N° 7

Resultados y Conclusiones Finales



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



1. Conclusiones

1.1 Estructura del buque

1.2 Sistemas auxiliares del buque

1.3 Astillero



1. Conclusiones

En este trabajo, se planteó una serie de objetivos, estos hacían referencia en optimizar tanto la estructura y sistemas del buque y, por último, el astillero:

- Estructura del buque: Estandarización de planchas, refuerzos, es decir, los escantillones.
- Sistemas Auxiliares del buque: Usar mismo diámetro de tuberías para el sistema de refrigeración del motor, estandarización de bombas de achique, entre otras opciones.
- Astillero: Redistribución de la planta del astillero, para mejorar la producción y así disminuir los desperdicios. Además, está asociada a procurar mejorar los procesos de trabajo y aumentar el rendimiento y la productividad.

1.1 Estructura del buque

Por tanto, para la estructura del buque, como objetivos se propuso estandarizar las planchas y los refuerzos. Mediante el uso del software Nauticus Hull se procedió al análisis estructural. En la situación inicial se comprobó que el escantillón cumplía con los requisitos estructurales con más de un 20 % de margen de seguridad.

Sin embargo, después de sucesivas iteraciones, se llegó a una situación final, donde las planchas se habían estandarizado en su mayor parte en planchas de 7 milímetros. El buque debido a esta situación estandarizada no se vería afectado en ningún momento estructuralmente al tener unos resultados con un margen de seguridad en torno al 20%.

1.2. Sistemas auxiliares del buque

Para los sistemas auxiliares del buque, el objetivo era estandarizar los equipos al mínimo, es decir, para el caso de los grupos de las bombas, en la situación no estandarizada se tenían ocho tipos de bombas, con la situación estandarizada disminuyó en cinco tipos de bombas.

De los ocho grupos de sistemas auxiliares solamente se pudo estandarizar cuatro, estos cambios no supondrían problemas de empacho a la hora de instalar en los buques, ni sobredimensión con respecto al caudal, presión etc...ya que se estudió de manera que el cambio no sea lo suficientemente grande.

El cambio supondría una inversión de 38.360 € más que la situación no estandarizada, no obstante, al reducir el número de equipos se podría llegar a conseguir una rebaja comercial, ya que el proveedor juega un papel. Si compramos seis bombas de seis distintos tipos el proveedor nos ofertará un presupuesto mayor que si compramos seis bombas de tres tipos.



Otro tipo de rebaja comercial depende de la variedad de proveedores, cuanto menor sea la lista de proveedores, mejor, por ejemplo, si compramos los motores, grupos electrógenos y los generadores al mismo proveedor, se podría llegar a un acuerdo para una rebaja comercial hipotéticamente de un 3 %, entonces si se llegase a ese acuerdo.

En definitiva, esa inversión que supondría la estandarización se llegaría a convertir en beneficios, planteando una buena estrategia en el departamento de compras del propio astillero.

1.3.Astillero

Por último, para el astillero se implanto las ideas Lean Manufacturing incluyendo el único flujo y el diseño orientado a la producción una redistribución de la planta del astillero para así mejorar la producción y disminuir los desperdicios. Además, está asociada a procurar mejorar los procesos de trabajo y aumentar el rendimiento y la productividad.

Por tanto, se puede verificar que este estudio cumple con los objetivos que se propusieron al inicio.



Cuaderno N° 8

Líneas Futuras



Título: “Optimización del proceso de construcción de un buque tipo atunero congelador por medio del diseño orientado a la producción”

Autor: David Moreno Sánchez

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Curso: 2015/2016



- 1. Introducción**
- 2. Grafeno**
- 3. Pinturas contra las bioincrustaciones**
- 4. Proa X-Bow o proa invertida**
- 5. Energía solar**
- 6. Energía eólica**
- 7. Nuevas propulsiones**
- 8. Impresoras 3D para sustituir maquinas**
- 9. Sistema de Ayuda a navegar y pesca**
- 10. Minimizar tripulación**
- 11. Materiales compuestos en Tubería**
- 12. Agua de mar como combustible**
- 13. Bibliografía**



1. Introducción

En la actualidad, los astilleros procuran, en la medida de sus posibilidades, potenciar el desarrollo del I+D+I en el ámbito naval, mejorando nuevas técnicas permitiendo renovar cada componente del barco de tal manera que éste sea lo más eficiente con el medio ambiente, adaptando al buque a los nuevos descubrimientos y nuevas energías.

2. Grafeno

El grafeno es una sustancia formada por carbono puro, con átomos dispuestos en patrón regular hexagonal, similar al grafito, pero en una hoja de un átomo de espesor. Es muy ligero: una lámina de 1 metro cuadrado pesa tan solo 0,77 miligramos. Se considera 200 veces más fuerte que el acero y su densidad es aproximadamente la misma que la de la fibra de carbono, y es aproximadamente cinco veces más ligero que el aluminio.

