

## Módulos Habitacionales en la Plataforma Armada

La plataforma Armada es operada por el Grupo BG y explota tres campos de gas y condensados en el Mar del Norte Central, 250 km al este de Aberdeen. Está compuesta de cuatro patas enchaquetadas de acero estructuradas tridimensionalmente, que dan soporte a una cubierta única integrada que contiene la boca del pozo, el proceso y las instalaciones para el alojamiento. Las residencias en la plataforma requieren de suficiente amplitud para albergar a 59 personas. En el 2009 se adicionaron a las moradas existentes, cuatro módulos habitacionales resistentes a explosiones y al fuego, y dos módulos de andadores que los conectan entre sí. El revestimiento estructural de estos módulos fue de acero inoxidable corrugado.

### Selección del Material

Mientras que los aceros al carbono requieren de repintado y mantenimiento regular en ambientes en alta mar, los aceros inoxidable suelen requerir poco mantenimiento. Los módulos instalados tienen solamente una pequeña separación entre las unidades y forman un voladizo sobre el borde de la plataforma, haciendo del mantenimiento una labor a la vez difícil y peligrosa. Por lo tanto, el cliente estipuló que todo el acero expuesto a las condiciones externas debía ser inoxidable a fin de evitar un costoso presupuesto de mantenimiento durante la vida útil de diseño de 30 años.

El revestimiento estructural fue elaborado a partir de acero inoxidable austenítico grado 1.4401 (S31600) con un acabado 2B estándar de fábrica, de conformidad con la norma EN 10088-2 [1]. Este grado también exhibe una adecuada retención de su resistencia mecánica y de su rigidez después de 60 minutos de exposición al fuego de hidrocarburos, así como una excelente ductilidad y tenacidad para resistir la explosión de diseño.



Figura 2: Instalación del módulo final a bordo de la Plataforma Armada



Figura 1: Plataforma Armada Fotografía: Terry Cavner

## Diseño

Cada módulo habitacional mide 11.93 m de largo por 4.50 m de ancho y 3.20 m de altura, y pesa alrededor de 23 toneladas. Tanto los módulos habitacionales como los dos módulos de andadores, tienen la misma forma básica estructural: estructura y placa lisa reforzada para el piso y techo en acero al carbono, cubiertas con paneles de pared de acero inoxidable corrugado de 250 mm de ancho por 80 mm de profundidad y 2.0 mm de espesor.

La resistencia a la fluencia mínima especificada al 0.2% de deformación del acero inoxidable grado 1.4401 es de 240 N/mm<sup>2</sup> [1], sin embargo, los valores del certificado de calidad del proveedor indicaron valores superiores a 365 N/mm<sup>2</sup>, el diseño se basó en los valores reales medidos. El marco estructural principal de los módulos fue de acero al carbono con un límite elástico de 355 N/mm<sup>2</sup>.

Los módulos tienen una calificación de resistencia al fuego de H60, que significa que éstos deben mantener su función de carga durante un periodo de 60 minutos expuestos a fuego de hidrocarburos. Un fuego de hidrocarburos alcanza una temperatura de 1100°C después de 60 minutos. Los aceros inoxidables austeníticos exhiben características de retención de resistencia y rigidez diferentes a las del acero al carbono (Figura 4). El tipo 1.4401 normalmente retiene alrededor del 6% de su resistencia a la fluencia al 0.2% de deformación a 1100°C [2], en comparación con el acero al carbono que solamente retiene el 3% de su límite elástico.

Los módulos fueron diseñados para resistir una presión de explosión máxima de 110 milibares con tiempos similares de subidas y caídas de 10 milisegundos. El acero inoxidable es un material ideal para estructuras resistentes a explosiones debido a su elevada resistencia mecánica, buenas características de absorción de energía y alta ductilidad [3]. La forma de la curva esfuerzo-deformación dentro del rango plástico garantiza una resistencia al momento plástico más elevada que un acero al carbono de resistencia equivalente. El acero inoxidable por lo tanto puede absorber considerable energía de impacto sin fracturarse.

