



Puertos sostenibles - Diseño y construcción

Evaluación del ciclo de vida



Soluciones para el transporte marítimo y fluvial

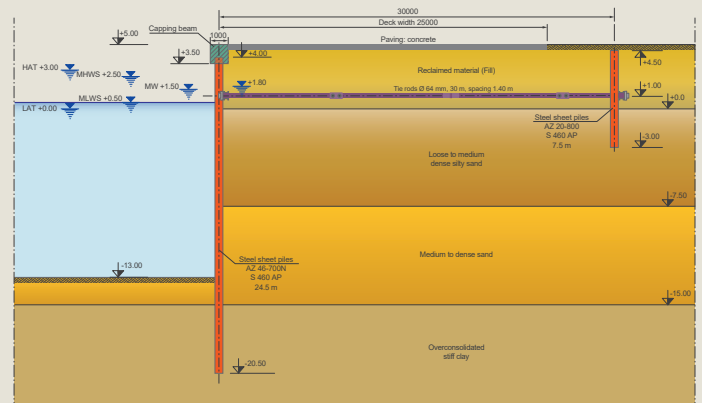
© Calais Port, 2015 | Francia

Los puertos marítimos y fluviales se enfrentan a muchos retos. Por un lado, el tráfico marítimo no deja de crecer, los nuevos buques son cada vez más grandes, lo que obliga a los puertos adaptar su capacidad a estas demandas. Por otro lado, nuestro planeta está amenazado, entre otras cosas, por el calentamiento global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y por la escasez de recursos naturales, de los que el agua es un buen ejemplo. Cómo pueden los puertos desarrollarse de forma sostenible sin dañar el medio ambiente?

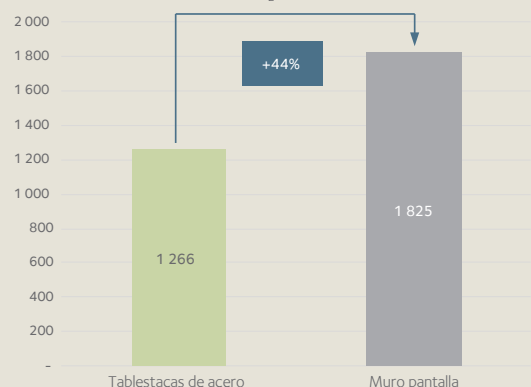
Desde el punto de vista medioambiental, lo ideal es prolongar la vida de las estructuras existentes, rehabilitándolas y/o reformándolas para adecuarlas a nuevas demandas, por ejemplo, aumentando el calado. Por otro lado, en ocasiones, ya sea por deterioro o por el aumento de capacidad necesario, la construcción de un nuevo muro de muelle es la única alternativa. Hay muchas soluciones técnicas, pero la elección final de la autoridad portuaria tendrá que basarse en un análisis exhaustivo que integre criterios técnicos, económicos y medioambientales.

En 2018, ArcelorMittal encargó a *Tractebel*, una consultora de ingeniería belga independiente, el análisis de este complejo y polifacético tema [1]. Tractebel se centró en los siguientes tres indicadores clave: técnico, financiero y medioambiental. Su principal reto era optimizar el dimensionamiento de tres soluciones diferentes y compararlas desde el punto de vista técnico y financiero. El impacto medioambiental fue estudiado por el departamento de I+D de ArcelorMittal.

+ Huella de carbono del muro del muelle



Potencial de calentamiento global (PCG) [t CO₂-éq.]



Resultados del análisis del ciclo de vida (ACV)

Estudio de caso realista

Tractebel desarrolló un caso sencillo y realista tomando un dimensionamiento estándar para una terminal de cruceros. El muelle de 200 metros de longitud se construiría en el puerto de Amberes (Bélgica) y en suelos representativos del puerto. El calado es de 13,0 metros y cota del muelle es de 5,0 metros sobre el nivel medio del mar (véase la sección transversal). Las soluciones constructivas que se analizaron fueron un muelle de muro de tablestacas de acero, un muro pantalla y un muelle de pilotes (un "muelle danés" daría resultados bastante similares al muelle de pilotes).

