

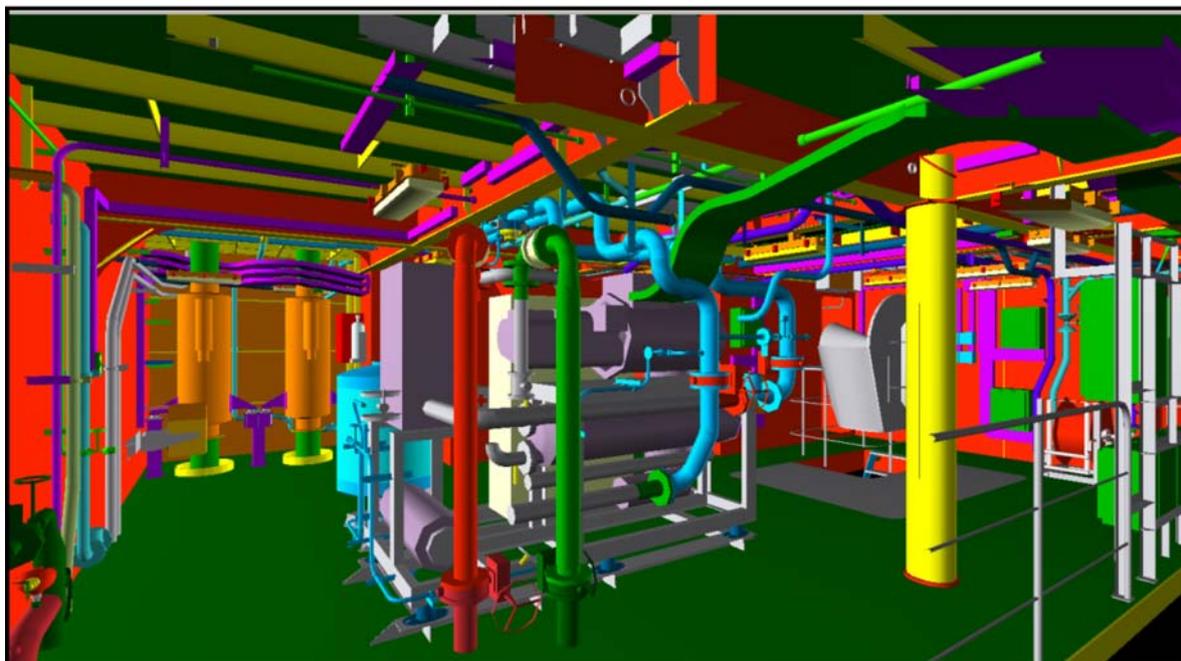


UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA NAVAL Y OCEÁNICA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

TESIS DOCTORAL

“EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO,
FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN
CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCIÓN DE UN
PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE
DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES
MILITARES Y A BUQUES CIVILES”



AUTOR: DIEGO GONZALEZ MARTINEZ
DIRECTOR: JOSE ANGEL FRAGUELA FORMOSO
AÑO: 2013



UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA NAVAL Y OCEÁNICA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

TESIS DOCTORAL

**“EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO,
FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TUBERIA EN
CONSTRUCCIÓN NAVAL: OBTENCIÓN DE UN
PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE
DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES
MILITARES Y A BUQUES CIVILES”**

AUTOR: DIEGO GONZALEZ MARTINEZ
DIRECTOR: JOSÉ ÁNGEL FRAGUELA FORMOSO
AÑO: 2013

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de Tesis, el Doctor Ingeniero Naval José Ángel Fraguela Formoso, por su incansable estímulo y por lo gran persona que me ha demostrado ser.

A D. Alberto Fernández Lozano gerente de la empresa Diseño Naval e Industrial S.L. por confiar en mi para su empresa en la que he aprendido muchas de las cosas que hoy se.

A D. Angel Agustín García Carro y a D. Agustín Cagigao Porto por su paciencia a la hora revivir los modos de trabajar en los de departamentos de tuberías de oficina técnica de tiempos pasados, así como por su empeño en mostrarme los actuales.

Y ya por último, agradecer a todos aquellos que de algún modo u otro han hecho posible la realización de esta Tesis.



INDICE GENERAL

CAPITULO 1. RESUMEN	4
CAPITULO 2. INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO 3. OBJETIVOS.....	14
CAPITULO 4. ESTADO DEL ARTE	15
4.1. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE DISEÑO DE TUBERÍA Y DE LOS MÉTODOS Y ESTRATEGIAS APLICADAS EN CONSTRUCCIÓN DE BUQUES... 17	
4.1.1. Representación diédrica de los años 60.	17
4.1.2. Representación isométrica de principio de los años 70.....	17
4.1.3. Cálculo por ordenador (deformación del dibujo) de mediados de los años 70.....	19
4.1.4. Conexión entre ingeniería de diseño de tubería y fabricación de tubería de mediados de los años 70.	19
4.1.5. Maquetas de mediados y finales de los años 70.....	20
4.1.6. Sistema pelmatic de principio de los años 80.	21
4.1.7. Sistemas cad/cam de las décadas de los 80-90.....	21
4.1.8. Sistemas de interferencias de las décadas 80-90.	23
4.1.9. Etapas de construcción y productos intermedios de los años 90.....	29
4.1.10. Prefabricación de tubería y módulos de los años 90.....	32
4.1.11. Armamento integrado (años 90 y año 2000 en adelante).	39
4.1.12. Control estadístico de los procesos en la construcción integrada (finales de los años 90 y año 2000 en adelante).	43
4.1.13. Estrategia constructiva (años 90 y año 2000 en adelante).	43
4.1.14. Gestión del ciclo de vida del producto: PLM (product lifecycle management) – el Futuro	54
4.2. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN BUQUES	65
4.2.1. Almacenamiento y suministro de materiales	65
4.2.2. Identificación y corte de tubería.....	68
4.2.3. Curvado de tubos	69
4.2.4. Verificación o inspección de la tubería.....	71
4.2.5. Supresión de defectos	73



4.2.6. Limpieza de tubería.....	73
4.2.7. Unión de tubos e incorporación de accesorios e injertos.	75
4.3. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE MONTAJE DE TUBERÍA EN BUQUES	89
4.3.1. Mejora de los trabajos de montaje de tubería con la utilización de herramientas CAD/CAM	89
4.3.2. Aparatos a instalar en la fase de montaje de la tubería.....	91
4.3.3. Fases o modos de realizar el montaje de tubería	126
4.3.4. Premisas básicas a tener en cuenta en el montaje de tubería	128
CAPITULO 5. METODOLOGÍA CUALITATIVA	129
5.1. GENERALIDADES SOBRE LA NORMALIZACION Y REGLAMENTACION DE LOS PROCESOS DE DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES.....	129
5.2. NORMATIVALIZACION DIMENSIONAL Y REGLAMENTACION. INFLUENCIA EN LA MEJORA DE LOS PROCESOS DE DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES.....	129
5.3. NORMALIZACION DE MATERIALES. INFLUENCIA EN LA MEJORA DE LOS PROCESOS DE DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES	138
5.3.1. Selección del tipo de material de tubería a emplear en base sus propiedades mecánicas y químicas	138
5.3.2. Requisitos y criterios de uso de materiales de tubería en buques para la obtención de un buen diseño	141
5.3.3. Ventajas del uso de materiales fluoroplásticos en tuberías para solucionar problemas de diseño y operativos	149
5.4. CRITERIOS DE TRAZADO DE SERVICIOS PARA LA MEJORA DEL DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES	150
5.4.1. Consideraciones generales del diseño de tuberías	151
5.4.2. Tubería interna en tanques de doble fondo	151
5.4.3. Tubería del servicio del propio tanque	151
5.4.4. Tubería ajena al servicio del propio tanque	155
5.4.5. Tubería de sondas y aireaciones	157
5.4.6. Tubería en cámara de máquinas	158
5.4.7. Tubería fuera de cámara de máquinas.....	163
5.4.8. Tubería hidráulica.....	164
5.4.9. Mangueras y conexiones flexibles	165
5.4.10. Generalidades	167



5.5. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DEL DISEÑO	172
5.6. MODELIZACIÓN	172
5.6.1 Modelos de tuberías	172
5.6.2. Marcado de elementos del modelo.....	173
5.7. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA: PLANOS	178
CAPITULO 6. METODOLOGÍA CUANTITATIVA	182
6.1. REALIZACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE DISEÑO INTEGRADO DE TUBERÍA EMPLEANDO EL MÉTODO DE “TRAZADO POR UNIDAD CONSTRUCTIVA O PRODUCTO INTERMEDIO”	182
6.2. REALIZACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO INTEGRADO DE CONTROL DE DISEÑO DE TUBERÍA PARA BUQUES (MILITARES Y CIVILES).....	196
6.2.1- Almacenamiento en base de datos de información general del documento (plano).	197
6.2.2.- Estadísticas en BBDD del documento entregable: tiempos, fechas, ratios (h/tubo plano)	198
6.2.3.- Motivos de revisión/corrección de errores del documento entregado..	199
6.2.4.- Avances del trabajo de tubería: avance planificado, avance consumido, avance real (curvas s de proyecto).....	204
6.2.5.- Entregas de documentación: desviaciones en entregas	211
6.2.6.- Seguimiento de trabajo en modelo 3D	212
6.2.7.- Seguimiento de trabajo en modelo 2D	214
6.2.8.- Rendimiento de diseñadores: ratios (h/tubo diseñador)	216
6.2.9.- Operatividad de la base de datos	217
CAPITULO 7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	222
CAPITULO 8. BIBLIOGRAFIA	231
CAPITULO 9. ANEXOS	234
9.1. ANEXO 1	234
9.2. ANEXO 2	246
9.3. ANEXO 3	253



CAPITULO 1. RESUMEN

Debido a los malos tiempos que estamos atravesando, en los que la economía mundial está pasando por un duro momento, y en los que cada vez se hace más complicado el conseguir financiación para la construcción de nuevos buques por su alto coste de financiación, se hace necesario el innovar en la Construcción Naval.

Dentro de los trabajos de diseño y construcción de un buque, el trabajo de tuberías es el que tradicionalmente ha condicionado los plazos de construcción, así como el coste total del buque, por lo que, conseguir mejorar los procesos de diseño, fabricación y montaje de tubería, puede dar lugar a un menor coste total del buque así como una mayor competitividad en plazo con otros astilleros mundiales.

El mercado de la construcción naval sufre una gran competitividad originada en gran parte por la globalización y la explotación de las economías emergentes. Los precios son cada vez más bajos forzando a los astilleros a realizar un gran esfuerzo de diseño y productividad. Es por ello que, en esta Tesis se estudiarán los distintos procesos de diseño, fabricación y montaje de tuberías centrándose sobre todo la atención en el diseño de tuberías por ser la rama en la cual desempeña su cargo el autor de la Tesis. Se estudiará también la reglamentación y normativa a tener en cuenta en el diseño de tubería y los materiales a seleccionar para un buen diseño, además de ahondar en las mejoras de los procesos de diseño y su influencia económica en la construcción global del buque.

Por último, se realizará un procedimiento para la realización del diseño de tubería por unidades constructivas o productos intermedios y se programará una herramienta para control del diseño de tubería para cualquier tipo de Buque (Militar o Civil), con la capacidad de controlar todas las tareas del diseño (en oficina técnica) y así poder corregir posibles desviaciones del mismo que acarreen pérdidas económicas importantes en la fase productiva.

El autor, en su cargo actual de jefe de la sección de servicios (tubería, ventilación, aire acondicionado, instrumentación y transmisiones de válvulas) perteneciente a la Empresa Diseño Naval e Industrial, S.L., y por lo tanto, como coordinador de proyecto de todos los trabajos de diseño de tubería que dicha empresa realiza para distintos Astilleros nacionales y extranjeros en los últimos 5 años (Fragatas de la clase F-100, Buques de Proyección Estratégica BPE para Armada Española, Buques ALHD para armada Australiana, Remolcadores, Buques Supply, etc), y anteriormente en Cartagena como responsable tecnológico de la tubería y coordinador de proyecto de diseño de tubería que dicha empresa realizó para Navantia Cartagena S.A. durante 3 años (Submarinos de la Clase Scorpene), ha tomado parte activa en el desarrollo y en la ejecución de los trabajos de diseño, fabricación y montaje de tubería.



SUMMARY

Because of the hard times we are experiencing, in which the world economy is going through a hard time, and in which it is becoming more difficult to secure financing for the construction of new vessels for its high cost of financing, it is necessary innovate in the Shipbuilding.

Within the work of design and construction of a vessel, pipe work is what has traditionally conditioned construction time and total cost of the ship, so that achieve improved processes Design, Manufacture and Installation of pipe, can lead to a lower total cost of the ship and more competitive with others shipyards world.

The shipbuilding market suffers great competitiveness caused largely by globalization and the exploitation of the emerging economies. Prices are getting lower forcing a major effort to design and productivity by shipyard.

That is why, in this thesis will explore the different processes of Design, Manufacture and Installation of pipes and mostly focusing attention on the design to be the branch that holds office the author of the thesis. It will also explore the regulations and standards to be considered in the design of pipe and materials to select for good design, in addition to further improvements in design processes and economic influence in the overall construction of the ship.

Finally a process for the realization of pipe design by construction units or intermediate products will be made and a tool for pipe design control will be programmed for any type of vessel (Military or Civil), with the capacity to control all design tasks (in Technical office) so you can correct any deviations which carry significant productive economic losses.

The author, in his current position as Chief of the Services (Piping, Ventilation, Air Conditioning, Instrumentation and Operating Gear Miscellaneous Valves) belonging to the Naval Design and Industrial Company Ltd., and therefore, as coordinator of all jobs piping design that the company has made for different national and foreign Shipyards in the last 5 years (Class Frigates F-100, BPE Strategic Projection Ship for Spanish Armada, ships ALHD for Australian armed, Tugboats Supply Vessels, etc), and previously in Cartagena as technologist and coordinator of pipe for Navantia Cartagena S.A. for 3 years (Class Scorpene Submarines), has taken active part in the development and implementation of the work of Design, Manufacture and Installation of piping.



RESUMO

Por mor dos tempos difíciles que atravesamos , en que a economía mundial está pasando por un momento difícil , e nos que cada vez é máis difícil conseguir financiamento para a construción de novas embarcacións polo seu alto custo de financiamento, é necesario innovar na Construción Naval.

Dentro do traballo de deseño e construción dun buque, o traballo de tubos é o que tradicionalmente condiciona os prazos de construción, así como o custe total do buque, de xeito, conseguir mellorar os procesos de deseño, fabricación e montaxe dos tubos pode levar a reducir o custo total do barco así coma a unha maior competitividade en prazo con outros estaleiros do mundo. O mercado da construción naval sofre gran competitividade causada en gran parte pola globalización e pola explotación das economías emerxentes. Os prezos son cada vez máis baixos forzando aos estaleiros a realizar un grande esforzo en deseño e produtividade. É por iso que, nesta tese estudaranse os diferentes procesos de deseño, fabricación e montaxe de tubos centrando sobre todo a atención no deseño de tubos por ser o sector no que desenrola o seu cargo o autor da tese. Tamén se estudarán as normas e regulamentos a seren consideradas no deseño de tubos e os materiais a elixir en prol dun bo deseño , así como outras melloras nos procesos de deseño e a súa influencia económica na construción global do buque.

Por último , realizarase un procedemento para a realización do deseño dos tubos para unidades de construción ou produtos intermedios e programarase unha ferramenta de proxecto para o control do deseño da tubos para calquera tipo de embarcación (militar ou civil), coa capacidade de controlar todas as tarefas do deseño (oficina técnica) e así poder corrixir posibles desviacións, as cales dan lugar a perdas económicas significativas na fase de produción.

O autor , na súa actual posición como xefe da sección de Servizos do Buque (tubos , ventilación, climatización , instrumentación e transmisións de válvulas), pertencente a empresa Deseño Naval e Industrial, S.L., e polo tanto, como coordinador de proxecto de todos os traballos de deseño de tubos que a empresa realiza a varios estaleiros nacionais e estranxeiros nos últimos 5 anos (fragatas da clase F -100, BPE Buque de Proxección Estratéxica para a Armada Española , buques ALHD para a armada de Australia, rebocadores, buques de abastecemento, etc.), e anteriormente en Cartaxena como responsable tecnolóxico da tubos e coordinador de proxecto de deseño de tubos que dita empresa realizou en Navantia Cartaxena SA durante 3 anos (submarinos da clase Scorpene), foi activo no desenvolvemento e realización do traballo de deseño, fabricación e instalación de tubos.



CAPITULO 2. INTRODUCCIÓN

La internacionalización de la industria de construcción naval ha obligado a desarrollar tecnologías y métodos cada vez más competitivos y complejos.

En los últimos años se ha producido en España la transición a la construcción por módulos y especialmente al diseño por ordenador, donde los sistemas CAD/CAM actuales son punteros, y permiten liderar el mercado de ciertos tipos de buques de alta tecnología. Dicha evolución de los proceso de diseño (modularización, sistemas CAD/CAM, integración, productos intermedios) puede ser, en ocasiones, más laborioso en su fase inicial por su elevada definición y detalle que los procesos tradicionales en los que se empleaba el trazado a mano, y en los que no existía una herramienta para almacenar y gestionar la información. Ahora bien, se llega a la conclusión de que, una alta definición en esta fase de Ingeniería de detalle, hará abaratar el coste global del buque debido a una disminución de los plazos tanto de esta etapa de diseño como de la etapa de producción, debido a la mayor productividad en lo que a fabricación y montaje se refiere.

Hace muchos años que la construcción naval en casi todos los países superó esa etapa inicial de construir “para casa”, y se convirtió en un negocio global, llegando a ser uno de los más globales.

En el camino recorrido por esta industria se superó también hace muchos años la etapa de la construcción competitiva de barcos de diseño tradicional, en la que la capacidad de vender se basaba exclusivamente en una producción eficiente y barata de barcos convencionales.

En la actualidad, además de la carrera por la reducción de los costes de construcción del barco, la mayoría de los astilleros de España destinan sus esfuerzos a la fabricación de productos cada vez más especiales y sofisticados, en los que el precio de venta del barco esté justificado por su exclusividad y su tecnología.

La especialización en tipos de buques ha sido elegida por cada constructor naval después una reflexión estratégica, en la que la posesión de tecnologías avanzadas es un factor diferencial decisivo.

Sin embargo, la realidad nos ha enseñado que cada día es más difícil mantener ese diferencial. La tecnología se desarrolla con esfuerzo, a veces se intercambia o se compra, y otras hasta se copia. Es un ingrediente tan esencial para la supervivencia del negocio, que casi todo vale para conseguirla. Junto con la tecnología, hay otro aspecto importante en el desarrollo actual y futuro de la industria de construcción de barcos. Es la calidad del enlace de la fabricación de barcos con los negocios aguas arriba y aguas abajo, con los eslabones próximos de la cadena, suministradores y clientes. Estos dos factores han sido clave en todas las épocas, y decirlo no deja de ser una obviedad, que con frecuencia no se tiene en cuenta, como se olvidan los aspectos estratégicos en favor de problemas más inmediatos operativos.

Para poder asumir los riesgos de las decisiones que dibujen el futuro, se cuenta con el conocimiento del negocio, con la experiencia de haber recorrido un largo camino, con la vocación histórica por los barcos y todo lo que representan, y sobre todo, con el entusiasmo y la confianza de las personas, porque el horizonte tiene más sombras que



luces, y para verlo sólo hace falta mirar a la construcción naval de nuestros vecinos en Europa.

Procesos técnicos y de Diseño.

Elegidos los barcos/clientes, las oficinas de diseño de los astilleros y sus direcciones técnicas y de proyecto tienen que adaptarse. No basta con repetir o retocar los proyectos conocidos, los clientes quieren otras respuestas para sus nuevos negocios.

El grado de automatización, los sistemas de navegación, los sistemas de seguridad a bordo, los sistemas de control por sí solos exigen el conocimiento y la integración de la electrónica en el diseño. En estos casos otras industrias poseen conocimientos y tecnologías específicas y los astilleros adaptan estas tecnologías al medio marino. Además la respuesta tiene que ser competitiva, el cliente busca eficiencia en costes, y también en muchos casos una apuesta arriesgada en un terreno aún no totalmente dominado. El astillero tiene que ajustar su precio y con ello sus costes.

Se ha aprendido mucho en las relaciones con Japón en cuanto a la eficiencia de los métodos productivos, pero sobre todo se ha de tomar conciencia de la necesidad de mejorar de forma continua. Para ello se tendrá que producir un salto cualitativo importante, quizás el más importante en la carrera por abaratar los costes de producción. Este salto apareció entre las direcciones de producción, pero ha de trasladarse necesariamente a las oficinas de diseño del astillero, esta tecnología se conoce como “*el diseño orientado a la producción*”.

No basta con una respuesta brillante para resolver las necesidades del cliente, además las direcciones técnicas tienen que proponer las soluciones más eficientes desde el punto de vista económico.

Se trata de que los componentes que hay que adquirir en el mercado sean de calidad pero de coste ajustado, se trata de eliminar elementos de uso tradicional y sustituirlos por otros equivalentes más baratos, se trata de reducir y simplificar el diseño para que tuviera un componente menor de mano de obra, reducir el contenido de trabajo que desde el departamento técnico se envía a los talleres, incluso si es posible se deban de eliminar definitivamente algunos componentes.

Si nos centramos en el diseño, como todos los cambios de cultura, el movimiento hacia la nueva filosofía de diseño en las oficinas técnicas es traumático, y es muy difícil conseguir que todas las personas implicadas en el proyecto tengan en cuenta estas nuevas condiciones. La actitud tradicional en los proyectos había sido la de limitarse a alcanzar una buena solución técnica, y ahora lo que se pretende será introducir el componente económico, y con él nuevos roles al ingeniero. Este tiene que contar el número de unidades de coste que de su propuesta técnica, y explorar otras alternativas, con imaginación y con trabajo. El perfil profesional del proyectista naval tradicional se acerca necesariamente al del diseñador, pero no basta con repetir esquemas, el componente de creación exige más trabajo, más preparación técnica, más conocimiento del mercado de componentes, y hasta más consenso y colaboración con las direcciones de compras y de producción del astillero. Será también muy importante para el autor de esta tesis la faceta de “Controller” que ha de adquirir el responsable del proyecto, pues ello dará lugar a una anticipación a las



posibles desviaciones propias de cada proyecto. El “Controller” debe analizar todos y cada uno de los procesos que se llevan a cabo, evaluar qué procedimientos de mejora son aplicables en cada momento y controlar que esas propuestas son satisfactorias y que se llevan a cabo según lo indicado. Además, el “Controller” debe de velar por la maximización del resultado que la empresa obtiene de su actividad. Por ello, no debe de estar sujeto a una definición extremadamente rígida de su actividad. Debe de gozar de una libertad amplia y de una autonomía casi completa. Sólo de este modo no se verá coartado por las relaciones jerárquicas que podrían deformar su actividad. Es por ello que, la figura del “Controller” se ha convertido en algo imprescindible en todas las grandes empresas. Se trata de un profesional especializado, con amplia experiencia en el análisis de procesos. Con conocimientos en diversos campos: financiero, comercial, logística, etc. Un profesional, pues, que suele contar con una elevada remuneración y un alto grado de autonomía. En este aspecto, la construcción naval en España debería seguir el camino y la práctica de otros sectores industriales.

Si la respuesta flexible a los clientes elegidos ha propiciado un desarrollo de las capacidades técnicas y de diseño como respuesta al mercado, este nuevo paso exige otro nuevo incremento y transformación de las capacidades de cara al proceso interno de construcción de los barcos. Los nuevos barcos tienen menos metros de tubería que comprar y montar, menos metros de soldadura que realizar. Los resultados de esta nueva filosofía de diseño son muy positivos, sobre todo en la reducción de los contenidos de trabajo, y a pesar de que el tiempo y recursos empleados en el diseño son mayores, el coste de los buques mejora sensiblemente.

El foco de este movimiento está en la reducción de las necesidades de mano de obra, y en la reducción del coste de los componentes y materiales del mercado de proveedores.

Otro frente de presión proviene del mercado, y tiene también efectos beneficiosos para el astillero, los clientes quieren sus barcos en el menor plazo posible, una reducción de un mes en el plazo de entrega significaba empezar a ganar dinero un mes antes, y con ello empezar un mes antes a amortizar el barco. El astillero cobra antes, y además aumentaba la rotación de sus instalaciones.

La respuesta, como en el caso de los frentes que hemos mencionado, no es simple, pero si tiene una base filosófica sencilla, todas las operaciones del proceso completo de fabricación del barco que están condicionadas por la terminación de operaciones anteriores deben de volver a estudiarse, se trata de simultanear el mayor número posible de operaciones para reducir el plazo total del buque desde contrato a entrega. También en este terreno nos guiamos por lo realizado en otros sectores industriales, con ello cambiamos el proceso constructivo de los barcos, y se desarrolla la tecnología de construcción por módulos que se explicará más adelante con detalle.

La construcción tradicional anterior ya había dado un paso de gigante cuando cambió el sistema de construcción chapa a chapa en grada por la prefabricación en bloques o trozos de estructura de acero, que después se montaban formando un puzzle en la grada, y dio otro paso también importante cuando a los bloques de acero de la estructura se le incorporaron algunos elementos de armamento como tuberías, soportes, y algunos equipos.



El paso que se materializa en los años 90 fue el de la construcción por módulos. Los módulos son componentes complejos del buque, estructuralmente independientes de la estructura principal, y que incluyen servicios completos o casi completos, y se pueden construir en los talleres mientras se construye el casco del barco. Incluyen, por lo tanto, toda la tubería, cableado, soportes, equipos, y sus interconexiones así como el tratamiento superficial, ya que se fabrican sobre estructuras autoportantes en talleres y una vez terminados y probados se llevan a la grada con vehículos especiales de gran capacidad (hasta 250 toneladas), y se izan a bordo e incorporan al buque como grandes piezas de un mecano. Ello permite simultanear el trabajo de las estructuras de acero del barco con el trabajo de lo que se conoce como armamento del buque en la nomenclatura naval, que tiene que ver, con los sistemas de propulsión, de generación de energía, de control, de carga, de habilitación, cocina, aire acondicionado, vapor, comunicaciones, etc. Se trata, por lo tanto, de planificar todas las operaciones de fabricación del barco en el punto más alejado posible de la entrega, y para ello tiene que cambiar de nuevo la filosofía de diseño, ya que además de proyectar un barco adecuado para el cliente, y de bajo coste, hay que diseñar el despiece en módulos de todo el barco, con el criterio de simultanear en el tiempo todas las operaciones posibles para acortar el ciclo total de fabricación.

La fabricación por módulos tiene otro rédito también positivo en cuanto a costes, ya que montar un tubo en la grada por el procedimiento tradicional, con necesidad de grandes medios de izada, andamiajes, accesos a veces complicados, trabajo incómodo, y con recursos limitados, a veces a la intemperie, es mucho más caro que montar ese mismo tubo en un taller cubierto, con acceso a nivel del suelo, con recursos de taller. De hecho en el taller costa como media un tercio de lo que costa a bordo.

Procesos Productivos.

Además de la ingeniería orientada a la producción es necesaria la tecnología de mejora de los procesos de producción. Para el conjunto de procesos de producción parece más adecuada una solución a medida para cada operación o cada caso, en un punto intermedio entre los procesos manuales y los procesos totalmente automáticos, sin descartar que en el futuro nuevos desarrollos de la robotización permitan extender su utilización a otras operaciones.

Se fabricarán nuevos utillajes y máquinas, de fácil manejo por parte de los operarios para así permitir reducir la inversión de mano de obra, aumentar la seguridad y ergonomía laboral.

Muy importante será la tecnología logística, pues los barcos son unidades complejas, con millones de componentes que han de ser estudiados desde este punto de vista logístico. Todo ha de estar terminado en el momento adecuado, los planos, las listas de materiales, los materiales en si, los componentes que vienen del exterior, los componentes o productos intermedios, los medios de transporte y elevación, los montajes provisionales, los accesos, el personal, los medios de prevención de riesgos.



La tecnología es comprada por los astilleros o proporcionada por las industrias suministradoras, a través de alianzas técnicas, de proyectos, etc. También puede suceder que sea el astillero el que apoye a la industria suministradora, a través de transferencia de tecnologías, de procesos de organización o de producción, auditorías de calidad, formación de sus mandos. Otro aspecto que ha cubierto la industria auxiliar es el de equilibrar las fluctuaciones de carga de trabajo que tradicionalmente afecta a la industria de la Construcción Naval.

La Construcción Naval ha sido siempre un negocio que ha estado muy condicionado por las necesidades de los armadores, y en las últimas décadas ha sido cíclica para los distintos tipos de buques, de modo que, a periodos de gran demanda, han seguido otros de escasez de pedidos. Los constructores navales han tenido que sufrir enormes altibajos en las ventas y esta experiencia les ha hecho prudentes en cuanto a sus capacidades. En épocas de gran demanda era necesario responder al mercado con el máximo de capacidad constructora, y en épocas de baja demanda, además de sufrir una bajada en los precios, tenían que reducir su capacidad, e incluso diversificar su construcción en otros productos. La elección de varios tipos de buques diferentes en la cartera de productos de los astilleros tiene también como finalidad evitar la dependencia exclusiva de unos determinados mercados. Por lo tanto, está claro que se establece un grado de colaboración llega a sobrepasar la simple relación cliente proveedor.

Tecnologías de la Construcción Naval.

La razón de que haya sobrevivido la Construcción Naval en España en la década de los 90 fue la capacidad para crear nuevas tecnologías de aplicación a los barcos, que diferenciaron estos barcos de los que hacían otros competidores. Y el autor de esta Tesis entiende que la posibilidad de seguir sobreviviendo al mercado en el siglo XXI también estará ligada a la capacidad para diferenciarse tecnológicamente de los competidores.

Desde las primeras conversaciones técnicas de un astillero con su cliente se empieza a concebir la solución a su demanda. Esa solución se vuelve un anteproyecto, que sirve para comprobar que su demanda se ha entendido, que es técnicamente posible realizarla, que entra dentro de las capacidades del astillero, que tiene alternativas, que tiene un coste estimado, un precio de venta estimado, que encajan o no con las pretensiones del cliente, que tiene un plazo de entrega determinado, y que, concebido como un proyecto tiene unos riesgos técnicos, de suministros, de materiales y de ejecución admisible y asumible por ambas partes (armador y astillero).

Los ingenieros de proyecto trabajan con programas informáticos con los que agilizan su labor, eliminan errores, emiten la información requerida con rapidez, y sobre todo conciben el proyecto como una unidad, llegando a obtener toda la información con un alto nivel de coherencia e integración. Pero, antes de la aparición de programas informáticos que resolvían estas cuestiones, los ingenieros de proyecto manejaban los datos con la experiencia, el criterio, y el conocimiento profesional, y todo el anteproyecto era un conjunto de cálculos manuales de todo tipo, que concluían en una información menos precisa que la que se obtiene ahora, y con la que se cuenta para tomar decisiones, y que además de gran esfuerzo requería mucho tiempo.



La información técnica descriptiva y planos para poder firmar un proyecto de buque son extensos, ya que garantiza que el futuro barco cumplirá con todos los requisitos detallados por el cliente, y queda condensado en una especificación técnica, además de los planos generales del buque. Todo ello debe de ser extremadamente preciso pues se convierte en documento contractual con valor legal.

Firmado el contrato de construcción con el cliente y resueltos los problemas financieros, todo el desarrollo técnico posterior también estará soportado por el programa informático.

Para tener una idea de las capacidades de un programa informático describimos su funcionamiento de modo resumido, pues este punto se desarrollará más al detalle en el apartado 4.1 de esta Tesis.

