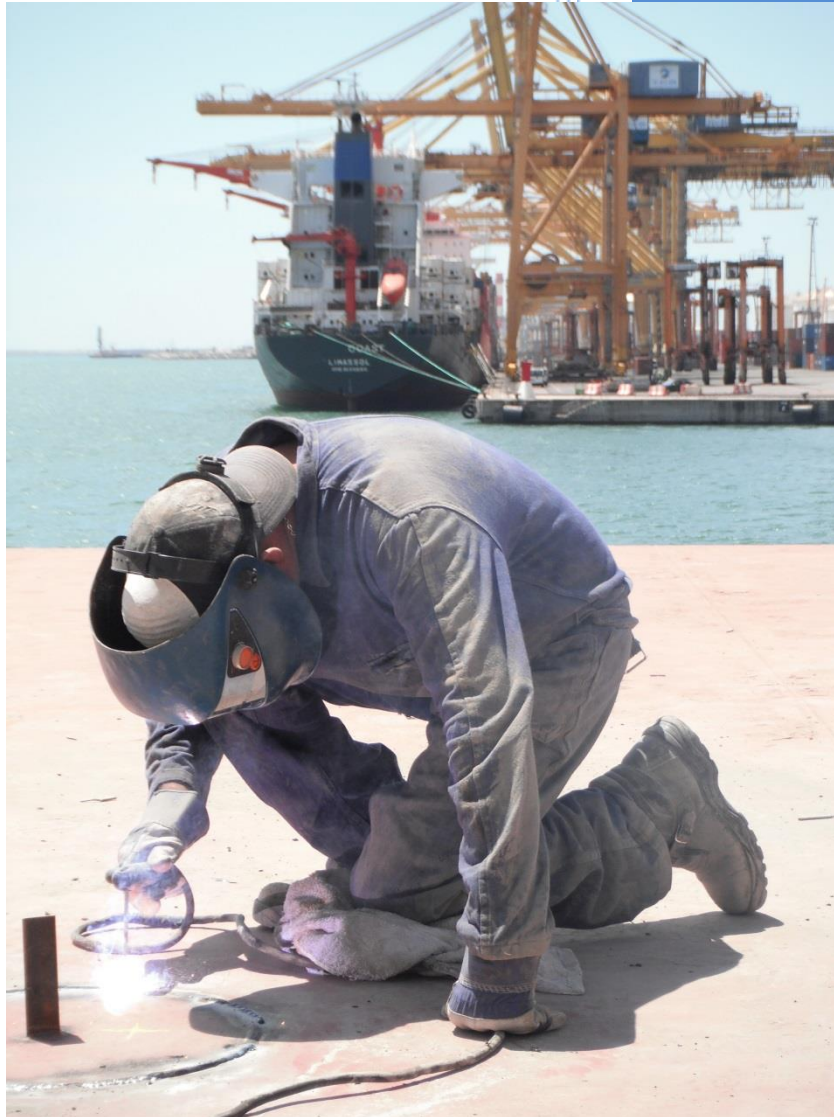


MODIFICACIÓN EN LA TAPA DE LA BODEGA PARA LA CARGA DE UN BUQUE TIPO BULK CARRIER




ROMAN y JORDAN SCP

Autor: Albert Roman Jordan

Director del proyecto: Santiago Ordás Jiménez

Carrera: Diplomatura en Máquinas Navales

Año: 2015

Cuatrimestre: Otoño

Facultat de Nàutica de Barcelona

Índice

1. Objetivo	2
2. Presentación de la empresa que efectúa los trabajos.	3
2.1 Resumen de trabajos realizados.	4
3. Trabajo a considerar en esta memoria.	8
3.1 Buques en los que se ha realizado últimamente este trabajo.	10
3.2 Fase 1: corte.	14
3.3 Fase 2: soldadura.....	18
3.4 Fase 3: inspección.	26
4. Valoración económica	30
5. Conclusiones.....	31
6. Agradecimientos	32
7. Bibliografía.....	33

1. Objetivo

El objetivo de esta memoria es el de mostrar diferentes trabajos realizados en el puerto de Barcelona con la empresa en la que he estado trabajando y explicar más concretamente uno de los trabajos que se han llevado a cabo más repetidamente.

Este trabajo me ha permitido exponer un esbozo de los trabajos que he podido realizar en la empresa familiar ROMAN y JORDAN SCP. Durante los años de estudio en la Facultad he podido mejorar y aplicar los conocimientos adquiridos en el campo profesional. Ha sido una ventaja trabajar en el sector naval realizando reparaciones en el puerto de Barcelona y en el de Tarragona.

Además he podido obtener el diploma de inspector de soldadura de nivel dos, lo que me ha sido de gran ayuda para realizar las inspecciones de las soldaduras realizadas.

Aunque en este trabajo solo expongo una representación, intento destacar los trabajos de los que tengo más recursos gráficos. Últimamente, ha sido la modificación de la tapa de bodega para la carga de un buque tipo Bulk Carrier.

En el trabajo presentado se plantean reflexiones que indican las mejoras que he adoptado en las diferentes tareas realizadas.

2. Presentación de la empresa que efectúa los trabajos.

La empresa Román y Jordán se constituyó en el año 1976. Se trata de una empresa familiar que en sus inicios estuvo formada por dos soldadores que habían trabajado en talleres ubicados en el puerto de Barcelona, como *Talleres Vulcano*.

Aunque la ubicación de la empresa estaba en Badalona, regularmente se han reparado buques que atracan en el puerto de Barcelona, Tarragona, o bien que se encuentran fondeados en la costa.

Por unos años esta empresa asumió el mantenimiento de la empresa *Catalana de Silos*, que estuvo ubicada en el muelle adosado.

Actualmente, aunque la empresa sigue realizando intervenciones en los buques, también asume el mantenimiento de la planta de reciclajes de Sant Adrià de Besòs.



Planta de reciclajes de Sant Adrià

2.1 Resumen de trabajos realizados.

Algunos de los trabajos realizados pueden verse en la página web romanjordan.galeon.com.

En las siguientes fotografías se está saneando y reparando la chapa de la sala de máquinas del gasero LAIETA.



Gasero Laieta

En un principio este buque perteneció a Esso y después fue adquirido por Marítima del Norte. Sus cuatro tanques son de aluminio y están divididos longitudinalmente por un mamparo estanco. El «Laieta» transportaba, en sus cuatro depósitos de aluminio con aislamiento térmico, 40.000 metros cúbicos de GNL (250.000 barriles), a una temperatura de 162 grados centígrados bajo cero, volumen equivalente a 22.000 millones de metros cúbicos de gas.