El análisis técnico y económico demostró que, en función de las hipótesis realizadas, **el muro de tablestacas es aproximadamente un 20% más económico que el muro pantalla¹⁾**, y que el coste de un muelle de pilotes es mucho mayor.

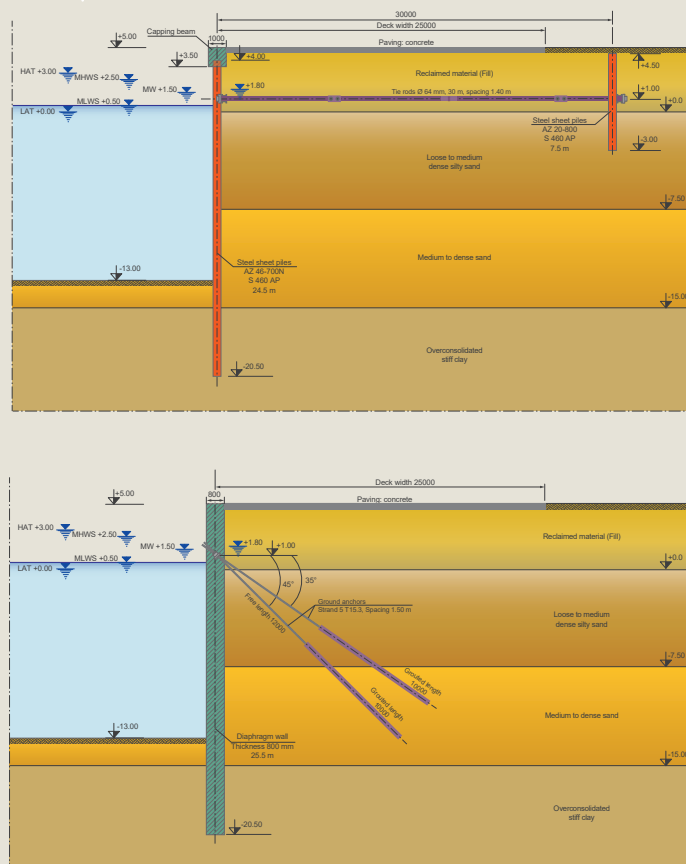
El ACV permite considerar el ciclo de vida completo de las estructuras

Los aspectos medioambientales se analizaron en detalle mediante un **Análisis del Ciclo de Vida (ACV)** que se limitó a las dos alternativas más económicas. El objetivo era comparar **el coste total del ciclo de vida**, incluyendo los costes o créditos de la fase de fin de vida, es decir, se considera la demolición y reciclado de los elementos estructurales, pero sin considerar la reutilización de los elementos recuperados. El ACV fue realizado por el departamento de I+D de ArcelorMittal en 2020 [2] y aunque se centra en el indicador medioambiental del **potencial de calentamiento global (PCG)**, también se considera otros indicadores. El ACV se basó en las cantidades de material del pliego elaborado por Tractebel y fue validado por un grupo de tres expertos independientes [3]. Para este tipo de aplicaciones, un ACV validado por expertos es un método justo y transparente para comparar diferentes soluciones y diferentes productores

¹⁾ Las conclusiones no pueden trasladarse sin más a otras situaciones o países sin aplicar factores de corrección adecuados.

²⁾ La gama EcoSheetPile™ se fabrica con acero 100% reciclado por la vía eléctrica (horno de arco eléctrico). Las tablestacas de acero son reutilizables y pueden reciclarse al 100% tras su vida útil.

+ Sección transversal de las alternativas estudiadas para el muro del muelle



o proveedores. Aunque las normas ISO y EN no lo exigen, un ACV es más relevante cuando se utilizan las Declaraciones Ambientales de Producto²⁾ (DAP) de un producto específico de un único productor, en comparación con los valores genéricos de las bases de datos. El estudio se realizó de acuerdo con las normas ISO 14040 [4] e ISO 14044 [5]. Los datos de los materiales se basan en DAPs según la norma EN 15804 [6] y el ACV global de la infraestructura, aunque no es aplicable, se basa en la metodología EN 15978 [7]. Para garantizar la coherencia del estudio, los cálculos se realizaron utilizando las DAP de ArcelorMittal para los elementos de acero y las DAP publicadas por el mismo titular de la DAP (*Institut Bauen und Umwelt e. V.*) para los demás materiales.

Influencia de la demolición y la fase de fin de vida

La fase de fin de vida puede tener un efecto significativo en el impacto medioambiental. El enfoque ideal es un análisis del ciclo de vida completo, es decir, de la cuna a la tumba. La omisión de la fase de demolición, reciclado y/o reusó resulta en algunas circunstancias a una subestimación significativa del impacto medioambiental. En cuanto a las hipótesis, **los expertos acordaron que al final de la vida útil de 50 años de la estructura el 99% de las tablestacas de acero se retirarían del suelo y se reciclarían**, mientras que el 1% restante se depositaría en un vertedero. Dado que esta hipótesis es diferente a la DAP publicada, el departamento de I+D de ArcelorMittal para facilitar el cálculo de los indicadores medioambientales.

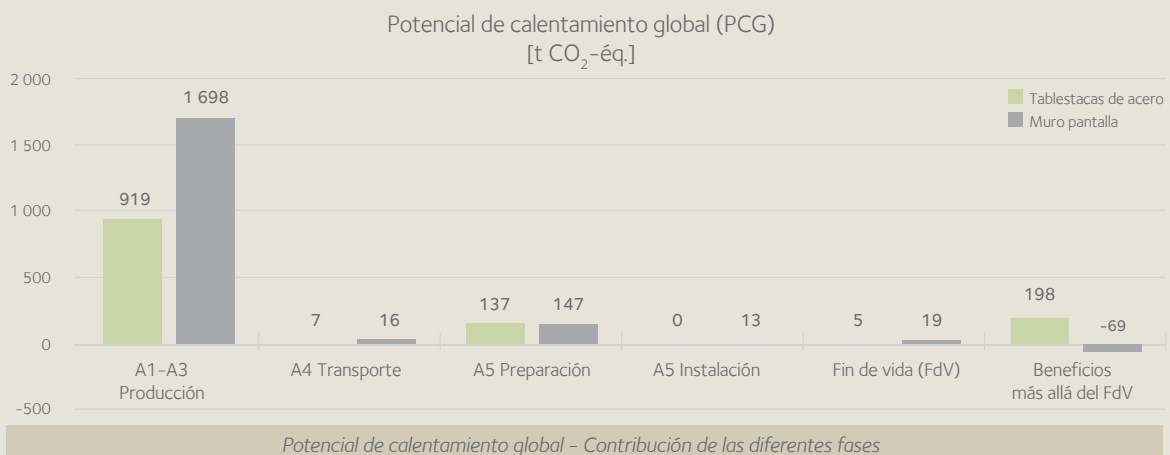
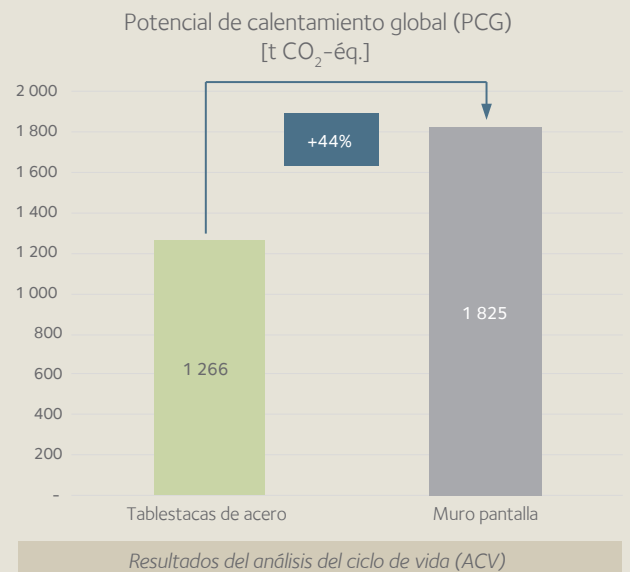
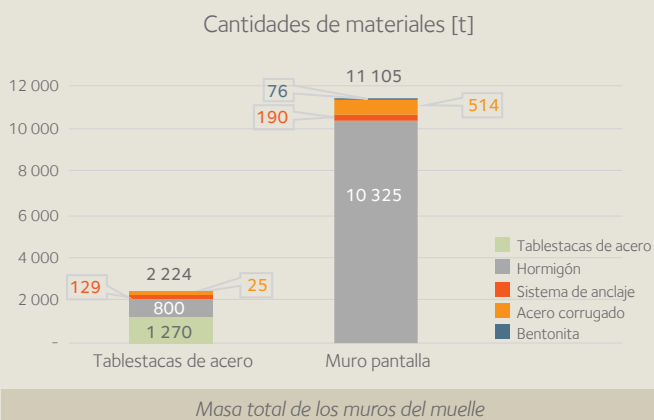
En comparación con la fase de producción (módulos A1-A3), en general, el transporte y la instalación de las tablestacas contribuyen poco a la huella de carbono global del proyecto. En el caso de las tablestacas producidas y suministradas en Europa, esta contribución es inferior al 10% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Resultados del análisis del ciclo de vida (ACV)