Evolución de los trabajos de diseño de tubería:

- Los programas CAD/CAM actuales permiten crear un modelo único tridimensional de un buque, permiten trabajar desde estaciones de trabajo distantes de modo que un mismo proyecto puede estar desarrollándose simultáneamente y en colaboración desde puntos geográficamente distantes, de hecho oficinas técnicas externas comparten el diseño con las propias de los astilleros, y lo hacen sobre una base común, siendo el progreso del diseño coherente, y la incorporación de los cambios en tiempo real en las diferentes estaciones de trabajo.
- Define las formas de las carenas, y realiza los cálculos de arquitectura naval, define la estructura del casco, y el armamento, electricidad, acomodación, y permite gestionar las bases de datos de productos, todo ello con el nivel de definición que se necesita, incrementando el detalle en las diferentes fases de diseño: conceptual, contractual, básico, de detalle, y por último la información de fabricación.
- Permite un acceso controlado a la información del proyecto por motivos de confidencialidad, y permite también definir partes o piezas independientemente del bloque a que pertenezcan.
- Alisa las formas del casco, desarrolla su superficie, y define con precisión cada elemento de la estructura, pieza a pieza, calcula los pesos, centros de gravedad, y superficies de pintado, anida las piezas estructurales de acero para su corte en máquinas automáticas, define las camas de fabricación de piezas en 3 dimensiones, crea información de soldadura y de control dimensional, gestiona las penetraciones de elementos de armamento en la estructura, tales como pasos de tubería. Acota los planos, define las rutas de cables, diagramas de tubería y cálculo de las pérdidas de presión, explora interferencias entre componentes y rutas, define soportados de tuberías y equipos, información necesaria para la fabricación.



El Futuro.

El futuro de las herramientas CAD/CAM para construcción naval en lo que a Gestión de la información se refiere pasa por conseguir la trazabilidad de todos y cada uno de los componentes/productos que forman el buque pasando por todas las fases, esto es, desde que se conciben en la fase de ante-proyecto, pasan al esquema o diagrama funcional, se diseñan en el modelo, se plasman en el plano y son montados a bordo, probados y controlados a lo largo de la vida útil del buque (Gestión del Ciclo de Vida del Producto). Esto dará lugar a una mayor rapidez a la hora de identificar el estado de cada uno de los componentes, así como a preveer su puesta en marcha.

En la actualidad, esto ya se está llevando a cabo en sectores como el Aeronáutico o la Automoción y recibe el nombre de PLM (Product Lifecycle Management). Este punto se desarrollará más adelante por ser para el autor muy interesante para su aplicación en la Construcción Naval, ya que hasta el momento, aunque se está avanzando en este campo, todavía no existe una herramienta sólida que pueda gestionar el modelo desde que este se concibe.



CAPITULO 3. OBJETIVOS

El objetivo inicial de esta Tesis doctoral se basa en el estudio de los procesos de diseño, fabricación y montaje de tuberías de los buques a lo largo del tiempo, centrándonos sobre todo en los procesos del Diseño y en su control para así llegar a obtener con ello una mayor productividad en la fabricación y el montaje de la tubería, que repercutirá en una disminución en plazo y coste de la construcción global del buque.

Otro objetivo, englobado dentro de la metodología cualitativa, será el estudio de los reglamentos y normativas a aplicar para optimizar con ello el diseño de tubería.

Se establecerán las exigencias y criterios a adoptar a la hora de seleccionar los materiales con los que se trazará la tubería para un mejor diseño intentando romper el tópico del uso de los materiales aleados.

También se establecerán, dentro de esta metodología cualitativa, unos criterios de trazado de servicios de tubería que darán lugar a una mejora en el diseño de esta.

Como objetivo final de la Tesis, y dentro ya de la metodología cuantitativa, se tiene el de realizar un procedimiento para el diseño de tubería por unidades constructivas o productos intermedios, así como la de programar una herramienta para el Control del Diseño de Tubería en cualquier tipo de Buque (Militar o Civil), con la que podamos controlar todas las tareas o fases del diseño y así poder corregir posibles desviaciones del mismo que acarrearán pérdidas económicas importantes en la fase Productiva.

Se demostrará en el apartado referente a conclusiones y resultados que, con la mejora en los procesos empleados en el Diseño se mejorará considerablemente en la producción, y por lo tanto, en los resultados económicos finales de un astillero.



CAPITULO 4. ESTADO DEL ARTE

Antes de adentrarnos en la historia de la mejora del diseño, fabricación y montaje de tuberías en la construcción naval, definiremos varios conceptos relacionados con la tubería y que serán citados en la Tesis.

Así, se entienden por tuberías los órganos que sirven para la conducción de líquidos y gases, como medio de transmisión de las funciones que tienen que realizar los diversos aparatos del buque para que éste resulte operativo.

Además de las tuberías propiamente dichas, los componentes relacionados con los sistemas de tuberías se agrupan en 3 categorías:

- Elementos de soportado y penetraciones (soportes, abarcones, elementos de fijación, etc.)

- Elementos de conexión entre tubos o con equipos (bridas, mangueras flexibles, piezas de conexión, etc).

- Accesorios, como válvulas, imbornales, eyectores, bombas manuales, etc.

En la representación siguiente (Figura 4-1) se detallan algunos de los componentes siguientes:

- Soporte y Abarcón.
- Soporte para válvulas.
- Penetración tipo Manguito.
- Mangueras Flexibles.
- Vista General.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERÍA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERÍA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

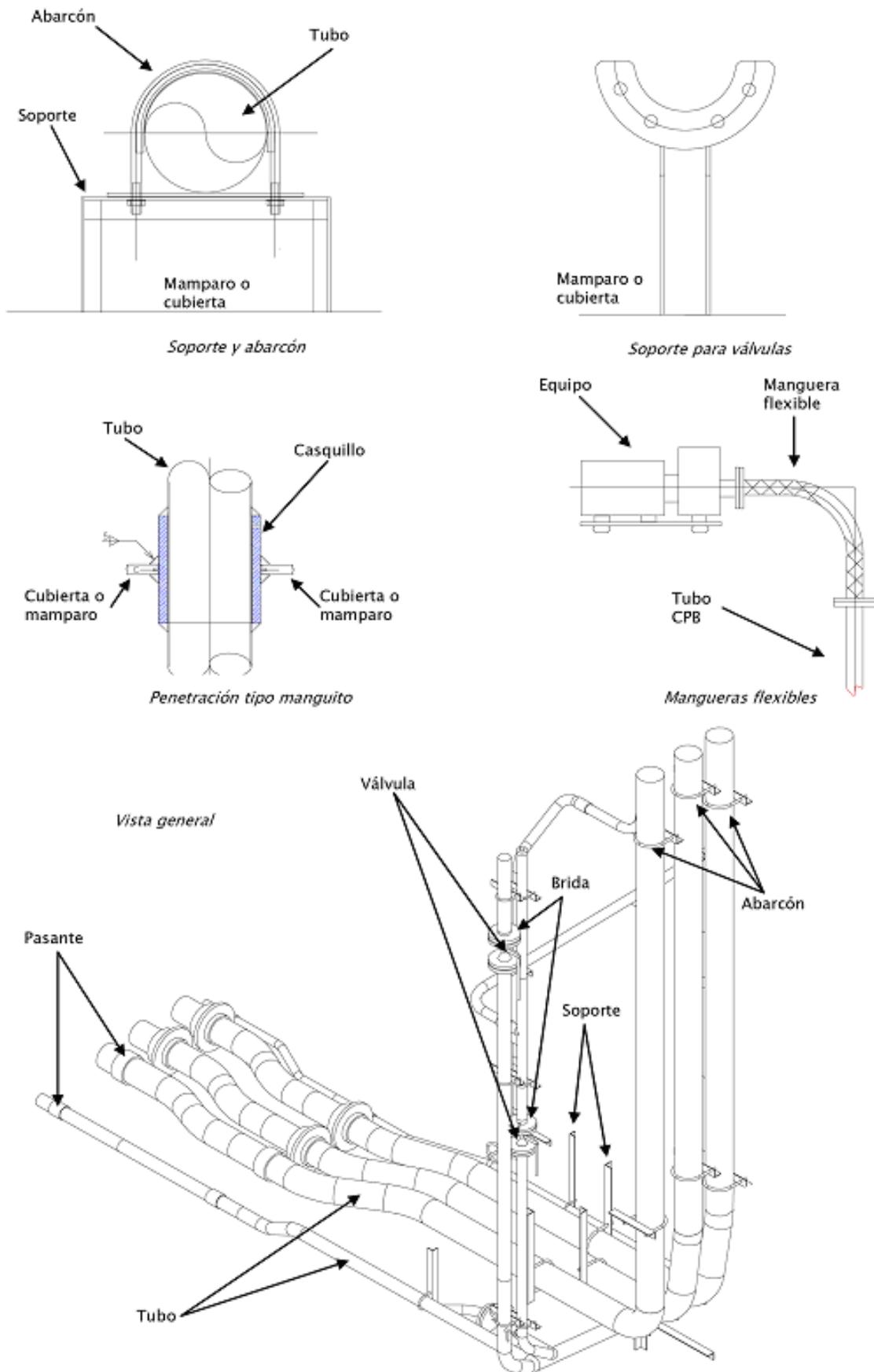


Figura 4-1: Componentes generales empleados en tubería



En la historia de la Construcción Naval, hasta mediados de los años 60 la mayoría de los tubos se fabricaban montando los equipos a bordo y tomando medidas con una plantilla (tubos maleables de cobre) que los conectaban entre sí. Con estas plantillas se fabricaban los tubos a bordo o en el taller. La realización de plantillas y el montaje tubo a tubo daban lugar a un mayor tiempo en la consecución de los trabajos, tanto de las fases de diseño como del proceso constructivo. Consecuencia de ello se producía una excesiva inversión de horas y por lo tanto mayor coste global del buque. Los tubos que se fabricaban en el taller, basándose en planos y hojas de tubos, eran pocos, ya que la mayoría de ellos eran hechos a bordo. Aquellos que se realizaban en taller se fabricaban poniendo tubos con sobre largo entre ellos, denominando a estos, tubos de cierre, por lo que, con ello se desperdiciaba gran cantidad de tubería.

Los trabajos en techo o en interiores de tanques con este modo de trabajar hacían que se incrementasen las horas y el estar en posiciones de soldeo no siempre fáciles reducía el nivel de acabado de los trabajos realizados.

4.1. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE DISEÑO DE TUBERÍA Y DE LOS MÉTODOS Y ESTRATEGIAS APLICADAS EN CONSTRUCCIÓN DE BUQUES.

A continuación se hará un repaso cronológico de la evolución del diseño de tubería y de los métodos y estrategias que se han aplicado en la Construcción Naval desde que he podido obtener información hasta la fecha de hoy e incluso prediciendo lo que puede ser el futuro.

4.1.1. Representación diédrica de los años 60.

No tenemos referencias anteriores a los años 60, pero suponemos que por aquel entonces el diseño se basaba en la prueba y el error, con dibujos trazados a mano en papel que eran llevados a la práctica en los talleres o Astilleros normalmente de Ribera. Fue en la época de los 60 cuando se iniciaron las primeras hojas de tubos, las cuales eran de tuberías en el interior de tanques y bajo cubierta. Se trataba de tubos sencillos, realizándose como tubos de cierre los de geometría complicada. La representación era diédrica y, al ser tubos sencillos, bastaba en la mayoría de los casos con una vista, siendo pocos los que requerían una segunda y muy pocos los que necesitaban una tercera para su representación.

4.1.2. Representación isométrica de principio de los años 70.

La dificultad de la comprensión del diseño diédrico para tubos complicados, junto con el aumento de la prefabricación de tubos, dio lugar al comienzo de la representación isométrica para los tubos complicados. Así fue como se simplificó el diseño, ya que, lo que para un tubo difícil requería varias vistas diédricas, se simplificaba en un solo isométrico.

La primera fase del diseño de isométricas fue a mano y en base a los datos necesarios por el Taller de Plomeros y por la Oficina de Ingeniería de producción del Astillero (I.P.A.). Las disposiciones en isométrica incluían la información siguiente:

- Los tubos llevaban los soportes correspondientes sin cotas de situación.
- Cada hoja de isométrica llevaba indicada la planta, sección o alzado de la Disposición a la que pertenecía.
- Se indicaban las cotas globales cuando en una misma dirección la línea llevaba varios tubos y accesorios.

Para ver un ejemplo véase Figura 4-2 siguiente:

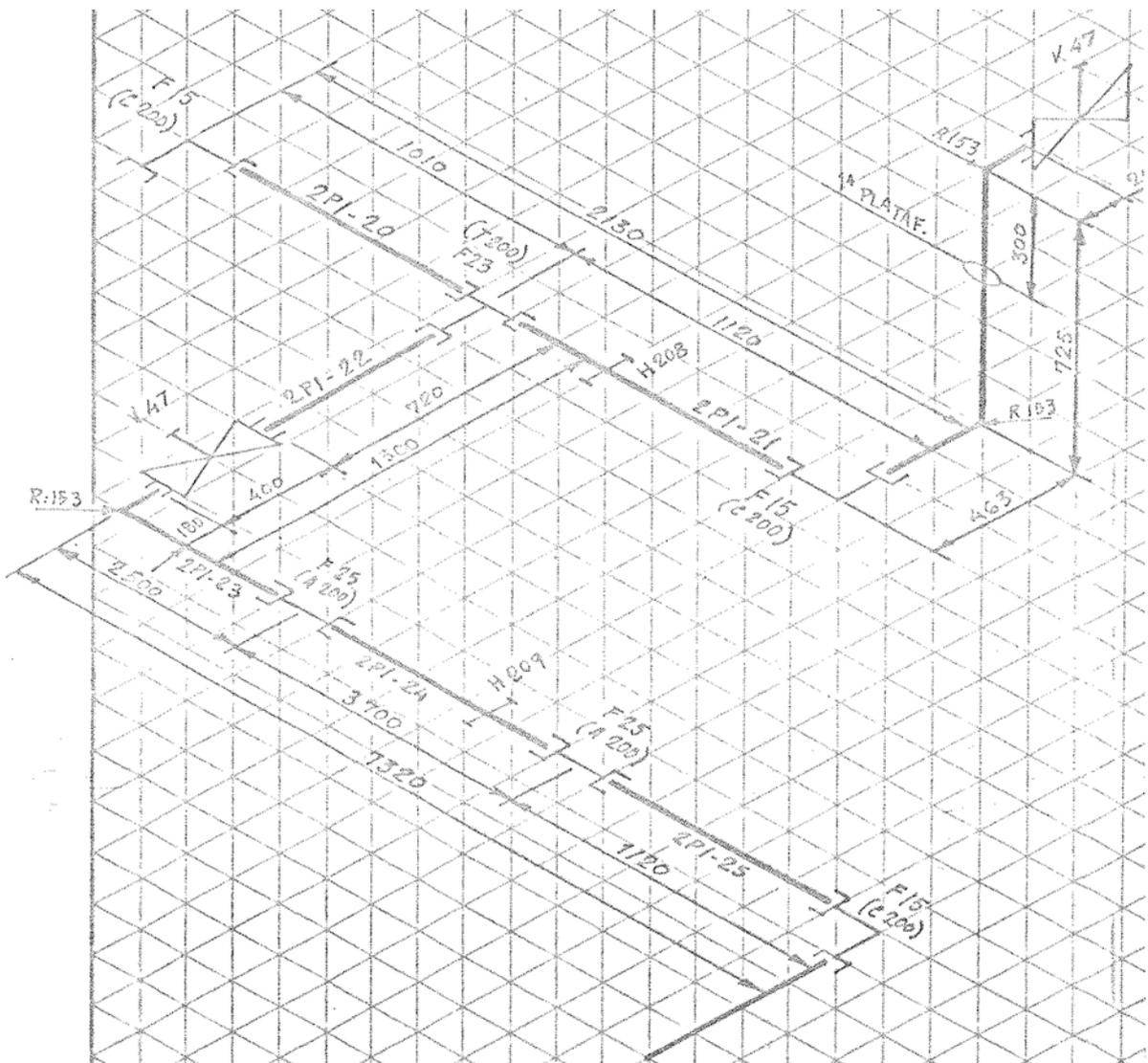


Figura 4-2: Isométrica realizada a mano para el Taller de Tubos e I.P.A (Año 1976)



4.1.3. Cálculo por ordenador (deformación del dibujo) de mediados de los años 70.

Se lleva a cabo el empleo del ordenador para la realización y cálculo de los datos de las isométricas, siendo el paso siguiente el de crear un sistema que simplificase la introducción de las características geométricas de los tubos, así, por medio de un lenguaje sencillo se describe cualquiera de las características que sirve para definir la geometría de un tubo. Es con esta definición con la que se obtiene un dibujo del tubo en perspectiva isométrica o diédrica, una tabla de características, una lista de materiales y una valoración de la fabricación y montaje del tubo, almacenando todos estos resultados en una base de datos del programa.

Un truco que emplea el programa para que los dibujos se adapten al papel es, tanto en la representación isométrica como diédrica, la posibilidad de deformar el dibujo, esto es, dar a cada tramo una longitud mínima de dibujo para facilitar su representación en el papel en el que se verá reflejado.

En la revista de Ingeniería Naval en su artículo de Ángel Urriticoechea (1967) “Un procedimiento de elaboración de tubería” se recomendaba ya por aquel entonces el uso de la informática para el cálculo de todos estos datos (Bibliografía 8.64.).

En el Anexo 1 se muestran las Normas Orientativas sobre el acotado de Tubería y accesorios para el programa de Ordenadores Sistema “PRIME”. Dicha información ha sido extraída de un manual del año 1976 empleado por los delineantes de aquel entonces en la empresa nacional Bazán de Construcciones Navales Militares S.A. de Ferrol (en adelante Bazán).

Para los accesorios también existían unas claves, las cuales se tabulaban a mano y se introducían posteriormente en el programa “PRIME”. Así, en el Anexo 2 se muestran dichas tablas de los accesorios realizadas a mano (año 1976).

4.1.4. Conexión entre ingeniería de diseño de tubería y fabricación de tubería de mediados de los años 70.

Se elaboran Sistemas de diseño automático de tubería que sirven para el diseño de los tubos y dar las tarjetas de entrada para su fabricación en el taller de modo automatizado. A efectos de fabricación de tubería, era y sigue siendo muy importante el conocer las máquinas de curvado de la tubería a emplear en el taller, y esto debe estar totalmente interrelacionado con el programa utilizado para diseñar la tubería. Así, necesitamos las normas de curvado de la Tubería empleadas. El objetivo de la norma de curvado es definir el sistema de curvado de los tubos a emplear en el Astillero, con el fin de elevar la producción en el mismo; debido a ello se utilizan al máximo las máquinas de curvar. En aquel entonces en el Astillero de Bazan (ahora Navantia) se empleaban las máquinas de curvar WALLACE.

Para ver las tablas que eran introducidas en el Programa PRIME por aquel entonces, se han incluido en el Anexo 3 dichas tablas, así como el método para curvado de tubos a tener en cuenta en el diseño de tubería y a efectos de alimentar la base de datos con los parámetros de la curvadora.



4.1.5. Maquetas de mediados y finales de los años 70.

A la hora de simplificar los planos de disposiciones generales se realizan maquetas. Las consecuencias que dieron lugar al uso de maquetas por aquel entonces fueron el aumento de la prefabricación de tubos en el taller y la dificultad de estudio de las interferencias en los planos de disposiciones generales de tuberías.

Por norma general, las maquetas eran representaciones físicas a escala 1/20. En la gran mayoría se trataban de maquetas de la cámara de máquinas por ser esta de muy elevada complejidad de cara a la integridad de todos los elementos que la componían (tubería, equipos, motores principales y auxiliares, exhaustaciones, línea de ejes, etc.) El material con el que se fabricaban dichas maquetas era el plástico.

Las etapas que componen la modelización o maquetización comienzan con el modelizando de la estructura de acero, basándose en el plano de formas y en los planos constructivos, y fabricando plataformas y bulárcamas. Después se modelizan el motor principal, los auxiliares, bombas, enfriadores, etc. Existen en plástico tubos a escala de distintos diámetros así como válvulas, bridas, etc., que se incorporan a la maqueta uniendo los aparatos de acuerdo con los esquemas. También se incorporan el resto de los elementos de armamento tanques, conductos de ventilación, tecles, etc. El trabajo de la maqueta exige, además de los conocimientos de un proyectista de cámara de máquinas, una gran habilidad manual para trabajar con el plástico.

Después de concluir el trabajo de modelizado de la tubería, se realizan las hojas de tubos tomando medidas sobre la maqueta y transformándolas según la escala en la que se ha realizado la maqueta. Esta operación es muy difícil, pues además de la falta de espacio de algunos lugares, los errores se ven multiplicados por la escala, lo que nos lleva a aumentar los tubos de cierre. Para paliar este problema, además de la maqueta se hacían planos de disposición general por plantas, en los que se comprobaban las dimensiones de los tubos.

La realización de las maquetas significó un importante paso en el diseño de tuberías y, basándose en ellas, se aumentó la prefabricación de tuberías y se simplificaron las disposiciones generales. Esta simplificación se mantuvo posteriormente en los buques que se realizaron sin maquetas, basándose en la experiencia anterior y en los sistemas informáticos de definición de hojas de tubos.

Pero hay que tener en cuenta que el método tenía algunos defectos y el mayor de ellos era que la realización de trabajos en plástico alarga el plazo que va del comienzo del diseño a la fabricación de la tubería. Desde la crisis de construcción naval de mediados de los 70 se dejaron de contratar grandes series de buques y los plazos de contrato a entrega no han cesado de reducirse. En estas condiciones, el retraso mínimo de 2 meses que implica la realización de la maqueta, puede llevar a una importante reducción del armamento avanzado que no puede ser compensado por las ventajas de la maqueta.

Pero para aquel entonces cabe destacar que la implementación de las maquetas fueron un avance debido a una mejor distribución del espacio disponible, una optimización del trazado de tubería disminuyendo su longitud y una reducción de interferencias.



Maquetas en Buques Civiles y Buques Militares.

Para Buques Civiles, el inconveniente del aumento del plazo de entrega que el diseño con maquetas suponía, hizo que se abandonase el uso de maquetas. No fue así en buques de guerra, en los que el plazo de diseño era mayor y el espacio más reducido por el elevado número de equipos a disponer.

4.1.6. Sistema Pelmatic de principio de los años 80.

A principios de los años 80, la firma finlandesa de ingeniería Elomatic Oy con la ayuda de los fondos para el desarrollo del gobierno finlandés, desarrolla un sistema denominado Pelmatic con el que se realizan fotografías, sin error de perspectiva, a partir de las cuales se pueden tomar las coordenadas de los tubos midiendo directamente o con una mesa digitalizadora. Y es en este segundo caso, donde las coordenadas se introducen en el ordenador para ser procesadas por un programa de obtención de hojas de tubos a partir de las coordenadas de los vértices. El método de obtención de las imágenes se realiza con un aparato compuesto por un bastidor sobre el que se desplaza transversal y verticalmente una unidad de láser que, descendiendo en escalones de 0,2 mm después de cada desplazamiento transversal, efectúa un barrido del modelo a fotografiar. Un rayo es emitido por la unidad de láser, la cual se refleja en el objeto y mide la intensidad del rayo reflejado, modulando un diodo emisor de luz situado en la parte posterior. A su vez el diodo emisor de luz incide en la parte de atrás del bastidor sobre una placa fotográfica y produce una fotografía de igual escala y sin perspectiva del modelo. El área de la fotografía es de 80 x 50 cm y las fotografías se utilizan para la obtención tanto de hojas de tubos, como se ha explicado anteriormente, como de disposiciones generales del conjunto (Bibliografía 8.53.). Dicho método se empleaba sobre todo a la hora de hacer buques en serie con las mismas configuraciones de tubería, pues como es obvio las fotografías que se obtenían con este método eran de tubería ya montada a bordo, o módulos hechos en taller, por lo que, la fase productiva era anterior a la fase de diseño, cosa poco usual hoy en día.

4.1.7. Sistemas CAD/CAM de las décadas de los 80-90.

En sus inicios, los sistemas eran de ejecución diferida o batch. Estos sistemas daban las isométricas con todos los cálculos y datos geométricos, listas de materiales y valoración de horas de trabajo. Posteriormente, y con dichos datos se obtenían las tarjetas para fabricar la tubería. Para completar la información de la tubería se empleaba el sistema ANA (Arquitectura Naval Automatizada). Tal y como se explicará en el punto siguiente, el sistema ANA, junto con un sistema de obtención de interferencias, detectaba dichas colisiones. Al mismo tiempo, junto con las hojas de isométricas, se incluían las listas de materiales.

La introducción de datos era por medio de instrucciones especiales que se pasaban al principio a una ficha perforada y más tarde eran introducidos en el ordenador



directamente con una pantalla alfanumérica. Mediante un proceso en diferido o "batch", se ejecutaba el programa, saliendo los datos alfanuméricos en una impresora y el dibujo en un ploter.

La mejora de los sistemas informáticos y de las pantallas gráficas llevó a la sustitución de los sistemas anteriores por sistemas gráficos interactivos o sistemas CAD/CAM, lo que se explica en el artículo publicado en la revista de la A.I.N.E. (Asociación de Ingenieros Navales de España) de Enero de 1985 en el artículo referente a la aportación de los sistemas CAD/CAM a la innovación tecnológica en construcción Naval (Bibliografía 8.18.)

Antes de adentrarnos en el uso de los sistemas CAD/CAM en Construcción Naval, y más concretamente en la realización del diseño de la tubería, definiremos varios conceptos básicos.

a) Concepto de CAD.

Las siglas CAD corresponden al acrónimo de Computer Aided Design. En la traducción es donde se presenta un pequeño conflicto, ya que puede haber dos acepciones, Diseño asistido por ordenador (Design) y Dibujo asistido por ordenador (Drafting). Es, en esta diferencia lingüística donde se pone de manifiesto la evolución que ha sufrido este concepto a lo largo de los últimos años, desde el concepto de Dibujo de los primeros años del desarrollo de esta tecnología, hasta el concepto de Diseño que actualmente es el más acertado. Por Diseño se entiende la plasmación gráfica de una idea, la labor mediante la cual y con ayuda de un ordenador, el diseñador plasma en una realidad gráfica su idea. CAD significa el uso del ordenador (hardware y software) para el diseño de productos, lo que implica la integración de métodos computacionales y de ingeniería en un sistema basado en un ordenador. Esto requiere una base de datos, algoritmos de representación, subsistemas de comunicación para entrada y salida de datos, etc. El CAD se puede combinar con otras tecnologías (CAM, CAE) para hacer un desarrollo integral de un proyecto desde su fase de diseño hasta su producción en línea, con lo que consigue un espectacular ahorro en el tiempo de desarrollo del proyecto.

b) Concepto de CAM.

Por CAM se entiende la utilización de ordenadores para tareas técnicas y de gestión técnica en la fabricación y montaje, como la elaboración de planos de mecanizado, planos de amarre y de herramientas, incluyendo la programación CN (Control Numérico). Las máquinas CN son también componentes de un sistema CAM.

El principal objetivo del CAM es pues, proporcionar una serie de herramientas para completar la geometría (CAD) con el contenido tecnológico preciso para que la pieza se pueda fabricar.

La primera aplicación del CAM fue la programación de piezas por control numérico, es decir, la generación de programas para máquinas que dispongan de CN. Este sistema permite programar dichas máquinas off-line (fuera de línea), sin interrumpir su trabajo, con la consiguiente disminución de tiempos muertos que ello supone. Esta ventaja que supone la programación off-line es llevada a cabo no solamente en la Programación



de control numérico, sino que es posible aplicarla en la Programación de Robots y a la Programación de PLC.

c) Programación de Control Numérico.

A pesar de que cada día los CN son más elaborados, la programación manual de los mismos es ardua y muy dada a errores, por lo que los sistemas de programación asistida cobran una gran importancia ya que una correcta programación optimizará la utilización de la máquina, con el consiguiente aumento de rendimiento que ello supone en la práctica.

Uno de los principales beneficios de la utilización de estas máquinas es la práctica eliminación de las pruebas en máquina, siendo muchas las empresas que pasan directamente del programa en el sistema CAD/CAM al mecanizado del primer lote de producción

d) Ventajas del uso de sistemas CAD/CAM y su relación con los trabajos de diseño de Tubería.

La estrecha combinación de los diseños asistidos por ordenador con la fabricación asistida por ordenador provoca una mayor influencia mutua entre ambas áreas. Así, con el CAD/CAM tanto los diseñadores por un lado como los planificadores de la producción y los programadores de CN por el otro disponen de un dispositivo de trabajo con el cual:

- Se pueden acortar notablemente los tiempos de desarrollo, planificación y fabricación de los productos.
- Mejora la calidad de los distintos componentes y del producto acabado.
- Se reducen los tiempos muertos.
- Se facilita la valoración de soluciones alternativas para la reducción de precios o la mejora de funciones.
- Se facilitan los cálculos previos y posteriores de los precios así como su control constante y configuración.
- Se hace posible la optimización de la distribución del grado de utilización de las máquinas.
- Se consigue mayor flexibilidad.

4.1.8. Sistemas de interferencias de las décadas 80-90.

Una vez se puso en desuso la realización de maquetas, en muchos astilleros, para mantener la fabricación de la mayor parte de los tubos se plantea la necesidad de disponer de un sistema de interferencias. Tanto Astilleros Españoles como Astano (ahora Navantia) y otros astilleros en el mundo crean sistemas de cálculo numérico de interferencias. Estos sistemas transforman elementos complejos de cámara de



máquinas a modelos simples, como prismas, cilindros, toros, y comprueban por medio de cálculo si existen interferencias entre ellos. La gran dificultad de modelización de los elementos, especialmente de la estructura de acero, hace que estos programas hayan sido poco utilizados.

Con el empleo del sistema ANA (Arquitectura Naval Automatizada), al existir una modelización automática de los tubos que se hacia almacenado en la base de datos al definir las isométricas, se facilitaba la consulta de interferencias tubo con tubo. Y con el empleo de programas se hacia posible la obtención de secciones por un plano de las isométricas definidas, lo que permitía la comprobación visual de interferencias.

Todos estos programas eran de ejecución diferida o Batch, entrando las Instrucciones en el ordenador primero con fichas perforadas y luego con pantallas alfanuméricas. Actualmente dichas técnicas están en desuso y las empresas especializadas en la mejora de herramientas de diseño han desarrollado y mejorado una herramienta de Realidad Virtual para la industria de la Construcción Naval, ya que, en un mundo donde la realidad virtual es ampliamente utilizada para todo tipo de simulaciones, la industria de la construcción naval no podía quedarse atrás.

Los buques son plataformas costosas y complejas que integran múltiples sistemas y equipos. En un entorno muy competitivo, sin margen de error, tanto en el diseño y como en las fases de producción, deben ser monitoreados y revisados para evitar gastos innecesarios. La disponibilidad de una herramienta avanzada para la navegación virtual a través del modelo del Buque, desde las primeras etapas del diseño, facilita el control de proyectos y la toma de decisiones de forma rápida y eficiente.

El factor clave es la creación de un modelo 3D del buque desarrollado con una herramienta CAD 3D, integrando todas las disciplinas de diseño en un único entorno. De dicha integración ya se habló en las ICCAS – 82 y en las ICCAS – 85 (Bibliografía 8.24 y Bibliografía 8.65).

Como consecuencia natural, el desarrollo de una solución que permite la navegación en 3D e incluso la interacción con el modelo en una experiencia inmersiva, abre un amplio abanico de posibilidades que se benefician todas las partes interesadas. En este punto se describen las ventajas de usar un entorno de realidad virtual en la industria de la construcción naval, teniendo en cuenta todos los agentes implicados en el diseño, la producción y el ciclo de vida de los buques. Algunas de estas ventajas son la evaluación rápida de las modificaciones y cambios de diseño, detección de interferencias, el control de la producción y aprobación, simulación de tareas de mantenimiento, desmontaje y operación, la formación de las tripulaciones etc. Así, la eficiencia es la condición base en la navegación real virtual alrededor de un buque. Para mejorar, hay tres factores importantes que juegan un papel fundamental:

- Tener un sistema adecuado de CAD con toda la información del buque en una sola base de datos.
- Tener un visor, que es una herramienta que permite la gestión del modelo 3D para ser utilizado en entornos de realidad virtual. No hay necesidad de decir que una



buena integración entre el espectador y el sistema CAD se traduce en una mayor funcionalidad y un mejor rendimiento.

- Por último, es importante el hardware, lo que hace posible la navegación Real Virtual en muchos entornos diferentes.