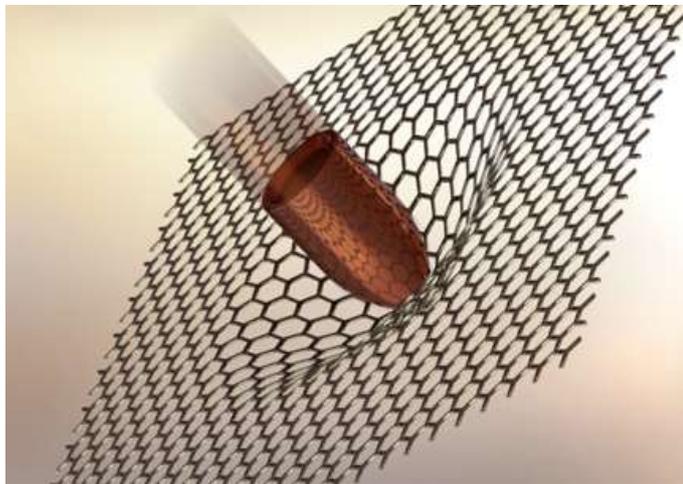


Figura 8. 1. Flexibilidad Grafeno.

Fuente: www.redorbit.com

Propiedades destacadas:

El grafeno es de los materiales más duros y fuertes existentes, incluso supera la dureza del diamante y es doscientas veces más resistente que el acero. Es altamente rígido, de hecho, tiene un módulo de Young de 1 TPa. Por lo tanto soporta grandes fuerzas sin apenas deformarse. Se trata de un material ligero con una densidad de tan solo 0,77 miligramos por metro cuadrado (densidad indicada en unidades de superficie como causa de su estructura laminar).

También cabe destacar que soporta grandes fuerzas de flexión, es decir, se puede doblar sin que se rompa. Para hacerse una idea de la capacidad de estas propiedades mecánicas, el premio Nobel hizo una comparación con una hamaca de grafeno de un metro cuadrado de superficie y un solo átomo de espesor. Esta hamaca de grafeno podría soportar hasta 4 kg antes de romperse (equivalente al peso de un gato).



En total esta hamaca pesaría lo mismo que uno de los pelos del bigote del gato, menos de un miligramo.

Aplicaciones navales:

- **Desalinización del agua**

Está en fase de investigación el uso de una lámina de **grafeno** con poros de 1,8 nm para sustituir las membranas en el proceso de ósmosis inversa para la desalinización del agua. Según las investigaciones actuales se obtendrían eficiencias mucho mayores que con las membranas actuales, y se tendrían requerimientos menores de energía. En el estado actual, el inconveniente es el costo de las membranas de grafeno, pero se espera que en el futuro estos costos podrán ser reducidos.

- **Casco del buque**

Añadir grafeno al revestimiento del casco para reducir en torno un 50 % su resistencia al avance, lo que permitirá a los buques ahorrar energía en sus desplazamientos en alta mar y, por lo tanto, reducir el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes. Es reciclable, inmune a la corrosión y a la adherencia de la vida marina, además de ser lo bastante ligero como para flotar de forma permanente.

3. Pinturas contra las bioincrustaciones

Hoy en día, las pinturas contra las incrustaciones tienen una gran importancia, hay investigaciones incluso proyectos financiados con fondos de la UE para crear una pintura prototipo completamente sostenible y respetuoso con el medio ambiente capaz de reducir los daños que provocan las bioincrustaciones marinas en los buques e infraestructuras



Figura 8. 2. Ejemplo incrustación obra viva.

Fuente: www.european-coatings.com

estáticas.



Los micro y macroorganismos que provocan las incrustaciones en el casco de un barco, como por ejemplo los percebes, son causa de grandes quebraderos de cabeza para los navegantes. Al multiplicarse, acumulan depósitos de calcio bajo la pintura del barco que merman la fluidez de la navegación, reduciendo así la eficiencia energética en hasta un 40 % y generando una mayor cantidad de emisiones de carbono. Este es un problema de primer orden, sobre todo para los grandes buques y construcciones marinas.

Hasta ahora se optaba por utilizar un agente biocida como el óxido de cobre en la pintura del casco para eliminar los organismos adheridos. De hecho, el 90 % de la flota marina cuenta con recubrimientos antiincrustaciones basados en el cobre. No obstante, el recubrimiento del casco con una sustancia de este tipo aumenta enormemente el riesgo de liberar toxinas en el entorno circundante y destruir otros tipos de flora y fauna marina. Además, los recubrimientos de baja adherencia son poco duraderos y el coste de los materiales y el mantenimiento es elevado.

Para reducir los perjuicios ecológicos y ofrecer una propuesta sostenible y rentable, se prescinde de los biocidas y por tanto elimina los peligros que entraña la exposición a los mismos.

El prototipo de pintura con efecto antiincrustaciones se basa en el contacto directo de los organismos que la provocan con el biocida alojado en el propio recubrimiento. Este método ofrece el beneficio añadido de prolongar la eficacia del tratamiento y reducir los costes de mantenimiento.

4. Proa X-Bow o proa invertida

La proa invertida en diseño de buques oceanográficos, pesqueros y MegaYates empieza a penetrar en el mercado. Con ello se mejora la maniobrabilidad del barco, mejora enormemente la capacidad de afrontar mares muy gruesos y permite navegar a mayor velocidad consumiendo menos combustible.



Figura 8. 3. Yate "A" Proa Invertida.

