

Aplicación de Modularidad a Separadores de Hidrocarburos y Grasas

Manuel López Membrilla, Nil Peguero Martínez

EPSEVG. Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

Resumen

El objetivo general de este proyecto se centra en aplicar modularidad los separadores de hidrocarburos de la multinacional ACO, concretamente en su filial española. Estos depósitos presentan unas dimensiones y volúmenes extraordinarios que los convierten en un reto logístico. Tras sufrir estos inconvenientes durante años, la empresa solicita a la UPC un proyecto de I+D que permita desarrollar una solución viable para dichos productos.

Al tratarse de un proyecto de Investigación y Desarrollo, gran parte del mismo está centrada en condensar conocimiento alrededor de materiales, logística, mecánica y otros aspectos de interés. Tras generar una base de conocimiento en la materia lo suficientemente amplio y extraer las conclusiones pertinentes, se plantea un proceso creativo.

Este proceso creativo, genera distintas alternativas, que abarcan desde distintas ópticas el mismo problema. Tras la fase intuitiva de diseño, centramos los esfuerzos en las metodologías objetivas (Matriz de Pugh) para seleccionar la opción más viable. Una vez decidida esta opción más favorable, se abre un capítulo puramente técnico en que se confirman o desmienten las intuiciones realizadas durante el proceso creativo.

Se aborda la idea inicial desde cuatro ramas diferenciadas de la técnica: estudio de materiales, de resistencia, de costes y logístico. Estos cuatro análisis o estudios trabajan conjuntamente para definir por completo la solución final adoptada y su viabilidad a nivel industrial.

Las conclusiones generales del proyecto indican que el objetivo del proyecto: hacer modulares los separadores; es posible.

Abstract

The general objective of this project focuses on applying modularity to the hydrocarbon separators of the multinational ACO, specifically in its Spanish subsidiary. These warehouses have extraordinary dimensions and volumes that make them a logistical challenge. After suffering these inconveniences for years, the company requests an R&D project from the UPC that will allow the development of a viable solution for these products.

As it is a Research and Development project, much of it is focused on condensing knowledge around materials, logistics, mechanics and other aspects of interest. After generating a sufficiently broad knowledge base on the subject and drawing the relevant conclusions, a creative process is proposed.

This creative process generates different alternatives, which cover the same problem from different perspectives. After the intuitive design phase, we focused our efforts on objective methodologies (Pugh's matrix) to select the most viable option. Once this more favorable option has been decided, a purely technical chapter opens in which the intuitions made during the creative process are confirmed or denied.

The initial idea is approached from four differentiated branches of the technique: study of materials, resistance, costs and logistics. These four analyzes or studies work together to fully define the final solution adopted and its industrial feasibility.

The general conclusions of the project indicate that the objective of the project: to make the dividers modular; it is possible.

1. Introducción

Los separadores de hidrocarburos y grasas, utilizan el principio de decantación para separar dichos líquidos de aguas recolectadas. Para ello, es necesario considerar que el volumen a tratar es grande. Estos productos suelen abarcar volúmenes de entre 3.000 y 75.000 L según las necesidades del proyecto.

Como vemos del párrafo anterior, los volúmenes para contener dichas cantidades de agua y otros líquidos, proponen un reto tanto industrial como logístico. Este último resulta ser el gran afectado por las

dimensiones del producto. Los pesos de los separadores oscilan entre los 200kg hasta los 3000kg de los modelos más grandes. Eso resulta en un transporte muy poco eficiente, ya que gran parte del volumen trasladado consiste en aire.

Partiendo de este inconveniente, ACO Iberia, propone a los autores del proyecto, generar una solución modular que permita rebajar la ratio volumen/peso durante el transporte de los separadores.

Para ello los autores, proponen las siguientes etapas de desarrollo, siempre dentro de una fase mayor como es la de generación de conceptos.

- Fase de Investigación: comprender, estudiar y generar base de conocimiento en la materia.
- Fase de Divergencia: proceso creativo enfocado a generar ideas básicas.
- Fase de Convergencia: aplicar herramientas de diseño que permitan tomar decisiones firmes en el proceso creativo.
- Fase de Desarrollo: definir los aspectos relevantes de la alternativa de diseño más viable. Análisis de su viabilidad y técnica.