La velocidad de 17 nudos permitía al «Laieta» hacer la travesía entre España y Libia -mil millas- en dos días y medio. Cada tanque de carga tenía aproximadamente 54 metros de largo, 24 metros de ancho y 19 metros de altura.

El sistema de tuberías de carga en cubierta era de acero inoxidable y el interior de los depósitos de aluminio. Para compensar las dilataciones y contracciones en las líneas de carga, originadas por los cambios de temperatura (entre temperatura ambiente y 162° C bajo cero), se utilizaba un sistema especial de uniones de expansión.

Las bombas de descarga están totalmente sumergidas en el GNL. Todas las operaciones de carga se controlan desde la cabina central. Se dispone de sistemas independientes de seguridad para controlar los niveles de carga, de prevención y temperatura de los tanques y casco

En junio de 2008 Marítima del Norte vendió el gasero por 13,5 millones de dólares, unos 10 millones de euros. Siendo trasladado a la India para su desguace. Con casi 40 años, no se le conoce incidente alguno.

En la siguiente fotografía se está sustituyendo un codo en mal estado de la instalación de agua salada. Se tuvo que desmontar, llevar al taller para sacar la plantilla, y una vez obtenida se construyó otro igual para que encajase perfectamente en su lugar.



Sustitución de codo a bordo del buque

En las siguientes fotografías se tuvieron que soldar varias estructuras que hacían de cuna para un transportar un superyate nuevo, con su tripulación, a Australia. El superyate tenía una eslora de aproximadamente 80 metros. Trabajamos bajo la dirección de un ingeniero de origen finlandés, teniendo que mantener la comunicación y recibir las instrucciones en inglés. La tripulación colaboró con la colocación de las estructuras y se necesitaron tres soldadores para llevar a cabo el trabajo en el tiempo acordado.



Colocar y soldar estructura de soporte



Trabajo concluido

Para realizar el trabajo reflejado en las siguientes fotografías se tuvo que cortar un mamparo para poder sacar un alternador que estaba quemado, transportarlo al taller de la empresa *Eléctrica Vasco Catalana*, con la cual hemos colaborado en otras ocasiones. Allí se reparó y después se llevó de nuevo a bordo para instalarlo en su lugar. Después se tuvo que volver a colocar el mamparo que se había cortado y se soldó tal y como se observa en la última imagen de la siguiente secuencia.



Reparación de alternador

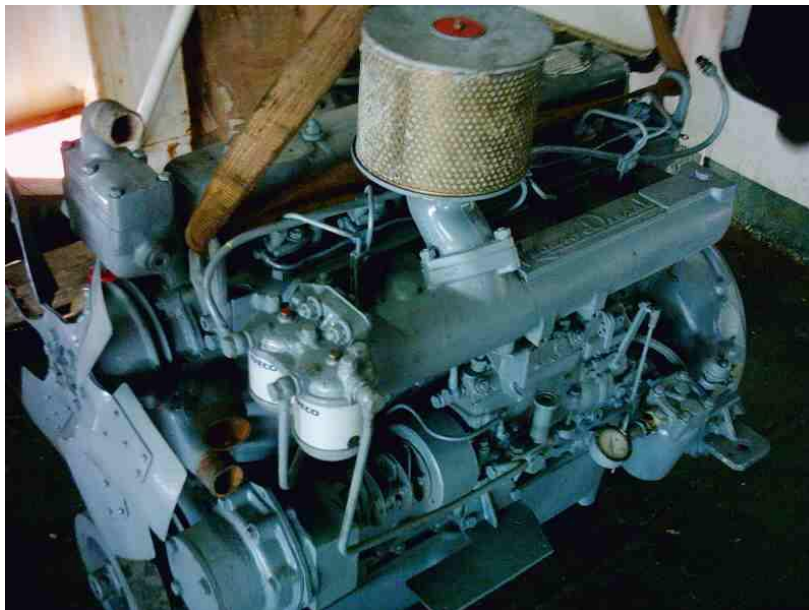
Las siguientes fotografías muestran la soldadura que se aplicó en la unión de los tubos de la caldera con las planchas de los extremos. Esta es una reparación que hemos realizado en varias ocasiones. Como se puede apreciar en las imágenes, es una reparación que requiere soldar en una difícil posición. Además, hemos de tener en cuenta que, puesto que se aprovechan los gases de escape y el buque acababa de atracar, todavía salían restos de la combustión, chispas encendidas. Una vez realizada la soldadura se comprobó llenando la caldera de agua y aumentando la presión para ver si se producían

pérdidas. En alguna ocasión hemos tenido que reparar más tubos con soldadura, puesto que normalmente se trata de calderas muy deterioradas. Por poner un ejemplo, hemos reparado en varias ocasiones la caldera del buque Roline, que se construyó en el año 1980 y hace unos años se vendió y se desguazó.



Reparación en caldera

En otra ocasión se instaló este motor auxiliar en un buque RO-RO. Para ello se tuvo que preparar la bancada que lo soportaba y para su colocación fue necesario cortar una barandilla que luego tuvo que volver a soldarse.

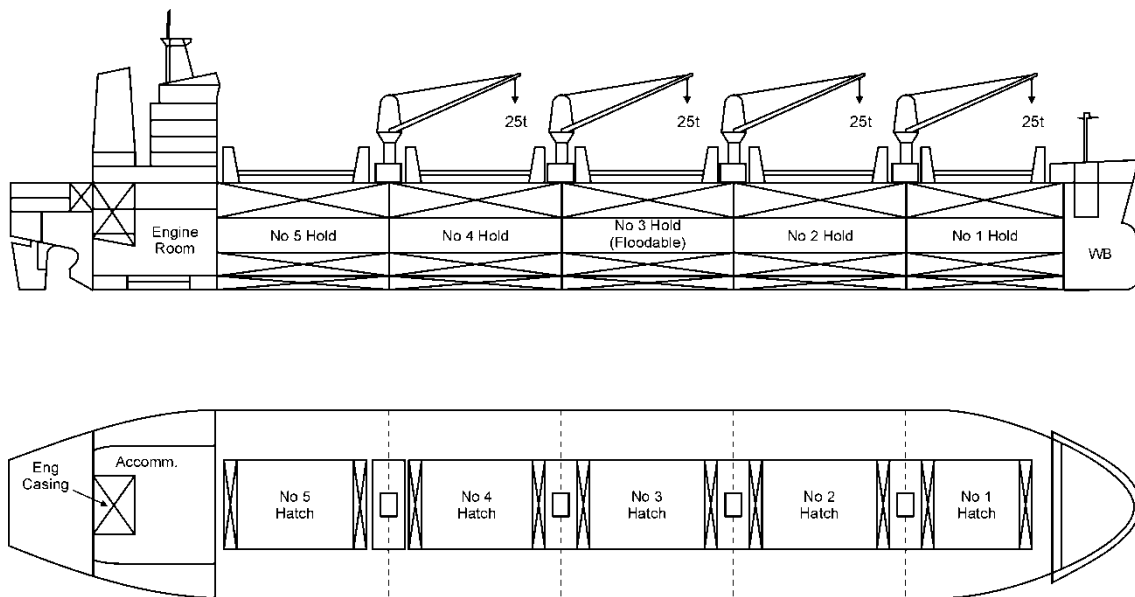


Instalación de motor auxiliar

3. Trabajo a considerar en esta memoria.

En esta memoria se describe el trabajo que se ha realizado en repetidas ocasiones recientemente en buques tipo Bulk Carrier.

En el siguiente plano se indica la distribución de bodegas que suele llevar este tipo de buques.



Buque tipo Bulk-Carrier

Se trata de hacer agujeros en las tapas de la bodega del buque para que pueda cargar. Una vez realizada la carga, en la mayoría de ocasiones se volvió a colocar la chapa en su lugar y se soldó nuevamente.

La siguiente composición resume el trabajo.



Composición del trabajo realizado

En primer lugar se tiene que marcar el lugar donde irá el agujero. De todas las veces que hemos realizado esta operación, solamente en una, nos han suministrado los planos para no cortar parte de la estructura del buque. En la mayoría de ocasiones, el jefe de máquinas o el capitán, indican de manera poco concreta, la zona donde debe realizarse el agujero. Para asegurarnos, se toma como referencia la chapa y la soldadura de la cubierta y se pincha con el soplete para comprobar que no se toca la estructura.

Una vez que se identifica el lugar donde se ubicarán las bocas, se marca el radio y se procede al corte. Luego se realiza lo mismo con la segunda chapa, que se encuentra debajo. Se sanean los bordes para evitar cortes. En esta serie de fotografías se instaló una boca para fijarla en la cubierta. No ha sido lo más común. Normalmente, una vez que se ha cargado el material, se vuelve a colocar cada tapa y se suelda con electrodos básicos. Una vez realizada la soldadura se comprueba la estanqueidad.

3.1 Buques en los que se ha realizado últimamente este trabajo.

Nombre: ZINI

Gross Tonnage: 17542

IMO: 9153501

Desplazamiento: 28412

MMSI: 355868000

Eslora x Manga: N/A

Identificativo de llamada: 3FKE8

Año de construcción: 1998

Bandera: Panama (PA)

Estado: Active

Type: Bulk Carrier



Nombre: BALTIC ID

Gross Tonnage: 16764

IMO: 9180011

Desplazamiento: 28545

MMSI: 477997100

Eslora x Manga: 169m x 27.2m

Identificativo de llamada: VRBC7

Año de construcción: 1997

Bandera: Hongkong (HK)

Estado: Active

Type: Bulk Carrier



Nombre: Actualmente Evangelia

Type: Bulk Carrier

(Majuro hasta 2013)

Gross Tonnage: 38878

IMO: 9221798

Desplazamiento: 74381

MMSI: 636015984

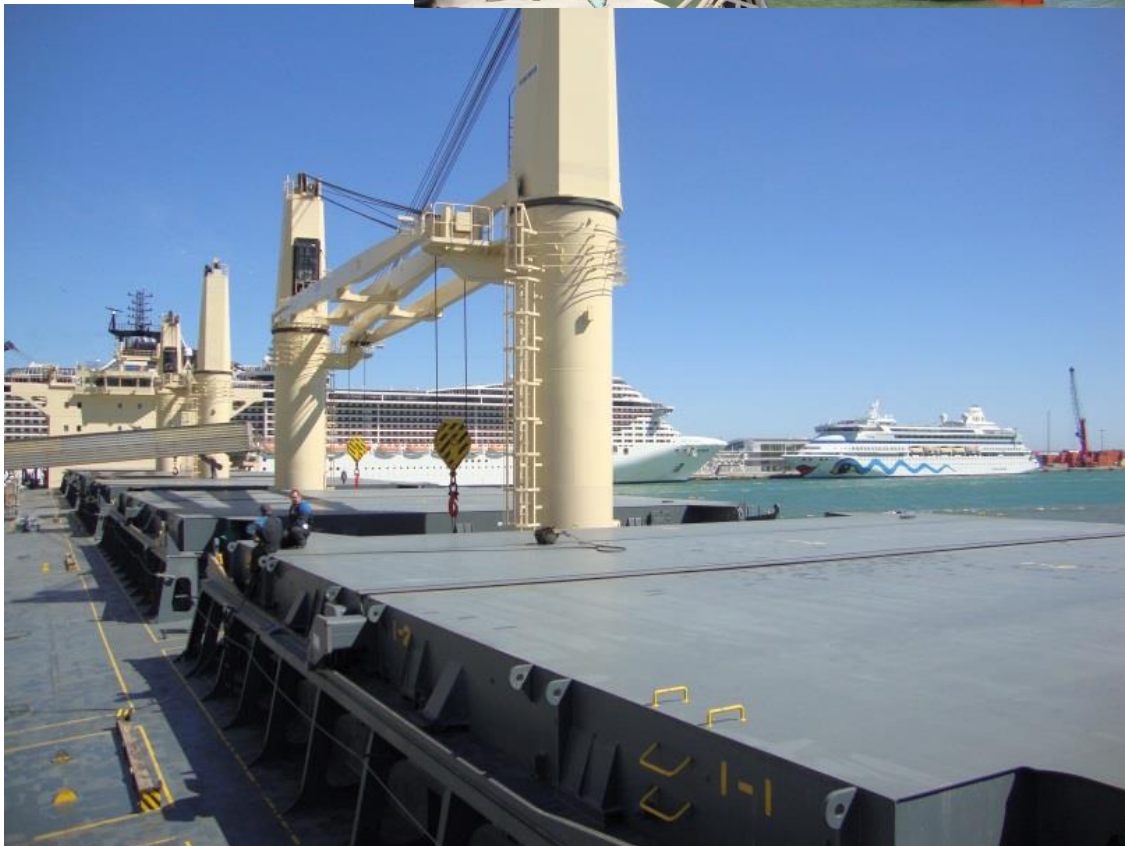
Eslora x Manga: 225m x 32.2m

Identificativo de llamada: D5DV8

Año de construcción: 2000

Bandera: Liberia (LR)