Fuente: www.diariosur.es

En definitiva, cuando un barco “pincha” una gran ola en mares con temporal, el volumen sumergido de la proa pasa a ser mucho mayor y por tanto produce potentes fuerzas de empuje en esa zona del barco lo cual se traduce en una rápida velocidad del barco para salir de la ola.



Con las proas invertidas, el volumen sumergido al pinchar una gran ola se incrementa, pero en una cantidad que se incrementa cada vez menos, a medida que se sumerge más la proa. Esto hace que el barco sea más “perezoso” en buscar la salida de la ola sin comprometer por ello la flotabilidad del buque que es siempre mucho mayor a la necesaria al trabajar bajo la ola. El resultado es una navegación con muchos menos cabeceos y sin oscilaciones y vaivenes debido a los sucesivos pasos de olas.

Los nuevos barcos diseñados con proas invertidas aseguran una excepcional suavidad al entrar en las olas. Esto mejora la seguridad y el confort de la tripulación. Un diseño ideal para navegar en mares muy fuertes.

Otras de las ventajas es el ahorro de energía resultando barcos menos contaminantes del medio ambiente. Las experiencias obtenidas demuestran que estos barcos pueden ahorrar entre un 4% y un 7% de combustible cada año, dependiendo de la forma que sean operados. Estas características, unidas a su peculiar distribución del volumen en la obra viva, contribuyen a reducir el cabeceo y aumentar la capacidad de aceleración.



Figura 8. 4. Prototipo buque portacontenedores proa invertida.

Fuente: eltormentin.wordpress.com

Las novedosas proas están siendo perfeccionadas a medida que van extrapolándose a otros tipos de barcos mercantes como ferries cruceros, etc... El resultado es sin duda una mejora en el confort de la tripulación y el pasaje así como mejor trato a las superestructuras pues al disminuir las fuertes aceleraciones verticales desaparecen en gran medida los pantocazos y por tanto los barcos sufren menos el embate de las mares embravecidas.



5. Energía solar

La luz del sol se puede usar directamente para generar electricidad por medio de celdas fotovoltaicas. El uso de celdas fotovoltaicas o paneles solares es cada vez más común como una alternativa eficiente y de bajo costo para generar electricidad.

Con la energía solar se quiere demostrar que es posible navegar con la ayuda de la tecnología, y dejar de lado el petróleo y los combustibles fósiles y pasar a la era del sol.



*Figura 8. 5. Buque con placas solares.
Fuente: www.erasolar.es*

La sociedad actual está viviendo una revolución industrial basada en el uso exclusivo de los recursos fósiles, producto de la edad del planeta. Tenemos que evolucionar hacia una sociedad de explotación de las fuentes de energía renovables. Es la única manera de crear una sociedad más responsable y duradera. Esta energía tiene una serie de ventajas e inconvenientes, por ejemplo:

Ventajas:

- La energía solar es un recurso renovable prácticamente ilimitado.
- No contamina.
- Es adaptable a las necesidades..
- Es limpia.
- La energía solar opera con sistemas silenciosos.
- La encuentras en todos lados.

Inconvenientes:

- Su instalación debe ser en zonas donde la radiación solar sea mayoritaria, diaria y anualmente.
- Tiene menos rendimiento que otros sistemas.
- Su mecánica es más compleja que otros sistemas de aprovechamiento de energías.

No obstante esta energía conforme se vaya avanzando la aplicación de ésta en el ámbito naval se convertirá en la propulsión más utilizada y no sólo para la propulsión también para la habilitación y otros servicios.



6. Energía eólica

La eficiencia energética es una prioridad en todos los sectores, incluso en el entorno naviero donde el gasto energético es considerablemente grande. Los generadores eólicos son dispositivos simples de funcionamiento.

Existen dos tipos básicos: el que internamente emplea una máquina de DC y el que emplea un alternador de AC. Cada uno tiene sus pros y contras. Los generadores de continua poseen escobillas y conmutadores que precisan limpieza, ajustes y mantenimiento. Las escobillas cuando se desgastan ó se ensucian, pueden producir interferencias electromagnéticas (EMI) que perturban a otros dispositivos electrónicos. Los alternadores suelen tener escobillas, generan corriente alterna y poseen internamente diodos rectificadores para convertir a corriente continua y cargar las baterías. Estos diodos pueden ser dañados si por error se invierte la polaridad.

Uno de los factores críticos es la velocidad del viento a la que el generador empieza a producir corriente. Es común encontrar umbrales de 4 a 7 nudos de viento, que generan corrientes con cuenta gotas desde 0,3 a 2,5 A. Sin embargo, con velocidades de viento “sostenidas” de 15 ó 20 nudos pueden producir intensidades de hasta 10 y 20 Amperios respectivamente.

Hay que recordar que la velocidad que influye en el generador es relativa, esto es, la resta vectorial de la velocidad del viento con la velocidad de la embarcación. Por lo tanto si un velero navega en empopada a 5 nudos con un viento absoluto de 10 nudos, el generador sólo recibe un viento relativo de 5 nudos de viento.

Cuánto más grande sea el diámetro de las palas, mayor será la capacidad de generación, pero tendrá un umbral de velocidad de viento superior, debido al incremento de inercia y peso.