El aislante térmico cerámico superwool X607, con calificación H60, que se sella en una barrera de vapor de papel aluminio, se colocó por fuera de la estructura primaria de acero al carbono, pero dentro de los paneles de acero inoxidable para aislar el marco estructural.



Figura 3: Módulo habitacional sencillo en la fábrica Darlington

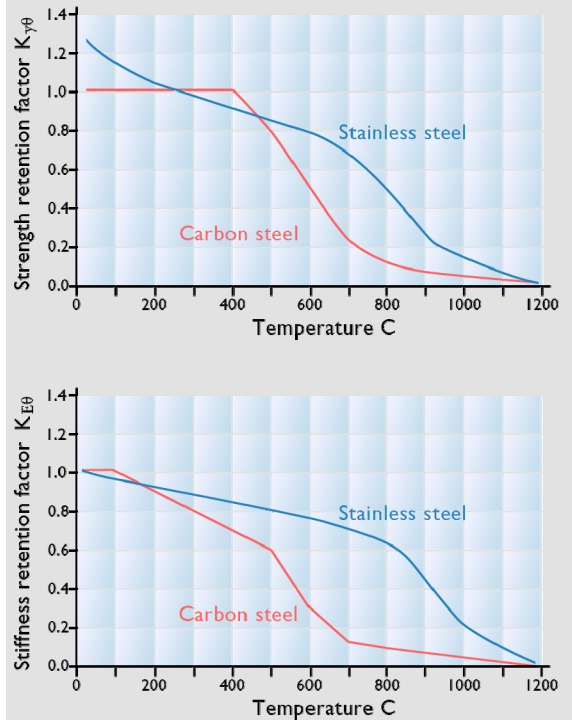


Figura 4: Comparación entre los factores de retención de resistencia y rigidez del acero al carbono y el acero inoxidable (Resistencia a la fluencia al 0.2 % de deformación para ambas aleaciones)



### Análisis estructural

El desempeño estructural de los módulos bajo todas las combinaciones críticas de carga, fue analizado utilizando el software STAAD.Pro. Se crearon dos modelos de cada módulo habitacional y andador: uno para el “caso caliente” H60, con propiedades reducidas en los materiales de los componentes calientes en la estructura; y un segundo para el “caso frío”.

Los perfiles para pared en forma trapezoidal son una forma estructural económica para soportar cargas superficiales transversales tales como impulsos de las explosiones. Sin embargo, la forma compleja del perfil no permite que se pueda moldear con precisión sin realizar análisis que requieren de mucho tiempo. Por lo tanto, empleando las representaciones y resultados empíricos de análisis más detallados del elemento finito, se lograron derivar las propiedades ortotrópicas equivalentes efectivas en la placa plana para las paredes de los paneles corrugados, las cuales pueden ser utilizadas en los modelos del STAAD.pro para modelar la rigidez bidireccional del perfil corrugado.

La carga de diseño del viento se consideró como ráfaga de 3 segundos 50 años, periodo equivalente a  $1.68 \text{ kN/m}^2$ , pero conservadoramente tomado como  $2 \text{ kN/m}^2$ . También se consideraron las cargas generadas por la nieve y el hielo. Las combinaciones críticas de cargas para los paneles corrugados fueron:

- Muerta y Viva y viento máximo (M+V+V)
- Explosión

Los modelos indicaron que el esfuerzo máximo constantemente se producía alrededor de los bordes superiores e inferiores de los módulos, siempre que un piso horizontal, techo o escalera conectaran a una pared.

### Fabricación

Láminas planas de acero inoxidable de 2 mm de espesor, fueron suministradas por un distribuidor. Para crear y formar el perfil requerido, se utilizó una cortadora de plasma de control numérico interno y una máquina laminadora en frío. Los paneles de acero inoxidable fueron pre-fabricados con el aislamiento, y se soldaron a la estructura. La soldadura del acero inoxidable al acero al carbono se realizó utilizando el proceso de Metal Gas Inerte (MIG, por sus siglas en inglés), y alimentación continua de electrodos estándar de acero inoxidable con un gas de protección (argón). Después de la fabricación, las hojas fueron decapadas para eliminar cualquier partícula de hierro atrapada en la superficie que pudiera corroerse cuando sea expuesta a las condiciones marinas.