Estado: Active



Nombre: KEN GOH

Gross Tonnage: 19707

IMO: 9236066

Desplazamiento: 31939

MMSI: 576646000

Eslora x Manga: N/A

Identificativo de llamada: YJRV6

Año de construcción: 2001

Bandera: Vanuatu (VU)

Estado: Active

Type: Bulk Carrier



3.2 Fase 1: corte.

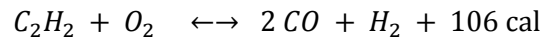
Una vez accedemos al barco, el inspector de la compañía nos indica la posición de las cuadernas para marcar la zona donde irán los agujeros en la tapa de la bodega, que serán de 580 mm. En primer lugar limpiamos la zona, marcamos el centro de la circunferencia con un granete y trazamos con una tiza la línea.

El corte se consigue al aumentar la temperatura del acero hasta su temperatura de ignición dentro de una atmósfera con alta concentración de oxígeno. La primera etapa consiste en precalentar la superficie de corte, que puede ser de unos 870°C gracias a la llama que produce el oxígeno (comburente) con el acetileno (en este caso el combustible). En esta fase se limpia la superficie, mantiene un entorno de protección alrededor del chorro de O₂. Conforme alcanzamos la temperatura de ignición el metal cambia a un color naranja brillante y saltan chispas de la superficie. En la segunda etapa se realiza el corte debido a la presión del oxígeno y la elevada concentración. De este modo se oxida el metal y se expulsan los óxidos resultantes. Por este motivo, la presión del oxígeno (10 psi) será el doble que la del acetileno (5 psi).



Oxicorte

Por lo tanto, no se trata de fundir el metal, sino de conseguir que combustione. Conforme se va realizando el corte, se va “quemando” el metal. La reacción química que se produce es la siguiente:

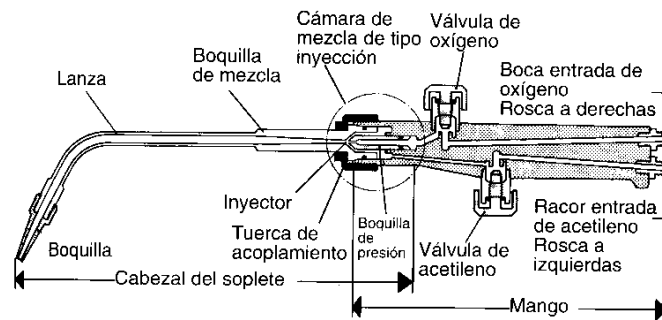


La molécula de acetileno se compone de dos átomos de carbono unidos por un triple enlace y dos átomos de hidrógeno dispuestos simétricamente (C₂H₂). Así se consigue liberar una gran cantidad de energía con una llama a alta temperatura que permite una alta velocidad de ignición.

En las boquillas de oxicorte observamos dos salidas de los gases. Un orificio en el centro de la misma permite la salida del oxígeno con alta concentración a una determinada presión para permitir el corte, y un orificio circular, concéntrico al anterior, por el cual sale la mezcla de ambos gases para producir el precalentamiento. Para obtener la dimensión exacta en el ancho del corte, un ángulo recto y un proceso de calidad, el operario debe elegir correctamente el tipo de boquilla, la velocidad de corte y el caudal de oxígeno, con los cuales va a trabajar.

Para realizar un correcto corte debemos tener presente los siguientes factores (ver imagen):

- Presión de los gases (como hemos indicado, la presión del oxígeno debe ser el doble que el acetileno).
- Distancia entre la boquilla y la pieza.
- Tiempo de precalentamiento, necesario hasta que se alcanza la temperatura de ignición dependiendo del material y la boquilla que se utilice (se calienta la pieza con movimientos circulares suaves).
- Tipo de boquilla.
- Velocidad de corte.
- Ancho de corte o sangría (kerft).



Soplete

Puesto que la tapa de la bodega tiene cámara, debemos realizar el mismo corte en la segunda chapa que se encuentra aproximadamente a 80 cm.



Vista de los dos agujeros

Este es un trabajo muy incómodo en el que se recomienda llevar mascarilla y un extractor de humo.

Hemos de tener en cuenta que si la velocidad de corte es muy alta, el soplete no tendrá suficiente tiempo para alcanzar a quemar el material, y si el flujo de oxígeno es demasiado bajo, éste no atravesará la chapa totalmente y dejará la escoria en el interior de la ranura.

La calidad del haz de oxígeno es el factor que más incide en la calidad de corte, y debe ser largo y uniforme, tener alta pureza y presión y estar acorde al grosor que el operario desea. Para obtener el haz correcto, cortes limpios y eficientes, es conveniente no utilizar presiones de O₂ ni demasiado elevadas ni muy bajas.