2. Fase de investigación

Esta fase, centra sus esfuerzos en analizar el problema y generar una base de conocimiento robusta sobre la que desarrollar el resto del proyecto. Para cumplir con este objetivo, los autores recopilan y analizan distintos documentos proporcionados por la empresa, junto con visitas y trabajo autónomo de recopilación.

Los grandes interrogantes de esta fase son: entender el funcionamiento de estos productos, localizar los inconvenientes más relevantes, entender la trazabilidad de los productos y todas las fases industriales que atraviesan.

2.1. Funcionamiento del producto

Estos productos, como se ha comentado en algún momento, utilizan las densidades de agua e hidrocarburos/grasas, para separar los líquidos. Las restricciones geométricas serán importantes durante el desarrollo debido a eso. Hay que tener en cuenta, que las necesidades del usuario final del producto, producirán modificaciones a la forma, accesorios, traslado, funcionamiento y método de instalación del producto.

El sistema modular que se desarrolla, tendrá que tener la capacidad de adaptarse a estos cambios formales, sin implicar largos procesos de desarrollo. Ese es el actual inconveniente de estos productos, personalizarlos para cada cliente. Por eso, esa necesidad debe cubrirse de forma sencilla o acarreado las mínimas acciones posibles por el equipo de ingenieros de ACO Iberia.

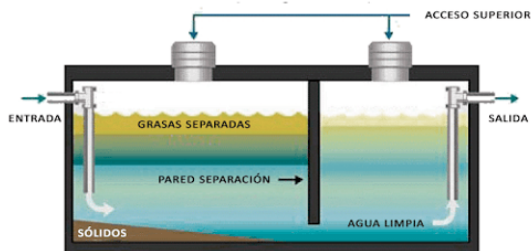


Figura 1. Funcionamiento de un separador de grasas.¹

¹ Esquema de funcionamiento de separadores de grasas. Imagen extraída del blog online separadoresdegrasas.com. En la cámara de decantación inicial el líquido reposa hasta separarse en fases (grasas, agua y lodos), después y por igualdad de presiones, el agua limpia es extraída bajo el nivel superficial. La figura propone un sistema simplificado del funcionamiento de un separador.



Figura 2. Trazabilidad de un separador actual.

2.2. Trazabilidad del producto

Por otro lado, encontramos la trazabilidad del producto. Esta no resulta cómoda desde una óptica logística, ya que el punto de fabricación, ensamblado e instalación se encuentran en distintos puntos de Europa y América Latina. Estos traslados en distintas etapas de fabricación, producen impacto directo en los costes de producción del producto. Reduciendo el margen de beneficio y aumentando el coste para el cliente.

Conocer las etapas que atraviesa el producto tanto a nivel industrial como a nivel de transporte, además de generar una imagen clara al diseñador, también genera restricciones de diseño a tener en cuenta durante próximas fases del desarrollo de la solución.

Un buen ejemplo de lo comentado son los sistemas de transporte rodado y marítimo. Actualmente, la empresa centra sus esfuerzos en transportar sus productos a través de estos canales, delante de alternativas como el transporte aéreo o la fabricación *in situ*.

Esto último da pie al siguiente punto del documento, que restricciones genera el cliente tanto por sus preferencias como por el modelo de negocio que prefiere.

2.3. Necesidades del cliente

Además de conocer en profundidad el proyecto, también resulta relevante, dedicar esfuerzos a conocer las necesidades que el cliente considera tiene. Con respecto al proyecto, las más relevantes giran alrededor de la logística y del proceso de fabricación de los separadores.

Centrándonos primero en el proceso de producción, los separadores de grandes dimensiones, están fabricados en PRFV², debido a las características físicas y químicas que este material proporciona. El sistema de producción utilizado es el winding (Devanado) o infusión en matriz al aire, según las características de la pieza en cuestión. Estos sistemas, no pueden ser alterados ni sustituidos por voluntad de ACO.

Por lo que respecta a la logística, la voluntad del cliente es de estandarizar el sistema de producción a sistemas de transporte Eurocontainer y palet ISO. Esto además de acarrear normativas internacionales de transporte, conlleva restricciones geométricas para que los módulos puedan introducirse de forma reticulada dentro de los contenedores.

Detectados y estudiados las dificultades principales de estos productos, conociendo la opinión de la empresa y habiendo generado una imagen general de la situación actual, llega el momento de utilizar las herramientas creativas. De esa necesidad de canalizar la intuición hacia ideas con propuesta de valor y trazabilidad, encontramos la siguiente fase del proceso: fase de divergencia.

² PRFV (Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio) o GRP (Glass-Reinforced Polymer). Estos dos términos se utilizan indistintamente durante el documento.

3. Fase de divergencia

La fase de divergencia se basa en generar un abanico de posibles diseños e ideas iniciales de forma subjetiva. Estas ideas nacen del conocimiento adquirido durante la anterior fase, pero también de las experiencias personales e intuiciones del diseñador. De entre todas estas posibles alternativas de diseño destacamos dos: uniones externas y soldadura de lonas armadas de PVC.

3.1. Uniones externas

Esta solución básica, se centra en el principio utilizado para ensamblar los motores de explosión y depósitos presurizados. Estos referentes, tienen geometrías esféricas y tubulares en muchas ocasiones, por lo que suponen un ejemplo de unión mecánica semejante.

En estos productos, las uniones temporales roscadas mediante tornillo y tuerca, se colocan en perfiles planes externos a la geometría principal del producto. La facilidad de uso para los montadores es notable, junto con una buena facilidad de transporte, ya que al generar piezas simétricas estas encajan entre ellas.

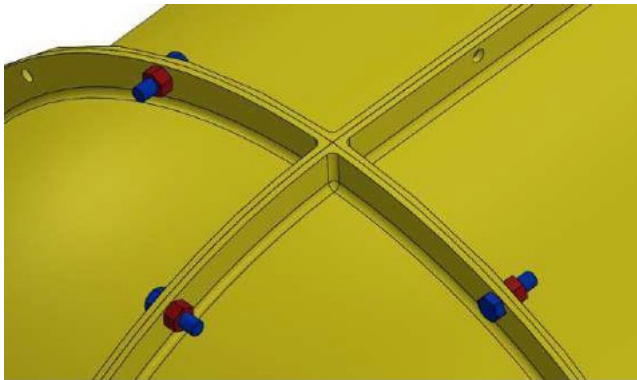


Figura 3. Detalle del sistema de unión externo.

Este sistema implica modificar el sistema de producción: abandonar completamente el devanado, para centrarse de lleno en la infusión. Por tanto, esta se ajusta a las necesidades del cliente, pero deja ligeramente de lado al fabricante actual de piezas cilíndricas.

Por otro lado, y antes de realizar los estudios pertinentes, su funcionamiento tiene buenas garantías de uso ya que es un principio utilizado en sectores muy cercanos al del producto de estudio.

3.2. Soldadura de lonas armadas de PVC

Esta solución se extrae de la industria de reparaciones de piscinas y revestimientos de edificios. La técnica de soldadura por aire caliente utilizada, junto con la posibilidad de patronear estas lonas según las necesidades del producto, generan una versatilidad interesante.

El principio se basa en revestir las zonas de unión entre piezas de PRFV, para actuar a modo de torniquetes; manteniendo las piezas en posición mientras garantizan una correcta estanqueidad.



Figura 4. Procedimiento manual de soldadura de lona PVC. Fuente: Manual de instaladores Renolit S.A.

Esta idea supone la más innovadora de entre las generadas en esta fase. Actualmente, el sector de las canalizaciones y separados de aguas no utiliza nada cercano a esta técnica. En cambio, la industria de las piscinas y la obra civil, ha perfeccionado estas lonas armadas hasta el punto de

sustituir casi de forma definitiva, las tradicionales telas y mayas asfálticas. Por tanto, aunque todavía no objetivada, esta alternativa de diseña ya presenta un destacable recorrido en industrias enfocadas al almacenado y control de aguas.

Llegados a este punto, en que encontramos distintos caminos, con viabilidad a priori, debemos entrar en la siguiente fase del I+D+I de este proyecto. En esta deberemos generar un sistema objetivo, que nos permita escoger una de estas alternativas de diseño pero dejando atrás la intuición.

4. Fase de convergencia

La fase en la que entramos ahora, tiene como objetivo, la de ser capaces de escoger la solución más viable, desde un punto de vista objetivo aunque todavía no técnico. Adentrarnos en estos momentos a analizar la viabilidad técnica de cada una de las alternativas, significa multiplicar el trabajo de los ingenieros en repetidas ocasiones. Por eso, nos decidimos por utilizar la Matriz de Decisión de Stuart Pugh como sistema inicial de jerarquización de ideas.

4.1. Matriz de decisión de Stuart Pugh

Esta herramienta de diseño fue desarrollada por el ingeniero de diseño inglés Stuart Pugh, dentro de su metodología El Diseño Total (1981), permite analizar de forma cruzada las necesidades del encargo junto con las alternativas de diseño.

Sin entrar en demasiados detalles de esta herramienta, las necesidades son listadas en columna y ponderadas según su relevancia. Por el contrario, las alternativas de diseño conforman las columnas de la matriz, junto con el sistema o producto actual que sirve como estándar de mejora o detrimento de funciones.

En el caso concreto de estudio, la idea con un mayor ajuste a las necesidades estudiadas durante la Fase 1 de este documento, fue la

soldadura de lonas armadas de PVC. Esta además de cumplir con la mayoría de restricciones de diseño y necesidades del cliente, aportaba un carácter innovador, lo que desde la óptica empresarial de proyecto resultaba un añadido a destacar.

Aun y con los resultados de la Matriz de decisión, los autores del proyecto consideramos necesario otra rápida fase de investigación, pero centrado en los elementos y técnicas que formaban parte de la alternativa seleccionada.

4.2. Investigación de la solución adoptada

Para llevar a cabo esta investigación convergente, centramos nuestros esfuerzos en conocer de primera mano el comportamiento de las lonas armadas de PVC. Por eso, nos pusimos en contacto con las empresas Renolit S.A. i Fluidra S.A., que nos proporcionaron muestras de sus productos.

Además de estudiar sus características, en busca de los espesores y composiciones más adecuadas, se realizaron distintas entrevistas con responsables de dichas empresas. Esa información de expertos en el sector, nos ofrece una visión realista del comportamiento del material, junto con la experiencia propia de la industria que se dedica a su fabricación e instalación.

Tras recabar toda la información posible durante esta fase del proyecto, nos adentramos en la siguiente etapa del proyecto: la fase de desarrollo. Aunque las tecnologías están en el mercado y se utilizan con frecuencia, ahora el trabajo consiste en modificarlas para que se ajusten a las geometrías y características de los separadores de hidrocarburos y grasas.

5. Fase de desarrollo

El desarrollo del producto, debe enfocarse desde perspectivas muy diversas ya que las características de los separadores, nos hacen

enfrentarnos a distintas restricciones. Los estudios que se realizan en esta fase, tienen como objetivo resolver esas dudas y arrojar luz sobre como modular el producto para que se ajuste a las solicitudes. Los estudios realizados son: estudio de materiales, estudio de resistencias, estudio logístico y estudio medioambiental.

Los estudios se realizan de forma paralela, ya que entre ellos se producen restricciones recíprocamente. Finalmente, recae en los ingenieros, encontrar aquellas posibilidades de diseño en que todas las conclusiones de los estudios se cumplan favorablemente.

5.1. Estudio de materiales

Este estudio se centró, en entender las lonas armadas, GRP, elementos mecánicos y adhesivos, desde un prisma de propiedades básicas del material. El estudio de resistencias generaría unas restricciones que debían cumplirse por todos los elementos que conforman el diseño final.

Para ello y mediante el software CESEdupack se extrajeron los resúmenes de propiedades de los materiales aplicados en las juntas diseñadas.

5.2. Estudio de resistencias

Los separadores, están sometidos a esfuerzos derivados del líquido que contienen, la interacción mecánica entre piezas, las presiones repartidas del suelo, la corrosión, el desgaste, entre muchas otras. Estas se estudian a nivel teórico, debido a la imposibilidad que la pandemia generó de realizar estudios prácticos con el producto real. De todos modos, los análisis exhaustivos mediante estudios teóricos y de elementos finitos, permiten generar una imagen realista del seguido de esfuerzos que tanto separados como junto deberán resistir.

5.3. Estudio de transporte

Este estudio, junto con el de resistencias, resulta el más restrictivo con respecto al diseño final. En este caso se estudian las actuales etapas de transporte del producto, poniendo especial atención en los sistemas de transporte, embalaje y manipulación del producto. A modo de resumen, en la siguiente Figura, podemos ver el sistema actual de transporte del producto.



Figura 5. Sistema de transporte y manipulación.

Establecidas las bases del transporte actual, podemos generar una propuesta de logística que mejore la anterior. Esta se comentará en profundidad durante el punto 5 del documento.

5.4. Estudio medioambiental

Aunque la empresa no pone especial esfuerzo en materia ecológica y de emisiones, consideramos que es algo a tener en cuenta y si es posible mejorarlo. Para ello se simula un transporte de un separador desde su fabricación en República Checa hasta su instalación en México. Este

transporte se corresponde con el radio de acción máximo de ACO Iberia hasta la fecha.

Los datos resultantes manifiestan que los transportes rodados en camión, resultan ser los más contaminantes en proporción. Como hemos comentado, estos datos no forman parte de los requerimientos del proyecto, pero se tienen en cuenta a modo de propuesta de valor adicional.

6. Diseño final

Finalmente, llega el momento de cruzar toda la información recabada durante las anteriores fases, para condensarlas en forma de propuesta de diseño final.

6.1. Principios básicos del diseño

El sistema diseñado, consiste en juntas a modo de kit, que permiten unir secciones cilíndricas y finales de depósito en el lugar de instalación del separador. Para cumplir con las necesidades de transporte del producto, se adopta una solución que permite transportar los módulos del producto por separado y montarlos con herramientas básicas en pocos minutos.

En la siguiente Figura, podemos ver el producto ensamblado y listo para su instalación bajo tierra.

La junta está formada por una lona armada inyectada con espuma de poliuretano o líquido tubeless³, dos aros de acero a modo de punto de apoyo y 80 remaches ciegos. La elección de materiales, geometrías y distribución de estas cumplen satisfactoriamente con los ensayos de elementos finitos realizados durante la fase de desarrollo del proyecto.

³ Líquido tubeless utilizado en neumáticos. Este líquido tiene la capacidad de coagular al entrar en contacto con aire. Al tratarse de un líquido es difícilmente comprimible y su propiedad coagulante garantiza la estanqueidad del sistema ante pinchazos o grietas.

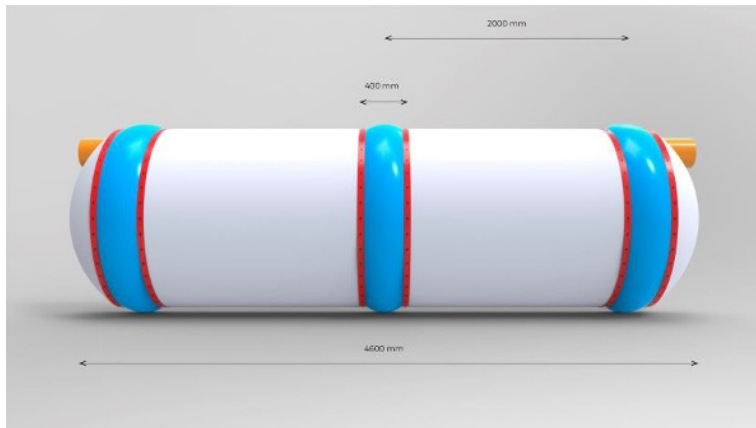


Figura 6. Aspecto exterior del separador modular.

En la siguiente Figura podemos ver en corte transversal, el interior de la junta, y sus componentes en posición.

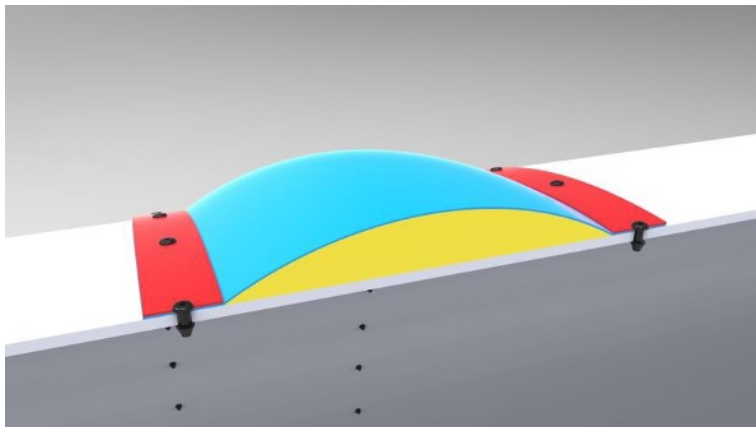


Figura 7. Corte transversal de la junta.

6.2. Propuesta de transporte

Los componentes de pequeñas dimensiones o semirígidos permiten optimizar la proporción peso/volumen del producto. Al transportarlo en Eurocontendor el apilado y optimización del espacio pueden mejorar sustancialmente. La propuesta de transporte es la siguiente:

01. Recibir las piezas primarias desde República Checa en Maçanet de la Selva
02. Mecanizar las piezas de PRFV según las necesidades del producto
03. Crear el kit de piezas y llenar el contenedor con Palet ISO
04. Recepción en lugar de instalación y montaje del depósito
05. Inyectado de las juntas para enclavar la estructura
06. Colocación en lugar de uso mediante grúa

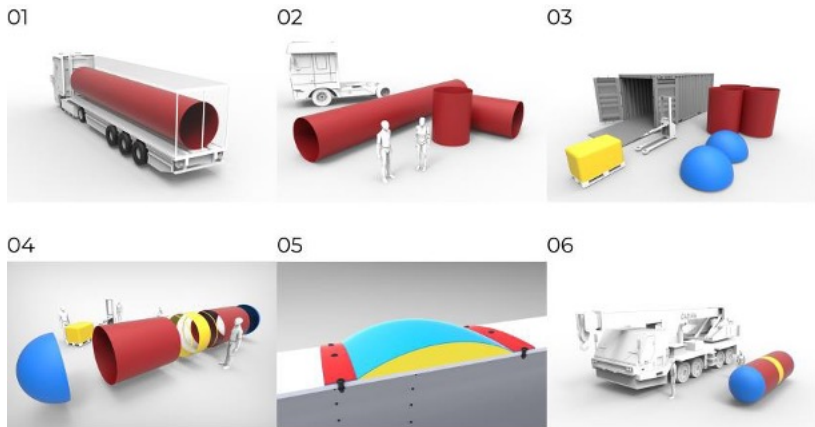


Figura 8. Propuesta de transporte.

7. Conclusiones

La gran conclusión de este proyecto es la siguiente: es posible y afirmamos con total convicción, aplicar modularidad los depósitos de ACO Iberia para abaratar sus costes de transporte. Existen los materiales, técnicas y recursos geométricos necesarios para llevar estos productos al siguiente nivel de diseño. Hasta este momento aunque funcionales estos depósitos no resultaban rentables para ningún agente de la cadena de valor.

Nuestra solución aunque conceptual por ahora, parece tener una más que prometedora perspectiva de futuro. Los materiales, el medio ambiente, la resistencia y el diseño general, han arrojado resultados satisfactorios, lo que parece indicar que todo podría llevarse a cabo en un contexto real.

Como es evidente, muchos aspectos más específicos de este proyecto, como cimentación, accesorios o embalaje no se han estudiado en este proyecto. Pero también es motivante el hecho de encontrar que tras este capítulo se abren otros tan o más interesantes.

Por último, también concluimos que sin un claro apoyo al I+D+I y la percepción de que esto no es un gasto sino una inversión, estos proyectos no quedan más que en interesantes propuestas sin una trazabilidad que puede llevarlos al mercado. Consideramos relevante denunciar la actual inversión en I+D+I.

Referencias

- ACO IBERIA (2019). *Catálogo Iberia*, 19, 337-426.
- ACO DEUTSCHLAND (2020). *Methodology for the development of new products*. 1- 7.
- RENOLIT (2018). *Manual de instalación lonas armadas PVC*.