

Tribuna Profesional

Nuevas reglas estructurales comunes de IACS para petroleros Informe presentado por Lloyd's Register

Las Reglas Estructurales Comunes (CSR - *Common Structural Rules*) para petroleros de doble casco de 150 metros o más, han sido publicadas por la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) en su página web. Han sido adoptadas tanto por el Consejo de IACS como por el Lloyd's Register y están en vigor desde el pasado 1 de abril. Las CSR representan un importante paso hacia delante en la aplicación de estándares de seguridad estructural en graneleros y petroleros de doble casco.

Presentamos a continuación una traducción libre del informe para petroleros *Common Structural Rules. Up-to-date guidance from Lloyd's Register*, presentado por esta Sociedad de Clasificación en abril de 2006 y que complementa el Tribuna Profesional publicado el pasado mes de junio, relativo a las CSR para graneleros.

12

1. Antecedentes

Los objetivos con los que se desarrollaron las CRS se establecieron claramente desde el comienzo y se mantienen sin cambios:

- Evitar la competencia entre Sociedades de Clasificación en los requerimientos estructurales mínimos, como resultado de la aplicación de diferentes grupos de reglas.
- Alcanzar un nivel de robustez, aumentando los requerimientos por resistencia de los escantillones netos (*net scantlings*) permitidos para buques en servicio.
- Alcanzar un nivel de durabilidad, aplicando requerimientos transparentes para cálculos de fatiga y corrosión.
- Facilitar un enlace claro y directo entre los requerimientos de diseño y los operacionales del buque.

Durante el desarrollo de las CSR, hubo ocasión de examinar el alcance de las Reglas estructurales que estaban utilizando hasta ese momento las SS.CC. y se acordó desarrollar un marco único, al menos tan exhaustivo como los actualmente utilizados.

Las CSR se han desarrollado de forma modular, de forma que se puedan introducir cambios futuros sin distorsionar la coherencia interna. Las nuevas Reglas han sido plenamente fundamentadas en informes técnicos publicados.

La Sociedad de Clasificación Lloyd's Register ha realizado importantes inversiones en el desarrollo de:

- Material formativo para ayudar a astilleros y armadores a aplicar las CSR. Están disponibles tres cursos, uno introductorio de dos días, otro de cinco días que incluye las Reglas preceptivas y un último curso de cinco días sobre la aplicación del cálculo por el método de los elementos finitos (FEM).
- Una red de expertos en aprobación de planos que permita la aplicación de las CSR y sirva de guía a los ingenieros de los astilleros.

Hay temas centrales, que conciernen tanto a astilleros como a armadores, que se han aclarado en el amplio proceso de consulta realizado al sector y que este documento recoge brevemente.

2. Costes de nuevas construcciones

Cuando se contrata un petrolero o un granelero para que cumpla las CSR, los armadores ya suponen que el coste va a ser superior a uno construido según las reglas actuales. Existen buenas razones para esta esperada subida del coste, aunque puede que no sean completamente obvias. A continuación se presentan algunos de los problemas a los que están haciendo frente los astilleros actualmente.

A comienzos de 2006, los astilleros tenían una gran cartera de pedidos de petroleros, de todos los tamaños, para los próximos dos años. Algunos armado-

Tribuna Profesional cuenta con el patrocinio de:



res incluso están reservando sitio para entregas en 2009 en los astilleros más importantes, para hacer frente a la retirada final de los petroleros de casco sencillo (2010), y garantizar así la continuidad de sus negocios. En el caso de los graneleros, su situación no es tan forzada.

Por otro lado, las CSR no son los únicos cambios normativos que están poniendo en práctica los astilleros, están los requerimientos para medios permanentes de acceso y la protección permanente de tanques de fuel-oil (Anexo I de MARPOL, Reg. 12 A, aplicable a petroleros entregados a partir del 1 de agosto de 2010), en muchos casos, los nuevos procesos de proyecto tienen que tener en cuenta simultáneamente todos estos requerimientos.

Los petroleros de doble casco y los graneleros que no cumplen con las CSR continuarán operando de forma segura, siempre que sean operados correctamente y su mantenimiento sea el adecuado.