La industria de la construcción naval militar se ve afectada por los requisitos más exigentes, tanto en las fases de diseño y como en las fases de producción. Es cierto que este tipo de proyectos navales, tanto en submarinos y en buques de superficie, son extensos y complejos, aunque tienen más recursos humanos. Pero, al final, el proyecto debe cumplir con las más estrictas normas y también con los presupuestos establecidos por los ministerios. Esta no es una tarea fácil, y es por eso que toda la ayuda en el control y supervisión del proceso es realmente bienvenido. Es en esta área de la construcción naval, donde las soluciones de Realidad Virtual han sido bien recibidas tiempo atrás. La aplicación de las tecnologías más avanzadas por lo general comienza en programas ambiciosos con grandes innovaciones y presupuestos. Ese es el caso de la aplicación de la realidad virtual en la construcción naval, porque no podemos olvidar que el tener una adecuada solución de Realidad Virtual es costoso, y que los proyectos militares a largo plazo son los que a priori tienen un mayor presupuesto para pagarlos.

Otro uso importante en torno a la construcción naval está en el lado del Ejército. El uso de la realidad virtual es una ventaja para el entrenamiento de la tripulación. En submarinos esto puede ser particularmente interesante para la falta de espacio. La simulación es otra importante actividad, ya que no sólo es muy difícil de mejorar algún tipo de operación en el interior de un submarino, sino que también en un buque de superficie. La ayuda de la realidad virtual para simular operaciones y desmantelamiento y las tareas de mantenimiento es incuestionable. Es por ello que aquí hay una gran área de mejora.

Inconvenientes y mejoras del uso de la herramienta de realidad virtual.

Desde otro punto de vista, todavía hay algunos inconvenientes a mencionar en torno al uso de este tipo de tecnología en la construcción naval. El más importante es el precio, ya que, un buen hardware suele ser caro, y hay que añadir los costes del software, la implementación, la formación, etc.

Otro inconveniente importante es la necesidad de disponer de un modelo 3D del buque bien de los barcos. A veces esto no es posible, porque hay varios sistemas CAD aplicados en el mismo proyecto, con la dificultad de tener sólo un modelo del buque con toda la información. Para evitar esta situación es mucho mejor el desarrollo del proyecto en su totalidad en el mismo CAD, o al menos contar con las herramientas necesarias para integrar la información en un visor compatible con todos ellos, lo que a veces resulta ser una tarea muy difícil.

Para ver ejemplos de algunas interferencias se muestran a continuación unas imágenes en las que se aprecian algunas de ellas en la que la tubería ha sido el elemento de intersección (ver Figuras 4-3, 4-4, 4-5, 4-6 y 4-7).

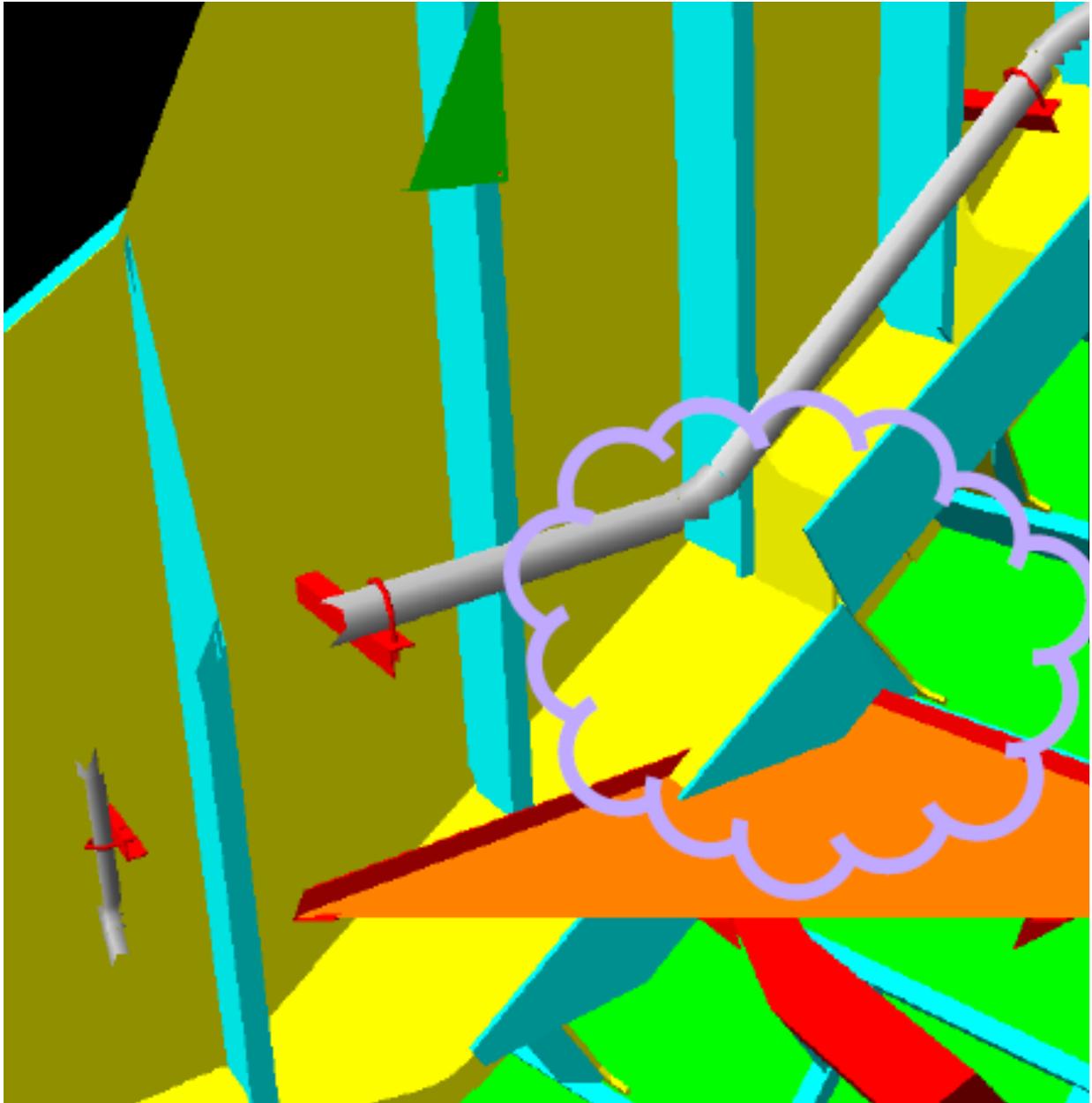


Figura 4-3: Interferencia de tubería con refuerzo vertical.

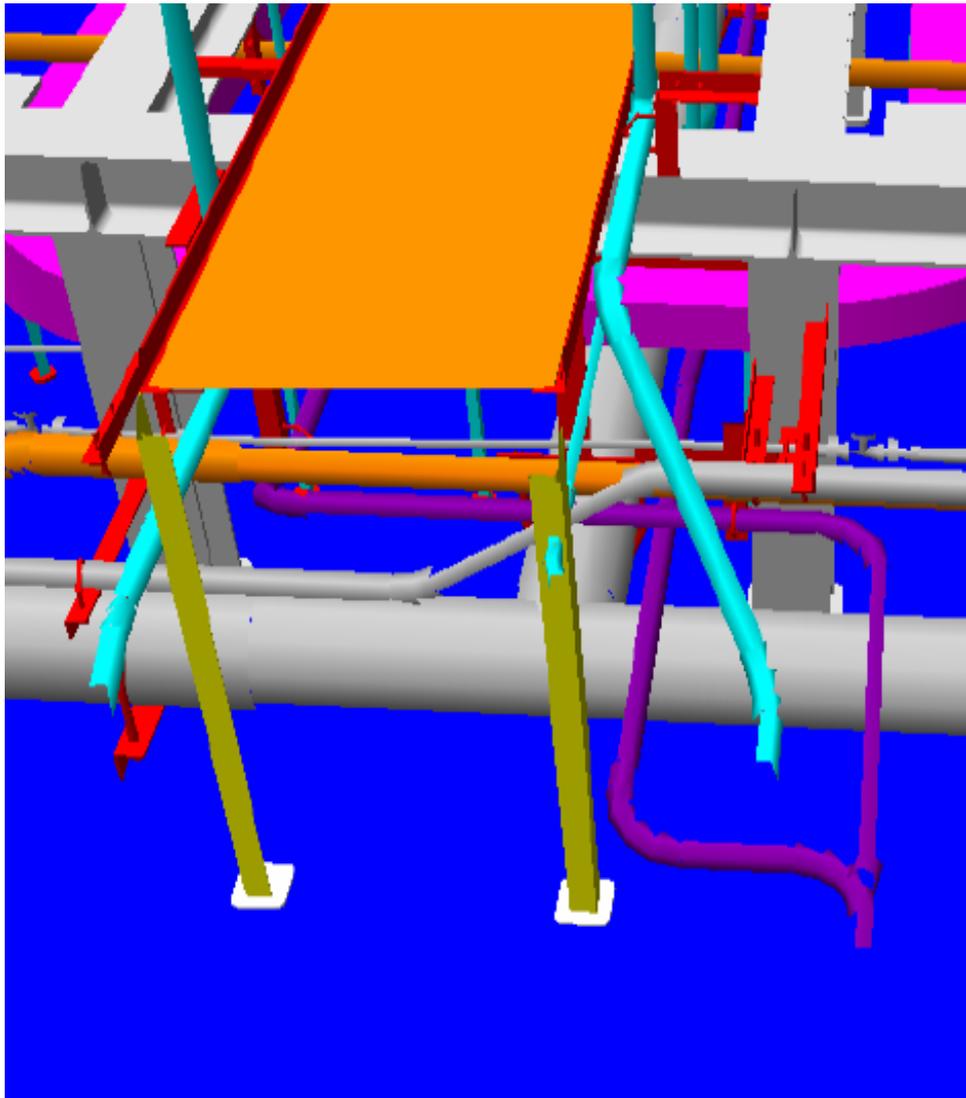


Figura 4-4: Interferencia de tubería con pata de tecele.

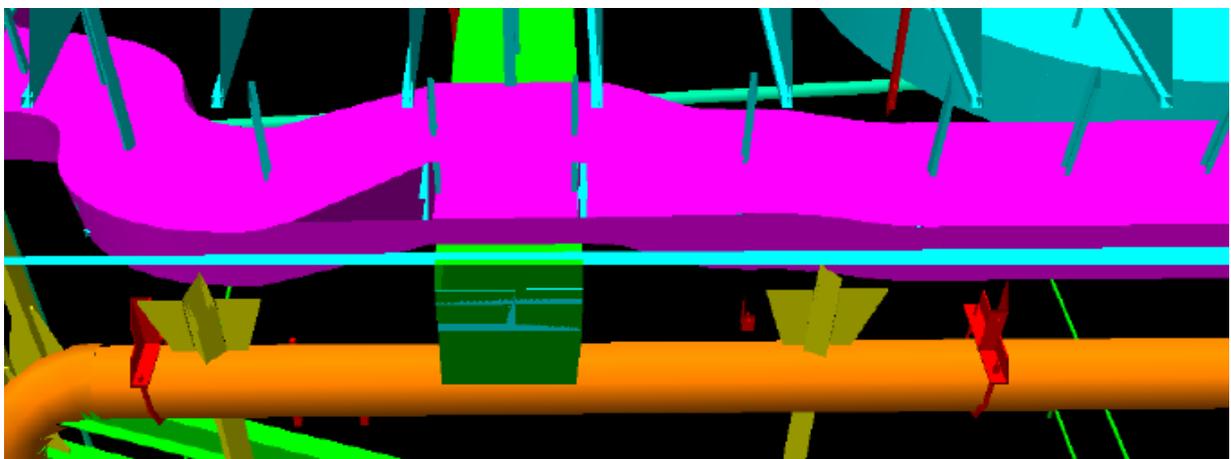


Figura 4-5: Interferencia de tubería con canalización eléctrica primaria.

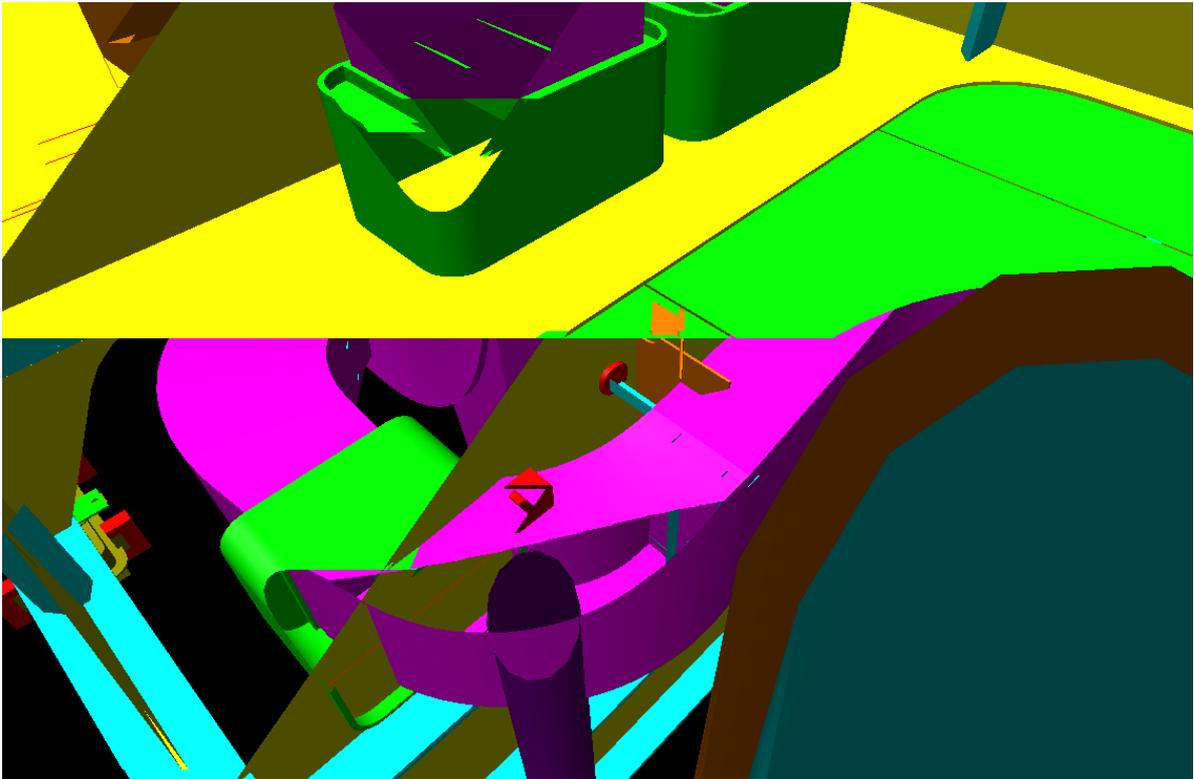


Figura 4-6: Interferencia de tubería con canalización eléctrica primaria.

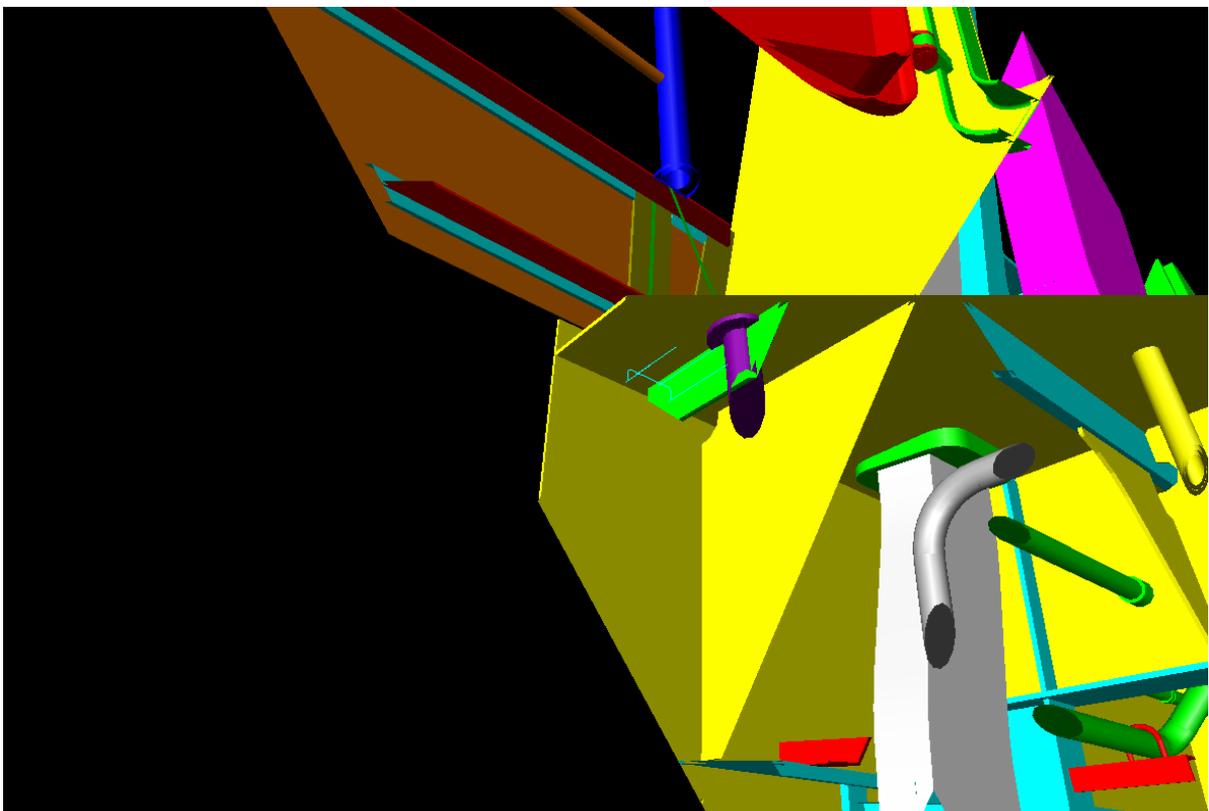


Figura 4-7: Interferencia de tubería (imbornal) con reforzado de Amura



4.1.9. Etapas de construcción y productos intermedios de los años 90.

Es entonces cuando surge la idea de partir al Buque en Productos intermedios, tan grandes como la capacidad de elevación disponible por el Astillero.

Se puede ver la construcción de un buque como una serie de “*momentos de oportunidad*”, llamados etapas, a través de las cuales pasan los Productos Intermedios (PI) hasta la completa finalización del buque. Se define momento de oportunidad como en nivel óptimo en el cual un trabajo debe ser llevado a cabo.

a) Definición de Producto Intermedio.

Los Productos Intermedios son unidades físicas resultantes de la subdivisión del buque y de sus sistemas en unidades cada vez menores. Estas unidades constituyen por sí solas e independientemente del resto un elemento claro y preciso a fabricar. En un sentido más amplio, un PI puede ser también el resultado de un proceso que se entrega a un Cliente Interno, por ejemplo, un sistema probado en el proceso de pruebas durante el armamento a flote.

La unión sucesiva de Productos Intermedios (de rango inferior o superior) generará el producto final, esto es, el buque. Por lo tanto y de manera general, se entiende la construcción de un buque como la sucesión de una serie de procesos que van recorriendo los PI's, hasta la completa realización del producto final, es decir del buque. Los PI's están organizados según un jerarquía lógica basada en como se ajustan dentro del proceso de producción. Los PI's están divididos en diferentes grupos o clasificaciones (en orden descendente). La construcción de un buque se puede dividir o clasificar en nueve niveles o etapas desde el inicio del proceso, cuando se fabrican los elementos más simples, hasta las pruebas finales de aceptación del buque por parte del cliente.

b) Productos Intermedios por Niveles de producción.

A continuación se describen los niveles que podríamos emplear en buques militares para conseguir el producto final a partir de los sucesivos productos intermedios:

Nivel 1: Fabricación de elementos simples – Es el primer nivel de Producción. La fabricación de elementos simples produce componentes para el buque que no pueden ser subdivididos en elementos de menor entidad. Son los PI's de más bajo nivel, como por ejemplo tubos, conductos, piezas simples de aceros, etc.

Nivel 2: Prefabricación de sub-bloques – Es el segundo nivel de Producción e incluye los procesos de unión y soldadura de las piezas simples de acero elaboradas en la etapa de nivel 1. El PI resultante es el sub-bloque.



Nivel 3: Prefabricación de bloques – Es el tercer nivel de Producción e incluye los procesos de unión y soldadura de las piezas simples de acero elaboradas en la etapa de nivel 1. El PI resultante son los bloques.

Nivel 4: Fabricación de módulos – La fabricación de módulos es el cuarto nivel de Producción. Los PI's resultantes son de distintos tipos como se definirá más adelante.

Nivel 5: Prearmamento de fase P1 – El quinto nivel de Producción es el prearmamento llamado de fase P1, el cual incluye la integración en bloques y sub-bloques de todos los elementos elaborados durante los niveles 1 y 3 y que requieren soldadura. Por ejemplo, tubería, conductos de ventilación soportes de equipos eléctrico, módulos de tuberías, etc. Los sub-bloques y bloques con prearmamento de fase P1 son los PI's en este nivel.

Nivel 6: Granallado y Pintado – El sexto nivel de Producción es el granallado y pintado de bloques, durante la cual tiene lugar la preparación de superficies y el pintado. En este nivel el bloque pintado es el PI.

Nivel 7: Prearmamento de fase P2 – El séptimo nivel de Producción es el prearmamento llamado de fase P2, claramente definido porque el trabajo llevado a cabo no necesita ser soldado. Por ejemplo, montaje de equipos, tendido de cables, aislamiento, módulos. Los sub-bloques y bloques con prearmamento de fase P2 son los Productos Intermedios en este nivel.

Nivel 8: Montaje de bloques en la grada y armamento de zonas – El octavo nivel de Producción es el montaje de bloques en la grada con alto contenido de prearmamento. Los bloques son montados en la grada y se van formando las zonas del buque. Se definen para esta etapa la instalación de los equipos propulsores (turbina de gas, motor propulsor, engranaje reductor), tendido de cables principales, acabado de sistemas y locales, etc. Las zonas de armamento son los PI's de este nivel.

Nivel 9: Armamento a flote – El noveno y último nivel de Producción es el armamento a flote. Se definen, principalmente, para este nivel el montaje de los equipos del Sistema de Combate y la realización de las funcionales de Sistemas y pruebas HAT y SAT. Uno de los PI's más relevantes de esta fase son las pruebas. El resultado de este último nivel es el buque terminado. En este nivel se diferencian dos sub-niveles:

- Acabado de la instalación, que es la última fase por zonas.
- Pruebas funcionales, que es por sistemas.



La jerarquía de los Productos intermedios por productos intermedios descrita anteriormente se muestra gráficamente en Figura 4-8 siguiente:

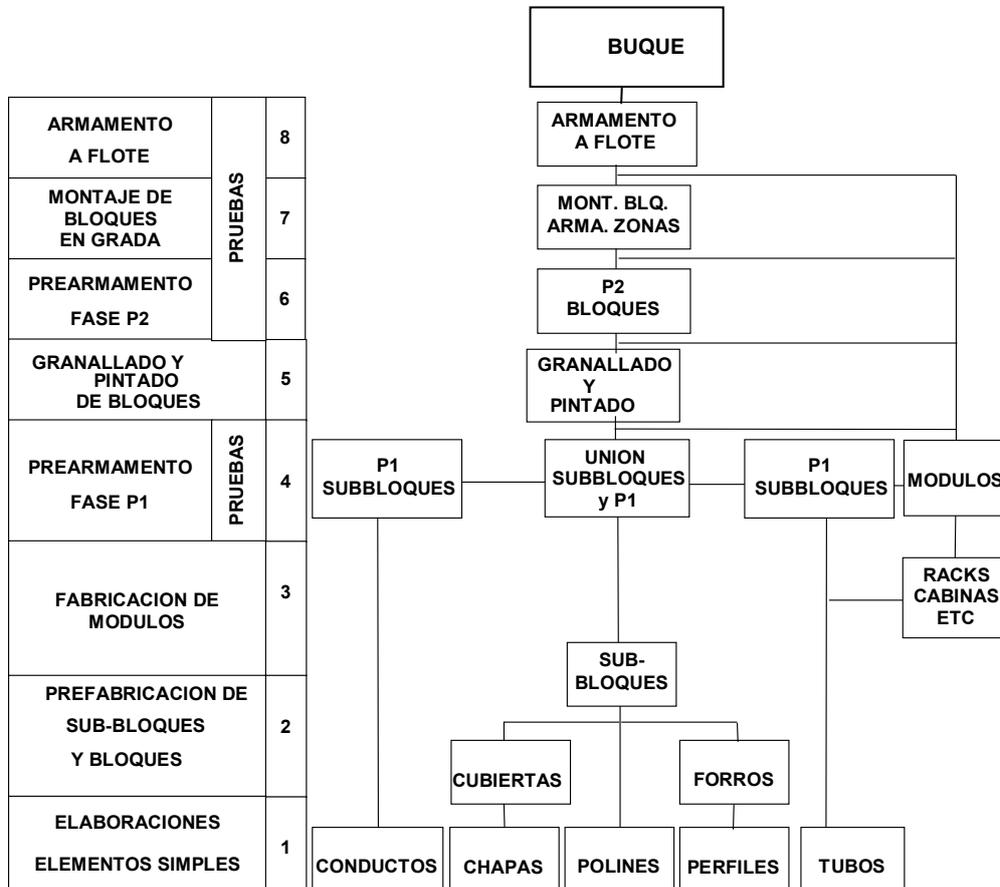


Figura 4-8: Jerarquía de los Productos Intermedios

c) Ejemplos de Productos Intermedios.

A continuación se describen algunos ejemplos de Productos Intermedios:

- **Bloque**, es el Producto Intermedio principal originado de la división del buque en estructuras tridimensionales sobre los que se basa gran parte de la Estrategia Constructiva del Astillero. La configuración de un bloque viene determinada por la estructura y el diseño del buque, las instalaciones del Astillero y el proceso de construcción y prearmamento. Las secuencias de construcción, prearmamento y montaje se construyen a partir de la definición de los bloques. La descomposición de un bloque en otros elementos más pequeños da lugar a los sub-bloques.

- **Módulo**, es un trozo del buque que incorpora materiales, accesorios y puede incluir equipos, con frecuencia montados sobre una bancada común, el cual puede ser montado como una unidad independiente. Los módulos son clasificados por su fabricación y por el contenido de trabajo. Hay cinco tipos de módulos:



Módulo de Taller, consiste en un conjunto formado por un entramado de ángulos de acero, en el que se instalarán las tuberías de los distintos servicios, así como polines, aparatos y tecles. Estos módulos integran diferentes sistemas funcionales.

Módulo de Equipo, formado por aparatos (bombas, filtros,...), con sus accesorios (válvulas, tubos,...) interconexionados entre si, incorpora también los cuadros de maniobra, aparatos de medición o control local. Este tipo de módulo pertenece a un mismo sistema funcional.

Módulo/Rack de Tubería, constituido únicamente por tuberías con sus accesorios, soportados sobre una bancada común.

Cabina Modular de Habilitación, formada por los mamparos que delimitan el local a modularizar (tipo de nido de abeja o de tipo sandwich de lana de roca), incorporando mobiliario y servicios (rociadores, tuberías, ventilación y alumbrado) y no llevan piso. Esta cabina modular puede complementarse con el módulo de aseo correspondiente, que sí incorpora un falso piso para acomodar los desagües.

Módulos electrónicos, los módulos electrónicos están formados por el sub-bloque estructural correspondiente, incluyendo el falso piso, totalmente prearmado, con el 100% del trabajo industrial terminado y todos los equipos (incluyendo la antena) instalados y conexionados. Los módulos son construidos así en el taller y trasladados al buque como si fueran super-equipos. El embarque podrá hacerse en cualquier momento, incluso antes de la botadura. La alineación final se hará con el buque a flote, en una condición de carga intermedia entre las condiciones de carga que va a tener el buque en servicio.

4.1.10. Prefabricación de tubería y módulos de los años 90.

A medida que aumenta la prefabricación de tubos y que mejoran las tolerancias de fabricación, aumenta el agrupamiento de tubos y otros elementos de armamento en módulo.

4.1.10.1. Concepto de Módulo

Como ya se ha explicado en el Apartado 4.1.9., se entiende por módulo a todo producto intermedio del armamento del buque definido expresamente como tal por la Oficina Técnica, independientemente de que su diseño, prefabricación y/o instalación



sea realizada por el astillero o por subcontratistas externos. Quedan excluidos, por tanto, los productos elaborados, equipos, etc suministrados por proveedores que no sean expresamente definidos como módulos.

4.1.10.2. Tipos de Módulos

Otra división más detalla en lo que a tipos de módulos se refiere podría ser la siguiente:

- Módulos de tubería.
 - Rack de tubería.
 - Colectores de tomas de mar.
 - Módulos de válvulas.
 - Paneles.
- Módulos de equipo.
- Módulos de falsos pisos.
- Módulos de habilitación.
 - Cabinas modulares.
 - Aseos modulares.
- Módulos de sistemas completos.
 - Ascensores y montacargas.
 - Hélices de proa.
 - Aletas estabilizadoras.
 - Puertas/rampa para vehículos.
 - Escala real.
 - (...)

A continuación, y por tratar el contenido de la Tesis de tubería, se describirán los módulos de tubería y se indicará una propuesta de las áreas a modularizar.

Módulos de Tubería: Son los que más importancia tienen para esta Tesis, además de que, en el Diseño de la tubería, se está tendiendo a realizar dichos conjuntos para ganar tiempo en producción. Puesto que las labores fabricación de dichos módulos en taller son menos costosas que el realizar la totalidad del trabajo que representa el módulo a bordo. Bajo esta denominación genérica se engloban diferentes tipos de módulos en los que los elementos más significativos son las tuberías, tanto por el número de elementos que integran como por la función que cumple el conjunto.

Se consideran los siguientes sub-tipos de módulos de tubería:

a) Racks de Tubería.

Son productos intermedios en los que se agrupa un conjunto de tubos que circulan paralelamente fijándose a una estructura de soporte común formada por perfiles metálicos (ver Figura 4-9). Incorporan también todos los accesorios propios de las tuberías (válvulas, filtros, etc) y si fuese necesario parte de los mamparos que atraviesen junto con los pasantes de tubería correspondientes. La fijación a la estructura de los módulos se realiza con uniones soldadas de los entramados de soporte. Los racks de tubería se han empleado tradicionalmente en techos de pasillos cuando el número de tubos que circulaban por ellos justificaba la solución.



Figura 4-9: Rack de tubería

Sería recomendable extender su uso a las áreas que se indican:

- Techo/mamparos del hangar.
- Techo/mamparos del dique/garaje de carga pesada.
- Cámaras de máquinas.

La instalación de estos módulos se realiza preferentemente durante el prearmamento de los bloques, generalmente durante la prefabricación de los sub-bloques en posición invertida. No resulta factible estandarizar este tipo de módulos, pero sería interesante estandarizar los componentes que los integren (entramados de soporte, elementos de fijación, etc), los detalles constructivos, etc.



b) Módulos de colectores de Tomas de Mar.

Son productos intermedios en los que se integran los tubos, accesorios (válvulas, filtros, etc), elementos de soporte, etc formando los colectores de interconexión entre tomas de mar. Su fijación a la estructura se realiza por la unión soldada de los soportes que integran. Dada la finalidad para la que están destinados, estos módulos se caracterizan por sus grandes dimensiones. Estos colectores se sitúan habitualmente en las cámaras de máquinas, y salvo excepciones no debería haber ningún inconveniente para que todos los colectores del buque fuesen modulares. Su instalación se realiza preferentemente durante la fase P1 del prearmamento de los bloques.

La estandarización de estos módulos no resulta demasiado factible, pero podría intentarse estandarizar los componentes que los integren (soportes, elementos de fijación, etc), los detalles constructivos, etc.

c) Módulos de válvulas.

Son productos intermedios en los que se integran varias válvulas (o accesorios similares) de los servicios del buque situadas muy próximas entre si, junto con los tubos a los que se conectan. Los tubos generalmente sirven además como soporte y elemento de conexión entre las válvulas y aportan consistencia al conjunto, aunque eventualmente puede existir un entramado de soporte. La fijación de estos módulos se realiza por conexión de sus tubos y/o válvulas a otros tubos del buque ya instalados (generalmente mediante uniones embridadas), o mediante algún elemento de soporte para fijación del conjunto directamente a la estructura. Su utilización debería ser extensiva a todo el buque, siempre que la solución esté justificada por el número de válvulas a integrar.

La instalación de estos módulos se realiza preferentemente durante el prearmamento de los bloques.

Las posibilidades de estandarización de estos módulos se centran en los componentes que los integren (soportes, elementos de fijación, etc), los detalles constructivos, etc.

d) Módulos de Paneles.

Son productos intermedios en los que sobre un panel generalmente metálico, se instalan un conjunto de tubos, mangueras flexibles, accesorios y aparatos diversos (válvulas, elementos de instrumentación, etc) con sus elementos de conexión y fijación al propio panel. El panel actúa como soporte de todos los elementos mencionados y a la vez como elemento de fijación del conjunto a la estructura del buque, que puede ser soldada o empernada a un polín. Este tipo de paneles ha sido utilizado habitualmente en construcciones anteriores aunque en muchos casos no se les daba el carácter de módulo. Algunos de los tipos utilizados hasta ahora han sido:

- Paneles de instrumentos (termómetros, manómetros, sensores, etc).
- Paneles de actuación de sistemas de contra incendios.



Se propone continuar utilizando este tipo de módulos de acuerdo con las tipologías mencionadas. La instalación de estos paneles se realizará preferentemente durante el prearmamento de los bloques. Las posibilidades de estandarización de estos módulos son muy altas. Podrían estandarizarse sus componentes, polines, detalles constructivos, etc, e incluso definirse un catálogo de paneles estándar.

4.1.10.3. Criterios para la definición de los Módulos.

Es necesario tener en cuenta los criterios que se indican a continuación en el momento de la definición y diseño de los elementos modulares.

a) Integración en las disposiciones y estructura.

Es necesario definir los elementos a modularizar desde las etapas iniciales del proyecto para poder integrar los módulos en las disposiciones de los locales y si fuese necesario en la estructura, en lugar de que, posteriormente, sea necesario definir el módulo en función de una disposición ya consolidada.

Este aspecto afecta especialmente a los módulos de equipos en cámaras de máquinas, módulos de habilitación, casetas modulares de superestructura, etc.

b) Integración de la instalación.

Para la definición de los módulos, especialmente aquellos de que puedan tener grandes dimensiones, se deberán tener en cuenta los condicionantes relativos a su instalación en lo referente a:

- Sistema previsto para el transporte de los módulos y su puesta en obra: rigidez del conjunto, facilidad de manejo, necesidad de elementos de maniobra específicos, etc.
- Etapa previsible de embarque y/o instalación en previsión de una mayor facilidad para su introducción en el buque, dimensiones máximas admisibles, etc.
- Secuencia de instalación. Cuando se instalan conjuntos de módulos (como en el caso de módulos de habilitación), la secuencia de instalación puede condicionar la posibilidad de modularizar una determinada zona.
- Sistema de fijación a la estructura.

Objetivo de la Modularización.

El objetivo de la modularización es la reducción de costes y del tiempo de construcción y se basa en dos importantes principios:

- Adelantar la mayor cantidad posible de trabajo a las etapas más tempranas de la fabricación de un buque, lo cual posibilitará desacoplar la construcción de los



módulos de la planificación del buque, lo que permite su comienzo en una fase mucho más temprana.

- Realizar el trabajo en talleres en las mejores condiciones de seguridad y ambiente, lo que proporcionará una mayor calidad y rendimiento.

Para ver lo explicado anteriormente, se ha plasmado en la Figura 4-10 abajo expuesta una estrategia a seguir a la hora de realizar los módulos en un local de Generadores de un buque y su puesta en práctica más tarde a la hora de diseñar (ver figuras 4-11 y 4-12).

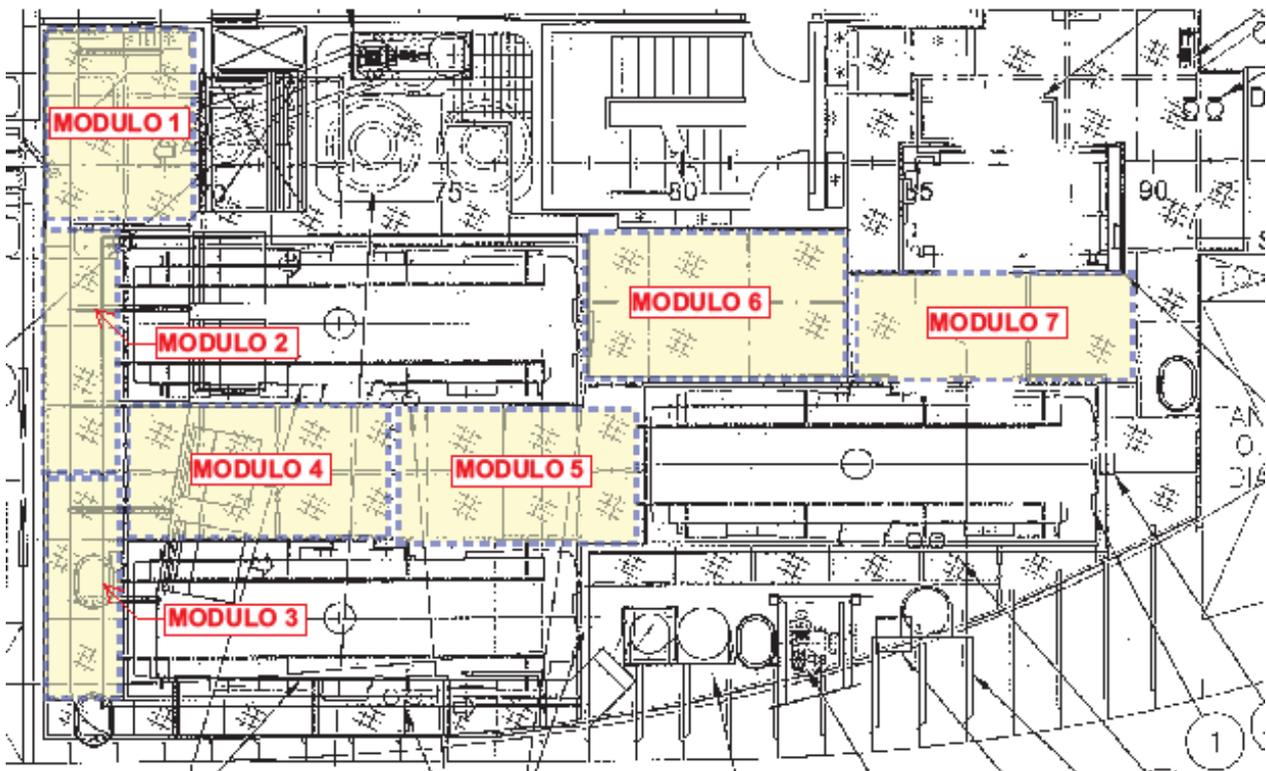
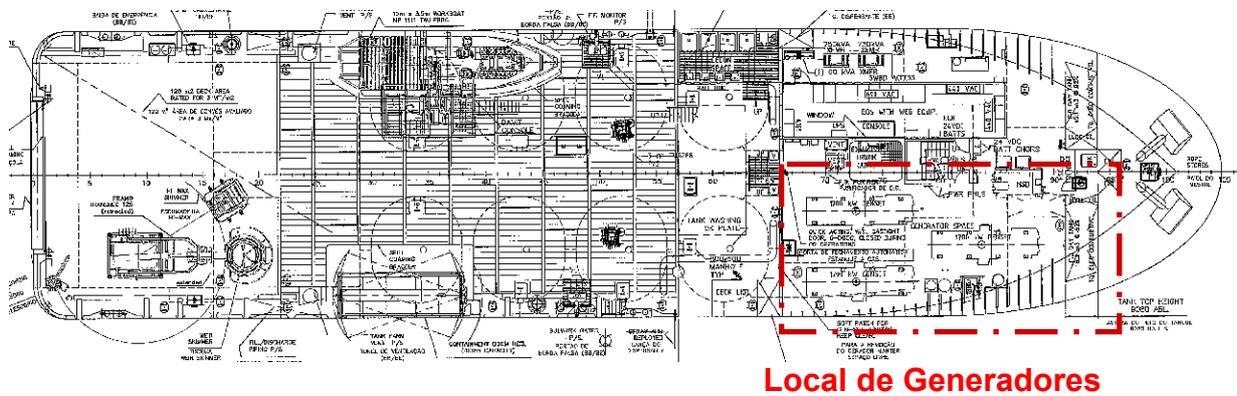


Figura 4-10: Estrategia inicial a seguir para la modularización de un local de Generadores.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

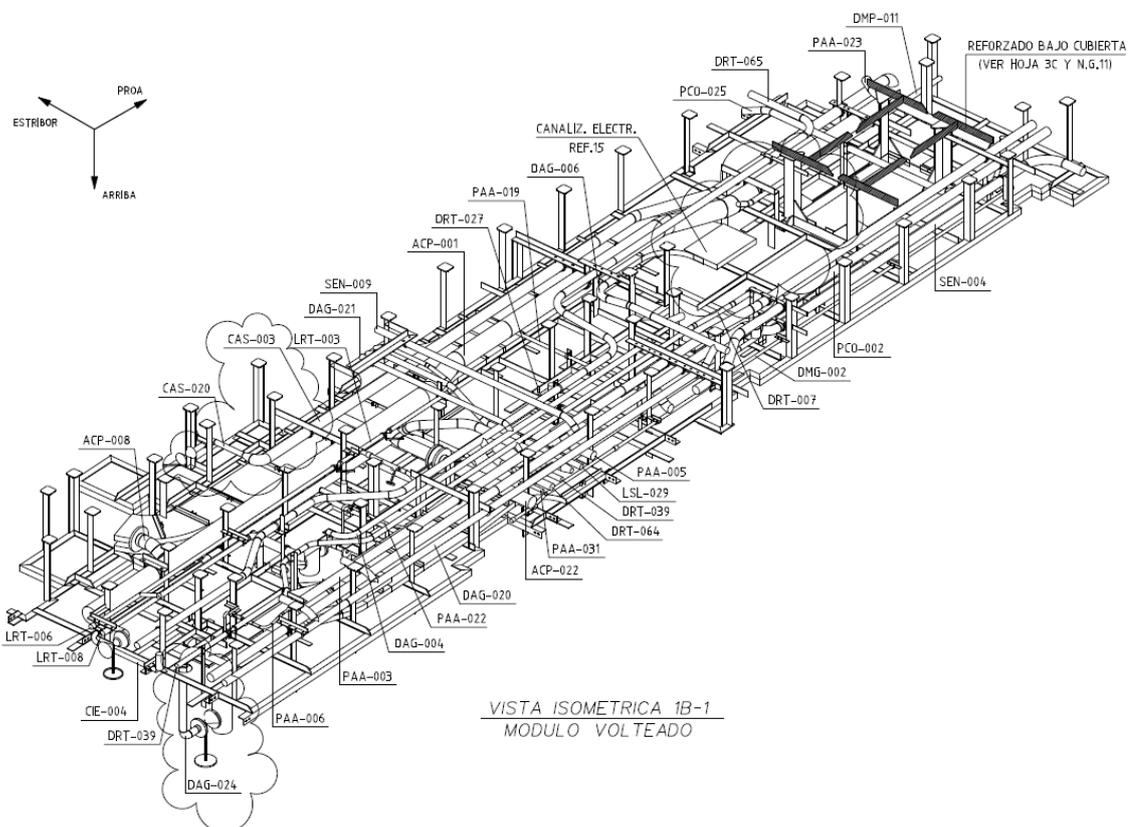
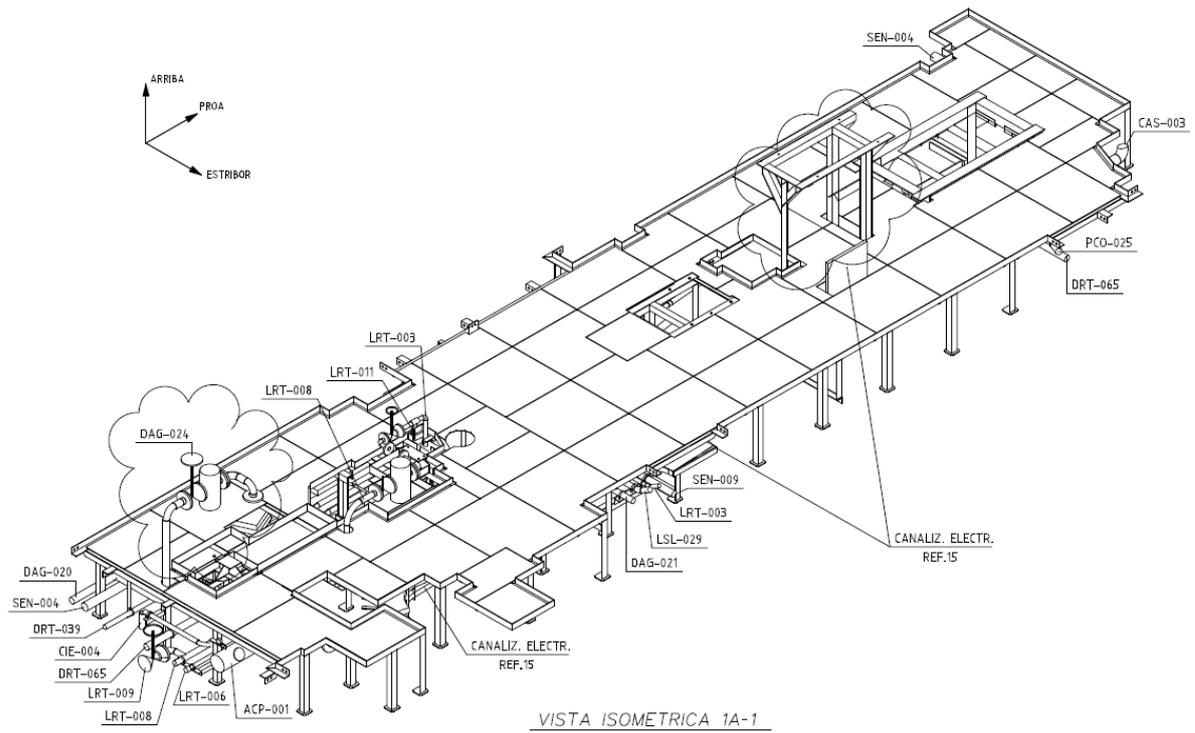
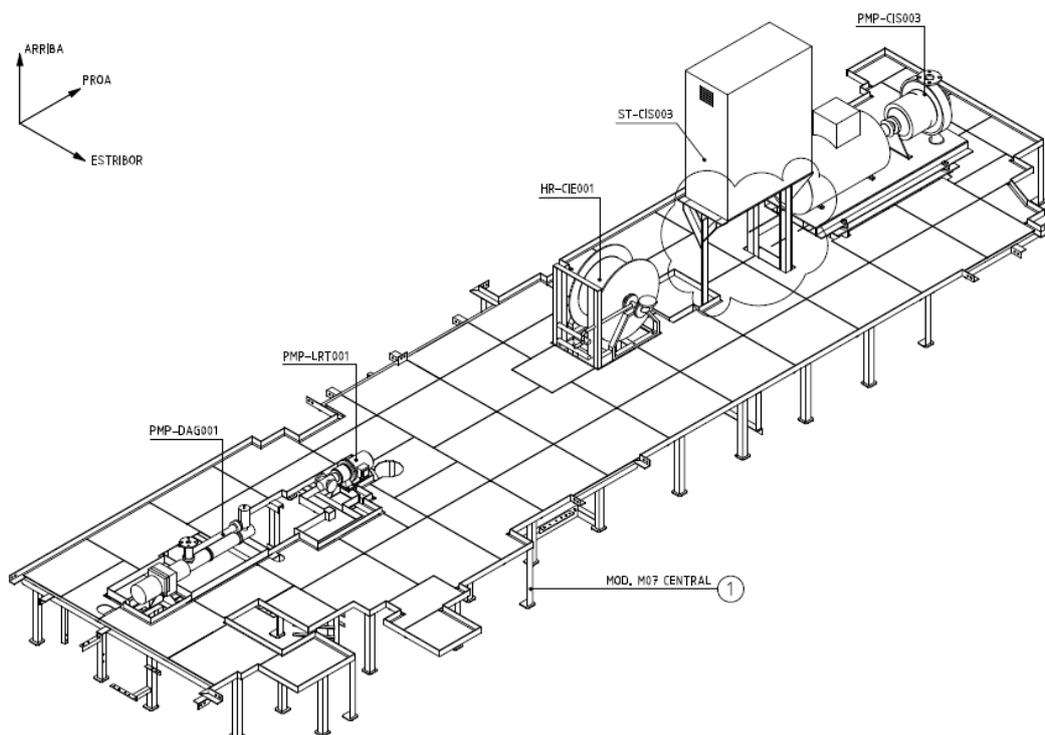


Figura 4-11: Imágenes de módulos de tubería en posición normal y en posición invertida - Tubería y Tecles.



VISTA ISOMETRICA 3D-1

Figura 4-12: Imagen de un módulo de Disposición de Estructura y Equipos

4.1.11. Armamento integrado (años 90 y año 2000 en adelante).

La metodología de trabajo adoptada desde principios de los 90 para buques cuyas dimensiones ya sean considerables, es la Construcción Integrada (C.I.) o Armamento Integrado. Esta metodología de trabajo persigue la realización de la construcción y armamento completo e independiente de productos intermedios que posteriormente se integran entre si conformando el buque (producto final). La aplicación de esta metodología se basa en la definición de una Estrategia Constructiva desde las etapas iniciales del programa y con el mayor grado de detalle posible, de este modo el diseño conceptual ya debe considerar aspectos de CI y tener la orientación a la producción. En ella se establece la partición del buque en áreas de trabajo y la definición de etapas de construcción, que combinados entre si, definen los productos intermedios a los que se asignarán los paquetes de trabajo. La clave por tanto, es planificar con la mayor precisión posible la ejecución de los trabajos identificados previamente.

El objetivo perseguido son los paquetes de trabajo para lograr con ello una mayor eficiencia tanto en calidad como en plazo y costes. Dentro de la filosofía de la Construcción Integrada, esta planificación de la construcción conlleva una planificación paralela del diseño y el aprovisionamiento.

La metodología de la Construcción Integrada se basa en los siguientes puntos fundamentales:



- El diseño de detalle y la preparación de las órdenes de trabajo debe estar orientado a los productos intermedios.
- El proceso de construcción se basa en el armamento por zona y etapa con:
 - Alto grado de prearmamento.
 - Extensa aplicación de módulos.
 - Finalización de trabajos por zonas.

- La estructura organizativa del Astillero debe estar organizada y apoyar esta metodología de construcción.
- El Aprovisionamiento debe estar plenamente integrado con objeto de una logística de materiales justo a tiempo.

Características Principales de la Construcción Integrada.

Para hacer operativa en grado máximo la C.I. es necesario definir e implantar los siguientes principios básicos:

a) Fabricación por familias.

Diseñar de forma que se pueda descomponer el producto final buque en Grupos de Familias de Productos Intermedios., tanto Estructurales como de Armamento, de acuerdo con sus características de Elaboración, material, tamaño y operaciones necesarias para producirlas, de forma que cada Grupo esté formado por P.I. con procesos de elaboración semejantes, que se fabrican en Líneas de Proceso fijas, tratando con ello de obtener el máximo rendimiento de la mano de obra así como de la maquinaria e instalaciones.

b) Estrategia Constructiva.

Planear la forma de construir y diseñar el buque desde su etapa de diseño conceptual, o lo que es lo mismo, la forma en la que se quiere construir el buque. La definición de la EC, es la base fundamental para poder planificar y dirigir organizadamente todas las actividades que afectan a la Producción, influyendo por lo tanto, en aspectos del Diseño, Materiales, Planificación y Calidad. La EC de un buque está formada por un conjunto de actividades que se refleja en una serie de documentos que definen la forma de diseñar y construir el buque. Estos documentos se realizan paralelamente a las diversas fases del Proyecto del buque, comenzando en la etapa de Diseño Conceptual y desarrollándose paulatinamente en el tiempo a medida que el Proyecto avanza.



c) Planificación Integrada.

Disponer de una planificación realizada antes del desarrollo del proyecto coherente con la Estrategia Constructiva. Esta planificación avanzada es primordial para poder realizar con éxito el Armamento por Zonas. La planificación debe relacionar las fechas de necesidad de la documentación técnica y los materiales con la fecha de realización de los trabajos correspondientes a cada Zona-Etapa. También debe establecer las cargas de trabajo para las diversas Unidades Productivas. La definición en la Estrategia Constructiva de los Paquetes de trabajo por ZONA/ETAPA/UNIDAD PRODUCTIVA permite una Planificación Operativa integrada entre las actividades de DISEÑO - APROVISIONAMIENTO - PRODUCCIÓN.

d) Construcción integrada por Zonas-Etapas.

La Construcción Integrada por Zonas-Etapa es la forma de aplicar las ventajas de la fabricación en serie a la construcción naval. Hay que definir Grupos de Trabajo Multifuncional en las diversas áreas del Astillero en espacios controlados, y con medios de producción y herramental específico, realizando repetidamente trabajos con procesos similares en una determinada Etapa y para unas determinadas Zonas (cada Zona tiene unas Etapas determinadas), o sea en Productos Intermedios semejantes.

e) Diseño orientado a la Producción.

Realizar un diseño orientado a la producción (producibilidad) y a sus líneas de proceso, potenciando el concepto de familias de Productos Intermedios según el Catálogo de P.I. existentes en cada Astillero. La documentación tiene que estar desarrollada por ZONAS (P.I. estructurales o Zonas Geográficas)/ETAPA/UNIDADES PRODUCTIVAS, de acuerdo con lo desarrollado en la Estrategia Constructiva del buque. Desde este punto de vista el diseño es la forma de documentar la Estrategia Constructiva. La organización de una Oficina Técnica que pertenece a un Astillero que realiza una Construcción Integrada debe favorecer el diseño orientado a los Productos Intermedios. En este tipo de organización los diseñadores recogen las actividades a realizar, según indica la Estrategia Constructiva, por ZONAS/ETAPA/UNIDAD PRODUCTIVA y guiados a su vez por planos de coordinación o control de diseño realizados en la fase de transición (durante el desarrollo del proyecto funcional y antes de iniciarse el proyecto de desarrollo) realizan los planos de construcción en la forma que la Construcción Integrada requiere.

f) Paquetes de trabajo por Zona-Etapa.

En la Construcción Integrada, el Paquete de Trabajo (P.T.), es el conjunto de las Órdenes de Trabajo que lleva un Producto Intermedio desde un determinado nivel a otro nivel inmediato superior añadiendo valor a la obra. A cada Zona-Etapa le corresponden uno, varias o ningún Paquete de Trabajo.



g) Grupos de Trabajo Multifuncionales.

Las características de los componentes de los Grupos de Trabajo que componen las Unidades Productivas son:

- Ser MULTIFUNCIONAL, es decir que sus componentes acepten la polivalencia que su formación les permite.
- Trabajar por objetivos de plazo, coste y calidad.
- Realizar un Autocontrol de la calidad, cumplimentando los Procedimientos definidos por el Astillero.

Aunque se debe tratar que los Grupos de Trabajo sean lo más estable posible, sus componentes aceptarán la movilidad a otras Unidades Productivas de acuerdo con las cargas de trabajo.

- La implantación en los Grupos de Trabajo del concepto de Cliente Interno: Cada Grupo de Trabajo debe finalizar los Productos Intermedios que ha de entregar al Grupo de Trabajo siguiente, en adecuadas condiciones de Plazo, Calidad y Grado de Finalización.

La finalidad última de los Grupos de Trabajo es llegar a convertirse en Círculos de Calidad, con capacidad de análisis de sus procesos de trabajo y consiguiente auto-mejora.

h) Aprovisionamientos.

La Construcción Integrada permite realizar mediante la Estrategia Constructiva una logística de materiales Justo a tiempo, al contemplar esta el momento de montaje de los diversos aparatos y equipos del buque, pudiendo de esta forma planificar las fechas de necesidad de las Especificaciones de compra cara a iniciar tempranamente las gestiones con los suministradores, en lo que respecta a información técnica y formalización de los pedidos. El resto de los materiales se puede estimar con suficiente fiabilidad, una vez definido el diseño funcional y ayudado por el diseño transicional (planos de coordinación o control de diseño) así como de datos estadísticos de otras construcciones. Esta primera aproximación se debe hacer a partir de los productos estandarizados; Esta estandarización es indispensable en la metodología de construcción que se está abordando para no poner en riesgo el proceso de entrega "justo a tiempo". Hay que tener especial cuidado con los materiales de importación o de largo plazo de entrega. Los pedidos a los suministradores de ciertos materiales puede realizar inicialmente condicionándolos a entregas parciales de acuerdo con la Estrategia Constructiva. En la Construcción Integrada los suministradores, a través de Aprovisionamientos, se convierten en colaboradores, aportando no solo materiales sino también ingeniería; como puede ser la necesaria para la construcción de ciertos módulos de equipos, cabinas modulares, etc.



i) Control Estadístico.

Las teorías sobre el control estadístico de los procesos permite decir a un Astillero que está fabricando por el método de Construcción Integrada.

4.1.12. Control estadístico de los procesos en la construcción integrada (finales de los años 90 y año 2000 en adelante).

Una vez implantado el diseño y la construcción por productos intermedios y agrupados los mismos por características afines de fabricación para ser realizados en las diversas líneas de Proceso, hay que conseguir que estas trabajen estabilizadas; es decir que los procesos estén bajo control estadístico. Una vez conseguido esto, el siguiente paso es ir optimizándolas. Las teorías sobre control estadístico de los procesos, es el método de análisis de los procesos productivos que nos permite detectar desviaciones, corregirlas y optimizar las Líneas de Proceso, con el consiguiente incremento continuado de la Productividad. Sus teorías sirven no solo para los procesos productivos, si no también para cualquier actividad (Realización de planos, trabajos administrativos, etc.), en la que esté establecida una cierta metodología.

Dentro de este apartado está el Control Dimensional, basado en métodos estadísticos, y que nos sirve para realizar el seguimiento y el control de las desviaciones de la exactitud dimensional de los Productos Intermedios Estructurales y de Armamento.

Mejora de la seguridad y de las condiciones de trabajo en Producción

Con el empleo de la Construcción Integrada, se desvían trabajos que tradicionalmente se realizaban a bordo a los talleres (Prefabricación de Módulos y Prearmamento en Bloques) se produce una mejora en las condiciones de trabajo a la vez que una disminución de la peligrosidad, con el consiguiente incremento de la productividad.

Calidad

La estabilidad de los procesos de producción en la Construcción Integrada requiere una uniformidad de Calidad en todas las etapas del proceso, de acuerdo con el concepto de Cliente interno.

4.1.13. Estrategia constructiva (años 90 y año 2000 en adelante).

4.1.13.1. Introducción a la Estrategia Constructiva.

La Construcción Integrada se basa en la Estrategia Constructiva o plan preestablecido con el cual el Astillero quiere construir el buque. Por lo tanto, la Estrategia Constructiva define, lo antes posible, la división del buque en productos intermedios y la clasificación del trabajo de producción en zonas y etapas. Las actividades de definición



de la Estrategia Constructiva se basan en la aplicación de técnicas de ingenierías concurrentes y de esta forma, después de un primer borrador realizado por el departamento de Ingeniería de Producción, basado en la experiencia alcanzada con buques anteriores, las peculiaridades de cada proyecto se añaden por medio de debates/discusiones en los cuales participan todos los departamentos involucrados: Planificación, Producción, Oficina Técnica, Aprovisionamientos y Calidad.

El proceso de definición de la Estrategia Constructiva consta de los siguientes procesos:

- División del buque en bloques y división de cada bloque en productos estructurales intermedios (sub-bloques).
- Preparación del Programa de Fabricación y Montaje de Bloques, que se convierte en referencia permanente y base de información provisional para todos los esfuerzos de programación (planos, pedidos, órdenes de trabajo, etc.) que deben hacerse en el Astillero hasta que tenga lugar la botadura del buque.
- Realización de la lista preliminar de planos desde dos aspectos fundamentales:
 - Organización de los planos.
 - Fechas de necesidad de los planos de producción.
- Programa de necesidad de equipos principales.
- Definición de la Estrategia Constructiva Básica.
- Análisis detallado de los trabajos necesarios para la construcción del buque (tipo de documentación necesaria, división del trabajo por zonas, decisiones sobre productos intermedios que deben utilizarse, aberturas provisionales en el casco y rutas de montaje de equipos).
- Identificación y definición de tareas, agrupación de las mismas en Ordenes de Trabajo y reparto del presupuesto con objeto de establecer el Presupuesto "0" para el Control de Obra.
- Actualización periódica de la documentación de definición de la Estrategia Constructiva, que cubra las variaciones entre un buque de la clase y otro, así como cualquier otra mejora que se considere necesaria.

4.1.13.2. Estrategia Constructiva para Tuberías.

Desde el punto de vista de la estrategia constructiva, se establece la siguiente clasificación de los sistemas de tubería:



- Tuberías en general. Incluye la tubería de todos los sistemas del buque excepto los mencionados en los apartados siguientes. Dentro la tubería general, se pueden identificar los siguientes sub-tipos:
 - Tubería interna. Se considera tubería interna toda aquella que circula por el interior de los tanques.
 - Tubería de cierre. Se considera tubería de cierre la situada en áreas de unión entre bloques.
 - Tubería de conexión a equipos. Se contempla, dentro de este grupo, los tramos de tubos y conexiones flexibles que conectan con los equipos, así como el conexionado de las bandejas de derrames.
- Tubería de purgas de condensado de equipos CVAA.
- Tubería de sistemas hidráulicos.
- Tubería neumática y termoneumática.
- Tubería hidráulica de accionamiento de válvulas de cierre rápido.
- Tubería en espacios sanitarios, incluyendo la grifería y elementos similares.
- Tubería en duchas de estaciones de descontaminación.

La tubería se clasifica en cuanto al proceso de fabricación en:

- **FA:** tubos de fabricación anticipada. Fabricación en el taller, previamente al montaje. Geometría definida en las isométricas de elaboración.
- **FASL:** tubos de fabricación anticipada con sobrelargo. Se destinan a corregir las diferencias que tengan que absorberse en obra. Fabricación en el taller previamente al montaje, pero con sobrelargo en los extremos para permitir su ajuste durante la instalación. Geometría definida en las isométricas de elaboración, que contemplan el sobrelargo.
- **CPB:** tubo a comprobar plantilla en obra. Se usan para cierres entre bloques y conexión con equipos. Fabricación en taller previamente al montaje. Geometría definida preliminarmente en las isométricas de fabricación, pero requiere comprobar en obra la geometría definitiva.
- **FB:** tubos de fabricación en obra. Fabricación en obra durante el montaje. La geometría puede estar definida en la isométrica de elaboración o no estar definida (planos esquemáticos o planos de disposición de tubería sin isométrica). Es el caso de la tubería tipo Blucher (ver Figura 4-13) y la tubería termoneumática, por ejemplo.



Figura 4-13: Tubería tipo Blucher

4.1.13.3. Estrategia Constructiva para Elaboraciones y Prefabricaciones de Tubería.

Excepto las tuberías FB, que se fabrican a bordo, los tubos tienen un proceso de fabricación previo al montaje.

El proceso de elaboración de la tubería contempla:

- Recepción, selección e identificación del material en taller.
- Cortes/ curvado y desengrasado.
- Conformado y soldadura.
- Limpieza y protección.

Las elaboraciones de componentes se realizarán tomando como referencia el momento de instalación. Se contemplan tres fases de elaboración con paquetes de fabricación separados:

- Elaboraciones para prearmamento fase 1.
- Elaboraciones para prearmamento fase 2.
- Elaboraciones de armamento en trabajos de uniones en grada y zona.

Los soportes estándar se adquirirán como material comercial. La elaboración de los soportes múltiples y los soportes especiales se considerará como una operación asociada al montaje de la tubería.