Muchas veces, se opera el generador cuando la embarcación está fondeada en aguas protegidas dónde la velocidad del viento es reducida ó moderada. En esos casos interesa disponer de generadores menos ambiciosos.



Figura 8. 6. Prototipo Buque con Aerogeneradores.

Fuente: elbauldelporvenir.wordpress.com



No obstante a corto plazo junto con la energía solar se convertirán en los medios más utilizados en el ámbito naval para obtener energía limpia y barata

7. Nuevas propulsiones

- Hélices de plástico reforzado con fibra de vidrio

El plástico reforzado con fibra de vidrio ofrece a los Ingenieros Navales diseñadores de hélices, un nuevo potencial para diseño y construcción. La viabilidad de este tipo de material ha sido ya demostrada en embarcaciones de recreo; el reto es ahora escalar estos diseños para validar su uso en buques de mayor porte.

Ventaja en ahorro de peso, incide en que las nuevas hélices posean menores aceleraciones, cargas en el eje y permiten por tanto reducir las restricciones de diseño, como la limitación por aparición de vibraciones y ruidos, que serían claramente reducidos.

De hecho, permitirían trabajar con pasos muy altos, cuando se desea buscar el óptimo de trabajo de la hélice trabajando en bajas cargas, para alcanzar puntos de mínimo consumo del motor Diésel.

Otras ventajas inherentes al uso del plástico como material son la reducción de firma acústica, clave en el diseño de buques de guerra y la ausencia de mecanismos de protección galvánica.

Los inconvenientes se derivan de la fragilidad del plástico en la resistencia por impactos y del uso de recubrimientos que protejan la hélice en casos de cavitación. Los escasos modelos teóricos publicados dan una velocidad de inicio de la cavitación de un 30% mayor para el diseño de la hélice de material compuesto.

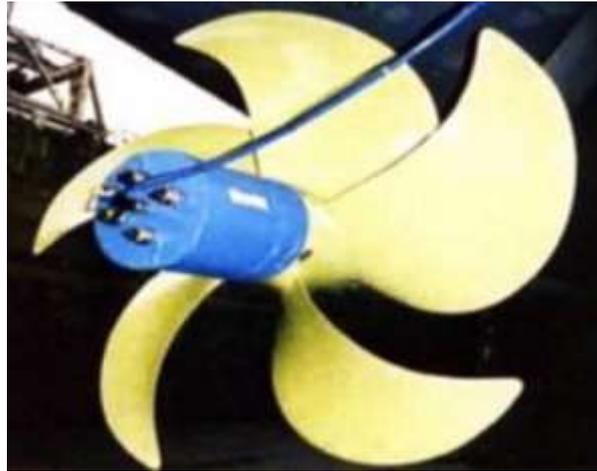


Figura 8. 7. Hélice plástico reforzado.

Fuente: www.navegar.com

de vibraciones y ruidos, que serían



- Propulsión híbrida

Principio de la propulsión híbrida es un sistema en el que el motor convencional es reemplazado por un motor eléctrico. Este motor, para que pueda propulsar el barco, se alimenta mediante un parque de baterías.

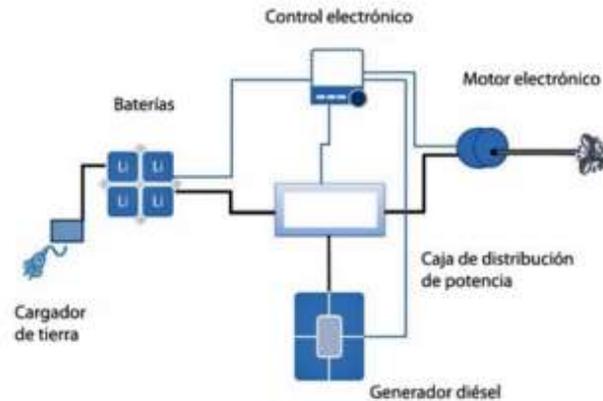


Figura 8. 8. Esquema propulsión híbrida.

Fuente: www.nauticayates.com

Este sistema, que parece simple, exige sin embargo un motor que posea un rendimiento óptimo, una capacidad de batería importante y un medio de recarga rápida.

Los astilleros se orientan hacia la solución de partir de un casco estándar y adaptarlo a una motorización con un sistema híbrido (en serie o en paralelo) o, por el contrario, de concebir los diseños de sus barcos para equipar directamente sistemas híbridos. Hay que tener en cuenta que el sistema híbrido eléctrico representa un sobrecoste en precio.

Es evidente que estamos en los inicios de este tipo de tecnología para el ámbito de la náutica de recreo, pero ya que se percibe que los dos sistemas de este tipo de propulsión, tanto en serie como en paralelo, seguirán coexistiendo.

En menos de cinco años, el conjunto de su gama se ofrecerá con sistema de propulsión híbrida. Es evidente, pues, que estos sistemas, en particular los instalados en serie, están destinados a embarcaciones poco rápidas (8 a 12 nudos). Y respecto a las baterías, presentes entre otras cosas en los vehículos eléctricos en plena evolución, el precio de la tecnología ion-litio seguirá siendo cada día más asequible.

- Cometas (Kites)

Una compañía alemana ha desarrollado recientemente un sistema automatizado, basado en el mismo principio que el kiteboarding, adaptable a buques nuevos y a casi todos los buques o embarcaciones en activo, según declaren. Consiste en un ala que se infla con aire a presión y que se eleva hasta 500 m sobre la superficie del mar, para buscar los vientos más favorables.



Figura 8. 9. Buque con cometa.

Fuente: www.nauticayyates.com

Parece que se consiguen empujes superiores incluso a los de las velas rígidas, desarrollando una potencia máxima del orden de 2 HP por metro cuadrado de vela, lo que es notable. Se dice que estas velas pueden producir velocidades superiores a 13 nudos en buques de miles de toneladas de desplazamiento. La compañía espera que induzcan ahorros de combustible hasta el orden del 50%, según el tipo de buque, y afirma que no se requiere incremento de la tripulación.

- **Velas Rígidas:** Cierta cantidad de buques han sido dotados en el pasado, particularmente en Dinamarca y Japón, con velas rígidas que producen más empuje que las velas convencionales y menos escora, como elemento de propulsión auxiliar.



Figura 8. 10. Buque con Velas rígidas.

Fuente: www.taringa.net



El problema es que cuando no hay viento, o este no es favorable, la resistencia de las velas perjudica el rendimiento global. Adicionalmente obliga a incrementar la tripulación del buque. Si se introduce además el costo de inversión, se han reportado en el pasado aumentos globales del 10% en los costes de explotación a lo largo de la vida útil, por lo que no eran económicamente viables. Se están realizando actualmente nuevos prototipos y, si los precios del combustible siguen aumentando, tal vez este sistema se demuestre rentable.

8. Impresoras 3D para sustituir maquinas

La impresora 3D es el futuro. Sus grandes posibilidades, infinitas, todavía se están explorando. Su revolución no ha hecho más que comenzar.

Es posible controlar las propiedades de los materiales en cada rincón del interior de la pieza, lo cual ampliará las posibilidades de diseño al idear piezas metálicas. Este nuevo método de fabricación ayudará a fabricar componentes que sean más fuertes, más ligeros y que funcionen mejor para así lograr aplicaciones energéticamente eficientes.



Figura 8. 11. Piezas metálicas impresión 3D.

Fuente:www.abc.es

Se pueden fabricar piezas de múltiples materiales y a medida, tomando como punto de partida metal de alta resistencia. Con este tipo de producción, se fabrican componentes de repuesto con una reducción del tiempo del 90%, se podrían elaborar piezas complejas en un solo paso mediante un ordenador. Piezas que hasta hace poco requerirían de un proceso de fabricación manual, sección por sección y muy costoso.

Manipulando del modo adecuado el proceso para controlar la solidificación a escala microscópica, los investigadores han demostrado un espectacular control tridimensional de la microestructura, o textura cristalográfica, durante la formación de una pieza a base de níquel.



Ha permitido mejorar los tiempos y costes de producción de piezas imprescindibles para sectores tan diversos como el médico en turbinas de gas, coches de Fórmula 1, aviación y naval.

9. Sistema de Ayuda a navegar y pesca

En cuanto a la navegación los drones van abriendo hueco en el ámbito naval. Un drone puede ser utilizado para navegar con seguridad a través del hielo marino.

El vehículo (UAV) puede aportar una serie de imágenes en tiempo real sobre el estado del hielo marino en la ruta del buque, optimizando así las decisiones de navegación.

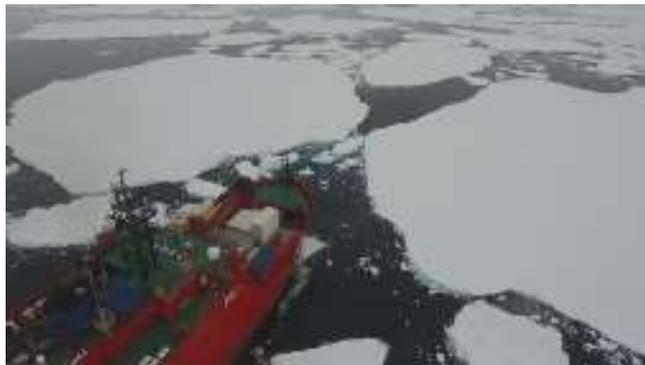


Figura 8. 12. Vista desde un Dron.

Fuente:<http://actualidadmp.com/>

A diferencia de los helicópteros, los drones pueden lanzarse en cuestión de minutos, son mucho más económicos y ocupan un espacio mínimo.

Por otra parte, los sistemas de ayuda para pescar van mejorando notoriamente, ya que a eficiencia es fundamental para que un barco pesquero sea rentable. No solo se trata de ahorrar combustible, también son importantes otros factores, como por ejemplo pescar el tamaño adecuado, lo que permitirá al pescador obtener un mejor precio y le asegurará no estar rompiendo con la cadena reproductiva.

Otro factor a considerar es capturar la especie adecuada, pudiendo ver qué especies entran en la red y pudiendo guiar a los no deseados fuera, para ayudar a proteger el medioambiente de la misma manera que ayuda a protegerlo el poder prever con antelación qué blanco capturar, ya que el barco no navegará más de lo estrictamente necesario.

A continuación se explicara brevemente las tecnologías de pesca que poco a poco se irán implementando:

- Los multisensores son una tecnología bastante completa, los sensores de red inalámbricos se comunican acústicamente entre sí y con el barco. Con el nuevo PX Multisensor, el patrón puede escoger 2 de las 8 funciones disponibles (altura, distancia, balanceo, cabeceo, profundidad, captura, temperatura y geometría) y combinarlas entre sí según su criterio y necesidades.

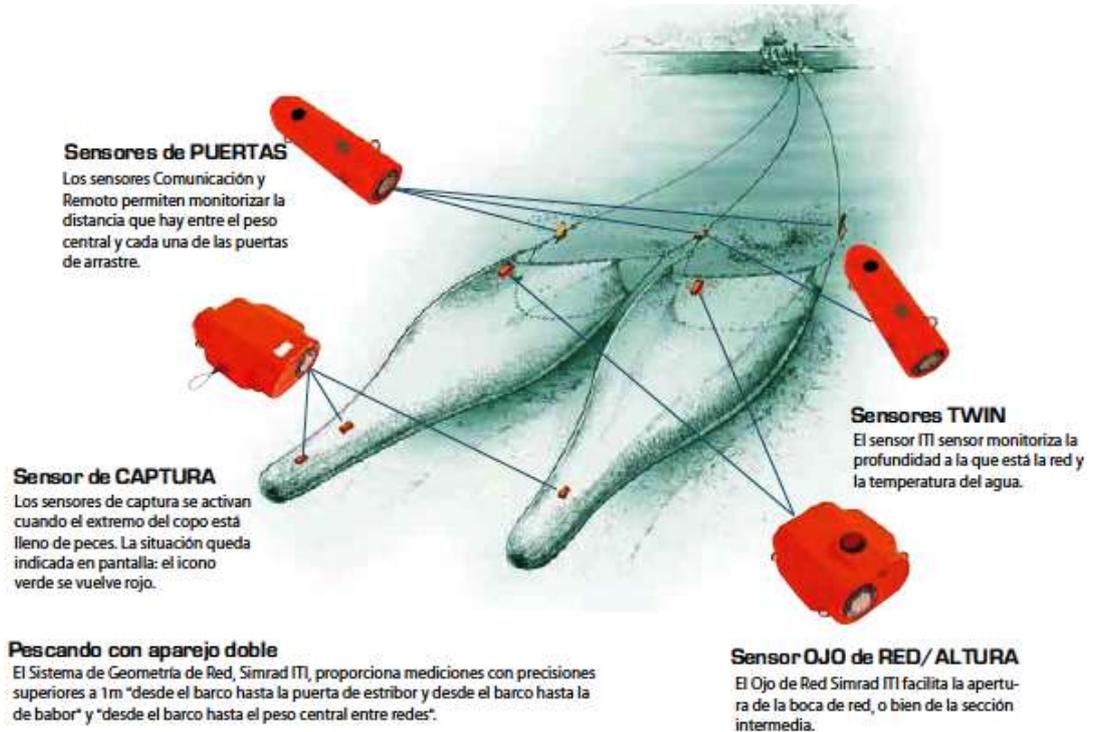


Figura 8. 13. Representación pesca por sensores.

Fuente: <http://barcos-de-pesca.blogspot.com.es/>

- Sensores PI su diseño se ha hecho pensando en la comunidad pesquera profesional e incluye los últimos avances tecnológicos para permitir al patrón tener control absoluto de la red desde los ajustes hasta la captura.

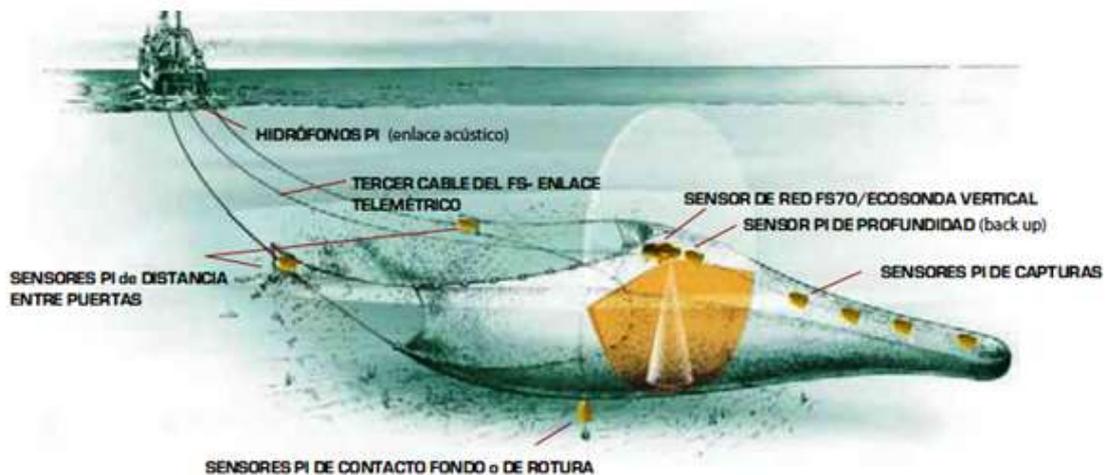


Figura 8. 14. Representación pesca sensores PI.