El ACV mostró que **la huella de carbono de la pantalla de tablestacas de acero EcoSheetPile™³⁾ es un 44% menor que la del muro proveniente de altos hornos⁴⁾**. Un análisis de sensibilidad confirmó que, a pesar de las variaciones observadas (que van del 19% al 76%), la modificación de algunos parámetros clave no invirtió la tendencia en comparación con la hipótesis de referencia.

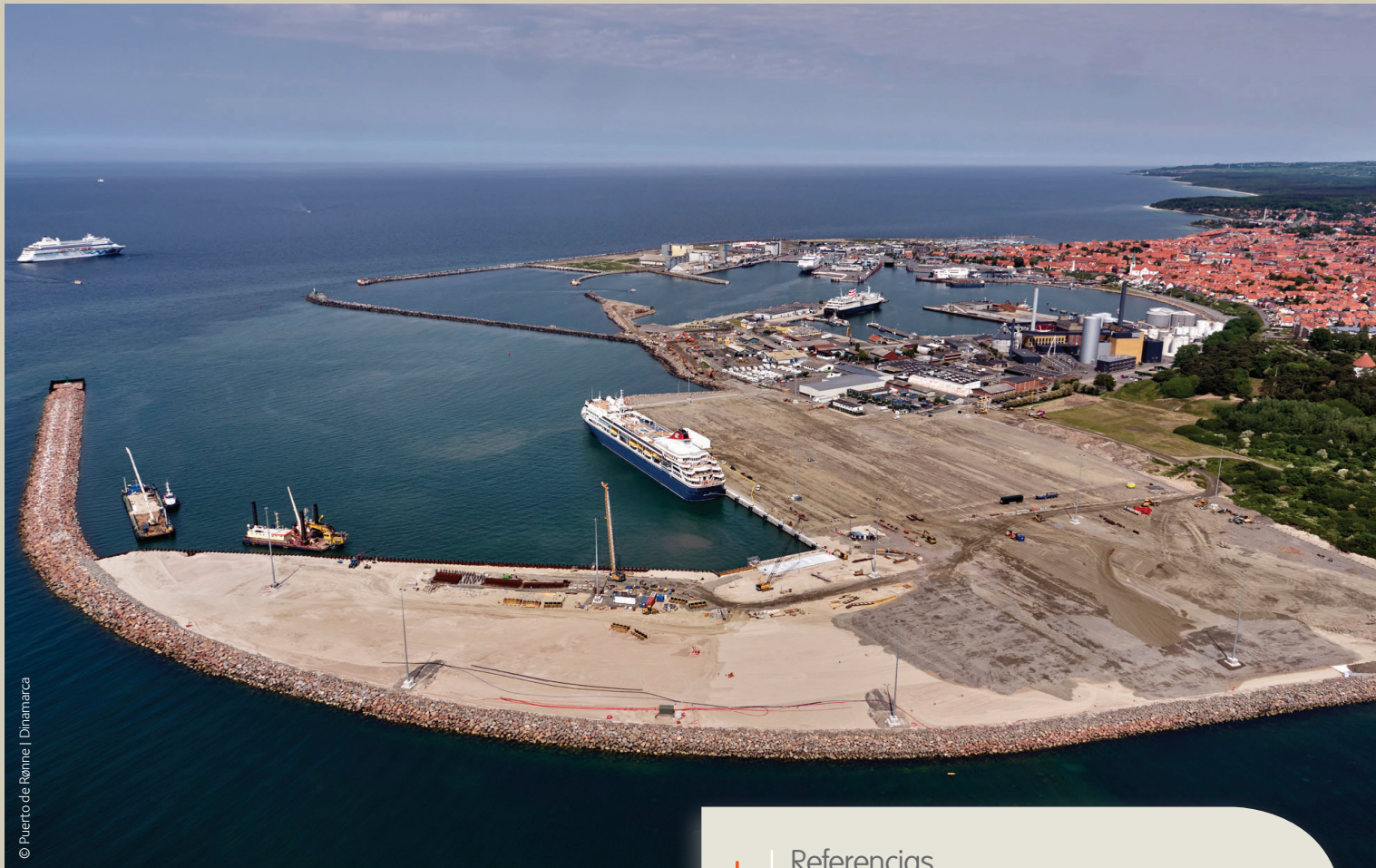
Hay que tener en cuenta que el uso de las tablestacas **EcoSheetPile™ Plus**, producidas por la vía eléctrica (horno de arco eléctrico con prácticamente el 100% de chatarra) y con electricidad 100% renovable, aumenta la diferencia entre la solución de acero y la de hormigón. De hecho, según la nueva DAP de EcoSheetPile Plus publicada en julio de 2021, la fase de producción (módulos A1-A3) emite aproximadamente un **30% menos de CO₂-eq.** en comparación con la gama EcoSheetPile estándar.