4.1.13.4. Estrategia Constructiva para Prearmamento Fase 1 de Tubería.

Durante esta fase se desarrollarán las actividades relacionadas con las tuberías que se indican a continuación:

- Instalación completa de tubería general, excepto los sub-tipos de tubería de cierre y conexiones a equipos.
- Instalación de tubería interna.
- Instalación de soportes y penetraciones de tubería hidráulica.
- Instalación de soportes y penetraciones para tubería neumática y tubería termoneumática.
- Instalación de tubería hidráulica para válvulas de cierre rápido, soportes y penetraciones así como la instalación de los soportes para las unidades de accionamiento.

Se buscará aprovechar la posición más favorable del bloque para realizar los trabajos.

La tubería situada bajo cubierta o en mamparos, se instalará preferentemente en posición invertida.

La tubería de unión entre sub-bloques se instalará una vez que la unión estructural esté suficientemente avanzada. Se realizará en posición normal o invertida en función de cómo se realice la unión.

Se iniciará la instalación de la tubería interna de doble fondo con anticipación suficiente para permitir que se completen los trabajos antes del forrado del casco (cierre del tanque).

Durante el prearmamento fase 1 se presentará la tubería de los sistemas hidráulicos para situar e instalar los soportes y penetraciones. Una vez instalados se desmontará la tubería que se almacenará hasta el momento de su instalación definitiva.

Para la instalación de soportes y penetraciones de la tubería neumática, termoneumática y del sistema hidráulico de accionamiento de válvulas de cierre rápido, se realizará un trazado previo en el bloque.

Para facilitar las tareas de chorreado y pintado, se desmontarán temporalmente los tramos que fuesen necesarios para acceder a zonas ocultas por la tubería, reponiéndose tan pronto como sea posible.

4.1.13.5. Estrategia Constructiva para Chorreado y Pintado de Tubería.

Al inicio de esta etapa se protegerán los accesorios y los extremos abiertos de las tuberías. Se mantendrán protegido durante todo el proceso. No se chorreará la tubería de CuNi, acero galvanizado ni acero inoxidable (incluyendo tubería tipo Blucher).



Cuando se encuentre instalada tubería de alguno de estos materiales, se protegerá adecuadamente del chorreado.

Se podrán pintar, por razones estéticas, aquellos tramos de los materiales mencionados en el párrafo anterior que se considere conveniente. De manera general, no será necesario pintar los tramos de tubería que se encuentren sobre falsos techos y detrás de forros decorativos.

4.1.13.6. Estrategia Constructiva para Prearmamento Fase 2 de Tubería.

Se reinstalará la tubería desmontada temporalmente previamente al chorreado y pintado. Durante esta fase se iniciará la instalación de la tubería de conexión a equipos (equipos instalados durante P2), incluyendo el conexionado de bandejas de derrames y conexiones flexibles cuando corresponda. Estos trabajos continuarán en fases posteriores.

4.1.13.7. Estrategia Constructiva para Trabajos de Uniones de Tubería.

Durante los trabajos de unión entre bloques (en grada o durante la formación de grandes bloques) se realizará la instalación de la tubería de cierre entre bloques.

4.1.13.8. Estrategia Constructiva para Trabajos en Zona de Tubería.

Durante esta fase se desarrollarán las actividades relacionadas con las tuberías que se indican a continuación:

- Instalación de tubería de conexionado a equipos que no se haya instalado previamente, así como los soportes necesarios.
- Instalación de purgas de condensado para equipos de CVAA.
- Instalación de tubería de sistemas hidráulicos.
- Instalación de tubería neumática y termoneumática.
- Instalación del sistema hidráulico de accionamiento de cierre rápido de válvulas, incluidas unidades de accionamiento.
- Instalación de tubería y accesorios de espacios sanitarios.
- Instalación de tubería de duchas en estaciones de descontaminación.

Se instalará definitivamente, durante esta fase, la tubería de los sistemas hidráulicos.

El montaje de las tuberías que se indican en la tabla siguiente (Tabla 4-1) está condicionado por los sistemas/ equipos/ elementos que se detallan. Una vez



instalados dichos sistemas/ equipos/ elementos, se instalarán las tuberías correspondientes.

Clasificación	Montaje condicionado por
Tubería de Conexionado a equipos	Equipos a los que conexas Sistema de tubería asociados al equipo
Purgas de Aire Acondicionado	Equipos de aire acondicionado relacionados Sistema de evacuación asociado al equipo
Tubería Termoneumática	Panel de válvulas
Tubería y Accesorios de espacios sanitarios	Aparatos Sanitarios
Tubería de duchas en estaciones de descontaminación	Instalación de piso y forro de las estaciones de descontaminación

Tabla 4-1: Secuencia de Montaje de Tubería

4.1.13.9. Estrategia Constructiva para Trabajos a nivel de buque y sistema de Tubería.

Una vez completada la instalación del sistema de tubería, se realizarán las pruebas hidráulicas y la limpieza en los sistemas que lo requieran. Estas pruebas se podrán realizar dividiendo los sistemas por partes, no siendo necesario hacerlas sobre los sistemas al completo. La limpieza de los sistemas se realiza una vez finalizada la prueba hidráulica y con el sistema completo.

4.1.13.10. Estrategia Constructiva para Puntos Críticos en la definición de la Estrategia Constructiva de Detalle por productos intermedios de Tubería.

- Dimensiones de los tubos. Es necesario comprobar que las dimensiones de los tubos permiten un embarque e instalación adecuado según la estrategia prevista.
- Cuando la instalación de tuberías esté condicionada por otras tareas, se establecerán las secuencias apropiadas.

4.1.13.11. Estrategia Constructiva para Módulos de Taller.

Excepto donde se indique lo contrario, el centro de Tuberos será el área del Astillero responsable de los trabajos relacionados con:



- Elaboración de tubería.
- Preinstalación de tubería en los módulos durante su prefabricación.
- Instalación de módulos a bordo (excepto módulos de equipo).
- Conexión de tuberías a los servicios del buque durante la instalación de módulos.

Excepto donde se indique lo contrario, el centro de Aceros será el área del Astillero responsable de los trabajos relacionados con:

- Elaboración y prefabricación de los entramados y polines para módulos de equipo.
- Instalación de polines y reforzados para módulos de equipo.

Excepto donde se indique lo contrario, el centro de Monturas será el área del Astillero responsable de los trabajos relacionados con:

- Preinstalación de equipos durante prefabricación de los módulos de equipo.
- Montaje a bordo de módulos de equipo.

Excepto donde se indique lo contrario, el centro de Pintores será el área del Astillero responsable de los trabajos relacionados con:

- Pintado de módulos o componentes durante la prefabricación de los módulos.

El taller de Módulos será el centro del Astillero en el que se realizará la prefabricación de los módulos, siendo responsable de la coordinación de las actividades que contemplen.

4.1.13.12. Estrategia Constructiva para Trabajos de Elaboración y Prefabricación de Módulos de Taller.

Los módulos de taller requieren unos procesos de elaboración y prefabricación previos a su instalación. Para ello, primeramente se elaboran los componentes necesarios (tuberías, entramados, etc.) y posteriormente se ensamblan.

Las tareas de elaboración que se desarrollan durante esta etapa son:

- Elaboración de tubería (para más información sobre el proceso de fabricación de tubería, ver el punto 4.1.13.2).
- Elaboración y prefabricación de entramados y polines para módulos de equipo.



Los paneles base para los módulos tipo panel se adquirirán como productos elaborados por lo que no está prevista ninguna tarea de fabricación por parte del Astillero.

La tubería para los paneles, por ser de pequeño diámetro no requiere elaboración anticipada.

Las tareas que se desarrollan durante la prefabricación de los módulos son:

- Prefabricación de soportes múltiples para módulos tipo rack.
- Preinstalación de tubería y accesorios (válvulas, etc) en los módulos.
- Preinstalación de equipos en módulos de equipo.
- Pintado de módulos o componentes.

Los trabajos de pintado de módulos, durante esta fase, comprenden el pintado de componentes en paneles y módulos de equipo, el pintado de zonas de difícil acceso, cuando sea requerido, en módulos tipo rack y colectores, y el imprimado de soportes múltiples, entramados y polines.

4.1.13.13. Estrategia Constructiva para Trabajos de Prearmamento Fase 1 de Módulos de Taller.

Durante el prearmamento fase 1 se realizan las siguientes tareas:

- Instalación de módulos tipo rack.
- Instalación de polines y reforzados para módulos de equipo con fijación emperrada a la estructura (cuando existan).
- Conexión de tuberías de los módulos a los servicios del buque.

Excepto donde se indique lo contrario, la instalación será completa y no se montarán los módulos o componentes afectados por uniones.

Se aprovechará la posición invertida de los subbloques para la instalación de elementos a techo y la parte alta de los mamparos (ver Figura 4-14), especialmente módulos tipo rack y reforzados bajo cubierta.

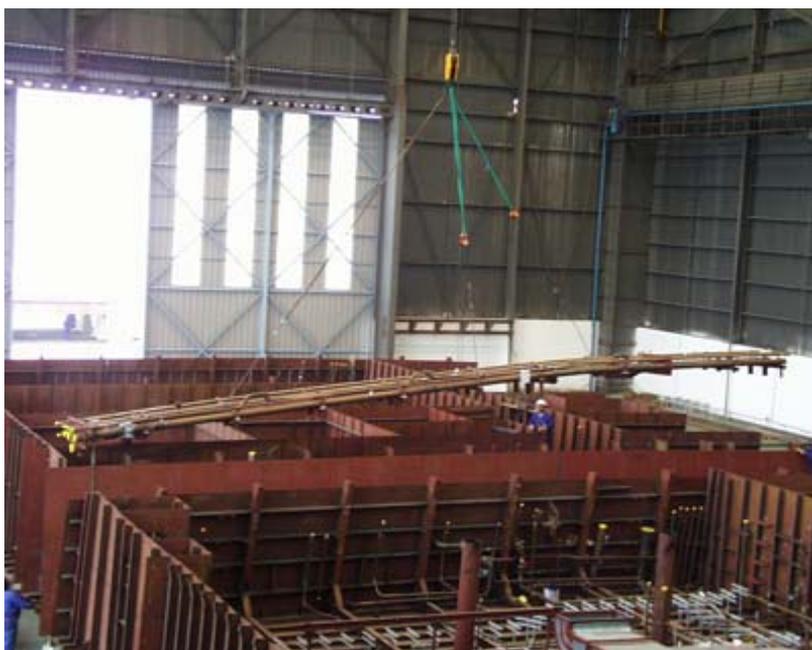


Figura 4-14: Montaje de Rack de Tubería

4.1.13.14. Estrategia Constructiva para Trabajos de Chorreado y Pintado de Módulos de Taller.

Previamente al inicio del chorreado se protegerán adecuadamente los componentes instalados en los paneles que se hayan instalado durante el prearmamento fase 1.

Para la protección de tubería o accesorios de los módulos instalados durante prearmamento fase 1 ver punto 4.1.13.2.de Tubería.

4.1.13.15. Estrategia Constructiva para Trabajos de Parmamento Fase 2 de Módulos de Taller.

Durante el prearmamento fase 2 se realizan las siguientes tareas:

- Instalación de módulos tipo panel.
- Instalación de módulos de equipo.
- Conexionado de tuberías de los módulos a los servicios del buque.

Excepto donde se indique lo contrario, la instalación será completa.

No se montarán los módulos o componentes afectados por uniones ni los módulos de equipo situados sobre la cubierta superior de los bloques.

En el caso de los módulos de equipo con fijación soldada a la estructura y módulos tipo panel, durante su instalación se protegerán adecuadamente los elementos



dispuestos en las proximidades para evitar causarles daños, llegando si fuese necesario a desmontarlos temporalmente.

4.1.13.16. Estrategia Constructiva para Trabajos en Uniones de Módulos de Taller.

Durante los trabajos de unión entre bloques (en grada o durante la formación de grandes bloques) se realizarán las tareas que se indican:

- Instalación de módulos afectados por uniones de bloques.
- Instalación de módulos de equipo situados sobre la cubierta superior de los bloques.
- Excepto donde se indique lo contrario, la instalación será completa.

Excepto donde se indique lo contrario, la instalación será completa. Una vez instalados los módulos, en los módulos de equipo y módulos tipo panel se protegerán adecuadamente los equipos, accesorios, etc que se puedan ver afectados por los trabajos industriales asociados a la unión. El embarque de los módulos se coordinará con la maniobra de montaje de los bloques.

Generalmente los módulos deberán ser embarcados previamente a la realización de la unión y estibados temporalmente en las proximidades de su situación definitiva mientras se completan los trabajos de unión estructural.

4.1.13.17. Puntos críticos en la definición de la Estrategia Constructiva de Detalle por productos intermedios.

Durante la definición de la Estrategia Constructiva de Detalle por productos intermedios se realizarán las tareas que se indican a continuación:

- Identificar el tipo de módulo.
- Identificar módulos que con unión empernada a la estructura diferenciándolos de los que tienen unión soldada.
- Identificar los módulos cuya instalación esté afectada por uniones de bloques.
- Identificar los módulos que puedan resultar críticos para el embarque por sus dimensiones o peso y definir las rutas y secuencias de embarque apropiadas.
- Analizar el aumento de peso de armamento que supone la instalación de los módulos de cara a la maniobra de montaje en grada de los bloques, por si pudiese poner en riesgo dicha maniobra.



4.1.14. Gestión del ciclo de vida del producto: PLM (Product Lifecycle Management) – El Futuro

En la humilde opinión del autor, la gestión del Ciclo de Vida del Producto debe ser el futuro de la Construcción Naval en lo que a gestión de la información se refiere.

4.1.14.1. Definición de un Sistema PML.

El PLM (Product Lifecycle Management) es una solución informática empresarial que permite implementar una estrategia de gestión de toda la información relacionada con el producto, desde la primera idea hasta su retirada del mercado.

Es preciso remarcar que PLM no es tanto una tecnología o sistema informático como una estrategia que saca provecho de esta tecnología, en la que los procesos son tan importantes como los datos que se gestionan.

Los sistemas PLM integran las islas de información existentes en las empresas, provocadas por unos procesos secuenciales, fragmentados, basados en papeles y archivos desperdigados con mucha intervención manual. Sin PLM, los lanzamientos de nuevos productos son lentos, consumidores de recursos que son escasos, tienen poca visibilidad, y son difíciles de gestionar y controlar.

4.1.14.2. Utilidad de un PLM en empresas de Construcción Naval.

Un sistema PLM sirve para:

- Centralizar y organizar todos los datos del producto (buque).
- Gestionar formalmente los proyectos de diseño y desarrollo de productos.
- Integrar los procesos de diseño con los de industrialización y producción.

En virtud de esto, un PLM permite tener bajo control y optimizar todos los procesos relacionados con el diseño y lanzamiento a producción de un nuevo producto (el buque), así como los posteriores cambios durante toda su vida.

El PLM contribuye a mejorar substancialmente la innovación de producto, los procesos de desarrollo y los de ingeniería y, como consecuencia, aumentar las ventas y reducir el coste del producto.

Es importante entender que el PLM sirve para funciones muy diferentes del ERP. Con el ERP se gestiona el capital físico (activos tangibles) de la empresa, mientras que el PLM gestiona el capital intelectual (activos intangibles). Ambos son necesarios y complementarios. Con un PLM gestionamos toda la información “virtual” del producto, y con el ERP gestionamos los productos “reales”. La frontera acostumbra a estar en el momento de la liberación para la producción. Por ejemplo, con el PLM podremos



gestionar las sucesivas versiones de las tuberías y listas de materiales del buque en sus fases de desarrollo, y sólo cuando éste sea liberado para producción los datos del trabajo de tubería serán transmitidos al ERP, para hacer las compras y la planificación de la producción. El sistema PLM mantiene el histórico de la evolución del producto, respondiendo a las preguntas de “quién, qué, cuando, porqué, cómo”, y el ERP acostumbra a tener sólo la visión en un cierto instante: “ahora y aquí”.

4.1.14.3. Relación del PLM con la Innovación.

La innovación supera cualquier otra estrategia cuando se trata de ganar mercados o crear otros nuevos. Un producto innovador en un nuevo mercado no tendrá competidores y la empresa trabajará con márgenes generosos. Es la situación ideal, en la que se maximizan simultáneamente la rentabilidad de la empresa y la penetración en un determinado mercado.

Los sistemas PLM son la herramienta fundamental que permite a la empresa establecer y aplicar con éxito estrategias de innovación, puesto que van dirigidos a la mejora radical de los procesos que forman parte del corazón de la empresa: el desarrollo de nuevos productos y su puesta en el mercado.

Por su naturaleza, el PLM consolida y facilita el acceso al conocimiento. Toda la información de los productos y procesos queda almacenada en un sistema que está siempre a disposición de todas las personas.

El PLM mejora muy notablemente los siguientes puntos:

- *La reutilización del conocimiento:* Por conocimiento podemos entender la información que queda a disposición de la empresa de entre toda la que las personas van creando en su trabajo diario. Cuando una empresa se plantea diseñar un nuevo producto o una mejora sobre uno ya existente tiene inmediatamente accesible todo su conocimiento en forma de archivo histórico de diseños y lecciones aprendidas. Permite recuperar fácilmente proyectos anteriores y estudiar alternativas y evoluciones con mucha agilidad. También fomenta la reutilización de componentes y modelos ya probados, ahorrando prototipos y pruebas.
- *La colaboración:* PLM permite trabajar concurrente y armónicamente sobre un mismo proyecto a todas las personas involucradas, de todos los departamentos, tanto local como remotamente. Facilita la participación de los clientes y de los proveedores y pone en común los mejores talentos de la empresa. Con PLM se pueden tomar decisiones más fundamentadas ya desde las primeras fases del diseño, en las que se fijan las características del producto y quedan comprometidos los costes del proyecto.
- *Los resultados son:* Productos más innovadores, Superior calidad, Cumplimiento de normativas, El “time to market” se acorta notablemente, Incremento de los ingresos (ver Gráfico 4-1).

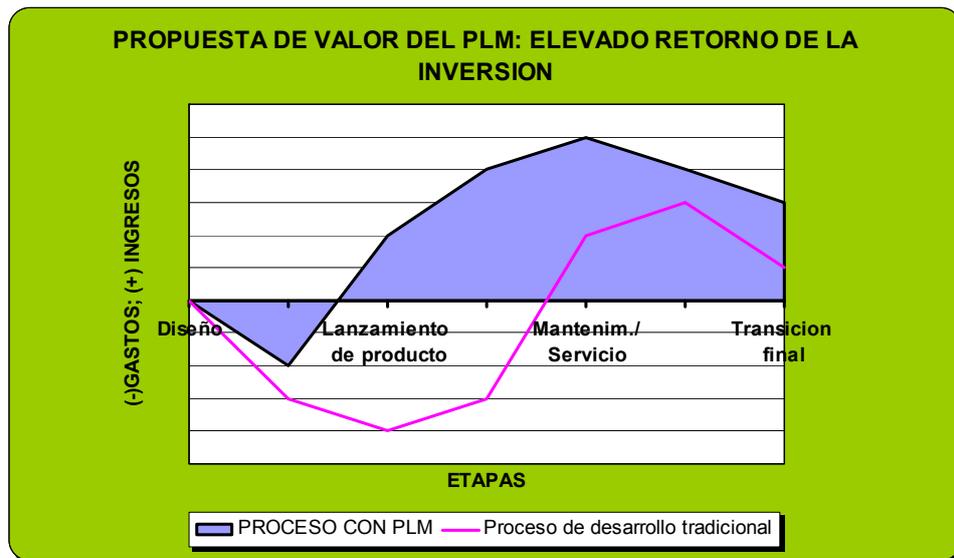


Gráfico 4-1: Propuesta de valor del PLM

4.1.14.4. Características y funciones de un sistema PLM de Ingeniería.

a) Arquitectura de un sistema PLM.

Los sistemas PLM tienen una arquitectura informática del tipo cliente-servidor, aunque en las últimas generaciones se observa una creciente presencia de arquitecturas puramente web.

- *El servidor.* En el servidor opera una base de datos relacional en la que se almacena y gestiona toda la información.

- *Los clientes:* El acceso para los usuarios al servidor se hace mediante una aplicación cliente instalada en los ordenadores personales. Este acceso puede hacerse tanto vía red local como remotamente vía web. Las aplicaciones (CAD, ofimática, etc.) que generan la información que se quiere gestionar están integradas con el PLM.

Así, en el sistema PLM se guardan automáticamente todos los archivos generados por las numerosas aplicaciones informáticas y que de otra forma acostumbran a estar diseminados y desprotegidos por las carpetas y discos de los diversos ordenadores y servidores. De la misma manera, cuando se quiere consultar, visualizar o recuperar cualquier información, ésta se busca en el sistema PLM.

- *El hardware:* Se requiere un servidor las características del cual dependerán del volumen de documentación a gestionar y del número de usuarios del sistema, pero nada especialmente diferente a otros sistemas de gestión empresarial². En cuanto a los PCs clientes, se utilizan los mismos que ya tienen los usuarios para sus tareas habituales.



b) La información gestionada.

Los sistemas PLM son muy flexibles. En la base de datos del servidor (llamada vault o caja fuerte) se archivan objetos de información de todo tipo, sin limitación. La estructura de información que ofrecen los sistemas PLM es muy rica y se puede adaptar a las necesidades y procesos de cualquier empresa.

Una característica fundamental es que cada objeto de información está guardado sólo una única vez en el sistema, lo que se conoce como “dato único”. Cuando este objeto tiene que formar parte de una nueva estructura, grupo o proyecto se establece un vínculo entre su ubicación lógica original y el nuevo lugar en el que se utiliza, de manera que nunca se duplica.

En Ingeniería la parte de ingeniería hace referencia a la información relacionada con los productos físicos (materiales, productos y referencias) los cuales en el PLM se llaman ítems.

Con un sistema PLM, la estructura del producto y los ítems que lo componen son creados por los ingenieros en el propio sistema PLM, tarea para la cual ofrece funciones especializadas.

Esta estructura es más completa que la de diseño y está orientada a las compras y a la planificación de la producción. También se gestionan las distintas configuraciones de la estructura del producto, opciones y variantes, así como otros objetos de ingeniería como los resultados de análisis, simulación y validación. Para eliminar tareas manuales de transferencia de información, habitualmente se conectan los sistemas PLM con los ERP, transfiriéndoles automáticamente la estructura de producto del PLM para acelerar el lanzamiento a producción.

c) Principales funciones de un sistema PLM.

Las primeras funciones de un sistema PLM son las que se enuncian a continuación:

- *Almacenar, organizar y proteger los datos:* El PLM agrupa todos los datos del producto en un servidor único. Los datos dejan de estar dispersos entre las carpetas de Windows. Organiza los documentos de una forma estandarizada, por criterios lógicos simultáneos tales como proyectos, productos o clientes.
- *Gestionar los documentos y sus cambios:* Gestionar los documentos: entre otras funciones, el PLM graba los documentos en la base de datos, lo que permite buscar y recuperarlos, crear versiones o validarlas. Por documento se entiende cualquier objeto creado por el usuario con una aplicación informática. Este puede ser, por ejemplo, un texto de ofimática, un modelo hecho con un sistema de CAD 3D, o el diseño de una placa electrónica.
- *Gestionar los cambios:* es una función fundamental del PLM que permite la completa trazabilidad de la historia de los documentos. Éstos pasarán por diferentes etapas en su ciclo de vida, tales como: borrador, revisado, aprobado y obsoleto. Se controla qué se puede hacer con un documento en función de su estado. Se guardan todas las versiones y su historial, así como los detalles de los cambios (quién, cuándo, porqué).



- *Buscar y recuperar la información:* Con el PLM, los usuarios tienen a su disposición potentes mecanismos que permiten encontrar instantáneamente cualquier documento o conjunto de los mismos. Una vez encontrado un documento se puede conocer y recorrer ágilmente toda la estructura documental relacionada.

Por ejemplo, a partir de un plano encontrar la pieza y, a partir de la misma, los conjuntos a los cuales pertenece.

- *Compartir datos con usuarios de forma controlada:* El PLM permite que varios usuarios puedan acceder a un mismo documento simultáneamente de manera que se evite el riesgo de sobrescribirlo.

- *Ejecutar procesos y flujos de trabajo (workflows):* Los sistemas PLM ayudan a ejecutar y controlar los diferentes procesos que los usuarios tienen que hacer con la información. Permiten definir fácilmente y de forma gráfica un flujo de trabajo, indicando las tareas a realizar, las personas que tienen que participar y las reglas de negocio a cumplir. Un flujo de trabajo habitual es la gestión del cambio de diseño de una pieza.

- *Visualizar datos y documentos:* En un sistema PLM se puede visualizar cualquier documento sin que el usuario tenga instalada la aplicación que se usó para crearlo. No se permite ningún tipo de manipulación, pero habitualmente disponen de funciones de comentario y marcaje para poder opinar e informar sobre el contenido.

- *Crear, clasificar y gestionar artículos:* Es una prestación fundamental y necesaria de un sistema PLM, ya que no basta con gestionar documentos, sino que éstos han de estar relacionados con los ítems o productos físicos a los que hacen referencia. Haciendo uso de esta prestación, los usuarios crean los artículos y los vinculan con los documentos; estos vínculos se mantienen cuando el artículo se utiliza en un nuevo proyecto o estructura, de manera que la estructura documental y la de producto estará siempre en sincronía. Esta es una característica que diferencia claramente los Sistemas PLM de los llamados Sistemas de Gestión Documental, los cuales, al no gestionar ítems, no pueden establecer vínculos entre documentos y artículos.

- *Crear estructuras y listas de materiales:* Una vez creados los artículos, el PLM permite que los ingenieros los relacionen entre ellos, conformando la estructura del producto a diversos niveles. Después, se pueden derivar múltiples vistas adicionales: la vista de producción, la de compras, la de mantenimiento. En un producto multidisciplinar, la estructura incluirá todo tipo de artículos: mecánicos, eléctricos, electrónicos, software, etc. También se pueden crear estructuras con opciones y variantes según criterios de configuración.

Habitualmente se dispone de funcionalidades para comparar dos estructuras entre sí, o interrogar dónde se utiliza un determinado artículo o grupo. Esto permite valorar el impacto de un cambio de ingeniería. También se pueden generar todo tipo de informes como las listas de materiales.

- *Integrar la información de ingeniería con otros sistemas y procesos informáticos empresariales:* Los sistemas PLM ofrecen funciones de exportación de la información generada para que sea utilizada por los otros sistemas de la empresa. La aplicación más relevante es la de transferir automáticamente los ítems, estructuras y listas de materiales al sistema de gestión a fin de hacerlas accesibles a los departamentos de compras y producción. Sin PLM, éste es un proceso sin ningún de valor añadido, que

habitualmente se hace de forma manual, lo que puede causar graves errores en las fases productivas posteriores (ver Figura 4-15).

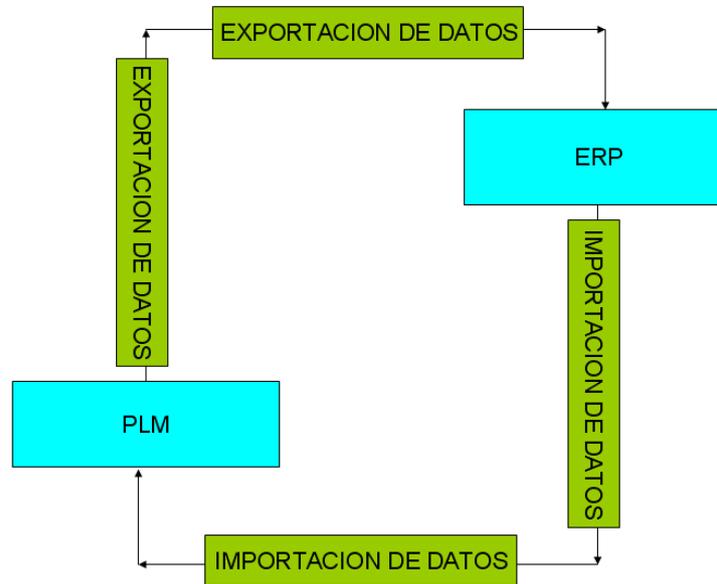


Figura 4-15: Integración entre PLM y ERP intercambiando artículos y Estructuras

4.1.14.5. Evaluaciones a realizar a la hora de implantar un sistema PLM.

Encontrar y evaluar un sistema PLM que sirva las necesidades de una empresa a corto y largo plazo puede ser una tarea larga y compleja si no se hace con una adecuada metodología. Hay que escoger correctamente el software y la empresa que lo implante. Para una industria que tiene producto propio, el PLM afecta a procesos fundamentales. Hacerlo bien significa obtener un rápido retorno de la inversión y elevadas ganancias durante muchos años. Hacerlo mal significará incurrir en gastos no previstos, retrasos en la implementación, insatisfacción y rechazo de los usuarios, y puede que repetir el mismo proceso a medio plazo para enmendar la decisión incorrecta.

4.1.14.6. Sistemas PML adaptables a la Construcción Naval – PDM (Product Data Management).

El implantar un sistema PML para la construcción Naval puede ser un excelente soporte a las necesidades de los ingenieros y participantes en los procesos de diseño y definición del producto previo al lanzamiento a producción además de una muy buena integración con las herramientas de CAD y de creación de información.

Es un soporte adecuado a los procesos posteriores, así como un foco en los procesos posteriores al lanzamiento a producción y en la logística de la cadena de suministro, con menor soporte a los procesos de ingeniería y de creación de información.



Su objetivo inicial fue solucionar la problemática de gestión de datos de diseño (PDM, Product Data Management) y con los años han evolucionado en funcionalidad y prestaciones hasta convertirse en potentes sistemas PLM. Entre éstos se encuentran los productos Enovia Smarteam y Enovia V6 (Dassault Systèmes), Teamcenter (Siemens PLM) y Windchill (PTC). Ofrecen una funcionalidad modular y pueden crecer a medida que la empresa lo requiera. Casi todos tienen configuraciones tanto para PYME como para gran empresa. Son productos especialmente adecuados para los sectores de productos discretos y dan muy buen soporte y flexibilidad a los procesos de ingeniería. Disponen de funciones de integración con sistemas. También ofrecen módulos específicos para los sectores de consumo, proceso, moda, vestido y calzado.

4.1.14.7. Elección de un PLM.

La elección de la metodología de implantación de un sistema PLM es una decisión muy importante, tanto o más que la propia elección del sistema.

- *Preparación:* La implantación de un sistema PLM requiere planificación y aplicar metodología de gestión de proyectos. No es esencialmente un proyecto informático, aunque el aspecto informático es relevante. Es necesario determinar los objetivos a alcanzar: describir las cosas “cómo son ahora”, y definir “cómo tendrán que ser” una vez el sistema esté en producción. También se deberá escoger cuál es el mejor momento para hacer la implantación. Las épocas de baja actividad son muy adecuadas, pues hay disponibilidad de recursos humanos.

- *El equipo del proyecto:* Se preparará un equipo formado por personal interno y externo, este último del consultor de implementación. El equipo interno se formará con miembros de todos los departamentos involucrados en la futura explotación del sistema. Estas personas tendrán un buen conocimiento de los procesos y necesidades de la empresa.

La elección del consultor externo es un aspecto crítico. El consultor tendrá conocimientos contrastados de la tecnología PLM y de los procesos industriales, y deberá acreditar experiencia en implantaciones similares.

- *Implementación por fases:* Un proyecto PLM puede llegar a ser de gran alcance, según el tamaño de la empresa y las áreas de aplicación (ver Tabla 4-2).

Cronograma de implantación PLM típico en una PYME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Fase 0: Analisis																										
Fase 1: Gestión de CAD, planos y modelos 3D																										
Fase 2: Gestión de items, estructuras y configuraciones																										
Fase 3: Conexión con ERP																										
Fase 4: Gestión de proyectos y otros documentos																										
Fase 5: Gestión de procesos (Workflows)																										

Tabla 4-2: Cronograma de implantación de un PML en una PYME



Es muy recomendable una implementación gradual por fases, las cuales se definirán en función de los objetivos a alcanzar. Es necesario hacer una aproximación pragmática: pensar a largo plazo pero ejecutar en pequeñas fases bien controladas. Una implementación por fases minimiza los riesgos y facilita la aceptación de los usuarios. Los beneficios obtenidos en alcanzar una fase serán el impulso para desplegar la siguiente. Por lo que, a la vista del gráfico anterior podemos ver que en un periodo de 23 semanas (5-6 meses aprox.) podremos tener implantado un PLM en una PYME.

4.1.14.8. Beneficios de implantar un PLM.

A continuación se citarán los Beneficios de implantar un PLM, dentro de los que tendremos; beneficios en la ejecución del negocio, beneficios para la propia organización que implanta el PLM, beneficios para los usuarios que emplean el PLM, beneficios para el producto a comercializar o servicio a ofrecer por la empresa que implanta el PLM.

a) Beneficios en la ejecución del negocio.

Los beneficios que un PLM tiene a la hora de la ejecución del negocio los podemos resumir en los siguientes:

- Disminuye los costes gracias a un mejor acceso a datos coherentes.
- Aumenta las oportunidades de negocio.
- Fomenta la innovación, la predictibilidad, la flexibilidad y una mejor gestión.
- Mejora la calidad.
- Aumenta la velocidad del negocio y la respuesta a los cambios del mercado: lanzamientos de producto y lanzamientos a producción.
- Ayuda a cumplir las normas industriales y las regulaciones gubernamentales.
- Mantiene la trazabilidad de las acciones.

Ver Gráfico 4-2 abajo expuesto.

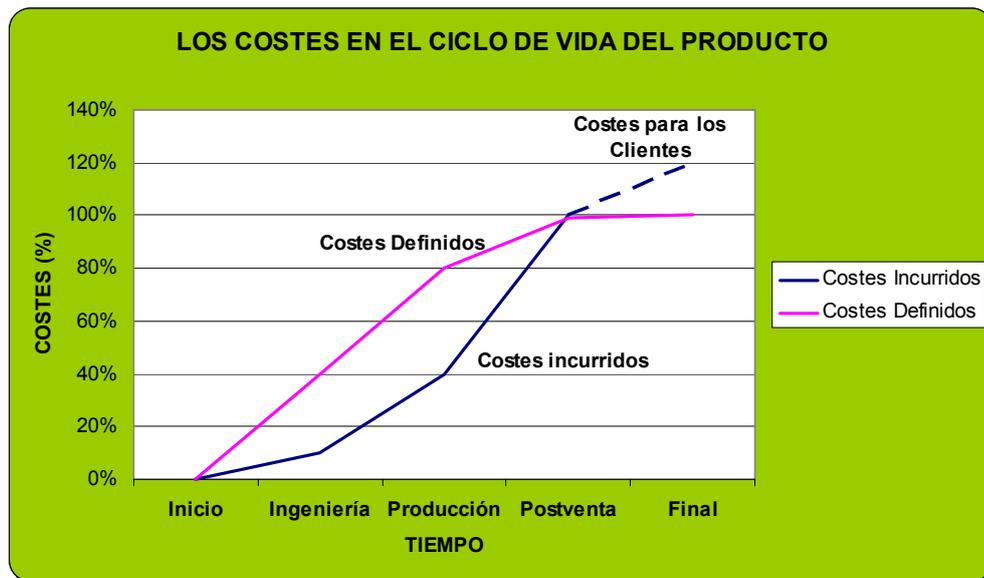


Gráfico 4-2: Costes del Ciclo de Vida del Producto.

El PLM ayuda a explorar alternativas de diseño e ingeniería al principio de la vida de un producto. En las etapas iniciales hacer un cambio tiene un coste muy bajo, pero impacta decisivamente sobre los costes futuros. Hacer cambios una vez está lanzado el producto supone costes muy elevados para la empresa y los clientes.

b) Beneficios para la organización.

Los beneficios que un PLM tiene para cualquier organización empresarial podrían resumirse en los siguientes:

- Elimina las barreras geográficas y facilita la internacionalización.
- Ayuda a hacer cambios en la organización.
- Facilita la subcontratación y la participación de proveedores en los procesos.
- Fomenta que los proyectistas reutilicen componentes, diseños y procesos.
- Consolida el conocimiento de toda la organización, tanto de datos como de procesos.
- Disminuye el riesgo de perder conocimiento cuando se marcha personal.
- Facilita la rápida incorporación de nuevas personas al ofrecerles un entorno de trabajo organizado.
- Maximiza las inversiones hechas en otros sistemas informáticos.
- Aumenta la seguridad en el acceso y protección de los datos.



c) Beneficios para los usuarios.

Los beneficios que un PLM tiene para los usuarios los podemos resumir en los siguientes:

- Encuentran en el PLM todos los datos que necesitan.
- Ofrece una interfaz de acceso común a todos los datos.
- Cohesiona personas, datos y procesos.
- Proporciona mayores recursos a los trabajadores.
- Reduce la ejecución de tareas administrativas.
- Reduce las posibilidades de trabajar sobre datos que están siendo modificados por otros.

d) Beneficios para el producto o servicio.

Los beneficios que un PLM tiene para el propio producto o servicio que este ofrece los podemos resumir en los siguientes:

- Fomenta la reutilización de componentes estándar y de diseños anteriores.
- Facilita la definición y gestión modular del producto.
- Reduce los cementerios de piezas y recambios obsoletos.
- Permite aumentar la complejidad del producto de forma controlada.
- Facilita la extensión de la cartera de productos.
- Gestiona las estructuras del producto, las versiones y las configuraciones.
- Mejora la respuesta a las solicitudes de los clientes.
- Facilita las mejoras del producto en las primeras etapas del diseño.
- Disminuye los errores en las configuraciones y listas de materiales, reduciendo su impacto una vez el producto ha sido lanzado a producción.
- Acorta los plazos de entrega.
- Gestiona todos los datos del producto durante todo su ciclo de vida.

En la última década, las herramientas PLM (Product Lifecycle Management) están ayudando a todos los sectores productivos a ser más efectivos. Desde que en los años 80 se empezó a generalizar el uso de herramientas CAD (Computer Aided Design) para acortar el tiempo de diseño de los productos, el Time-to-market se ha reducido drásticamente, al tiempo que la complejidad de los productos se ha ido incrementando más y más.

Las herramientas PLM permiten gestionar los datos del producto desde la fase inicial de diseño del producto hasta la fase final de producción y mantenimiento. El uso de estas herramientas es imprescindible en los sectores de automoción y aeronáutica,



donde el volumen de datos creados que se deben gestionar, el número de personas que participan en el diseño de producto y fabricación es muy alto e incluso de diferentes países, con un nivel de especificación alto y con una tendencia cada vez mayor a subcontratar paquetes completos.

El proceso comienza con la gestión de los requerimientos y especificaciones del producto. Con las herramientas de simulación de fluidos y aerodinámica, se definen como serán las superficies del barco, especialmente de los elementos sustentadores y estabilizadores, lo que permite tener un primer modelo del buque. A partir de ahí la creación de maqueta digital durante la fase de diseño preliminar, directamente en 3D con las herramientas CAD, permite empezar a realizar la reserva de espacios para las diferentes estructuras y sistemas de los que se compondrá el buque. Más tarde, el cálculo por elementos finitos y el diseño de detalle terminarán definiendo la forma, material y comportamiento de cada uno de los elementos del buque.

Pero no solo hay que definir (diseñar) lo qué se va a fabricar. También es necesario diseñar cómo y con qué recursos se va a fabricar. La Ingeniería de fabricación debe definir el utillaje necesario para fabricar todas las piezas así como el proceso productivo, instrucciones de trabajo detalladas para la fabricación de los diferentes componentes del buque. Por último, se realiza la definición del proceso de ensamblaje final de los bloques del buque, donde se unirán las diferentes partes sub-bloques.

Todo el proceso se realiza con herramientas informáticas en 3D, y es un proceso iterativo de ingeniería concurrente, en el que los diferentes departamentos de funcional, diseño preliminar, diseño detallado, cálculo, ingeniería de fabricación, ingeniería logística, ingeniería de procesos, etc., utilizan un mismo modelo digital del producto, proceso y recursos que permite analizar, evaluar e integrar las necesidades de cada uno de estos departamentos durante todas las fases de diseño y fabricación del buque y trabajar sobre unos mismos datos.

Las herramientas PLM son herramientas de diseño (CAD), Simulación (CAE, CFE), fabricación (CAM), gestión de datos (PDM/MDM) pero también son herramientas de integración de todas ellas y de sus datos para permitir la ingeniería colaborativa, mediante el acceso a la maqueta digital de todos los actores implicados, en el momento y lugar adecuados, con los permisos adecuados. Ello facilita que haya diferentes equipos de trabajo en diferentes países y en diferentes empresas, accediendo a los mismos datos en tiempo real con las modificaciones que cada uno de los equipos este realizando en cada momento.

Además las herramientas PLM permiten la simulación del producto y proceso productivo, reduciendo el número de prototipos necesarios e incluso la simulación y optimización una fábrica completa mucho antes siquiera de que hayan acabado las fases de diseño del avión. Hoy en día, se puede comenzar la formación y entrenamiento de los operarios de la fábrica antes de tenerla construida.

También las herramientas PLM permiten gestionar la configuración de un producto, lo que nos permite, por ejemplo en automoción, poder personalizar y elegir entre las distintas opciones de un coche, de forma que nuestro coche se fabrica a medida, o en aeronáutica, controlar la trazabilidad de cada uno de los aviones, pudiendo conocer cuáles son las soluciones de diseño y componentes de cada avión en particular.

La evolución de los productos y procesos productivos, la reducción del Time-to-market, el tiempo que pasa desde que comienza la concepción de un producto hasta que este



está en el mercado, y la rebaja en los costes de producción, tal y como la conocemos hoy, no sería posible sin las herramientas PLM.

Para profundizar aún más sobre los sistemas PLM el autor recomienda las citas bibliográficas 8.22, 8.48, 8.58 y 8.62 en las que se expone lo ya citado y se ahonda todavía más en múltiples conceptos de dicho sistema PLM.

4.2. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN BUQUES

Al igual que los trabajos de Oficina Técnica han ido evolucionando en el tiempo, los trabajos de Producción y en este caso, la elaboración de la tubería, se ha ido adaptando a los de Oficina Técnica alcanzando un feedback cada vez mayor, debido al objetivo del *"diseño orientado a la Producción"*.

Todo proceso de elaboración se basa en la información de Diseño (isométrica, lista de materiales, etc).

Etapas para la fabricación de tuberías:

- 4.2.1. Almacenamiento y suministro de materiales.
- 4.2.2. Identificación y corte de tubos.
- 4.2.3. Curvado de tubos.
- 4.2.4. Verificación o Inspección de la tubería.
- 4.2.5. Supresión de defectos.
- 4.2.6. Limpieza y tratamiento de superficies.
- 4.2.7. Unión de tubos e incorporación de accesorios e injertos.

Estas etapas pueden variar dependiendo de las instalaciones existentes.

También puede variar su orden de ejecución o incluso pueden realizarse varias a la vez, pero las indicadas son las más empleadas.

4.2.1. Almacenamiento y suministro de materiales

Los tubos en todo proceso de producción deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Todos los tubos hasta su instalación en bloque o en buque deben tener una etiqueta donde se especificará su orden de trabajo, bandeja y número de tubo para facilitar su identificación.

- En ningún caso se almacenará tubería de acero inox. Con otros materiales para evitar su contaminación.
- La tubería de acero inox. Dispuesta en las bandejas de transporte deberá estar aislada de la misma mediante una base de madera protegida con plástico.
- Los tubos modificados en bloque o en buque deben ser entregados en el Taller de Tuberos, y en ningún caso se almacenarán en otros talleres, muelles, grada, etc.

Ver Figuras 4-16 y 4-17 abajo expuestas.



Figura 4-16: Forma adecuada de estibar la tubería

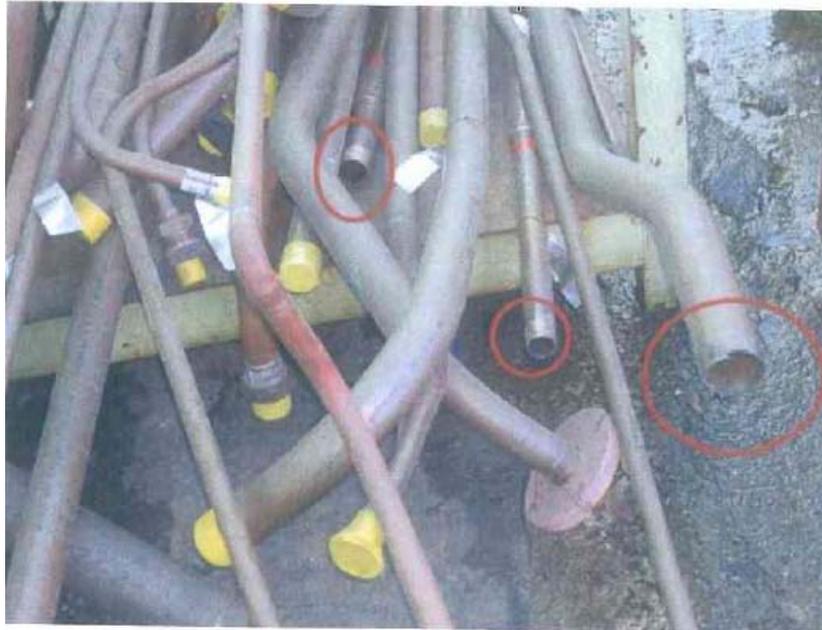


Figura 4-17: Forma en la que no se debe estibar la tubería

Los materiales base de las tuberías estarán de acuerdo a lo establecido en la especificación de contrato y como norma general estos estarán encuadrados dentro de grupos. Así, podremos tener por ejemplo los siguientes grupos:

- Grupo S1 = Acero al Carbono.
- Grupo S3 = Acero al Carbono- Molibdeno
- Grupo S4 = 1-1/4 Cromo – 1/2 acero Molibdeno.
- Grupo S5 = 2-1/1/2 Cromo – 1 acero Molibdeno
- Grupo S8 = Acero Austenítico resistente a la corrosión.
- Grupo S21 = Aluminio.
- Grupo S22 = Aleaciones de aluminio.
- Grupo S31 = Cobre.
- Grupo S32 = Latón.
- Grupo S34 = Cupro-Niquel 90/10.
- Grupo S34 = Cupro-Niquel 70/30.
- Grupo S42 = Niquel-Cobre.
- Grupo S43 = Ni-Cr-Fe (Inconel 600).
- Grupo S43 = Ni-Cr-Mo-Cb (Inconel 625).

Es una fase importante que, de no ser estudiada cuidadosamente, puede consumir una parte importante del tiempo de fabricación de tuberías. Por otro lado, en muchos



astilleros, al ser los trabajos de despacho y distribución de materiales a control indirecto, es frecuente que no se le dedique la atención debida.

Dependiendo del tamaño del taller, contaremos con instalaciones más o menos sofisticadas para el despacho de tubos y accesorios. En cualquier caso, no obstante consideramos fundamental el disponer de algún sistema que permita, de forma simple, el movimiento de tubos por un solo operario. También es importante que se tengan en el taller, a libre despacho y fácilmente accesibles, los accesorios mas comunes.

En Astano (Navantia) disponen de dispensadores o casetes de tuberías a la entrada del taller, (teniendo éste último capacidad para unos 7000 tubos), que suministran a éste mediante un sistema de ascensor y cinta transportadora. En Astano (Navantia) existe también un dispensador de bridas que alimenta a los posicionadores que las sitúan en los tubos.

4.2.2. Identificación y corte de tubería

a) Identificación.

La tubería será entregada por el Almacén General al Taller de Tuberos, en la sección de corte, la cual será estibada en la zona de almacenamiento para el corte.

A la entrada del material se comprobará, que la tubería suministrada está de acuerdo en cuanto a sus dimensiones fundamentales con lo especificado en la documentación recibida. En caso de producirse un rechazo en el suministro de materiales, el material rechazado se devuelve al Almacén General.

b) Corte.

La tubería se cortará de acuerdo con los datos indicados en la orden de trabajo correspondiente. El corte de la tubería se podrá realizar por los siguientes procedimientos:

- Corte mecánico: sierra de cinta.
- Corte térmico: se realiza por medio de oxicorte, o por medio de plasma seco, (excepto los materiales comprendidos en los grupos S-3, S-4, S-5, cuyo corte se realizará siempre por medios mecánicos de arranque de viruta).

La elección de uno u otro tipo de corte se realizará en función del material del tubo, así como el tipo de corte que se precise realizar (corte recto, inglete, vaciado etc).

El encargado de la sección será el responsable que firmar la hoja de control de elaboración, certificando que el trabajo se ha realizado de acuerdo a la documentación recibida.

Una vez realizado el corte y cumplimentada la documentación, los tubos cortados que sean rectos, son enviados a la sección de fabricación; y los tubos que requieran curvado, son enviados a la sección de curvado para continuar con el proceso.



Existe una gran variedad de sistemas para realizar estos trabajos con mayor o menor sofisticación. El corte se puede realizar con herramientas cerámicas o con sopletes de propano, acetileno o plasma. Estas herramientas pueden ser fijas o portátiles y trabajar con mayor o menor precisión.

c) Etiqueta de identificación.

Desde el momento en que la tubería se ha troceado de acuerdo a la documentación recibida, al tubo resultante se le ha de incorporar una etiqueta de identificación en la que se especificarán como mínimo los siguientes datos:

- Número de buque.
- Orden de trabajo.
- Marca del tubo
- Bandeja

Si en el momento del corte de la barra del tubo, queda un sobrante de material que no tenga identificación, se procederá a reproducir en el extremo el código para poder identificar la tubería.

4.2.3. Curvado de tubos

Antes de realizar el curvado, la tubería deberá encontrarse en condiciones adecuadas para realizar el proceso de curvado sin problemas de ningún tipo. Esto quiere decir, que en función del material, se recibirá del suministrador recocido, revenido, templado, sin tensiones, etc.

Siempre que sea posible, se realizará el curvado del tubo en frío, esto será en general, cuando se disponga del utillaje preciso para realizar la operación, pero también aquí existe una gran variación en los sistemas empleados en distintos astilleros.

a) Curvado en Frío.

Para el Curvado en frío se tendrán que cumplir las siguientes condiciones:

- *Recocido*: Antes de realizar el curvado en frío, en los casos que sea necesario (cobre o partidas de material con especial dureza) se realizará un recocido en la zona en la que se realizará la curva antes de introducir el tubo en la curvadora.

- *Relleno*: La tubería será curvada haciendo uso del utillaje adecuado (mandriles rígidos o articulados, cuando se precisen). Cuando no se disponga del mandril adecuado y se precise un soporte interior, se podrán utilizar materiales de relleno que



realicen esa función. El material de relleno que se podrá utilizar será arena sílicea, limpia y seca.

Este tipo de relleno se podrá emplear para todos los tipos de tubería contempladas en el apartado 1.1 (Almacenamiento y suministro de materiales). La arena se compactará por vibrado o por retacado. Los extremos de los tubos que precisen material de relleno se tapanán mediante tapones de madera. La arena utilizada para realizar el relleno de tubería férrica no podrá ser utilizada para rellenar tubería de otras calidades o viceversa.

- *Lubricación:* Se lubricará el interior del tubo para facilitar el desplazamiento del mandril. Esta operación se podrá realizar mediante una lubricación de mandril automática o bien por aplicación manual.

- *Temperatura:* Las temperaturas máximas para realizar el curvado en frío, serán las establecidas en la Tabla II para las distintas calidades de los materiales.

b) Curvado en Caliente.

Se utilizará el curvado en caliente cuando no sea posible realizar el curvado en frío, y se tendrán que cumplir las siguientes condiciones:

- *Relleno:* Cuando la tubería a la que se va a realizar el curvado en caliente lo requiera, será llenada compactamente mediante retacado con arena sílicea seca, limpia y no contaminada con materiales distintos a los del grupo de calidad en los que se encuentre encuadrada la tubería a curvar. Los extremos de los tubos se tapanán con tapones de madera.

- *Calentamiento:* El tubo se calentará por medio de soplete, que se desplazará continua y uniformemente por la zona de curvado. Solamente se calentará el tubo en la longitud necesaria para poder efectuar el curvado. Las temperaturas de curvado que se utilicen estarán comprendidas entre los límites establecidos en la Tabla 4-3, para calidad del material. Los tubos comprendidos en los grupos de calidad S-8, S-34, S-42 y S-43 no son recomendables para realizar el curvado en caliente.



MATERIAL	NUMERO GRUPO	CURVADO EN FRIO MAXIMO	CURVADO EN CALIENTE
Acero al carbono	S-1	621°C / 1150°F	900-1010°C / 1650-1850°F
Acero al carbono molibdeno	S-3	482°C / 900°F	900-1038°C / 1650-1900°F
Acero al Cr-Mo	S-4, S-5	482°C / 900°F	927-1066°C / 1700-1950°F
Aceros resistentes a la corrosión	S-8	426°C / 800°F	NO ES RECOMENDABLE
Aluminio	S-21	204°C / 400°F	260-426°C (500-800°F)
Aleaciones de aluminio	S-22	260°C / 500°F	316-426°F (600-800°F)
Cobre	S-31	204°C / 400°F	426-871°C (800-1600°F)
Latón (Bronce)	S-32	260°C / 500°F	426-900°C / 800-1650°F
Cupro-Niquel	S-34	204°C / 400°F	NO ES RECOMENDABLE
Niquel - cobre	S-42	482°C / 900°F	NO ES RECOMENDABLE
Ni-Cr-Fe (NO6600) Ni-Cr-Mo-Cb (NO6625)	S-43	538°C / 1000°F	NO ES RECOMENDABLE

Tabla 4-3: Temperaturas de Curvado

- *Aplicación de Fuerzas*: La operación de curvado, una vez alcanzada la temperatura adecuada, se realizará aplicando fuerzas, lenta y regularmente.

- *Agentes enfriadores*: No se podrá utilizar agua como agente enfriador para limitar la zona de curvado. Cuando finalice la operación de curvado, se dejará enfriar al aire a la temperatura ambiente.

4.2.4. Verificación o inspección de la tubería

a) Inspección Visual.

Después de la operación de curvado, se realizará una inspección visual del tubo, para comprobar la ausencia de posibles abolladuras, grietas o arrugas.

En esta fase, los inspectores verifican, que los siguientes puntos, cumplan las especificaciones:

- La preparación de bordes en tubos y accesorios, como escuadrado de cortes, biselados, rebarbos, ovalización, etc.



- El deterioro de la superficie de tubos y accesorios, como el provocado por golpes, abrasiones, arañazos, proyecciones, etc.
- Las deformaciones en la zona curvada, como arrugas, abollamientos, ovalizaciones, etc.
- Las juntas soldadas cumplen las características de la unión y ofrecen un buen acabado.

En el caso de que en la inspección visual se aprecien arrugas, se procederá a la medición y aplicación de cálculo que se establece para tal efecto, y después del cual el tubo será aceptado o rechazado si está dentro o fuera de las tolerancias. En el caso de que el tubo contenga más de una curva, y varias tengan defectos, se realizará el cálculo del defecto más crítico, y si este se encuentra dentro de las tolerancias, no será necesario realizar el de las otras curvas. Una copia de dicha hoja se adjuntará con el resto de documentación que acompaña al tubo (isométrica, lista materiales, hoja de ruta).

En caso de que el defecto de la curva se encuentre fuera de las tolerancias, el tubo será achatarrado y se curvará un tubo nuevo.

Cuando durante el transcurso de la inspección visual surja alguna duda sobre la validez de una curva, una soldadura o cualquier otro aspecto de la elaboración subcontratada, los inspectores pueden recabar la colaboración del responsable de la correspondiente sección del Taller de tuberos para que proceda a la valoración del defecto de igual manera y usando el mismo procedimiento que en la producción propia. Su valoración debe de ser tenida en cuenta por los inspectores de manera determinante para el resultado de la inspección. El encargado de la sección será el responsable que firmar la hoja de control de elaboración, certificando que el trabajo se ha realizado de acuerdo a la documentación recibida.

b) Comprobación dimensional.

En el transcurso de la fase de la inspección se comprueban, de manera habitual, las siguientes dimensiones:

- Los diámetros y espesores de tubos y accesorios.
- Las longitudes de cada vara del tubo.
- Los ángulos de curvatura y reviro.
- Las longitudes totales que dan lugar a la posición relativa de cada extremo en relación a los demás.

Cuando lo requiera la especificación de contrato, la tubería curvada que pertenezca a servicios que soporten altas temperaturas y presiones será sometida a una comprobación dimensional, para medir el espesor del tubo en la cara exterior de la curva, por medio de ultrasonidos.



c) Resultado de la Inspección.

Una vez rematada la recepción, la inspección visual y las mediciones se procede a declarar el tubo inspeccionado como aceptado o rechazado y son los propios inspectores los que le colocarán a cada tubo una etiqueta adhesiva una de color verde si el tubo es ACEPTADO. Cuando el resultado de la inspección del tubo sea RECHAZADO se le colocará una etiqueta de color rojo.

A continuación se procede al registro informático de la inspección y su resultado ACEPTADO o RECHAZADO. En este caso también se consignará el motivo del rechazo. Una vez acabado el registro informático de todos los tubos que inspeccionamos se imprime el INFORME DE INSPECCION DE TUBERIAS DE ELABORACION SUBCONTRATADA, es firmado y archivado en el taller.

Los informes que se generen como resultado de las inspecciones llevadas a cabo se enviarán periódicamente al responsable de Calidad de la Delegación de Compras, a los efectos de evaluación continua de proveedores.

d) Consecuencias de la Inspección.

Si el resultado es ACEPTADO, para todos los tubos que componen una bandeja, ésta se incorpora al proceso de elaboración de producción propia en la sección inmediatamente posterior a la subcontratada.

Si el resultado, para algún tubo o tubos que forman parte de una bandeja, es RECHAZADO el resto de los tubos de esa bandeja son inmovilizados en el Taller de Tuberos hasta que el subcontratista corrija las deficiencias observadas en el tubo o tubos, tantas veces sea necesario, hasta que la totalidad de los tubos de la bandeja sean aceptados, procediéndose en ese caso como en el apartado anterior.

4.2.5. Supresión de defectos

La supresión de defectos, arrugas, abolladuras y mínimas desviaciones en el ángulo de curvatura se podrá corregir golpeando con un martillo la zona arrugada; bien en frío o bien realizando un calentamiento local de la zona defectuosa por medio de soplete, hasta alcanzar la temperatura de curvado en caliente para el tipo de material que se trate (ver Tabla punto 1.3.2. – Temperatura para el curvado en frío y en caliente).

4.2.6. Limpieza de tubería

Una vez realizado el curvado del tubo, se eliminarán los restos del lubricante, bien podrá ser por medios químicos o mecánicos, de tal forma que no afecte a los procesos siguientes ni a la manipulación posterior. Acto seguido se envía la tubería ya limpia y seca a la sección de fabricación.

La limpieza se realiza a veces al comenzar la fabricación y otras con el tubo acabado. Hay distintos sistemas de limpieza, citaremos el de chorreado de Astano (Navantia), el de cepillado de Odense Steel Shipyard, y el de limpieza con vapor utilizado en Ingalls



Shipbuilding. El sistema más frecuente, no obstante, es la limpieza con soluciones básicas o decapado.

Para la tubería de agua, el tratamiento normal es el galvanizado en caliente introduciendo los tubos en cubas galvánicas. Después de estos tratamientos, parte de los tubos se pintan con distintos esquemas de pintado. La mayoría de estos procesos se realizan en instalaciones fuera de los astilleros. Los astilleros de Kockums y Astano (Navantia) tienen unas buenas Instalaciones de chorreado y pintado y este último posee además una instalación de galvanizado.

a) Grados de limpieza.

Existen unos grados de limpieza en base al tipo de limpieza requerido (cualitativa y cuantitativamente) en la fabricación de tubos y componentes, así como en el manejo de los mismos. Los grados de limpieza que se establezcan, se conseguirán exclusivamente por inmersión de los tubos en baños adecuados.

Las inspecciones serán siempre visuales, sin la ayuda de medios especiales, tales como contadores de partículas o filtros especiales.

Grado A

Limpieza de Grado A es aquella que deja la superficie de los tubos libres de:

- Grasas, aceites y flujos.
- Partículas visibles a simple vista.
- Óxidos.
- Cascarilla.
- Al finalizar se comprobará que el tubo está libre de las contaminaciones indicadas.

Se rellenará un impreso donde se certifique que el proceso seguido, así como la aprobación final que será firmada por el personal que realice la inspección.

Grado B

Tiene las mismas exigencias que el Grado A, pero no se certifica en el impreso correspondiente. El personal de la sección de limpieza, responsable y cuidadoso debe producir este grado de limpieza normalmente.

b) Asignación de grados.

Como norma general se realizará la limpieza de Grado B que será habitual, a menos que el plano de especificación de contrato indique Grado A, en cuyo caso este último será el de aplicación.



4.2.7. Unión de tubos e incorporación de accesorios e injertos.

Esta etapa incluye las operaciones necesarias para formar conjuntos de tuberías partiendo de los tubos cortados y doblados e incorporando los accesorios descritos en la hoja de tubos.

La unión de tubos se puede realizar empleando los siguientes medios:

4.2.7.1. Bridas: Definición, materiales, clasificación, dimensiones, situación de agujeros, tipos, tratamiento de caras, tornillos y juntas de Brida.

Definición de Brida.

Una brida se define como un dispositivo de tipo de placa, normalmente redonda, que está unido al extremo de un sistema de tubería, accesorio, válvula u otro para facilitar el montaje y desmontaje de un sistema de tuberías. Durante muchos años el único método práctico de unión de tuberías de acero había sido conectando extremos de los tubos roscados con acoplamientos. Las mejoras en la soldadura de acero al carbono redujeron los costes de mano de obra y proporcionaron un sellado y unión mucho más fuerte. En la mayoría de los sistemas actuales de tuberías, las uniones roscadas son generalmente limitadas a tamaños de tubería de 2 " (DN 50) y menores. La tubería más grande (3" y mayores) es normalmente unida por soldadura continua a tope entre tuberías y accesorios o por bridas en aquellas uniones que pueden requerir el desmontaje. Las bridas (3 " y mayores) son también estándar para la mayoría de las conexiones a equipos y válvulas.

Las bridas por lo tanto, son los elementos de unión más habituales para la tubería de DN superior a 1-1/4" (DN 32). Se utilizan para la unión entre tubos para facilitar su montaje o desmontaje por motivos de mantenimiento, unir a válvulas, filtros, diafragmas o equipos del sistema con conexiones bridadas. Existen diferentes tipos de bridas en función de la forma de unión al tubo.

Las bridas varían de tamaño, número de agujeros, diámetro de los agujeros, espesor, etc. todo en función de los DN y las Presiones requeridas por el servicio.

Materiales de construcción de Bridas.

Las bridas se fabrican en todos los diferentes materiales para que coincidan con el material de la tubería y accesorios a los que están siendo unidas. Mientras que algunas bridas están hechas de Hierro fundido. La gran mayoría de las bridas son de acero forjado de carbono.



Clasificación de las bridas Forjadas.

Para las bridas de acero forjado se hicieron siete clasificaciones principales según normativa ASME/ANSI:

- Clase 150
- Clase 300
- Clase 400
- Clase 600
- Clase 900
- Clase 1500
- Clase 2500

La clasificación primaria está en una relación de presión/temperatura.

Existen Bidas bajo la Normas Europeas, que utilizan la denominación PN (Presión Nominal en Bares), así tendremos:

- PN20
- PN50
- PN64
- PN100
- PN150
- PN250
- PN420

Ejemplo: Una brida forjada Clase 150 (PN20) se utiliza para 150 PSIG a 500 ° F. Esta misma pestaña puede también ser utilizada para 275 psig a 100 ° F. Esta misma brida también se podría utilizar en 100 PSIG a 750 ° F. Observe la relación inversa. Cuando la presión aumenta, la temperatura baja y viceversa. Los rangos de presión se utilizan como una guía para diseñar con seguridad los sistemas de tuberías y también para normalizar los componentes de tuberías fabricados. Las mismas calificaciones son válidas para tornillos y bridas de soldadura a encastre.

Clasificación de las bridas de hierro fundido.

Las dos clasificaciones más comunes de bridas de hierro fundido son la Clase 125 (PN16) y la Clase 250 (PN250). Otras clasificaciones de bridas están disponibles, pero no son tan comunes. Las bridas de Hierro fundido se encuentran generalmente



asociadas a válvulas de baja presión de hierro fundido y a equipos con toberas de hierro, como algunas bombas y turbinas. Las bridas de acero forjado acopladas a bridas de fundición pueden presentar el riesgo de daños por "debilidad" del hierro fundido. El principal punto a recordar es que una brida de acero fundido Clase 125 (PN16) se podrá acoplar a una brida de acero forjado Clase 150 (PN20), y una brida de acero fundido Clase 250 (PN250) se puede acoplar a una brida de acero forjado Clase 300 (PN50). La solución al problema potencial de daño será discutido más adelante en superficies de las bridas.

Dimensiones de Bridas.

Una brida tiene muchas dimensiones. La más crítica es la "longitud" de la brida. Esta dimensión variará con cada tipo de brida. Todas las demás dimensiones de la brida, normalmente serán las mismas en todos los tipos de bridas pero variará con cada clasificación de la brida.

Estas dimensiones más comunes son:

- Diámetro exterior de Brida.
- Espesor de Brida.
- Centro de Pernos.
- Número de Pernos.
- Tamaño agujeros para los pernos.
- Tamaño de Pernos.

Situación de agujeros de tornillos.

Como ejemplo de la situación de los agujeros de los tornillos investigando vemos que la ASME B16.5 (bibliografía 8.4.) tiene un estándar para agujeros que son utilizados por todos los fabricantes de bridas en EE.UU. para tamaños de hasta 24". El número de orificios de pernos necesarios varía con el tamaño y la clasificación de la brida. Sin embargo, el número y tamaño es el mismo sin importar el tipo de brida. Los orificios de los pernos se espacian uniformemente alrededor de la brida en un círculo de pernos concéntricos. Siempre habrá un número par de orificios para los pernos, en graduaciones de 4 (es decir, 4, 8, 12, 16, etc). A menos que se especifique lo contrario por el diseñador de tuberías (y sólo si se tiene un motivo lógico) todos los orificios de la brida se colocarán sobre las líneas centrales "naturales". Esta la regla de orientación de agujeros de bridas para colocación de pernos. Esta regla central "natural" de la brida se conoce, se entiende y se sigue por todos los fabricantes de equipos responsables y fabricantes de tubería.

La regla es la siguiente:

- Para una cara de la brida vertical (la cara de la brida en vertical y la línea es horizontal) los orificios de los pernos deberán estar orientados a horcajadas sobre las líneas centrales verticales y horizontales.

- Para una cara de la brida horizontal (la cara de la brida es horizontal y la línea es vertical hacia arriba o vertical hacia abajo) los agujeros de los tornillos deberán estar orientados a horcajadas sobre ella (en planta) líneas centrales norte / sur.

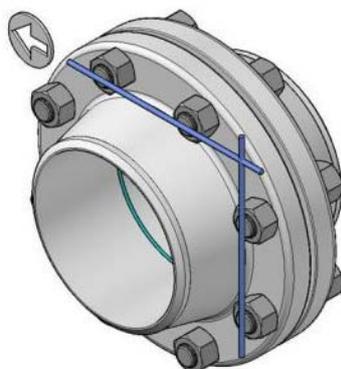
Todo proveedor de equipos o fabricante de tubería ha de tener cuidado de revisar las orientaciones que no coincidan con esta regla. Cuando se encuentra una excepción, puede demandarse el cambio de orientación de los agujeros de los pernos, o el detalle de montaje en cuestión. Esta regla de orificios de los pernos a caballo entre las líneas naturales centrales se refiere a veces como brida a "Two-Hole". Esto significa que los dos agujeros se sitúan en la línea central. Para una brida con "One-hole" significará que la brida se ha girado de manera que hay un agujero justo en la línea central natural. Un 99,999% de veces que hay una brida "One-Hole" y esto se trata de un error que añadirá un costo extra a la realización la tubería.

Resumiendo tenemos lo siguiente:

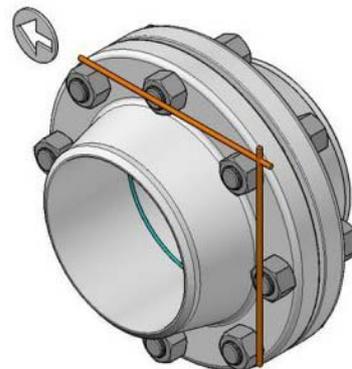
a) Orientación de Perno pasante

Durante el prefabricado de una brida que une con por ejemplo, un codo, la posición de los orificios de los pernos es de particular importancia. Todos los orificios de los tornillos de la brida se sitúan en las líneas centrales. Eso significa: Para una cara de la brida vertical (la cara de la brida en la vertical y la línea en horizontal) los agujeros estarán orientados a horcajadas sobre las líneas centrales en la planta Norte, tal y como se muestra a continuación:

Posición correcta horizontal

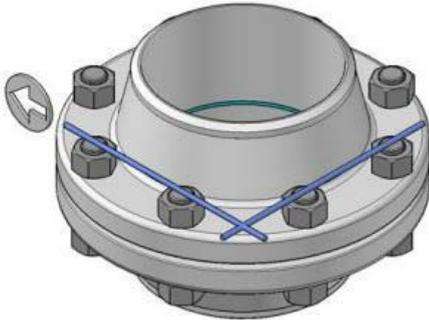


Posición incorrecta horizontal

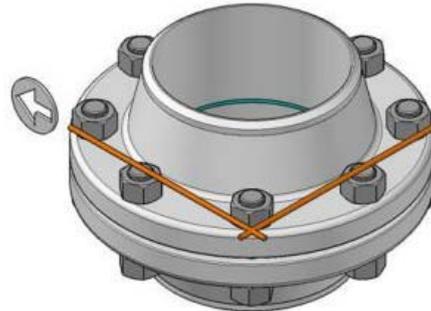


Para una cara de la brida horizontal (la cara de la brida es horizontal y la línea es vertical por encima o vertical por debajo) los orificios de los pernos deben estar orientados a horcajadas sobre las líneas centrales de la Planta Norte, tal y como se muestra a continuación:

Posición correcta horizontal

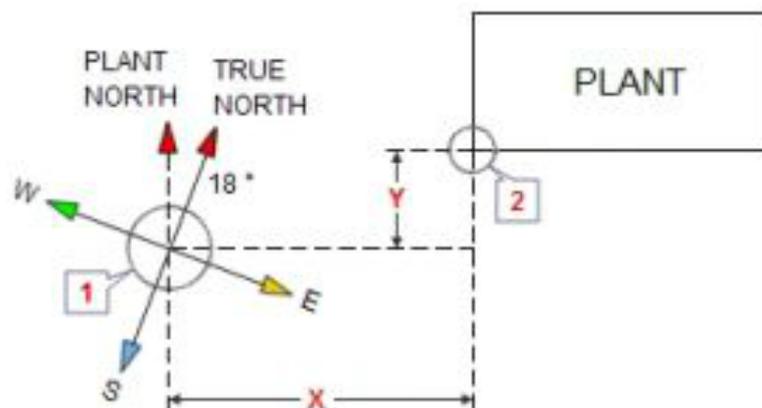


Posición incorrecta horizontal



Es muy importante, que no se desvíe la orientación del agujero del perno estándar. Y sólo a petición expresa de cliente será modificado. En el 99 por ciento de todos los casos, donde se encuentra una orientación diferente, se puede asumir que se trata de un error. Esta norma de centrado para bridas será entendida y seguida por todos los fabricantes de equipos, responsables y fabricantes de tubería.

Planta Norte: Una planta norte, es un punto de referencia horizontal, y se deriva de un punto de referencia oficial geográfico. La planta norte se aplica tal y como sigue:



1= punto de referencia oficial

2 = ángulo sur oeste de nueva planta

X = distancia de nueva planta para el punto de referencia Este Oeste

Y = distancia Norte Sur de la nueva planta de punto de referencia.

Muy importante será tener en cuenta que dicha orientación no se reflejará en los planos isométricos de tubería salvo en las excepciones de tener la brida fuera de ejes, pues como ya he citado anteriormente, dicha colocación ha de ser conocida por los que fabrican la tubería en taller.

A continuación se relacionarán a modo breve los **tipos de bridas** más empleados:

Brida Roscada.

El cuerpo de la brida tiene rosca interiormente para permitir el roscado del tubo o accesorio a la misma (ver Figura 4-18).

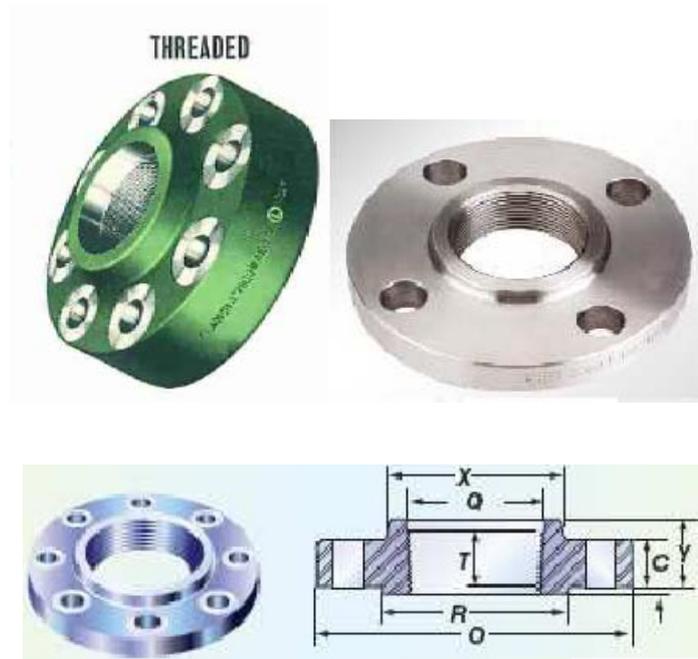


Figura 4-18: Brida Roscada

Brida de Cuello (Welding Neck).

Suelda a tope y directamente al tubo (ver Figura 4-19).

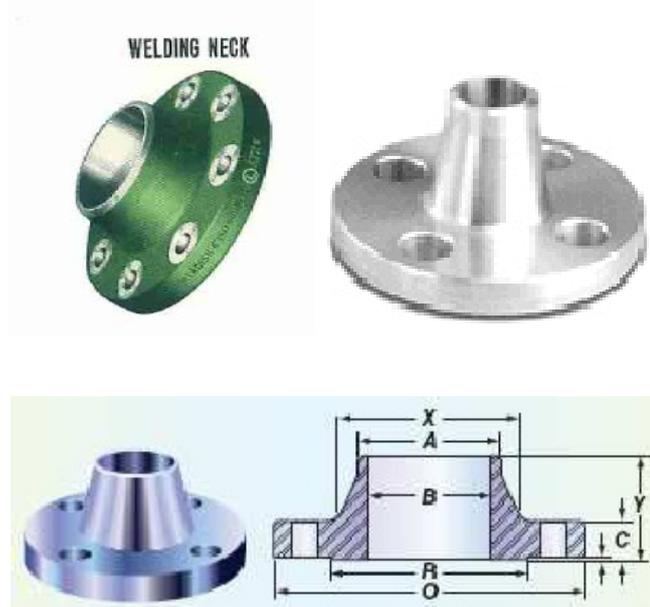


Figura 4-19: Brida de Cuello

Brida Deslizante (Slip-on).

El tubo pasa por dentro de la brida y se suelda en los dos extremos, del tubo y de la brida (ver Figura 4-20).

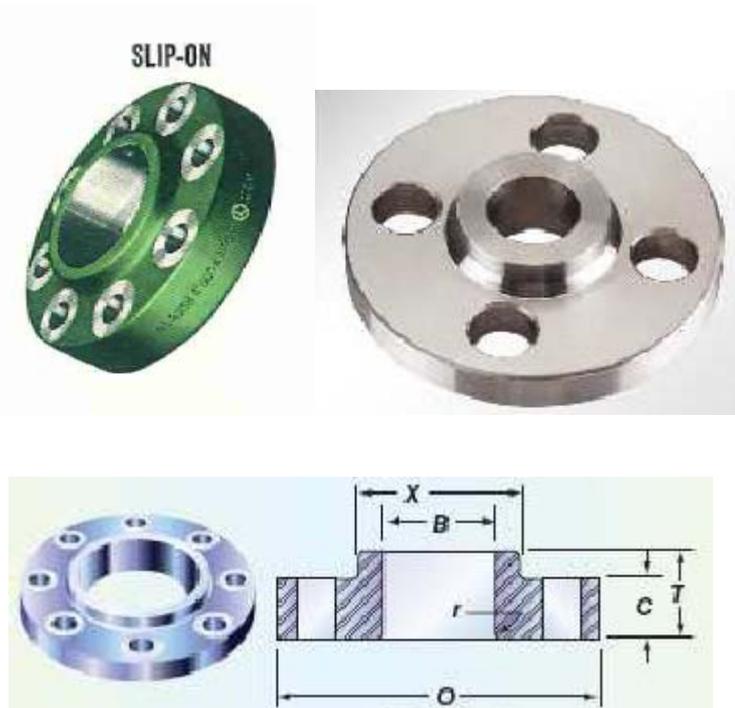


Figura 4-20: Brida deslizante

Brida Loca: (Lap Joint).

Utilizada con tubo abocardado, va suelta en el tubo, sin soldadura, permite ajuste y alineación en el montaje. Es necesario, previamente al montaje, el abocardado del extremo del tubo (ver Figura 4-21).

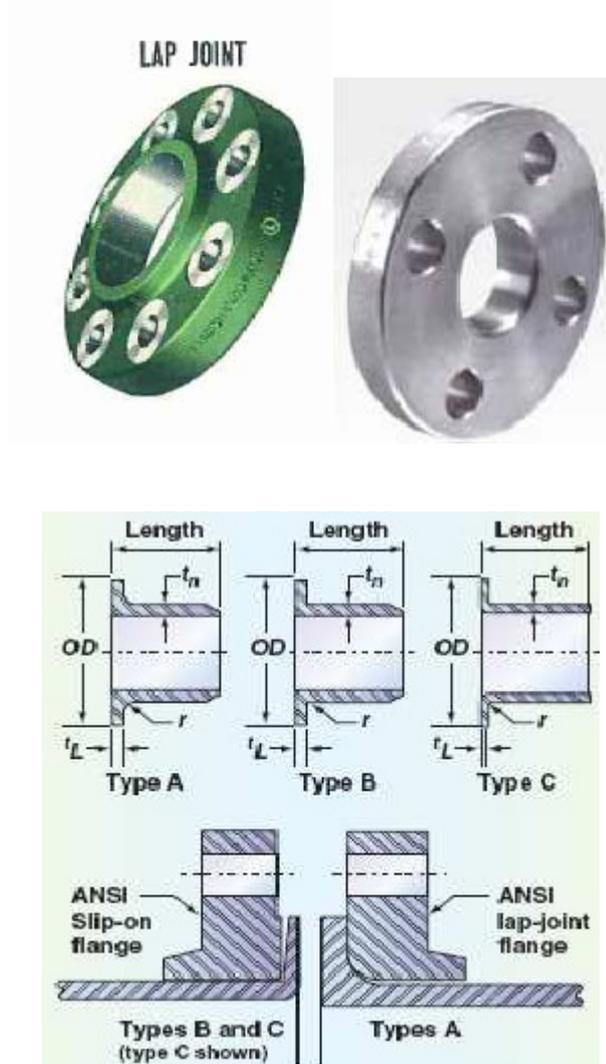


Figura 4-21: Brida Loca

Brida compuesta.

Es el mismo tipo que la Brida loca pero con el trozo de tubo abocardado (collarín) para soldar a tope al tubo del sistema (ver Figura 4-22).



Figura 4-22: Brida Compuesta

Brida Encastre: (Socket Weld).

El tubo penetra por dentro de la brida hasta el tope que limita la profundidad del encastre. Se suelda por la parte exterior de tubo y brida (ver Figura 4-23).

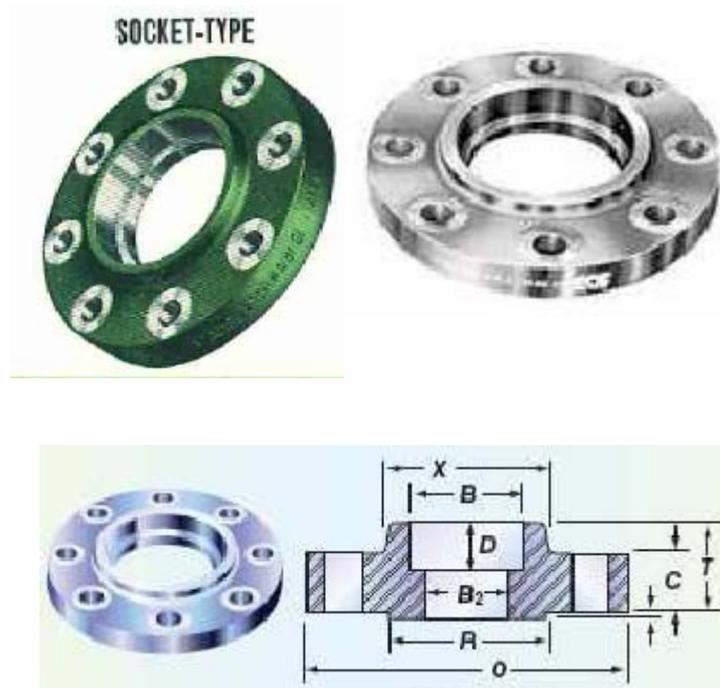


Figura 4-23: Brida Encastre

Brida Ciega (Blind Flange).

Se usa para cerrar el extremo de una tubería bridada, la cual se espera que alguna vez se amplíe, o necesite limpieza periódica (ver Figura 4-24).

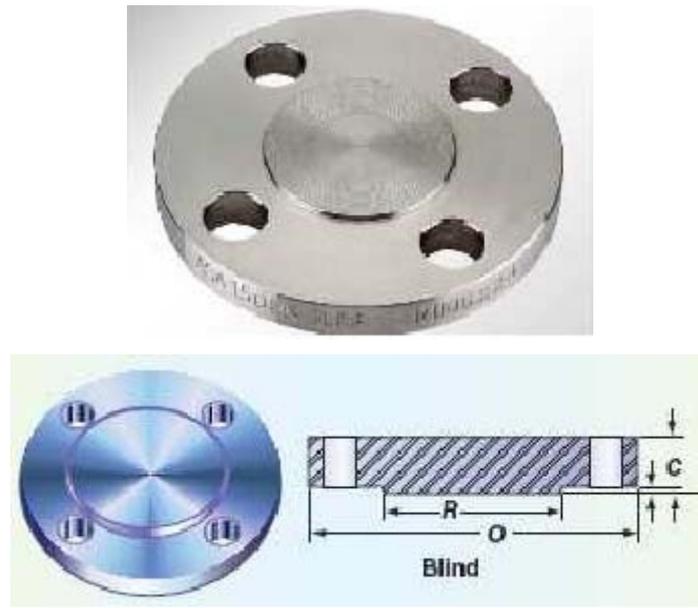


Figura 4-24: Brida Ciega

Caras de Brida

Las caras de Brida son en diferentes formas. Algunas formas son más comunes, otras más antiguas y otras más modernas. Estas formas antiguas se pueden pedir, pero posiblemente sólo para coincidir con una pieza existente de equipos antiguos.

Las formas de cara de la brida son:

- De cara plana (FF) - La cara plana se utiliza principalmente en bridas de hierro fundido. Para obtener esta cara plana, la parte de contacto de la brida se mecaniza plana.
- Cara elevada (RF) - La cara elevada es la más común de todas las caras de brida. La brida tiene un área elevada que ha sido mecanizada en la cara de la brida equivalente al área de contacto de la junta.
- Junta tipo anillo (RTJ) - Esta es una forma de cara de la brida que se está volviendo obsoleto. Este tipo tiene una parte elevada sobre la cara en la que una ranura anular será mecanizada.
- Machihembrado (T & G) - Esta es también una forma de la cara de la brida que está quedando obsoleto. Con este tipo, las bridas deben ser igualadas. Una cara de la brida tiene un anillo elevado (Lengua) mecanizado en la cara de la brida mientras que



la brida de unión tiene una hendidura (Groove) mecanizada en su cara para adaptarse a la anterior.

- Macho y hembra (M & F) - Esta es otra forma de la cara de la brida que está obsoleto. Con este tipo las bridas también deben coincidir las caras de las bridas. Una cara de la brida tiene una superficie que se extiende más allá de la cara de la brida normal (macho). La brida de acoplamiento tiene la depresión correspondiente (hembra) mecanizada en su cara.

Caras de bridas diferentes como las RTJ, T & G y F & M nunca se atornilla juntas. La razón principal de esto es que las superficies de contacto no coinciden y no hay una junta que tenga un tipo de un lado y otro tipo en el otro lado. Ni siquiera se ha de pensar en ello.

Bridas de cara plana nunca deben ser atornilladas a una brida de cara elevada. Si se necesita un perno para unir una brida de acero forjado con una de hierro fundido, entonces se debe mecanizar la brida de acero forjado poniendo la cara plana.

Finalización de caras de Bridas

La parte de la brida donde la junta tiene contacto se llama la superficie de contacto. Esta zona es la zona más crítica para la prevención de fugas. Esta área de la brida debe ser protegida desde el momento en que se mecaniza y claro está, a través de todos los diversos procesos de fabricación y montaje, envío, almacenamiento, fabricación y períodos de instalación. Las caras de las bridas estarán fabricadas con acabados estándar. Sin duda, el ingeniero de material de las tuberías podría solicitar otra acabado especial, pero que sólo añadiría un costo adicional. El acabado más común para la cara de la brida es una ranura concéntrica (o fonográfica). Este patrón es mecanizado en la cara de la brida y proporciona el agarre de la junta.

Juntas de Bridas

Se pueden tener bridas de acero inoxidable de Clase 600 y con los tornillos completamente apretados pero si no se tiene una junta (o la junta adecuada), tendrán lugar una gran cantidad de fugas. Tener la junta correcta es muy importante. Las juntas proporcionan el sello hermético que retiene la presión y mantiene el gas o el líquido en el tubo. Las juntas se diseñan y más tarde se eligen teniendo en cuenta los mismos problemas acaecidos para la selección de la tubería. Estos incluyen la presión, la temperatura, y la corrosividad de la tubería o material en cuestión. Las juntas están hechas de una amplia gama de materiales. Estos incluyen el caucho, elastómeros y grafito. La junta enrollada en espiral tiene un grafito o teflón material enrollado con una banda de metal que se mantiene en la forma de un anillo de metal plano. Este anillo de retención de metal también actúa como una herramienta de centrado para asegurar que no está mal alineada, pudiendo provocar bloqueo del flujo. Las juntas para bridas tipo de anillo común son simplemente un anillo de metal

sólido. Hay dos formas de sección transversal básicos para la junta RTJ. Se trata de "Oval" y "Hexagonal".

Tornillos de Bridas:

Es el elemento final de un conjunto de junta de brida completa. Una vez más tenemos algunas variaciones. El más común es el espárrago. Siguiendo es normalmente el Tornillo de rosca. Y por último tenemos el tornillo de la máquina.

a) Espárragos: El Perno es una varilla roscada de largo (sin la cabeza en cada extremo) y dos tuercas. El espárrago se utiliza en todos los lugares donde se tengan dos normales con bridas el acceso a la parte trasera de ambas bridas y ambos extremos de la viga.

b) Tornillos: El Tornillo es una varilla totalmente roscada con una cabeza en un extremo. El tornillo de rosca se utiliza normalmente en todos los lugares en los que la brida está unida a una pieza de equipo, donde sólo hay agujeros roscados.

c) Tornillos de máquina: Un perno de máquina es una varilla con una cabeza hexagonal en un extremo y rosca en algunos de la longitud. Los tornillos de máquina se hacen normalmente de un material de menor resistencia que los espárragos. Por lo tanto, los pernos y se usarán únicamente si se requiere baja resistencia de apriete. Estas aplicaciones a menudo incluyen bridas de hierro fundido.

4.2.7.2. Tuercas de Unión.

Son accesorios roscados, Generalmente tres piezas, que sirven para la unión entre tubos o de tubos a otros accesorios o equipos. Suelen utilizarse en tamaños de tubería inferiores a 2" (DN50) (ver Figura 4-25).



Figura 4-25: Tipos de tuercas de Unión

4.2.7.3. Codos.

Accesorios comerciales para sustituir a curvas de máquina en el tubo por falta de espacio o imposibilidad de curvar. Sueldan a tope, encastre o roscados; macho y hembra (ver Figura 4-26).



Figura 4-26: Codos

4.2.7.4. Acoplamientos.

Para la unión de tubos, soldados y por encastre o penetración del tubo en el accesorio. También se utilizan acoplamientos de reducción (ver Figura 4-27).

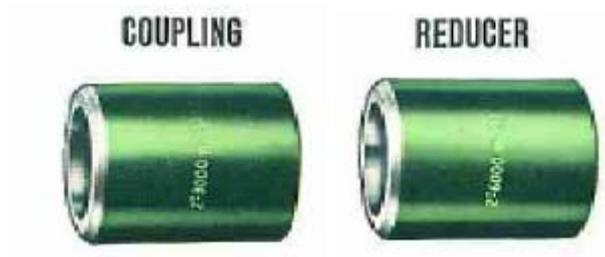


Figura 4-27: Acoplamientos

4.2.7.5. Tes.

Accesorios que facilita la ramificación de la tubería. Pueden ser de soldar a tope, encastrar o roscadas. Pueden utilizarse con ramificación a 90° o 45° (ver Figura 4-28).



Figura 4-28: Tes

4.2.7.6. Reducciones.

Accesorio para cambio de diámetro de una tubería. Pueden ser soldados a tope, encastre, roscados, concéntricos o excéntricos, de inserción, etc. (ver Figura 4-29).



Figura 4-29: Reducciones

La recopilación de dichas piezas de unión ha sido fruto de la investigación en varios catálogos de fabricantes y astilleros como Gibbs & Cox, Navantia, así como la consulta de varios documentos como las citas bibliográficas 8.30 y 8.33.

4.2.7.7. Futuro en la unión de la Tubería.

La tendencia futura es la sustitución de las grandes instalaciones por células de fabricación flexible en las que utilizando robots y posicionadores y variando la programación, se pueden realizar distintos trabajos dentro de los que se encuentran los de la unión de la tubería de modo automático.

Uniones Straub

Como medida para reducción de peso y para evitar las soldaduras y su consecuente tratamiento de limpieza (Flushing), en algunos buques se emplean para la unión de tubería, las uniones Straub (ver Figura 4-30). Este tipo de uniones son más propias de la fase del montaje de la tubería, por lo que se describirán en el apartado 4.3.2.3.

Penetraciones comerciales

A los efectos de atravesar mamparos, baos, longitudinales etc, otra medida para la reducción de peso y para la compatibilidad de materiales (atravesar cubiertas de diferentes materiales con el consecuente posible par galvánico), es el empleo de penetraciones comerciales de materiales plásticos los que ganarán con el tiempo mayor utilización (ver Figura 4-30).



Figura 4-30: Uniones Straub y Penetraciones Comerciales

4.3. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE MONTAJE DE TUBERÍA EN BUQUES

4.3.1. Mejora de los trabajos de montaje de tubería con la utilización de herramientas CAD/CAM

Con el paso de los años se está siendo más conciente de la necesidad de hacer “el diseño orientado a la producción”, y se ha mejorado mucho a lo largo de los últimos años a la vez que han ido mejorando las herramientas CAD/CAM. Así, en el conjunto Diseño/Montaje de sistemas de tubería se han ido tomando en consideración las siguientes consideraciones que han ido mejorando el montaje de la tubería:

a) Facilidad de Operación.

Los puntos de operación y control tales como válvulas, instrumentos, toma-muestras y drenajes y las uniones embridadas, deberán ser ubicados de modo que puedan ser fácilmente accesibles.

b) Accesibilidad para Mantenimiento.

El sistema de tuberías deberá ser proyectado de manera tal que cada porción del sistema pueda ser reparado o reemplazado con mínima dificultad. Deben proveerse espacios libres para realizar las labores de mantenimiento de los equipos.



c) Economía.

Deben llevarse a cabo estudios de ruta de las tuberías para determinar el trazado más económico del sistema. Existe una tendencia frecuente a prever excesiva flexibilidad en los sistemas de tuberías. Esto puede incrementar los costos de material de fabricación más de lo necesario y algunas veces puede conducir a vibraciones excesivas en el sistema.

d) Requerimientos Especiales de Proceso.

Para algunos sistemas de tubería, la presión disponible es crítica, de modo que las pérdidas de presión debido a codos y otros accesorios en la línea deben ser minimizadas.

e) Apariencia.

El sistema de tubería deberá proyectarse de forma que armonice físicamente con los equipos, canalizaciones eléctricas, conductos de ventilación y los elementos estructurales del buque.

f) Separaciones para Expansión Térmica.

Debe preverse la separación suficiente, entre tuberías adyacentes y entre la tubería y elementos estructurales adyacentes, para tomar en cuenta la libre expansión térmica de la tubería. Las separaciones requeridas deben basarse en las máximas expansiones térmicas diferenciales aun bajo condiciones anormales.

g) Soportabilidad.

El exceso de flexibilidad puede requerir soportes o sujeciones adicionales para evitar movimiento y vibraciones.

Las tuberías propensas a vibrar, tales como líneas de aspiración o descarga de bombas, deberán ser diseñadas con sus soportes propios e independientes en la zona más próxima al equipo. El diseño debe permitir el uso de apoyos fijos o soportes rígidos que ofrezcan resistencia al movimiento y provean cierta capacidad de amortiguación.

h) Maximizar el uso de soportes.

Donde sea posible, la tubería debe disponerse sobre soportes múltiples o racks de haces tubulares, conformando módulos con el fin de reducir costes de construcción y ampliar la característica de construcción modular e integrada. La capacidad de carga de los soportes debe ser evaluada, para asegurarse que puede soportar la carga de las tuberías.

Incluimos en los trabajos de montaje de tubería las operaciones necesarias, desde la salida de los tubos terminados del taller de fabricación hasta las pruebas de funcionamiento de las instalaciones.



El control de materiales y la paletización, para que al comenzar los trabajos estén todos los materiales necesarios, son operaciones a las que no se le suele dar en astilleros suficiente importancia, con lo que se aumentan enormemente los plazos y la inversión.

4.3.2. Aparatos a instalar en la fase de montaje de la tubería

En este apartado nos centraremos en los aparatos de mayor entidad a montar en la tubería como son las válvulas, los filtros, los diafragmas y las mirillas.

4.3.2.1. Válvulas: definición y conceptos.

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños son variables y abarcan toda la gama en función del Diámetro Nominal, (DN). Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). Las válvulas se elaboran de diferentes materiales atendiendo a las necesidades de cumplimiento con el fluido que pasa a través de ellas.

El tipo de conexionado es variable igual que los accesorios de tubería mencionados anteriormente, bridadas, roscadas, encastrado, a tope, etc.

La palabra flujo expresa el movimiento de un fluido, pero también significa para nosotros la cantidad total de fluido que ha pasado por una sección determinada de un conducto. Caudal es el flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de fluido que circula por una sección determinada del conducto en la unidad de tiempo.

4.3.2.2. Categorías y tipos de Válvulas.

Debido a las diferentes variables, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de la industria naval se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales.

Los tipos de válvulas más utilizados son: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de diafragma, válvulas de retención y válvulas de desahogo (alivio) y seguridad.

Estas categorías básicas se describen a continuación mediante una descripción general de cada tipo en un formato general. Además se dan recomendaciones para servicio, aplicaciones, ventajas, desventajas, etc.

Válvula de Control.

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varia continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

Partes de la válvula de control.

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.

Actuador. El actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico. Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y un resorte tal como se muestra en la Figura 4-31.

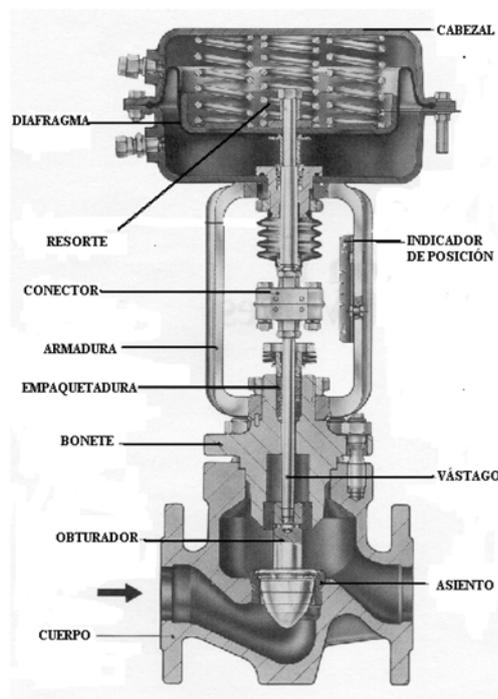


Figura 4-31 Actuador de una válvula de control

Cuerpo de la válvula: Este está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el

encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Esta unido por medio de un vástago al actuador.