Fuente: <http://barcos-de-pesca.blogspot.com.es/>



- Sonar de red FS: El nuevo sonar de red con cable proporciona una imagen global del sistema de pesca e incorpora una integración total con los sensores inalámbricos PI. Una sofisticada solución que permite al pescador controlar la situación sea cual sea el tipo de pesquería.
- Sensores ITI: El Sistema ITI es, a día de hoy, el único Sistema de Monitorización de Capturas que cuenta con tecnología Split Beam, midiendo la distancia y el ángulo de los sensores respecto al barco. Conectando el sistema ITI con cualquier sonar, el patrón verá la posición del arte en la pantalla del sonar, teniendo así control total en 3D del banco desde que se detecta hasta que entra en la red.
- TV software: La última y más completa solución para organizar en la pantalla la información del comportamiento del arte. No importa la cantidad de sensores instalados en la red, el patrón podrá ver inmediatamente lo que está pasando en ese preciso momento. Además, también podrá conocer el comportamiento de la red en los últimos minutos o incluso horas.

10. Navegación automatizada

La instalación a bordo del sistema de automatización marina, supone un importante avance en la tecnología naval además conlleva reducción de costes, tanto para el astillero como para el armador, por su arquitectura distribuida formada por módulos tipo:

- Reduce considerablemente el costo del cableado
- Reduce el número de horas de ingeniería, instalación, puesta en marcha y documentación
- Reduce el tiempo de construcción del buque
- Aumenta la seguridad del buque en operación
- Reduce tiempo de solución de averías
- Módulos sin mantenimiento, no hay partes móviles o ajustables en su interior.



Figura 8. 15. Tanques de lastre automatizados.

Fuente: =<http://img.nauticexpo.es>

Las estaciones de monitorización y control, se han diseñado para que el entorno de trabajo sea muy sencillo de operar, potenciando el uso de pantallas táctiles, menús intuitivos y mímicos muy funcionales. Se cubren las funciones importantes a bordo:

- Monitorización de alarmas
- Gestión de planta eléctrica / generadores auxiliares
- Control de la maquinaria auxiliar
- Control y monitorización de lastre

- Monitorización y control de operaciones de carga
- Ventilación y aire acondicionado
- Monitorización de refrigerados
- Tendencias

La principal aportación del sistema de automatización marina reside en sus módulos locales de adquisición y salida de datos, todos ellos con capacidad de proceso independiente, instalados cerca de los equipos a controlar. Estos módulos vuelcan a través de un bus de datos tri-redundante toda la información al sistema, lo que le confiere la máxima seguridad. En cualquier momento es posible conectar módulos adicionales al sistema, con el fin de incluir nuevos procesos o extender la funcionalidad del sistema, lo que conlleva importantes ventajas:

- Reducido número de respetos a bordeo



- Mismos tipo de módulos para todos los procesos
- Se reduce la necesidad de formación
- Facilita los procesos de instalación, montaje y puesta en marcha
- Simplifica la solución de averías
- Fácil sustitución del módulo sin necesidad de herramientas o software adicional

11. Materiales Tubería

Las tuberías de material compuesto se utilizan en una amplia gama de aplicaciones en las que una tubería resistente a la corrosión es beneficiosa, entre ellas:

- Recolección y transferencia de petróleo y gas
- Transferencia, eliminación e inyección de agua
- Inyección de CO
- La camisa de polietileno de alta densidad elimina la corrosión de las tuberías
- Las conexiones mecánicas están disponibles en acero aleado con níquelado de alto contenido de fósforo o en acero inoxidable
- Elimina los altos costos de los programas de inhibición contra la corrosión
- Su rápida instalación permite iniciar la producción de manera más rápida que con los materiales tradicionales



Figura 8. 16. Tuberías petrolero.

Fuente: <http://es.123rf.com/>



Los materiales compuestos además sirven para reparación de tuberías esto se traduce en efectividad y fiabilidad. Tanto los recubrimientos como las reparaciones estructurales de tuberías y equipos por pérdida de espesor exterior o interior se llevan a cabo con laminas de composites formados por resinas reforzadas con fibras de carbono, kevlar o carga cerámica, en función de la necesidad concreta. Y es que la gran cantidad de tuberías, tubos, desviadores y otros componentes de transporte que incorpora la producción petroquímica están sometidos, debido al medio en que operan, a condiciones de corrosión. En sus superficies exteriores, el daño se manifiesta en forma de picado y crece hacia el interior de la tubería. Los daños por corrosión pueden causar pérdida total del espesor de la pared del tubo y generar escapes de fluido, con las consiguientes pérdidas de producción y daño en el ecosistema. De ahí que el mantenimiento en estas instalaciones sea especialmente relevante.

Una vez reparada una tubería de acero con materiales compuestos, recupera hasta el 90% de sus prestaciones mecánicas originales.

12. Agua de mar como combustible

Impulsar con éxito un barco usando nada más que el agua de mar mediante la extracción de dióxido de carbono (CO₂) e hidrógeno para convertirlo en un combustible de hidrocarburo líquido, se ha demostrado que el combustible de agua de mar es realmente posible.