+ Lista de materiales y huella de carbono



³⁾ La gama EcoSheetPile™ se fabrica con acero 100% reciclado por la vía eléctrica (horno de arco eléctrico). Las tablestacas de acero son reutilizables y pueden reciclarse al 100% tras su vida útil.

⁴⁾ Las conclusiones no pueden trasladarse sin más a otras situaciones o países sin aplicar factores de corrección adecuados. En la evaluación del ciclo de vida (ACV) se han hecho suposiciones simplificadoras.



© Puerto de Rønne | Dinamarca

Conclusiones

Hay varios indicadores clave que hay que tener en cuenta a la hora de elegir una solución sostenible. El coste de la construcción (incluidos los costes de diseño) es un indicador clave, pero no hay que olvidar criterios medioambientales como la **huella de carbono**.

Existen varios métodos científicos para integrar los criterios “no económicos” en el proceso de toma de decisiones. En el contexto de la contratación pública europea, se puede utilizar un criterio de **“monetización” para identificar la oferta más ventajosa**. Esto se practica en los Países Bajos [8] desde hace varios años, en los grandes proyectos de infraestructuras. La base del método neerlandés es la determinación de un **índice de costes medioambientales (MKI)**, calculado a partir de múltiples indicadores medioambientales del proyecto. Los indicadores medioambientales están sujetos a una serie de factores de ponderación específicos a los Países Bajos. Este MKI forma parte de los criterios de selección de la solución más sostenible. Es alentador ver que con el enfoque correcto la solución más sostenible gana el contrato, y no necesariamente la oferta más baja.

+ Referencias

- [1] TRACTEBEL ENGINEERING S.A., Methodic comparison of retaining wall solutions, 2018.
- [2] ArcelorMittal Global R&D, LCA methodological report – Comparative study of steel sheet pile and concrete slurry wall in quay infrastructure application, Luxembourg, 2020.
- [3] Solinen & al – panel review of 3 experts, Critical review of the LCA – Comparative study of steel sheet pile and concrete slurry wall in quay infrastructure application, 2020.
- [4] ISO, ISO 14040:2006-07 – Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia, 2006.
- [5] ISO, ISO 14044:2006+A1:2018 – Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Requisitos y directrices, 2018.
- [6] CEN, EN 15804:2012+A1:2013 – Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción, 2013.
- [7] CEN, EN 15978:2011 – Contribución de las obras de construcción al desarrollo sostenible – Evaluación del comportamiento medioambiental de los edificios – Método de cálculo, 2012.
- [8] Stichting Bouwkwiteit, Determination Method – Environmental performance – Buildings and civil engineering works, Rijswijk, 2019.

Nota: las referencias [1], [2] y [3] son informes inéditos preparados por o para ArcelorMittal.