Figura 7: Aislante colocado en el interior de las paredes del panel

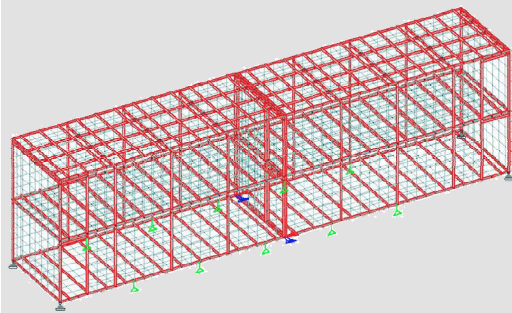


Figura 5: Modelo de los miembros estructurales de las cuatro unidades habitacionales creado en el STAAD.Pro

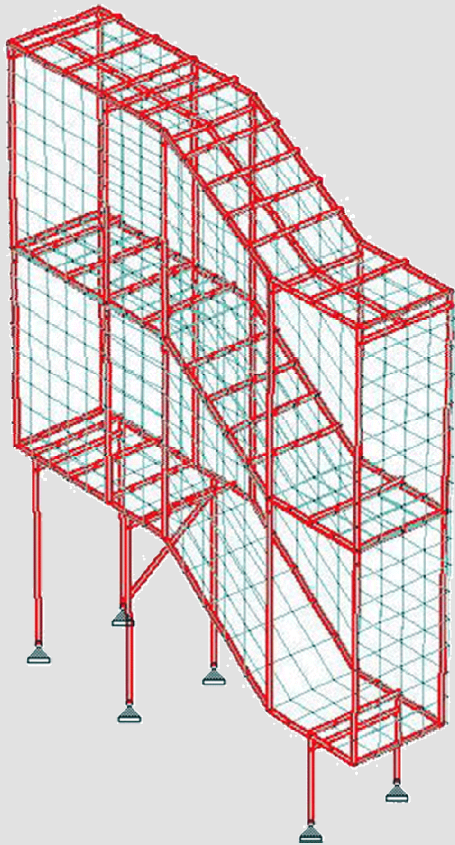


Figura 6: Modelo de los miembro estructurales de un modulo andador creado en el STAAD.Pro

## Instalación

Los módulos terminados fueron transportados en camiones a la costa, fueron cargados en embarcaciones y llevados a la plataforma Armada. Se anexaron a la estructura de acero al carbono “orejas” para levantar en las cuatro esquinas del techo de cada módulo (Figura 9). Las “orejas” también sirvieron como guías para el posicionamiento de los módulos en el segundo nivel. Los módulos inferiores fueron anexados a la estructura de soporte del módulo (MSF por sus siglas en inglés), usando pernos de acero inoxidable tipo M16 A-480.

Los módulos fueron conectados entre sí en una formación de 2 a 2, con una disposición para un tercer nivel en el futuro. Los módulos de las escaleras fueron unidos en su respectivo extremo (Figura 10), y fueron sentados sobre su propio MSF.



Figura 8: Módulo habitacional listo para ser transportado



Figura 9: Instalación de un módulo habitacional



Figura 10: Uno de los módulos andadores conectando los nuevos módulos habitacionales con las viviendas originales

La información para este caso de estudio fue amablemente proporcionada por Mech-Tool Engineering.

## Referencias y Bibliografía

- [1] EN 10088-2:2005 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes.
- [2] Design manual for structural stainless steel (third edition), Building Series, Volume 3, Euro Inox and SCI, 2006
- [3] Design guide for stainless steel blast walls, Technical Note 5, Fire and Blast Information Group (FABIG), SCI, 1999

Centro de Información en línea para el acero inoxidable en la construcción: [www.stainlessconstruction.com](http://www.stainlessconstruction.com)

## Obtención de Detalles

<b>Cliente:</b>	BG Group
<b>Ingeniería estructural:</b>	Mech-Tool Engineering
<b>Contratista principal:</b>	Aiken Group
<b>Contratista de las estructuras de acero</b>	Mech-Tool Engineering

Esta serie de Casos de Estudio de Acero Inoxidable Estructural es auspiciada por Team Stainless.

Translated by:

