

APLICACIÓN DE MODULARIZACIÓN EN PROYECTOS DE REFINERÍA

Hernán López, Julio Avilés y Lucas Reboredo

TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería

Encarnación Ezcurra 365 – C1107CLA Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

E-mail: hlopez@tecna.com

Sinopsis

El concepto de modularización es ampliamente utilizado en el sector Upstream de la industria del gas y el petróleo. Sin embargo, su aplicación en Downstream no es tan habitual. La mayor complejidad y tamaño de las plantas de Refinación propone un desafío a esta técnica de desarrollo de proyectos.

Los importantes beneficios derivados (reducción de costos y tiempos de obra, aumento de la productividad y seguridad laboral, reducción de los riesgos del proyecto, etc.) hace que permanentemente se amplíe su adopción en proyectos de muy diversos tamaños, planteando a la ingeniería particulares desafíos. El presente trabajo desarrolla los aspectos de esta estrategia y su impacto en el avance de los proyectos, en particular los de la industria del Downstream.

Palabras clave: Modularización, Proyectos, Construcción.

1. Introducción

La industria del Gas y el Petróleo demanda a las empresas de ingeniería y construcción una permanente optimización en los tiempos de ejecución de proyectos, buscando, al mismo tiempo, acotar los costos.

El sobrecosto y retrasos en el que incurren en ocasiones los proyectos pueden rápidamente escalar, colocando a las contratistas y sus clientes en complejas situaciones técnicas y/o económicas. Asimismo, la mejora en el flujo de caja por anticipar los retornos de las inversiones, impulsa la exigencia de reducir los tiempos desde la concepción de una planta de procesos hasta su puesta en marcha.

De las experiencias de la industria ha surgido con fuerza la modularización como una técnica para completar los proyectos en tiempo y costos, reduciendo asimismo los riesgos asociados. Desde su origen, se ha innovado creativamente y sin pausa, expandido los límites y aplicaciones de la técnica, logrando su aplicabilidad en proyectos cada vez más complejos y desafiantes.

Es importante distinguir entre dos conceptos a veces utilizados en conjunto: la modularización y la estandarización. Estos conceptos utilizados en conjunto se potencian mutuamente, ya que la modularización optimiza la etapa de montaje y construcción de las plantas y la estandarización reduce los tiempos y costos de la ingeniería asociada. Sin embargo, un proyecto con requerimientos específicos, para el que no es posible aplicar la estandarización, o sólo parcialmente, captura importantes beneficios con la modularización, y en estos se centra el presente trabajo.

2. Definición de modularización

Es la técnica que permite realizar fuera del sitio de implantación, en un taller especializado, el montaje de equipos, cañerías, instrumentos, etc., en estructuras metálicas, de forma tal que puedan ser transportadas como un conjunto, con una entidad física definida, a la obra.

Los módulos resultantes pueden tener distinto grado de complejidad y tamaño, siendo estas características definidas dentro de la estrategia de ejecución de los proyectos.

3. Beneficios

La adopción de la estrategia de modularización transfiere horas-hombre de trabajo desde la obra hacia el taller, donde estas horas son más económicas y productivas. La opción de esta filosofía de desarrollo del proyecto se sustenta en sus importantes beneficios, entre los que se destacan como más importantes:

- Permite desplegar varios frentes de fabricación: la demanda de reducir los tiempos de ejecución de los proyectos lleva a la maximización de la eficiencia de las tareas involucradas, con un lógico límite. Para continuar la reducción de tiempos, surge la necesidad de ejecutar tareas en paralelo.

En un mismo taller, o en varios, dependiendo de la capacidad y logística, los distintos módulos pueden comenzar su montaje en el mismo instante.

Asimismo, en el sitio de implantación, se podrán comenzar las obras de bases y fundaciones civiles para luego construir y/o montar en sitio equipos o cañerías que no resultan modularizables (por ej. tanques de almacenamiento, columnas de destilación, etc.).

- Menor extensión de la obra civil y/o de estructuras en sitio: las estructuras metálicas que forman parte de los módulos, y que reciben las cargas por peso, sismo, etc. de los equipos y líneas contenidos en él, reducen la necesidad de que las mismas sean realizadas en obra, con menores productividades.
- Menor costo de mano de obra: la movilización de trabajadores al sitio de obra implica costos asociados. Estos pueden ser, por ejemplo, los que surgen de la instalación de obradores y otros edificios con diversos fines, dormitorios (en caso de tratarse de lugares remotos y alejados de poblaciones), movilización a/desde el sitio, gastos por expatriación y/o relocalización, etc.

Al reducir la cantidad de trabajadores en sitio, estos costos serán reducidos sensiblemente, trasladándose estas estructuras de apoyo a los trabajadores a los talleres, que constituyen sus lugares habituales de labores y que cuentan con una infraestructura ya desarrollada.

- Mayor productividad: relacionado con lo expresado en el ítem anterior, el trabajador desarrollando sus tareas en el ámbito de un taller mejora sensiblemente su productividad debido principalmente a:
 - Condiciones controladas: climáticas, de control de calidad, de supervisión, de acceso a herramientas y sitios, etc., lo que lleva a menores conflictos en la programación de tareas.
 - Incremento en las posibilidades de implementar más de un turno diario de fabricación.
- Mejora en la calidad: debido a la utilización de procedimientos de aseguramiento de la calidad establecidos y bien conocidos.

- Mejor control de materias primas: la reducción de la necesidad de almacenamiento en obra y las menores pérdidas por extravíos y errores en su utilización, llevan a una clara mejora en los costos del proyecto.
- Reducción en el impacto ambiental: un ambiente controlado más efectivamente lleva a la reducción de desechos materiales, de contaminantes del aire y del agua y de emisión de ruidos. Asimismo, se da una mejora en el rendimiento energético global, a pesar de que pueden existir mayores costos de fletes.
- Menor carga de trabajo para el cliente: al reducirse la cantidad de trabajadores en el sitio, proporcionalmente disminuye la cantidad de tareas administrativas (por ej., gestión de permisos de trabajo y protección patrimonial) que los clientes deben realizar, especialmente si el lugar de implantación es una instalación que se mantiene en producción durante el montaje.
- Mayor seguridad laboral: a través de menor exposición a las condiciones climáticas adversas, ambientes peligrosos, condiciones de trabajo más cómodas y ergonómicas, mejor iluminación y ventilación, etc.

4. Desventajas

Esta sección indaga sobre las principales desventajas que han sido identificadas:

- Material adicional: desde que un módulo constituye un elemento que debe ser transportado como una unidad e interconectado con otros, se requerirá una cantidad extra de materiales. Estos pueden ser perfiles estructurales adicionales o más costosos, mayor cantidad de material de fijación utilizados durante el transporte de los módulos, bridas de límite del módulo, etc. Estos materiales llevan asociado un esfuerzo laboral adicional.
- Mayores esfuerzos de planificación: la modularización exigirá una sucesión de trabajos definida con un mayor grado de detalle frente a la construcción tradicional. Posiblemente la fase de planificación del proyecto resulte más extensa en la construcción modular.
- Mayores esfuerzos en procura de suministros y logística: como se mencionó anteriormente, la modularización traslada tareas desde la obra a talleres. Estas tareas realizadas fuera de sitio, implican que una mayor cantidad de proveedores (por ej., talleres) deban ser gestionados, e incluso desarrollados, por la empresa constructora. Asimismo, si la constructora realiza una compra centralizada de suministros, es decir, no quedando a cargo de los talleres, los mismos deberán ser distribuidos a distintos centros productivos en diferentes localizaciones geográficas, mientras que en la construcción tradicional, el destino de los mismos es solamente uno.

- Requerimiento de una coordinación más efectiva: especialmente en la coordinación con el cliente, esta necesidad se ve incrementada. En la construcción tradicional, la inspección y visualización de todos los trabajos en desarrollo se encuentran acotados al sitio de implantación. En cambio, en la construcción modular, los módulos son fabricados seguramente en distintas locaciones y países, complicando este proceso.

5. Exigencias a la ingeniería

Es fundamental que los proyectos adopten y definan tempranamente, al inicio del desarrollo de la ingeniería de detalle, si la construcción se realizará utilizando la estrategia de modularización, para evitar retrabajos e ineficiencias.

El equipo de ingeniería debe tener presente en sus desarrollos las dimensiones máximas de módulos, definida por estudios de accesibilidad al sitio de implantación y decisiones económicas. Por ejemplo, módulos de gran tamaño que no son transportables en camiones, balancean los mayores costos asociados a la contratación de servicios logísticos especiales con ahorros en materiales. Para la determinación de las dimensiones máximas influyen, también, la disponibilidad de grúas y/o carretones para montaje.

Las distintas especialidades deben adaptarse a esta modalidad de trabajo, con especial interacción con la especialidad de Cañerías, que marca las restricciones físicas existentes que llevan a la búsqueda de soluciones adecuadas. Por ejemplo: puede aparecer la oportunidad en que Instrumentación seleccione para mediciones de flujo otros elementos distintos a placas orificios, que requieren importantes tramos rectos, no siempre posibles de desarrollar en una estrategia modular.

Los proyectos deben asumir mayores costos de ingeniería por modularizar las unidades a construir. Este costo es, sin embargo, retribuido por los ahorros en construcción, de acuerdo a lo desarrollado durante el presente trabajo.

Es interesante estudiar la posibilidad de pre-ensamblar módulos en un espacio cercano y más fácilmente accesible al sitio de implantación. Esto permite obtener módulos de mayor tamaño, no transportables fuera del sitio pero sí dentro de él, aumentando los frentes de trabajo en sitio y la productividad del proyecto.

Un énfasis especial debe ser puesto en que las unidades modularizadas mantengan similares o mejores condiciones que plantas construidas tradicionalmente, respecto a la seguridad, mantenimiento y facilidad de acceso para operación habitual. Estos temas constituyen, habitualmente, las principales objeciones de clientes frente a sus contratistas respecto a la

modularización. La ingeniería del contratista debe mostrar al cliente dichas facilidades a través de, por ejemplo, revisiones conjuntas de maquetas 3D, en distintos grados de avance.

6. Exigencias a la gestión de proyectos

La gerencia de proyectos tiene desafíos específicos al desarrollar un proyecto modularizado. Un aspecto que asoma inicialmente es la resistencia cultural de los clientes a esta estrategia constructiva, especialmente en el ámbito de la Refinación. Durante muchos años se ha asociado a unidades instaladas en áreas reducidas, diseñadas con poco énfasis en aspectos claves como contar con accesos adecuados y seguros a la planta para los operadores. Como se ha mencionado anteriormente, diferentes instancias de revisión de maquetas virtuales donde intervengan fundamentalmente los encargados futuros de la operación de unidad, son útiles para despejar las dudas en este aspecto.

Deberá existir claridad en la gerencia para decidir, atendiendo bajo una mirada amplia y objetiva diversos aspectos de ingeniería, suministros, financieros, logísticos, etc., cuándo un área o sistema de la unidad resulta conveniente que sea modularizado y cuándo no.

El grupo de manejo del proyecto debe ser especialmente consciente de las capacidades y limitaciones de los talleres proveedores de módulos, entre otros elementos, para evitar retrasos en la ejecución. Despendiendo de la localización y envergadura del proyecto, es posible que la empresa constructora deba desarrollar proveedores locales, quizás con escasa experiencia en fabricación de módulos, resultando ventajoso para ambas partes.

7. Exigencias a la fabricación

Como se mencionó anteriormente, el contar con frentes de fabricación en distintas locaciones lleva a una dispersión del esfuerzo, que debe ser atendida correspondientemente. Asimismo, los encargados de Calidad deberán estudiar, aprobar y verificar el cumplimiento de diversos Planes de Calidad presentados por diferentes talleres.

Los supervisores de fabricación deben exigir a los constructores de los módulos una exacta planificación de los Puntos de espera (“Hold points”), que refiere a instancias en las que se debe detener la construcción hasta no tener la aprobación de la supervisión de la constructora y/o cliente final, siendo de suma utilidad para detectar observaciones en el momento adecuado, minimizando re-trabajos futuros. Sin embargo, debido a la naturaleza de los mismos, son una posible fuente de retrasos si la coordinación entre taller-constructora-cliente falla.

8. Casos de proyectos modularizados

En esta sección se muestran dos casos muy diferentes, ambos llevados a cabo por TECNA mediante la modularización de equipos y sistemas.

Planta de tratamiento de gas Sábalo

La Planta de Tratamiento de Gas Sábalo está ubicada en la región del Chaco en la selva boliviana y tiene una capacidad de 13.4 MMSCMD de gas en especificación, lo que la convierte en la planta de mayor capacidad en Bolivia y una de las de mayor capacidad en Sudamérica.



Fig. 1. Planta Sábalo.

Planta de producción de Bio-oil

Esta unidad tiene la capacidad para producir 200 Toneladas diarias de bio-oil a partir del aserrín y otros residuos de madera, a partir de un proceso denominado pirolización rápida. Se encuentra ubicada en la ciudad de Guelph, provincia de Ontario, Canadá.