Las CSR representan un gran cambio respecto al diseño actual y han sido introducidas como respuesta a las demandas del sector, que solicitaba un diseño más exigente para reducir las pérdidas de vidas humanas, la contaminación y buques.

Medida del incremento: El peso del acero ha sido uno de los principales parámetros a la hora de estimar el coste, puesto que es fácilmente calculable. El aumento del coste se debe a dos elementos, a un aumento en el coste del material y a los trabajos adicionales de construcción y diseño.

La aplicación de las CSR para optimizar los proyectos existentes da como resultado un aumento relativamente importante del peso de acero, debido al significativo cambio en las exigencias del diseño para la vida en servicio del buque y su duración.

Normas de construcción: Las normas aplicables para la construcción de un buque nuevo según las CSR, o son las aprobadas por la Sociedad de Clasificación o la recomendación de la IACS número 47.

Control de la construcción: El procedimiento de control de la construcción de Lloyd's Register ha sido aplicado previamente de forma obligatoria a petroleros y graneleros de más de 190 metros de eslora, cumpliendo los procedimientos de cálculo de ShipRight, y seguirá utilizándose en un



futuro. Las CSR utilizan métodos diferentes para identificar las zonas críticas pero la base sigue siendo la misma, una vez localizadas requieren un acondicionamiento, alineación y tolerancias especiales y con este objeto se hacen inspecciones adicionales durante el proceso de construcción. En línea con la recomendación nº 47 de IACS la guía de diseño de detalles estructurales de ShipRight define las tolerancias aplicables en la construcción y proporciona directrices para mejorar el diseño de detalles en las zonas críticas.

Aprobación de planos: El estudio de los diseños detallados es, con mucho, el elemento más importante en el proceso de aprobación del plano y el que proporciona mayores oportunidades para mejorar la calidad.

Producción: Para conseguir una producción realmente eficiente según las CSR, será necesario un nuevo diseño de la estructura, por ejemplo, del tamaño de refuerzos y la localización de las uniones entre las planchas.

- Aspectos de diseño que podrían aumentar los costes de producción: Cambios en las formas del casco para evitar reducciones del peso muerto de los diseños existentes, cambios en los principales planos de escantillonado y en todos los planos de detalle.
- Aspectos de la producción que podrían aumentar a corto plazo los costes del astillero al mejorar los diseños: Cambios en los pedidos de material y en el control de almacén, en el tamaño de los refuerzos, en los tamaños de los pasos para los refuerzos secundarios, en la disposición de los bloques, la disposición de las juntas de las planchas dentro del bloque, nuevos datos para el corte por control numérico, etc.

Consecuencias del peso del acero: Los cambios en los criterios de las Reglas para los cálculos de pandeo del buque-viga y la mejora del diseño frente a la fatiga son de gran importancia en relación con la distribución del acero en la cuaderna maestra. El resultado es una estructura más robusta para todos los tamaños de buque con un margen de tolerancia mayor que el actual. Con un correcto mantenimiento a lo largo de la vida del buque, se prevé que se reducirá el tiempo en las reparaciones asociado a la sustitución de material o fallos por fatiga.

En conjunto, cabe esperar un aumento del 4 al 7% en el peso de acero en la zona de carga del buque. El aumento asociado a los diseños aprobados por Lloyd's Register se estima que estará en el límite inferior de este rango.

Servicios suministrados: En el desarrollo de las CSR se han fundido la experiencia y los puntos de vista de las SS.CD. para obtener un conjunto de Reglas cuya aplicación dará como resultado espesores comunes. Sin embargo, sólo proporcionan el escantillonado de la estructura y sigue habiendo muchos otros aspectos de la clasificación de un buque que son esenciales para garantizar su calidad técnica, como: revisión y aprobación del diseño, consejos sobre detalles de diseño estructurales, disponibilidad de suficientes inspectores para prestar atención a la construcción y montaje de la estructura del buque y la instalación de los elementos críticos de equipos, etc.

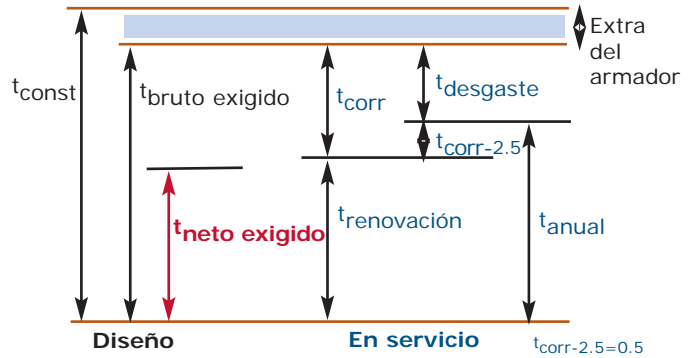
3. Límites de corrosión

La base fundamental de las CSR es una mayor robustez gracias a la aplicación del principio de los espesores netos

“Espesor neto”: Este principio empleado por las CSR, asegura en todo momento, el espesor requerido (t neto requerido) para aguantar en buenas condiciones los esfuerzos que va a soportar el buque durante su vida de servicio. El concepto añade, explícitamente, una margen de corrosión adicional, en mm, en vez de en la forma de un porcentaje de t , como hacían las Reglas anteriores. Esto es consistente con el fenómeno físico de la corrosión, que depende más del entorno físico y químico que del espesor del material.

El margen de corrosión adicional (t_{corr}) incluye dos elementos, la primera parte, que es diferente para cada elemento estructural, se obtiene de medidas estadísticas tomadas de los buques ($t_{desgaste}$) y la segunda parte, que es una tolerancia conservadora por disminución entre inspecciones ($t_{corr-2,5}$) de 0,5 mm. Una corrosión superior a la tolerancia por desgaste ($t_{desgaste}$) inicia las inspecciones anuales puesto que, llegados a ese punto, se estima que el elemento tiene una corrosión considerable y el momento de su renovación está próximo. Los espesores extras que decidan poner los armadores son adicionales a estos requerimientos de escantillonado mínimo.

Puede haber una pequeña diferencia en el espesor requerido por resistencia y el espesor de renovación que se obtiene por redondeo. Durante el proyecto, el espesor neto requerido se redondea a la mitad de milímetro más próxima y el margen por corrosión se redondea a la mitad de milímetro superior, de modo que siempre se da un espesor bruto de entre medio y un milímetro más del valor.



Concepto de espesor neto

Corrosión adicional: Se han introducido una serie de cambios en los márgenes de corrosión de las CSR para petroleros, tendiendo a su armonización con las de graneleros, entre las que se incluyen: la consideración de las dos caras de una superficie al definir el margen de corrosión adicional y aumentar la profundidad con margen de corrosión adicional por debajo del techo del tanque, de 1,5 m a 3,0 m.

A partir de la experiencia, se adoptaron dos modificaciones posteriores: aumentar el margen de corrosión en la estructura del techo del tanque en 1,0 mm y en los tanques de carga con calefacción, aplicar un margen adicional de 0,3 mm.

La corrosión en los buques puede ser de carácter local, que esta restringida a zonas muy limitadas, y la corrosión general que se extiende por todo el buque. Aunque la reducción de la corrosión local, como picaduras o estrías (*pitting or grooving*), puede ser extremadamente difícil, sus efectos en la resistencia estructural son limitados ya que las zonas afectadas son, generalmente, pequeñas. El área afectada por una corrosión generalizada es mucho mayor y el resultado afecta directamente a la resistencia estructural. Las reglas establecen márgenes de corrosión adicionales para hacer frente a problemas locales por encima de los márgenes de corrosión general. Combinado con procedimientos de inspección minuciosos, así se consigue un buen control de las medidas de corrosión tomadas por todo el buque durante su vida de servicio, mientras que al mismo tiempo se garantizan los requerimientos mínimos de resistencia del buque.

El margen de corrosión ($t_{desgaste}$) es el resultado de un amplio estudio estadístico de medidas de espesores tomadas de petroleros y graneleros



en servicio. Establece el índice de corrosión para diferentes miembros estructurales bajo las condiciones típicas de operación, para una variedad de condiciones de recubrimiento y en un gran número de buques que representan un amplio rango de prácticas de mantenimiento.

Tolerancia negativa: Algunos armadores creen que las siderurgias más avanzadas utilizan tolerancias negativas en el proceso de laminado, dando como resultado unas planchas con un margen de corrosión inferior. IACS realizó un estudio de 32.424 planchas de entre 10 y 30 mm de espesor de industrias japonesas y coreanas, inspeccionando los espesores entregados. El grupo de trabajo concluyó que para espesores de planchas de buques comunes: El 77% de las planchas están laminadas con una tolerancia positiva, el 20% tienen una tolerancia negativa de entre -0,1 hasta 0 mm y el 3% de presentan una tolerancia negativa entre -0,2 y -0,1 mm. Es importante indicar que ninguna de las planchas tenía una tolerancia negativa por debajo de 0,3 mm.

4. Flexibilidad operacional

Los armadores están preocupados por conseguir la máxima flexibilidad operacional con las condiciones de carga que se aprueben e incluyan en el manual de carga. Las condiciones de carga definidas por las CSR engloban todas las operacionales.

Las condiciones de carga estándar de las CSR han sido cuidadosamente seleccionadas para determinar eficazmente los escantillones. En algunos casos las situaciones de carga son significativamente más exigentes que las que se van a dar en la operación ordinaria.

Las reglas de las CSR para condiciones de carga en petroleros permiten:

- Diferentes calados de escantillado para petroleros de uno o dos mamparos longitudinales para condiciones de carga con cualquier grupo de tanques transversales de carga vacío.
- Que se encuentre vacío cualquier tanque de carga individual, al 90% del calado de escantillado en

la mar y al calado de escantillado durante las operaciones de carga y descarga.

- El manual de carga incluye una condición de lastre en la cual el pique de proa está lleno, además de los tanque de lastre segregados en la zona de carga. El cál-

culo del momento de quebranto en aguas tranquilas debería garantizar una flexibilidad operacional adecuada.

- Cualquier tanque de lastre (a excepción del pique de popa) puede estar vacío con todos los demás llenos, siempre que no se exceda el momento flector.
- El procedimiento de intercambio de agua de lastre y el método adoptado por cada tanque es decisión del armador y los detalles tienen que estar incluidos en el manual de carga. No hay limitaciones debidas a esfuerzos por operaciones o factores climatológicos. Sin embargo, el capitán debe utilizar su buen criterio a la hora de hacer cambios en las condiciones de los tanques en el mar, siguiendo los criterios de estabilidad.

5. Recubrimientos

Las CSR han incorporado un enfoque uniforme de las Sociedades de Clasificación sobre recubrimientos, que incluye:

- Comprobación de las especificaciones de los sistemas de recubrimiento para los espacios de lastre.
- Comprobación de los informes de los inspectores de recubrimientos, para confirmar que se han seguido los procedimientos específicos del astillero.
- Actuar como consultor con el armador, el astillero y el suministrador del producto, a la hora de elegir el recubrimiento, la especificación y el plan de inspecciones para los tanques de lastre.

Las CSR hacen referencia al las normas sobre recubrimientos (Coating Performance Standard, CPS) que adoptará la OMI en un futuro próximo y que entrará en vigor en 2008.

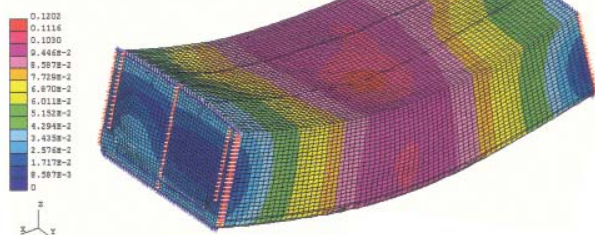
6. Diseño

Muchos posibles diseños: Cuando se hace referencia a los espesores comunes, no es con intención de limitar al ingeniero sino que, para un diseño dado de la estructura de un buque, los cálculos estructurales serán lo suficientemente ajustados como para que no existan diferencias significativas en los requerimientos de escantillado de las distintas SS. CC., pero este concepto no pretende sugerir que exista un único diseño aceptable para un conjunto dado de parámetros generales del buque.

Situaciones de cargas en el Método de Elementos Finitos (FEM): La versión publicada de las CSR presenta una reducción en el número de situaciones de carga estudiadas por el FEM (de alrededor de 50 a 30), aunque esta reducción no significa una disminución en las exigencias del diseño.



Aframax JTP
Case 1000410:B04D1 : Diag.[S][P][S] (0.6 Tsc)
Deformation x79.19



Resultado de la aplicación ShipRight SDA

Hoy en día se estudian unas 10 situaciones de carga. El proceso de revisión sistemático creó las situaciones de carga básicas para el cálculo de elementos finitos, con el objetivo de representar las condiciones de operación que más probablemente fuesen a aparecer a lo largo de la vida en servicio del buque. El resultado fue que se podrían aplicar al modelo de elementos finitos hasta 50 condiciones de carga.

La informática en sí, no es la cuestión, sino que la evaluación, el análisis y las conclusiones de todos los cálculos es la principal, más intensa y especializada labor que hay que realizar.

Cálculos del Método de Elementos Finitos:

Para las CSR de petroleros está permitida una reducción de hasta el 15% en el módulo de la sección de los refuerzos primarios y en el área de la sección transversal. Puede parecer una oportunidad para que los ingenieros minimicen el escantillonado, sin embargo, esto no es correcto, puesto que la metodología de las reglas esta diseñada de forma que garantiza que no se reduzca el escantillonado mínimo por resistencia. El espesor de los refuerzos primarios está definido por reglas preceptivas para un nivel conservador de esfuerzos y pueden ser modificados por los resultados del cálculo de elementos finitos, allí donde su aplicación compruebe que los esfuerzos que encontramos son correctos.

Aunque podría parecer una doble norma, los dos enfoques son complementarios. El enfoque preceptivo es intrínsecamente conservador, mientras que el análisis por elementos finitos tiene una debilidad fundamental, para un menor número de situaciones de carga se consideran y asumen condiciones límite que pueden cambiar significativamente la calidad de los resultados. Por esta razón, las reglas permiten

ANAVE, como editora del Boletín Informativo, no comparte necesariamente las opiniones y conclusiones vertidas en los artículos de esta sección, que corresponden exclusivamente a sus firmantes. Se autoriza la reproducción total o parcial de estos artículos, siempre que se cite a ANAVE como fuente y el nombre del autor.

una reducción de hasta el 15% de los requerimientos preceptivos para el módulo de la sección y el área de la sección transversal de los refuerzos primarios, siempre y cuando el análisis por elementos finitos demuestre que esta reducción es aceptable.

Software: El sector solicitó un paquete de software para la aplicación de las CSR. Sin embargo, en ningún momento se hizo un compromiso formal para ello y las Sociedades de Clasificación decidieron mantener su propio software por una serie de razones:

- La inversión realizada por los astilleros en formación y familiarización con el programa de sus ingenieros.
- La necesidad de minimizar la interrupción en el proceso de aprobación de planos.
- La conveniencia de mantener algún elemento de competitividad entre las Sociedades.

Las CSR son más complejas de aplicar que las actuales reglas, lo que significa que es importante contar con un buen software a la hora de aplicar las nuevas normas. Para las CSR de petroleros, cada Sociedad ha actualizado sus aplicaciones y se han comprobado con las equivalentes de DNV y ABS para asegurar que se obtienen los mismos escantillonados.

Las aplicaciones del Lloyd's Register, "RulesCalc" y "ShipRight SDA" (ver imagen), para la aplicación de las CSR para petroleros se pueden descargar de la página web: www.cdlive.lr.org

7. El futuro de las CSR

Las CSR para petroleros deben ahora a someterse a un periodo de consolidación. Los esfuerzos se concentrarán en asegurar que las reglas se interpretan y aplican correctamente por los ingenieros. El mantenimiento de las reglas estará a cargo de la Comisión de Casco de la IACS y por miembros del grupo de trabajo que las han desarrollado, que mantendrán un contacto continuo con este proyecto.

La armonización a largo plazo con las CSR para graneleros, comenzará muy pronto y tratará las principales diferencias en materias como fatiga, pandeo, cargas y elementos finitos. El desarrollo de este proyecto llevará al menos 3 años y el resultado serán unas reglas actualizadas que estarán listas en unos 5 años.