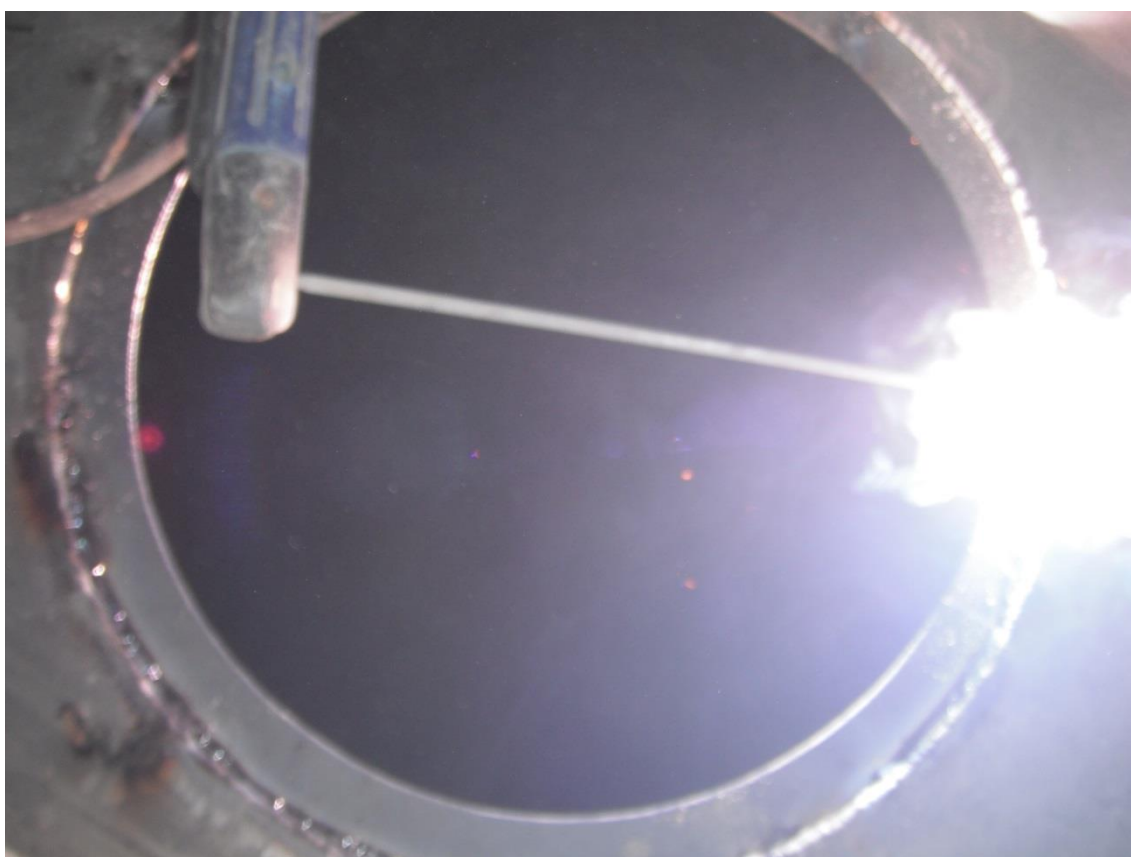
Los fabricantes de equipos de oxicorte suministran tablas con valores recomendados de presión y velocidad de corte, en función del espesor del material a cortar. En la siguiente tabla encontramos un ejemplo:

Valores recomendados para oxicorte			
Espesor (mm)	Diámetro boquilla (mm)	Presiones O ₂ en soplete	Velocidad de corte (m/h)
5	0,6	1,5	20
8	0,8	1,5	17
10	1	1,5	15
15	1	2	12
20	1	2,5	11,5
25	1,5	2,5	10
30	1,5	2,5	9,5
40	2	3	8,5
50	2	3,5	7
75	2	3,5	7
100	2,5	4	4,5

Tabla con valores recomendados

3.3 Fase 2: soldadura.

Puesto que la reparación se lleva a cabo a bordo, en la tapa de la bodega del barco, lo más práctico es realizar el soldeo por arco con electrodo revestido (también conocido como SMAW, por las siglas en inglés Shielded Metal Arc Welding). En este caso, la fusión del metal se produce por el calor generado en un arco eléctrico entre el extremo del electrodo revestido y el metal base de una unión a soldar. Tan importante como la soldadura es preparar la zona en la que se va a realizar. En muchas ocasiones nos encontramos con material en mal estado. Es preciso sanear. Para evitar que la tapa a soldar caiga, en ocasiones optamos por colocar un aro de acero de menor diámetro interior como se observa en la fotografía adjunta.



Colocación de aro para sujeción

Los pasos que se llevan a cabo para una correcta soldadura se indican a continuación. Primero se realiza el cebado del arco, pasa corriente y se produce un calentamiento en el punto de contacto. Al separarlo, el extremo libre del electrodo produce una fuerte emisión de electrones que se aceleran por la presión, chocan con los electrones de otros átomos del medio gaseoso y generan una atmósfera ionizada que permite el paso de corriente a través del

aire. Se provoca la fusión parcial del electrodo y se produce el salto del arco alcanzando una temperatura de unos 5.000 °C, muy por encima de la temperatura de fusión del metal, por lo que tanto el extremo del electrodo como la zona afectada del metal base se funden. Se van desprendiendo gotas de metal fundido del electrodo y se proyectan en el metal base, formando el baño de fusión.

Para estos trabajos, a veces hemos utilizado electrodos de 3,25 mm y otras de 4 mm. Puesto que en ocasiones hemos ido varios soldadores, el electrodo utilizado lo ha determinado la máquina que hemos tenido que usar. Son trabajos que requieren estar soldando muchas horas sin parar. En alguna ocasión puntual y sin viento, hemos subido a bordo la máquina de hilo para realizar el trabajo en menos tiempo.

Si se utiliza una máquina de soldar que no sea para uso profesional, no podremos hacer un cordón seguido más de escasos minutos porque se calentará y tendremos que esperar a que se enfríe. Seguidamente mostramos dos modelos de máquinas de soldar que hemos utilizado normalmente en este tipo de trabajos:

- Máquina portátil, con tecnología inverter, ventilada que es muy versátil para las reparaciones a bordo. Funde electrodos de hasta 4 mm.



- Máquina para soldadura MIG/MAG por arco bajo gas protector con electrodo consumible. El arco se produce mediante un electrodo formado por un hilo continuo y las piezas a unir, quedando protegido de la atmósfera por un gas inerte (soldadura MIG) o por un gas activo (soldadura MAG).



También es importante conectar la máquina donde podamos consumir la potencia indicada por el fabricante sin problemas. De lo contrario, continuamente tendremos que accionar el disyuntor o magnetotérmico del circuito al que estemos conectados.

Entre los parámetros de soldeo que deben considerarse en este caso son los siguientes:

- Diámetro del electrodo. Puesto que se trata de acero naval, y ya que el espesor del mismo en cubierta es considerable, siempre es mejor utilizar el electrodo con mayor diámetro. De los comentados anteriormente, el de 4 mm. Esto reduce el número de cordones. Dependiendo de la distancia a rellenar, se puede comenzar con un electrodo de menor diámetro y luego aumentarlo en el siguiente cordón.

- Intensidad de soldeo. El fabricante proporciona el rango de intensidad para el electrodo elegido. En caso de superarlo se producirían mordeduras o proyecciones, intensificación del soplo magnético e incluso grietas. A mayor intensidad, mayor penetración y mayor tasa de deposición.
- Longitud de arco. En general debe ser igual al diámetro del electrodo excepto en el electrodo básico, que será la mitad del mismo. Se debe mantener siempre la misma longitud para evitar una penetración desigual.
- Velocidad de desplazamiento. El arco debe adelantar ligeramente al baño de fusión. A más velocidad, el cordón es más estrecho. Si es excesiva, se producen mordeduras y se favorece la creación de poros por atrapamiento de gases. También debemos considerar que al aumento de la velocidad, se disminuye la penetración. De lo contrario, a una velocidad baja, el cordón será más ancho, convexo y con poca penetración, puesto que el arco se queda sobre el metal aportado en lugar de en el metal base.
- Tipo de corriente. Puede ser corriente continua o alterna, depende de la que tengamos disponible, que generalmente será alterna. También es importante la polaridad de las conexiones de la masa y la pinza. Con la polaridad inversa se obtiene mayor penetración (negativo en el metal base).

El revestimiento del electrodo asegura la estabilidad del arco y protege el metal fundido del contacto con el aire gracias a los gases que lo envuelven.

Normalmente, hemos utilizado las siguientes marcas de electrodos:

LINCOLN[®]
ELECTRIC



OERLIKON



El revestimiento ayuda a reducir las impurezas en el interior de la soldadura mediante la escoria, aportan elementos aleantes a la soldadura y aseguran un enfriamiento seguro. Los dos tipos de revestimientos que más hemos utilizado de los electrodos de acero al carbono es el Básico y el de Rutilo. Con el básico se obtiene una soldadura más resistente a la fisuración en caliente. También hay que reconocer que su manejo requiere más experiencia que con el de rutilo. Su almacenamiento es muy importante para que no pierda las propiedades. El de rutilo es más fácil de cebar y de manejar para conseguir un cordón regular y de buen aspecto. Ambos tipos se pueden utilizar en cualquier posición.



Para realizar una soldadura correctamente es apropiado seguir un procedimiento de soldadura. El siguiente modelo sirve como ejemplo para este caso.

En este caso usamos un electrodo básico, modelo E-7016. Es un electrodo de doble revestimiento que se caracteriza por un arco estable. Tiene buena resistencia a la fisuración y es apropiado para cordones de raíz en cualquier posición. Es fácil eliminar la escoria. Se obtienen cordones limpios y brillantes. Es para aceros de hasta 510 N/mm². Otras clasificaciones AWS A5; E 7016; ISO 2560.

El siguiente ejemplo indica la clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1.

E 70 1 8 H4 R

La letra E indica que se trata de un electodo. El número 70 indica la resistencia a la tensión en ksi. El 1 identifica las posiciones en las que se puede utilizar. El 8 el tipo de recubrimiento y corriente. H4 es el nivel de hidrógeno. R indica que cumple los requerimientos del ensayo de absorción de humedad.

En las siguientes tablas encontramos la clasificación de los tipos de recubrimiento y corriente, y la posición.

DIGITO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	CORRIENTE PARA SOLDAR
0	Sodio celulosa	CDPI
1	Potasio celulosa	CA o CDPI
2	Sodio titanio	CA o CDPD
3	Potasio titanio	CA o CD ambas polaridades
4	Titanio polvo fierro	CA o CD ambas polaridades
5	Sodio bajo hidrógeno	CDPI
6	Potasio bajo hidrógeno	CA o CDPI
7	Oxido de fierro polvo Fe	CA o CDPD
8	Bajo hidrógeno polvo Fe	CA o CDPI

(CA, corriente alterna; CDPI, corriente directa polaridad invertida, electrodo positivo; CDPD, corriente directa polaridad directa, electrodo negativo).

POSICIÓN
1. Toda posición
2. Plano y filete horizontal
4. Toda posición más vertical descendente.

Seguidamente se incluye una tabla con la especificación del Procedimiento de Soldadura. De este modo se asegura que se ha realizado la soldadura siguiendo un procedimiento que cumple con requerimientos generales y específicos para este caso.

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO (WPS)

Especificación de Procedimiento de Soldeo:

Número de WPQR:	111	Método de preparación y limpieza:	Corte térmico, amolado
Fabricante:	ROMAN JORDAN SCP	Designación del metal base:	Acero naval A131
Modo de transferencia del metal:	Smaw	Espesor del material (mm):	10-20mm
Tipo de unión y tipo de soldadura:	Junta a tope con biselado en V	Diámetro electrodo:	D:3,25MM L:350MM
Detalles de la preparación de la soldadura (croquis):		Posición de soldeo:	Plana

Diseño de la unión	Secuencia de soldeo

Detalles de soldeo

Pasada	Proceso de soldeo	Tamaño del metal de aporte	Intensidad A	Voltaje V	Tipo de corriente / polaridad	Velocidad de alimentación del alambre	Longitud depositada por electrodo/ Velocidad de avance	Aporte Térmico
1-n	111	3.25 mm	100-150	220	CA / D	N/A		N/A

Designación marca de los consumibles de soldeo: Electrodo BASICO E-7016

Requisitos especiales de secado: N/A

Designación del Gas/Fundente: - protección:
- respaldo:

Caudal del gas: - protección:
- respaldo:

Electrodo, Tipo/Medidas: Básico (B) de 3.25 mm

Detalles del Resanado/Respaldo:

Temperatura de precalentamiento: N/A

Temperatura entre pasadas:

Post calentamiento: N/A

Mantenimiento de la temperatura de precalentamiento:

Tratamiento térmico post soldadura y/o envejecimiento:

(Tiempo, temperatura, método: Velocidades de calentamiento y enfriamiento):

Oscilación (ancho máximo de la pasada):

Oscilación: amplitud, frecuencia, tiempo de parada:

Detalles de soldeo pulsado: N/A

Distancia de tubo de contacto/pieza:

Detalles del soldeo por plasma: N/A

Ángulo de la pistola:

Fabricante: ROMAN JORDAN SCP

(nombre, firma, fecha)

3.4 Fase 3: inspección.

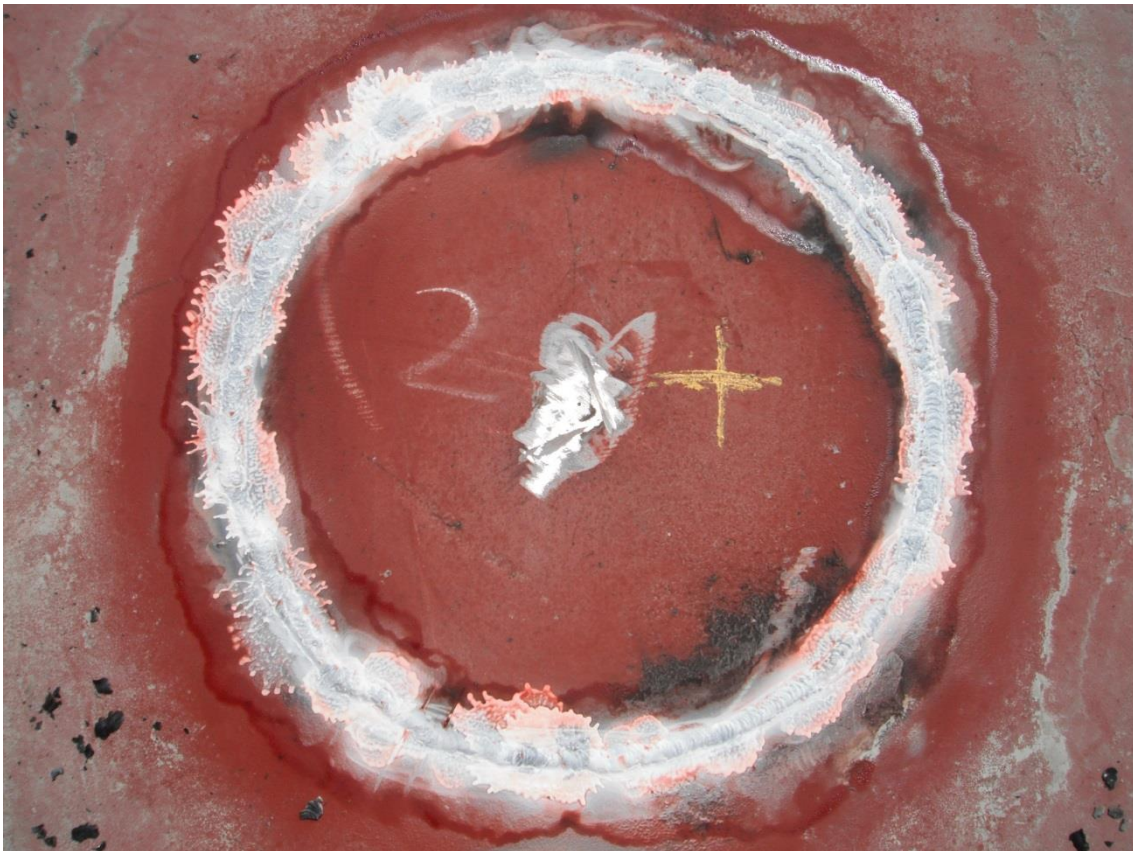
Para comprobar la calidad de la soldadura realizada hemos de utilizar una prueba que no altere sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Para ello efectuamos un ensayo no destructivo (END). En ocasiones hemos realizado inspecciones con ultrasonidos, o con partículas magnéticas. En este caso, como en la mayoría de ocasiones utilizamos los líquidos penetrantes.

Mediante el ensayo por líquidos penetrantes detectamos discontinuidades abiertas a la superficie en los materiales. Consiste en que un líquido penetre por capilaridad y que sea retenido en las discontinuidades abiertas a la superficie, ya sean fisuras o poros. Los pasos que se realizan son los siguientes:

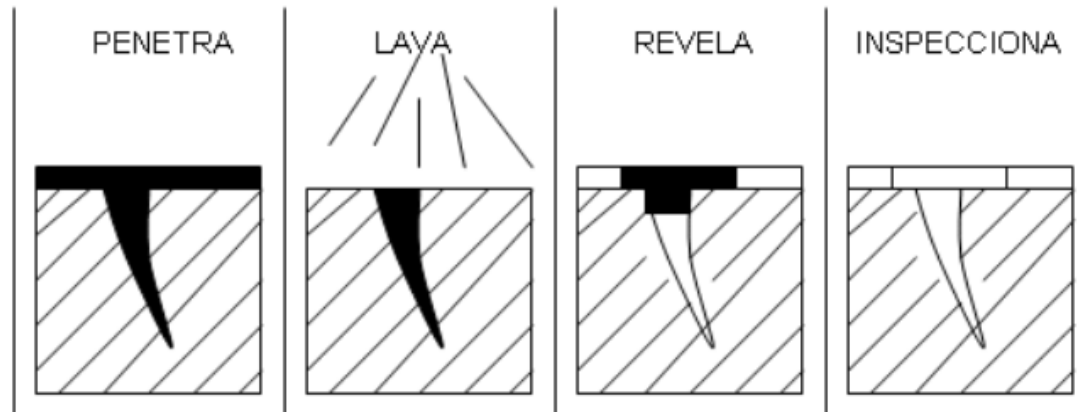
- Limpiar la superficie eliminando de la zona cualquier resto de contaminante que dificulte la entrada del penetrante y la posterior eliminación del sobrante. Puede hacerse con un trapo mojado en disolvente.



- Aplicar el líquido penetrante cubriendo la superficie a inspeccionar y dejar transcurrir el tiempo determinado por el fabricante para que pueda llenar por capilaridad las discontinuidades. Una sugerencia que me fue muy útil es la de aplicarlo con un pincel, puesto que se reduce mucho el consumo en comparación con la pulverización.
- Eliminar el exceso de penetrante. Se puede realizar frotando con un trapo y con disolvente si lo permite el fabricante.
- Aplicar el revelador en forma seca o finamente pulverizado. Queda una capa fina de polvo cubriendo la zona a ensayar.
- Inspección para interpretar y evaluar las indicaciones. La capa de revelador absorbe el líquido penetrante retenido en las discontinuidades y lo lleva a la superficie.
- Limpieza final. Se eliminan los restos de los agentes químicos empleados.



La siguiente imagen resume muy bien el procedimiento que hemos llevado a cabo:



Procedimiento del ensayo

Realizar este ensayo es sencillo y relativamente económico. Teniendo en cuenta que en la mayoría de soldaduras realizadas, se exige la comprobación de la calidad de la soldadura, es recomendable tener existencias en el taller.

La clasificación del sistema penetrante de acuerdo a ASTM E 165 es la siguiente:

Tipo I – Inspección con Líquido Penetrante Fluorescente

Método A – Lavable con agua (ASTM E 1209)

Método B – Post emulsificable lipofílico (ASTM E 1208)

Método C – Removible con solvente (ASTM E 1219)

Método D – Post emulsificable hidrofílico (ASTM 1210)

Tipo II – Inspección con Líquido Penetrante Visible

Método A – Lavable con agua (ASTM E 1418)

Método C – Removible con solvente (ASTM E 1220)

Cuando se procede a la inspección, debe observarse el contraste de color entre el penetrante extraído de la discontinuidad y la superficie de fondo. Por ello, debemos considerar la iluminación empleada en la inspección, que viene determinada por el proceso utilizado.

Cuando el sistema penetrante utilizado es el penetrante visible, la inspección se efectúa bajo luz blanca. Para el método de penetrantes fluorescentes, la observación se realiza bajo luz negra en una zona preparada de oscuridad adecuada bajo luz negra.

Puesto que utilizamos penetrantes visibles, utilizamos luz blanca. Los medios que podemos utilizar son los siguientes:

- Luz solar.
- Lámparas incandescentes.
- Lámparas fluorescentes.
- Lámparas de vapor de mercurio.

Una lámpara incandescente blanca de 150 w, con una pantalla adecuada produce una intensidad de luz de 1.000 lux a aproximadamente 55 cm de distancia.

Este sistema es muy sencillo de realizar, requiere un equipo sencillo, no es de gran tamaño y su peso es reducido. Por ello, puede ser transportado fácilmente incluso si tenemos que hacer una reparación cuando el barco se encuentra fondeado.

4. Valoración económica

Tomando como referencia otros trabajos realizados el detalle de la factura sería el siguiente:

Se tuvieron que efectuar los trabajos según instrucciones. Teniendo que agujerear con oxicorte 4 tapas según diámetro en las tapas de la bodega con un espesor de 15 mm (8 horas).

Una vez concluida la carga del buque se procedió a soldar las 4 tapas con electrodo básico (10 horas + 1 paquete de electrodos básicos E-7016).

Tras la realización de la soldadura se procedió a verificar su calidad con ensayo no destructivo aplicando líquidos penetrantes.

Los materiales y mano de obra incluyendo las dietas y los desplazamientos ascienden a 1.600 €. El IVA aplicado es del 21 % y asciende a 336 €. El total de la factura es de 1.936 €.

Hemos de tener en cuenta que se considera el horario en el que se ha trabajado, que normalmente incluye horas extraordinarias durante la noche y el fin de semana o festivo.

5. Conclusiones

Al contrastar los trabajos realizados con el conocimiento adquirido a lo largo de la carrera, he podido tomar nota de algunas mejoras que deben tomarse en cuenta.

Por ejemplo, respecto al corte con soplete, es bastante común que para no cargar las botellas de oxígeno y acetileno a bordo, se instalen unas mangueras suficientemente largas. Se suelen atar las botellas en tierra. No obstante, en ocasiones, colocaban las botellas tumbadas. Lógicamente, esa posición hacía que no fluyese el gas de la manera apropiada, por lo que dificultaba el corte. Tuvimos que corregir esa situación.

El recurrir a un procedimiento de soldadura, facilita que se realice una correcta soldadura. En alguna ocasión que hemos acudido junto a otro equipo de soldadores, hemos podido contrastar el tiempo que se puede perder por no seguir la secuencia adecuada. En el caso de soldar las tapas, el hecho de que se agriete la soldadura y que el ensayo no destructivo muestre las deficiencias, hizo que otro grupo tuviera que dedicar el doble de tiempo al mismo trabajo.

Respecto a la aplicación de los líquidos penetrantes, a pesar de que en el mismo bote se especifica el método de uso, no es común que se utilice de la manera correcta. Algunos aplican el revelador sin retirar el líquido penetrante, otros no limpian bien las superficies, etc.

Este estudio resume las acciones que deben llevarse a cabo para una intervención de este tipo y sirven como guía para los trabajos a efectuar.

6. Agradecimientos

Agradezco a la Facultad de Náutica de Barcelona las lecciones que he aprendido en ella, así como a los profesores que han contribuido positivamente en mi crecimiento profesional.

En especial, quiero agradecer al Decano de la Facultad, el Sr. D. Santiago Ordás Jiménez por su apoyo y confianza en el desarrollo de este proyecto, así como por sus cualidades docentes. Agradecer también a los compañeros tanto de la Facultad como otros compañeros de profesión que, junto con mi familia, han influido en este período y me han mostrado su apoyo.

7. Bibliografía.

<http://www.marinetraffic.com/>

<http://www.shipspotting.com/>

http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/construccion/corte_exa.pdf

http://www.tecnoficio.com/soldadura/corte_oxiacetilenico.php

<http://www.weldingtipsandtricks.com/cutting-torch.html>

http://safety.cat.com/cda/files/993842/7/How+to++Manage+Cutting+with+Oxygen-Acetylene_V1110.1.pdf

http://www.ual.es/personal/alm212/documentos/MANUAL_II.pdf

<http://solysol.com.es/data/documents/soldadura=20electrodo=20rec.doc.pdf>

<http://www.vesselfinder.com/es/vessels/ROLINE-IMO-7615335>

<http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1440390>

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/13730/1/PFC-%20Procesos%20de%20soldadura%20aplicados%20en%20la%20construccion%20naval.pdf>

<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/12377890/Soldadura-electrica-basica.html>

<http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>

<http://www.gowelding.com/wp/asme-multi.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos31/liquidospentranter/liquidospentranter.shtml>

<http://fenecom.blogspot.com.es/2009/10/nc-211-laieta.html>

<http://ocw.um.es/ciencias/resistencia-de-materiales-y-calculo-de-estructuras/practicas-1/practica-5.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/38555328/Manual-de-Liquidospentranter-VISITE-http-bib-ciata-blogspot-com>

<http://solysol.com.es/data/documents/Control=20de=20Calidad=20de=20Soldaduras.pdf>

<http://www.comtecol.com/intranet/manual/docu/PROCEDIMIENTO%20DE%20INSPECCION%20DE%20SOLDADURA%20LP.pdf>

http://www.obtesol.es/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=178

<http://www.metalactual.com/revista/14/Oxicorte.pdf>

<http://www.tecnatom.es/inicio/areas-de-actividad/servicios-de-inspeccion-y-pruebas/inspeccion-por-otros-metodos-de-end/liquidos-penetrantes>