Fig. 2. Planta de bio-oil de Guelph

Tabla 1. Comparación entre ambas plantas

Característica	Sábalo	Guelph
Capacidad	Gran tamaño	Pequeña
Mercado	Gas y petróleo	Biocombustibles
Ubicación	Remota	En ciudad
Clima	Cálido y húmedo	Frío
Localización geopolítica	País en vías de desarrollo (Bolivia)	País desarrollado (Canadá)
Criterio general de diseño	Diseño plano	Diseño en elevación
CAPEX	200 MMUSD	20 MMUSD
Área de implantación	20 Ha	1 Ha
Cantidad de módulos	200	20

Las características principales de ambas plantas, resumidas en la Tabla 1, muestran comparativamente la aplicabilidad de la modularización en proyectos de diferentes envergaduras y situaciones de desarrollo de los proyectos.

Módulos de gran tamaño

Las innovaciones en logística y transporte de materiales permiten desafiar las limitaciones físicas para el transporte de módulos. A continuación, en la Figura 3, se muestra un módulo de grandes dimensiones que está siendo transportado desde el Puerto La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina, hacia el Complejo Industrial Ensenada, de YPF, localizado cercano al puerto mencionado.



Fig. 3. Módulos de la unidad CCR (Continuous Catalytic Reformer) – Gentileza Odebrecht

En estos casos, es habitual que surja de los estudios detallados de transporte que este tipo de logística requiere la necesidad de modificación y posterior reparación de espacios urbanos públicos, como plazas y rotondas, para permitir los ángulos de giro necesarios. La Figura 4 a continuación muestra el momento del izaje de uno de los módulos para su posterior vinculación con otro. Esta planta en particular es un ejemplo de cómo se aplicó la técnica de modularización en el Regenerador de la unidad de CCR (que es el que se ve en las fotografías), obra llevada a cabo por Odebrecht Argentina para YPF, mientras que para la mayoría de la planta se utilizó una construcción tradicional.



Fig. 4. Módulo de la unidad CCR siendo izado para su montaje – Gentileza Odebrecht

9. Comparativa de costos de la construcción tradicional vs. modular

De lo expuesto en el presente trabajo surgen beneficios y desventajas de la construcción modular de proyectos de gas y petróleo, cuyas resultantes se pueden apreciar en la Tabla 2 a continuación, elaborada a partir de datos recolectados en TECNA.

Tabla 2. Costos relativos entre ambas estrategias de construcción

	Modular	Convencional
Costos directos	55.40	72.02
Costos indirectos	5.54	7.20
Costos de hospedaje	-	16.62
Costos de traslados	-	4.16
SUBTOTAL	60.94	100.00
Factor por clima	1.00	0.86
Factor por productividad	1.00	0.85
Factor por imponderables	0.99	0.97
TOTAL	61.4	141.0
		+129.6%

10. Conclusiones

A lo largo del trabajo se han identificados ventajas y desventajas de la modularización y los desafíos que presenta a las empresas de ingeniería y construcción a cargo de los proyectos.

La transferencia de trabajos desde el sitio hacia el taller conlleva desafíos, pero permite obtener beneficios para prácticamente todos los tamaños de unidades, en muy diferentes locaciones e industrias. Estos beneficios se potencian especialmente para ciertos contextos:

- Localización remota y sin infraestructura.
- Malas condiciones climáticas.
- Condiciones laborales deficientes y/o altos costos de mano de obra en sitio.
- Baja disponibilidad de mano de obra calificada en sitio.
- Sitios con alta conflictividad laboral y/o social.
- Unidades de proceso estandarizadas, con uno o más trenes de procesamiento.
- Proyectos que vayan a ser ejecutados por empresas de ingeniería y construcción con experiencia en esta estrategia.

Emergen también ciertos aspectos a desarrollar que colaborarán con la modularización a futuro, entre los que podemos citar:

- Sistematización que permita desarrollar algoritmos que tengan en cuenta los muy diversos aspectos técnicos/económicos que intervienen en la identificación de la

conveniencia de modularizar un proyecto, así como el alcance óptimo de la modularización.

- Desarrollo en los elementos de transporte de cargas terrestres extra-pesadas y/o sobredimensionadas, de forma de lograr más ágiles movimientos de módulos desde los talleres hasta el sitio de implantación, así como en las grúas para el montaje.

11. Referencias

- De La Torre, Mayra L., "*A review and analysis of modular construction practices*" (1994).Theses and Dissertations. Paper 275, Lehigh University.
- P. H. Jameson, CB&I, Tyler, Texas, "*Is modularization right for your project?*" (Diciembre de 2007), Hydrocarbon Processing.

12. CVs de los autores

- Hernán López, Ingeniero de Procesos en TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería desde 2005.
- Julio Avilés, Gerente de Ingeniería de Valor en TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería, con 34 años de experiencia en la industria.
- Lucas Reboredo, Jefe de Procesos en TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería desde Enero 2014. Ingeniero de Procesos desde 2003.