Figura 8. 17. Catamaran militar.

Fuente: www.fierasdelaingenieria.com



Este avance se ha descrito como una tecnología que generará un “cambio de juego” que resolverá la dependencia de los activos navales de los combustibles fósiles. El agua de mar, a diferencia de los combustibles a base de petróleo o energía nuclear, es abundante y fácilmente accesible. Como resultado, los buques podrían ser alimentados por el agua mientras navegan por él. Esto es particularmente importante para las marinas, ya que significa la desaparición de las arriesgadas operaciones de reabastecimiento en el mar que puede interrumpir misiones vitales.

Ser capaz de convertir agua de mar en combustible también eliminaría las cadenas de suministro vulnerables y disminuiría la dependencia de los suministros extranjeros, un objetivo estratégico vital para la mayoría de países.

Por lo tanto ¿es el combustible de agua de mar la respuesta? En el corto plazo, al menos, la respuesta seguirá siendo probablemente no. Las grandes empresas son reacias a invertir tiempo y dinero en una tecnología que todavía está en sus primeras etapas.

Por lo tanto, la conversión de agua de mar necesaria para repostar un barco sería una labor colosal. Y ese es el problema. Muchos críticos del combustible de agua de mar afirman que el proceso es demasiado intensivo energéticamente para ser viable, es decir, el consumo de energía para su producción puede resultar mayor con respecto al que generan a cambio.

Otro problema potencial para el combustible de agua de mar es la cantidad de emisiones de CO₂ que el producto final va a crear. Incluso si se tratara de una tecnología viable, hay una posibilidad de que no cumpliera con los estrictos objetivos de emisiones de CO₂ que se impondrán en las próximas décadas. Se estima que el transporte marítimo mundial representa actualmente el 3% del total de las emisiones globales de CO₂.

Sin embargo, sigue sin haber una respuesta definitiva a los problemas que se enfrenta el sector a través de un cambio revolucionario, como el que podría resultar del **combustible de agua de mar**, el cual no parece probable su puesta comercial en el corto plazo dada su fase inicial de desarrollo acompañada de una falta evidente de inversión.

13. Bibliografía

- PlanetSolar <<http://www.fierasdelaingenieria.com/planetsolar-el-barco-impulsado-por-energia->> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- Las proas invertidas <<http://capitanpinya.com/2010/05/21/proeza-de-ingenieria-las-proas-invertidas-de-ulstein/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- Pintura con efecto antiincrustante <<http://www.catalunyavanguardista.com/catvan/pintura-con-efecto-antiincrustaciones/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]



- **PlanetSolar.pdf** <<http://www.erasolar.es/pdfs/PlanetSolar.pdf>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **El grafeno se extiende al sector naval**
<<http://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/7150752/11/15/El-grafeno-se-extiende-al-sector-naval-para-lograr-barcos-insumergibles.html>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **The Graphene, Graphite and carbon nanotube**
<<http://investorshub.advfn.com/The-Graphene-Graphite-and-Carbon-Nanotube-Research-Board-24137/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Grafeno** <<https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **A solar boat just circumnavigated the globe** <<http://www.visualnews.com/2012/05/04/a-solar-boat-just-circumnavigated-the-globe/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Innovación hélices de plástico** <<http://www.navegar.com/innovacion-helices-de-plastico/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Agua como combustible** <<http://www.fierasdelaingenieria.com/combustible-de-agua-de-mar-el-futuro-de-la-propulsion-naval/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **A Marine Renewable Energy Solution for Modern Ships** <<http://www.ecomarinepower.com/en/marine-renewable-energy-for-ships>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Flexpipe Systems.pdf**
<http://www.flexpipesystems.com/non_html/spanish/Flexpipe_Systems_Brochure_Spanish.pdf> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Metal impresora 3D** <<http://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20140131/abci-siemens-metal-impresora3d-caracteristicas-201401301454.html>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Control preciso de la fabricación de piezas metálicas por 3D**
<<http://noticiasdelaciencia.com/not/11975/control-muy-preciso-de-la-fabricacion-de-piezas-metalicas-por-impresion-3d/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Materiales compuestos para reparación tuberías.**
<<http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/125567-Materiales-compuestos-para-reparacion-de-tuberias-Efectividad-y-Fiabilidad.html>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **What is a hybrid?** <<http://www.hybrid-marine.co.uk/10.html>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Nuevas propulsiones** <<http://www.gestenaval.com/?p=135>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Silence at sea** <<http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/mobility-and-motors/electric-mobility-hybrid-electric-ships.html>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Drones para navegar entre hielo** <<http://actualidadmp.com/buques/el-buque-aurora-australis-utiliza-la-tecnologia-de-los-drones-para-navegar-entre-los-hielos-de-la-antartida/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]



- **Hybrid propulsion** < <https://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/4-Stroke-Engines/hybrid-propulsion.pdf?sfvrsn=6>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Automatización marina** < <http://sedni.es/sistemas-de-automatizacion-marina-diamar/>> [Consulta: 30 Marzo 2016]
- **Tecnología para una pesca** < <http://barcos-de-pesca.blogspot.com.es/2014/04/simrad-tecnologia-para-una-pesca.html> > [Consulta: 30 Marzo 2016]