Válvula de Compuerta.

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento (ver Figura 4-32).

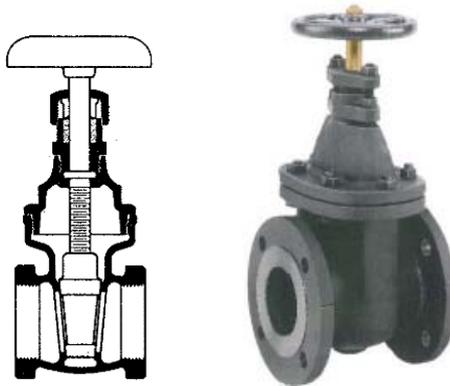


Figura 4-32: Válvula de compuerta

Recomendaciones de uso.

- Recomendada para servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.

Aplicaciones.

Servicio general, aceites y combustibles gas, aire, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

Ventajas.

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.



- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas.

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.

Variaciones.

- Cuña maciza, cuña flexible, cuña dividida, disco doble.

Materiales.

- Cuerpo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.
- Componentes: diversos.

Precauciones de funcionamiento.

- Enfriar siempre el sistema al cerrar una tubería para líquidos calientes y al comprobar que las válvulas estén cerradas.
- No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.
- Abrir las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.
- Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.

Válvula de Retención.

Estas válvulas son de no retorno, impidiendo el retroceso del fluido a través de ellas, mediante un mecanismo accionado por el mismo fluido, abriéndose en el sentido



normal del flujo y cerrándose al sentido inverso de este. Se suelen emplear para controlar el sentido del flujo en las tuberías.

Se pueden clasificar atendiendo primero al modo de instalarse en la línea y otra manera es considerar el dispositivo de cierre.

Según su posición en el servicio.

- Válvulas de retención horizontal. Suelen instalarse en líneas horizontales.
- Válvulas de retención vertical. Suelen instalarse en líneas verticales.
- Válvulas de retención angular. Suelen ser instaladas en la unión de líneas verticales y horizontales, viniendo a ahorrar la colocación de codos, con su consiguiente reducción de pérdida de carga.

Según el dispositivo de cierre.

- *Válvulas de retención de obturador oscilante (clapeta)*: Tienen como particularidad la poca resistencia que ofrecen al paso del fluido, ya que no reducen el paso ni cambian el sentido del flujo, suelen instalarse en posición horizontal o vertical, y es necesario montarlas de modo que el fluido ejerza una presión por la parte inferior de la clapeta. Suele ser la válvula más usada en conducciones de líquidos, intercalándose con válvulas de compuerta.

- *Válvulas de retención de obturador ascendente*. El movimiento del obturador es vertical, y también debido a la presión del fluido sobre él, actuando siempre por la parte inferior. El obturador es guiado por un cilindro o contacto largo y estanco preferentemente centrado, situado en la tapa de la válvula. Al igual que las válvulas de asiento, al cambiar la dirección del fluido, aumenta la pérdida de carga. Al ser su cierre por gravedad, limita su utilización a líneas horizontales, y acompañadas de válvulas de asiento.

Este tipo de válvulas suelen usarse en servicios de alta presión, donde tenemos una alta velocidad de flujo. También pueden usarse colocándole un resorte que la obligue a cerrar.

- *Válvula de retención de bola*: En este caso el obturador o clapeta es una bola. Deben de situarse de tal manera que la dirección del asiento sea vertical. Al igual que la anterior también introduce pérdidas de carga en la línea.

- *Válvulas de retención y cierre*: Suelen ser válvulas para emplearse como retención o cierre, para ello cuando el volante está abierto, la válvula funciona como retención, ya que el obturador no está fijo en el vástago o husillo y se desliza en él



debidamente guiado, pero al tener el volante en posición cerrada el husillo presionará el obturador impidiéndole todo movimiento de ahí que se denomine de cierre.

- *Válvulas de pie*: Trabajan a muy poca presión, además de tener que situarse muy cerca de las bombas. Suelen por lo general llevar incorporado un filtro.

- *Válvulas silenciosas*: Suelen ser una variante de las de clapeta oscilante, realizándose el giro por uno o dos ejes los cuales sitúan a la clapeta en posición flotante sobre el fluido en su posición abierta. Tiene como ventaja que reduce las pérdidas de carga y su cierre es sin golpe.

Existe un tipo especial de válvulas de retención oscilantes, conocido como válvulas de mal tiempo. Están diseñadas según Normas DIN, se instalan siempre en posición vertical y su clapeta se mantiene cerrada hasta una presión determinada del fluido, por la acción de un contrapeso. La clapeta lleva unida una lámina de cuero que apoya sobre su asiento.

Hay más modelos de válvulas de retención: en el representado en la figura el obturador es mantenido en posición cerrada por medio de un resorte y sólo se abre al flujo que circula con determinada presión en el sentido de la flecha.

También hay válvulas cuyo obturador es una esfera, que ajusta sobre su asiento en el cuerpo y asciende, dejando paso libre, empujada por el flujo, descendiendo por la acción de la gravedad y cerrando el paso cuando se detiene la circulación del flujo ascendente.

Por último, existe un tipo de obturador muy similar al de la válvula de mariposa, en el que el disco está partido por un diámetro y ambas mitades se pliegan y juntan dejando el paso libre al flujo circulando en una dirección; en la dirección contraria las dos mitades se disponen en un mismo plano, transversalmente al eje de la tubería, e impiden la circulación del flujo.

Características.

En las válvulas de clapeta ascendente la pérdida de carga es sensible y por ello se emplean en combinación con válvulas de asiento, cuando el tener pérdidas notables no sea de gran importancia.

Las válvulas de clapeta oscilante tienen menores pérdidas de carga y se asocian con válvulas de compuerta. Toman toda la gama de aperturas con giro reducido del eje. Ni unas ni otras consiguen un cierre hermético, aunque si impiden el paso a la mayor parte del fluido.

En general, sobre el cuerpo de una válvula de retención se marca el sentido admisible del flujo (normalmente con una flecha).

Aplicaciones.

Las válvulas de clapeta ascendente se emplean sobre todo para vapor, en especial a altas presiones y grandes velocidades de flujo. También para servicio en instalaciones de agua, petróleo y gas. Al igual que las de esfera, su uso más corriente es en tuberías pequeñas, de tamaño hasta 1 1/2.

Las válvulas de clapeta oscilante son aconsejables para servicios rigurosos en instalaciones de agua, petróleo y sus vapores. Por otra parte, se utilizan principalmente con tuberías de tamaño superior a 2".

Las válvulas de mal tiempo se aplican normalmente en instalaciones navales. El tipo de válvula con resorte se emplea en especial en circuitos oleo-hidráulicos y neumáticos, aunque también con cualquier fluido, líquido o gaseoso, que sea compatible con los materiales de la válvula. La presión de apertura suele ser regulable.

Válvula de Globo.

Las válvulas de Globo son un tipo específico de válvula de control teniendo esta vueltas múltiples, y en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería (ver Figura 3-33).

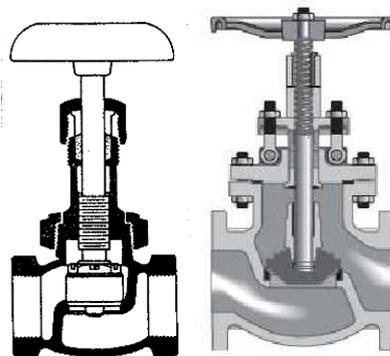


Figura 4-33: Válvula de globo

Recomendaciones de uso.

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.



Aplicaciones.

Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas.

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- Control preciso de la circulación.
- Disponible con orificios múltiples.

Desventajas.

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

Variaciones.

Normal (estándar), en "Y", en ángulo, de tres vías.

Materiales.

- Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.
- Componentes: diversos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento.

Instalar de modo que la presión este debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.

Válvula de Asiento.

Estas válvulas permiten regular el paso del fluido, el cual al pasar por la válvula cambia de dirección debido a su diseño por lo que ofrece una gran resistencia a su circulación. Este tipo de válvula es ideal para aquellos servicios que requieren un frecuente uso de las válvulas, así como aquellos otros en los que es necesario regular el paso del fluido. La apertura y cierre de la válvula requiere un pequeño número de vueltas del volante, ya que el recorrido del disco es corto, los asientos del disco pueden reemplazarse fácilmente (ver Figura 3-34).



Figura 4-34: Válvula de Asiento

Las válvulas de asiento disponen de un tapón obturador en el extremo del vástago roscado que, al girar el volante, se desplaza axialmente, regulando o interrumpiendo el flujo.

La tapa va atornillada o roscada al cuerpo (en este caso, bien directamente o a través de una tuerca de unión).

Como las válvulas de compuerta, disponen de una empaquetadura, para evitar fugas del fluido entre el vástago y la tapa, presionada entre ambos elementos mediante el prensaestopas.

El tapón obturador se mueve así perpendicularmente al asiento, que es un anillo de material relativamente blando (por ejemplo, acero inoxidable, o acero al carbono revestido con stellita) roscado al cuerpo, que debe cambiarse con el tiempo. También puede ir montado un anillo similar en el obturador y en los menores tamaños, con presiones reducidas, el asiento puede estar mecanizado sobre el propio cuerpo (a veces, también soldado).

El obturador suele ir loco en el extremo del vástago y su ajuste en el asiento puede ser de tipo macho hembra (cónico o cilíndrico) o simplemente plano.

Características.



- Con este grupo de válvulas se consigue un cierre hermético. El fluido sufre una desviación en su recorrido y las pérdidas de carga son apreciables, aunque en las válvulas en ángulo tienen menos importancia, si se considera que en éstas la desviación del flujo evita un codo a 90°.
- El accionamiento de las válvulas de asiento es más rápido que el de las válvulas de compuerta.
- Se aprecia fácilmente a simple vista, si están en posición abierta o cerrada.
- El fluido entra siempre por la parte inferior (en sentido contrario al del desplazamiento de cierre del obturador), puesto que en el otro sentido se produciría una gran pérdida de carga. Por ello, se indica la forma correcta de circulación sobre el cuerpo de la válvula.
- Estas válvulas sufren poco desgaste por rozamiento, por lo que son adecuadas cuando hayan de accionarse frecuentemente.
- Se construyen distintos modelos de válvulas de asiento para tuberías de diámetro nominal hasta 16", siendo las de tamaño hasta 3" las más utilizadas.
- En las válvulas de doble asiento se equilibran en parte las acciones hidrostáticas, por lo que exigen un esfuerzo de accionamiento menor.

Un caso particular de las válvulas de doble asiento son las de tres vías, que disponen de un obturador con tapón doble y de dos salidas.

Aplicaciones.

- Además de la función de cierre, estas válvulas son muy aplicadas en la regulación de caudales y trabajando en una posición intermedia.
- Al sufrir pérdidas de carga apreciables, no es aconsejable su empleo en aquellos casos en los que deban estar normalmente abiertas. En cuanto al fluido conducido, se utilizan con vapores, líquidos y gases.
- Las válvulas de doble asiento se aplican para la regulación de flujos a elevadas temperaturas y presiones. Si son de tres vías, regulan la mezcla o el reparto de flujos.
- Las válvulas de cilindro tienen una regulación más precisa que las de simple asiento y son preferibles para presiones y temperaturas elevadas y secciones reducidas; por ejemplo, en instrumentos de medida y como purgadores.
- Las válvulas de aguja superan a las de cilindro en finura de regulación; con ellas se puede conseguir un vertido gota a gota. Son muy indicadas para presiones y temperaturas muy elevadas, e igualmente aplicables en instrumentación, medida y como purgadoras.



Clasificación.

a) Según el tipo de husillo:

- *Válvulas de asiento de husillo interior*: La parte roscada del husillo permanece en el interior de la válvula.
- *Válvula de asiento de husillo exterior*: La parte roscada del husillo permanece en el exterior de la válvula.
- *Válvula de asiento de husillo deslizante*: (cierre rápido). La válvula es accionada por una palanca en lugar de por un volante, luego su cierre será más rápido.

b) Según la forma exterior:

- *Válvula de asiento normal*: El husillo está en ángulo recto en la línea que une los extremos de la válvula, es el tipo de válvula más utilizada.
- *Válvula de asiento en "Y"*: El husillo está en posición oblicua con la línea que une los extremos.
- *Válvula de asiento en ángulo*: Permitiendo economizar la instalación de codos de 90° ya que la válvula hace de válvula y de codo.

c) Según el tipo de disco.

- *Válvula de asiento con disco normal*: La superficie de cierre es pequeña, realizándose en un fino anillo circular, y por lo tanto no se suelen usar mucho para servicios de estrangulación.
- *Válvula de asiento con disco de tapón*: El cierre se efectúa a través de un amplio anillo tronco cónico, siendo muy recomendables para servicios de estrangulamiento
- *Válvulas de asiento con disco sintético*: Suele ser muy empleado por la fácil reparación y sustitución del disco que es de material elástico, siendo su superficie de cierre plana y amplia, absorbiendo la elasticidad del disco, las partículas extrañas que se depositen en el asiento.
- *Válvula de asiento con disco de aguja*: Con ellas se obtiene una fina regulación del fluido, ya que el obturador es una puerta cónica muy fina.
- *Válvula de asiento con guías*: El disco suele llevar unas aletas que guían al obturador sobre el asiento. No se debe de emplear con fluidos a alta velocidad ya que puede producir un efecto turbina que originaría golpes y el deterioro de la superficie de cierre.

Válvula de Bola.

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto (ver Figura 4-35).



Figura 4-35: Válvula de bola.

Recomendaciones.

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Aplicaciones.

- Servicio general, altas temperaturas.

Ventajas.

- Bajo costo.
- Alta capacidad.
- Corte bidireccional.
- Circulación en línea recta.
- Pocas fugas.
- Se limpia por si sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.



- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).

Desventajas.

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla.
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones.

Entrada por la parte superior, cuerpo o entrada de extremo divididos (partidos), tres vías, Venturi, orificio de tamaño total, orificio de tamaño reducido.

Materiales.

Cuerpo: hierro fundido, hierro dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidables, titanio, tántalo, zirconio; plásticos de polipropileno y PVC.

Asiento: TFE, TFE con llenador, Nylon, Buna-N, neopreno.

Válvulas de mariposa.

Las válvulas de mariposa son un tipo específico de válvula de control, teniendo esta $\frac{1}{4}$ de vuelta y capaz de controlar la circulación del fluido por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación (ver Figura 4-36).



Figura 4-36: Válvula de mariposa.



Recomendaciones.

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Servicio con estrangulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando se requiere corte positivo para gases o líquidos.
- Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.

Aplicaciones.

Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas.

- Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- Requiere poco mantenimiento.
- Numero mínimo de piezas móviles.
- No tiene bolas o cavidades.
- Alta capacidad.
- Circulación en línea recta.
- Se limpia por si sola.

Desventajas.

- Alta torsión (par) para accionarla.
- Capacidad limitada para caída de presión.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones.

Disco plano, disco realizado, con brida, atornillado, con camisa completa, alto rendimiento.

Materiales.

- Cuerpo: hierro, hierro dúctil, aceros al carbono, acero forjado, aceros inoxidables, aleación 20, bronce, Monel.
- Disco: todos los metales; revestimientos de elastómeros como TFE, Kynar, Buna-N, neopreno, Hypalon.
- Asiento: Buna-N, viton, neopreno, caucho, butilo, poliuretano, Hypalon, Hycar, TFE.

Válvulas de diafragma.

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellado y corta la circulación (ver Figura 4-37).

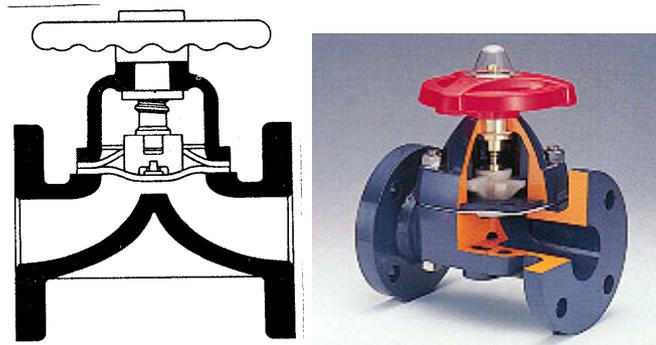


Figura 4-37: Válvula de diafragma.

Recomendaciones.

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para servicio de estrangulación.
- Para servicio con bajas presiones de operación.

Aplicaciones.

- Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, lodos, alimentos.
- Bajo costo.



- No tienen empaquetaduras.
- No hay posibilidad de fugas por el vástago.
- Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan.

Desventajas.

- Diafragma susceptible de desgaste.
- Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

Variaciones.

- Tipo con vertedero y tipo en línea recta.

Materiales.

Metálicos, plásticos macizos, con camisa, en gran variedad de cada uno.

Válvulas de retención (check).

Hay varias categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio).

Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.

a) Válvulas de retención (check).

La válvula de retención (ver Figura 4-38) esta destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.



Figura 4-38: Válvula de retención

b) Válvulas de retención del columpio.

Esta válvula tiene un disco embisagrado o de charnela que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. Hay dos diseños: uno en "Y" que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.

Recomendaciones.

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- Cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación en la tubería.
- Para servicio en tuberías que tienen válvulas de compuerta.
- Para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

Aplicaciones.

Para servicio con líquidos a baja velocidad.

Ventajas.

- Puede estar por completo a la vista.
- La turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas.
- El disco en "Y" se puede esmerilar sin desmontar la válvula de la tubería.

Variaciones.

Válvulas de retención con disco inclinable.

Materiales.

Cuerpo: bronce, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, acero al carbono.

Componentes: diversos.

c) Válvulas de retención de elevación.

Una válvula de retención de elevación es similar a la válvula de globo, excepto que el disco se eleva con la presión normal en la tubería y se cierra por gravedad y la circulación inversa (ver Figura 4-39).

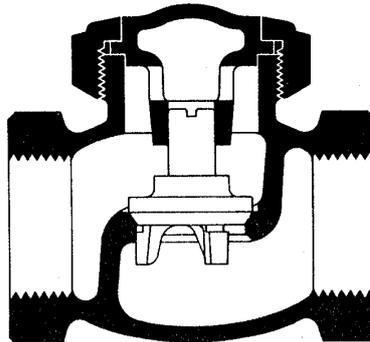


Figura 4-39: Válvula de retención (tipo de elevación).

Recomendaciones.

- Cuando hay cambios frecuentes de circulación en la tubería.
- Para uso con válvulas de globo y angulares.
- Para uso cuando la caída de presión a través de la válvula no es problema.

Aplicaciones.

Tuberías para vapor de agua, aire, gas, agua y vapores con altas velocidades de circulación.



Ventajas.

- Recorrido mínimo del disco a la posición de apertura total.
- Acción rápida.

Variaciones.

- Tres tipos de cuerpos: horizontal, angular, vertical.
- Tipos con bola (esfera), pistón, bajo carga de resorte, retención para vapor.

Materiales.

- Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, PVC, Penton, grafito impenetrable, camisa de TFE.
- Componentes: diversos.

d) Válvula de retención de mariposa.

Una válvula de retención de mariposa tiene un disco dividido embisagrado en un eje en el centro del disco, de modo que un sello flexible sujeto al disco este a 45° con el cuerpo de la válvula, cuando esta se encuentra cerrada. Luego, el disco solo se mueve una distancia corta desde el cuerpo hacia el centro de la válvula para abrir por completo.

Recomendación.

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación en la tubería.
- Cuando hay cambios frecuentes en el sentido de la circulación.
- Para uso con las válvulas de mariposa, macho, bola, diafragma o de apriete.

Aplicaciones.

- Servicio para líquidos o gases.



Ventajas.

- El diseño del cuerpo se presta para la instalación de diversos tipos de camisas de asiento.
- Menos costosa cuando se necesita resistencia a la corrosión.
- Funcionamiento rápido.
- La sencillez del diseño permite construirlas con diámetros grandes.
- Se puede instalar virtualmente en cualquier posición.

Variaciones.

- Con camisa completa.
- Con asiento blando.

Materiales.

- Cuerpo: acero, acero inoxidable, titanio, aluminio, PVC, CPCB, polietileno, polipropileno, hierro fundido, Monel, bronce.
- Sello flexible: Buna-N, Viton, caucho de butilo, TFE, neopreno, Hypalon, uretano, Nordel, Tygon, caucho de siliconas.

e) Válvulas de desahogo (alivio).

Una válvula de desahogo (ver Figura 4-40) es de acción automática para tener regulación automática de la presión. El uso principal de esta válvula es para servicio no comprimible y se abre con lentitud conforme aumenta la presión, para regularla.

La válvula de seguridad es similar a la válvula de desahogo y se abre con rapidez con un "salto" para descargar la presión excesiva ocasionada por gases o líquidos comprimibles.

El tamaño de las válvulas de desahogo es muy importante y se determina mediante formulas específicas.

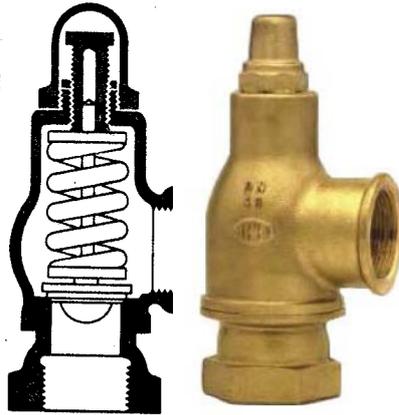


Figura 4-40: Válvula de desahogo (alivio).

Recomendaciones.

- Sistemas en donde se necesita una gama predeterminada de presiones.

Aplicaciones.

- Agua caliente, vapor de agua, gases, vapores.

Ventajas.

- Bajo costo.
- No se requiere potencia auxiliar para la operación.

Variaciones.

- Seguridad, desahogo de seguridad.
- Construcción con diafragma para válvulas utilizadas en servicio corrosivo.

Materiales.

- Cuerpo: hierro fundido, acero al carbono, vidrio y TFE, bronce, latón, camisa de TFE, acero inoxidable, Monel.
- Componentes: diversos.



Válvulas de seguridad (tratadas en el punto anterior como de alivio).

Estas válvulas se colocan en las líneas o equipos para evitar un aumento excesivo de la presión o temperatura del fluido en ellos contenido.

Composición y funcionamiento.

El tipo más corriente de válvula limitadora de presión es una válvula de asiento (normalmente de ángulo) en la que el obturador permanece cerrado por la acción de un muelle o de un contrapeso. Cuando la presión del fluido alcanza un valor prefijado, se produce la apertura del obturador, que no cierra mientras la presión no descienda una cierta cantidad bajo dicho valor (ver Figura 4-41).

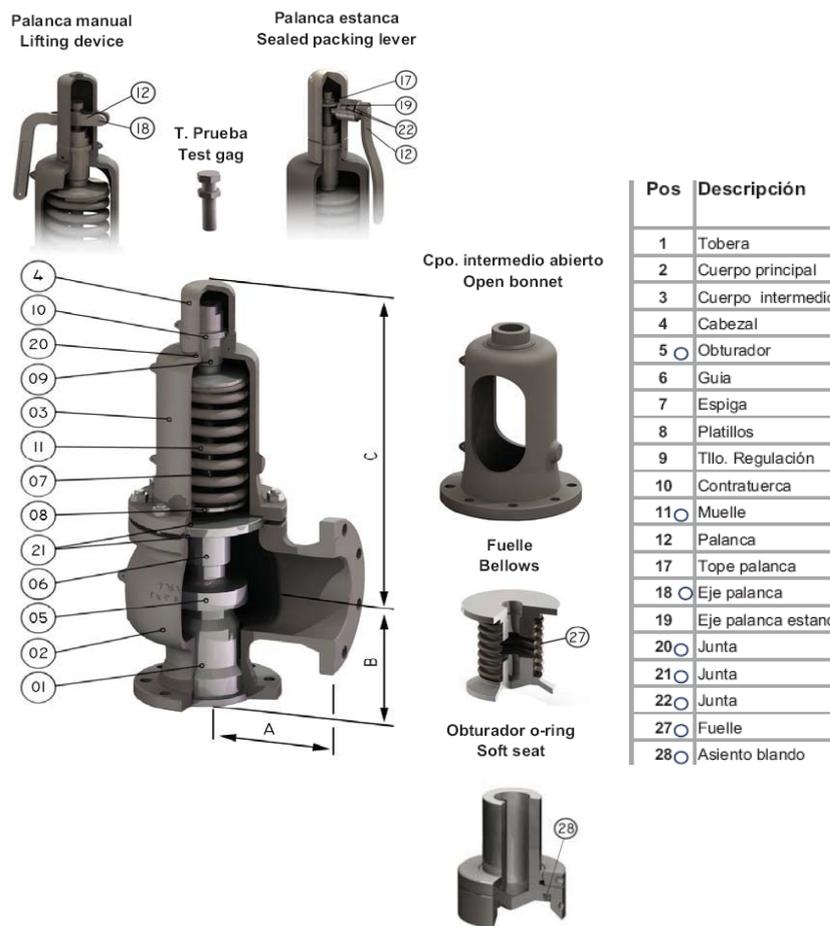


Figura 4-41: Válvula de seguridad

Características.

Al abrir la válvula, el fluido descarga directamente a la atmósfera (válvulas de escape libre), o a través de una tubería (válvulas de escape conducido).



Para el trabajo adecuado de una válvula de seguridad, se recomienda que la presión de trabajo no exceda del 90% de la presión de apertura. En el caso de las líneas de descarga de bombas y compresores, debido a las pulsaciones de presión, hay que aumentar la diferencia entre ambas presiones, para evitar actuaciones erróneas de la válvula.

La presión en la descarga de una válvula de seguridad puede ser constante (por ejemplo, cuando se descarga a la atmósfera) o variable (debido a la salida del propio fluido, o a la presión ya existente en la línea de descarga).

Aplicaciones.

Se utiliza para limitar la presión o la temperatura de flujos de gases, vapores o líquidos. Para liberar grandes cantidades de flujo se emplean los llamados discos de rotura.

Normas a aplicar.

- No debe existir ninguna válvula de cierre entre el equipo y la válvula de seguridad.
- La válvula de seguridad ha de instalarse lo más cerca posible del equipo.
- Debe ser accesible y poderse accionar manualmente.
- El caudal que pueda desahogar la válvula, debe de ser tal que la presión en el equipo no sobrepase el 10% de la masa.
- El ajuste de la válvula tiene que ser protegido para que nadie pueda alterarlo sin conocimiento.
- Debe desahogar a sitio seguro para evitar que ocasione daños.
- Suele colocarse una válvula de seguridad en aquellos servicios que la presión se eleve por encima de 0,5 kilos centímetro cuadrado, sobre la presión normal del servicio.

Clasificación.

a) Según su accionamiento:

- De muelle o recorte.
- Para su funcionamiento manual van provistas de una palanca.
- Suelen ser ligeras.
- Tienen las desventajas de que la fuerza del resorte no permanezca constante sino aumenta conforme trabaja la válvula y que el material del resorte envejezca y halla



que volver a regular la válvula, así como que, cuando se calienta para dejar salir el vapor, la fuerza del resorte disminuye.

b) De contrapeso.

- Suelen ser típicas de instalaciones terrestres y estacionarias, ya que son muy sensibles a los problemas vibratorios y a los golpes. Suelen ser muy voluminosas y pesadas, aunque son fáciles de probar, levantando el contrapeso.

c) Según la carrera:

- De pequeña carrera (alivio)-Relief: Para pequeños caudales a desahogar.
- De gran carrera (seguridad)-Safery: Para grandes caudales a desahogar.

Suelen emplearse para vapor o gases. La carrera es $1/3$ del diámetro del platillo. Suelen situarse en lugares donde la acumulación del vapor o del gas suelen ser rápida. A veces es necesario disponer varias válvulas. El funcionamiento de estas válvulas es que el vapor desahogado se proyecta sobre un segundo platillo el cual es levantado por la acción del choque del fluido.

d) Según el medio de apertura:

- Accionado directamente.
- *Válvula comandada por válvula o medios auxiliares.*

Suelen recibir la orden de abrir o cerrar a través de una válvula auxiliar de seguridad.

Suelen componerse de cilindro de trabajo (que va accionado por la válvula auxiliar) recorte y freno de aceite. Como hay que evitar la condensación de vapor en el tubo de unión entre la válvula auxiliar y la de seguridad, tendrá una caída de 1200.

Las válvulas auxiliares suelen estar sometidas a frecuentes averías.

Estos sistemas se pueden clasificar en dos grupos. En el primero, el vapor que pasa a través de la válvula de seguridad auxiliar, mantiene cerrada la válvula de seguridad principal, mientras que la presión del sistema se mantenga por debajo de la presión máxima. En el segundo, la válvula de seguridad no da paso al vapor a la válvula principal, mientras la presión en el sistema sea inferior a la máxima.

4.3.2.3. Uniones flexibles.

En estas uniones la estanquidad se logra por la presión de una junta de neopreno sobre el tubo. Tienen la ventaja de permitir el desmontaje de los tubos, no necesitar preparación de los extremos y permitir un rápido montaje. Otra ventaja adicional de este tipo de uniones es que permite el desplazamiento del tubo en sentido longitudinal unos 10 mm, por lo que se pueden emplear en aquellas líneas en las que por diferencias de temperatura o por movimientos del buque, se prevean dilataciones importantes. El inconveniente de este tipo de uniones es el precio y el empacho en las tipo "Dresser", aunque este inconveniente ha sido resuelto en las tipos "Straub Grip"

4.3.2.4. Racores:

Accesorios para la unión de tubos a otros accesorios o equipos (ver Figura 4-42).



Figura 4-42: Racores

4.3.2.5. Filtros: definición y conceptos.

Definición: Objeto o material que contiene poros de determinado tamaño a través del cual se hace pasar un fluido para separar las partículas que tiene en suspensión.

Procedimiento que sirve para seleccionar lo que se considera mejor o más importante.

Los factores principales a considerar a la hora de elegir un tipo de filtro frente a otro son: la resistencia específica de la torta, la cantidad a filtrar y la concentración de sólidos.

Ante todo, lo que va a decidir la elección del filtro es el factor económico. Normalmente el precio del equipo está directamente relacionado con el área filtrante.

Los filtros clarificadores o de lecho profundo se suelen emplear cuando la cantidad de sólidos presentes en el líquido es muy pequeña, siendo de gran aplicación para la depuración de agua y el tratamiento de aguas residuales. En este grupo se tienen los filtros de lecho, los cartuchos filtrantes y otros. Los filtros de cartucho son cada vez más utilizados en la industria por sus buenos resultados.

Entre las aplicaciones de los filtros se debe mencionar que, aparte de la filtración propiamente dicha, éstos pueden realizar otras funciones de separación sólido-líquido como: clarificación, extracción, lavado, deshidratación y recuperación de sustancias.

La filtración de agua implica su paso a través de capas de arena, carbón y otros materiales granulares para eliminar microorganismos y cualquier floculo o sedimento que pudiera quedar.

4.3.2.6. Categorías y tipos de Filtros.

Existen numerosos tipos de filtros dependiendo de aplicación a que estén destinados, su clasificación se puede realizar atendiendo a diferentes criterios:

Filtro de aceite y combustible.

De uso para las tuberías de trasiego y relleno de aceite y combustible, e igualmente pueden usarse como filtros para achique, lastre y circulación (ver Figura 4-43).



Figura 4-43: Filtro de aceite y combustible

Filtro de agua de paso angular.

Filtros para Tomas de Mar y servicios de agua en general (ver Figura 4-44).



Figura 4-44: Filtro de agua de paso angular

Filtro de aire y vapor de A.P.

Uso en tuberías de vapor y como separador de agua en las tuberías de aire comprimido (ver Figura 4-45).

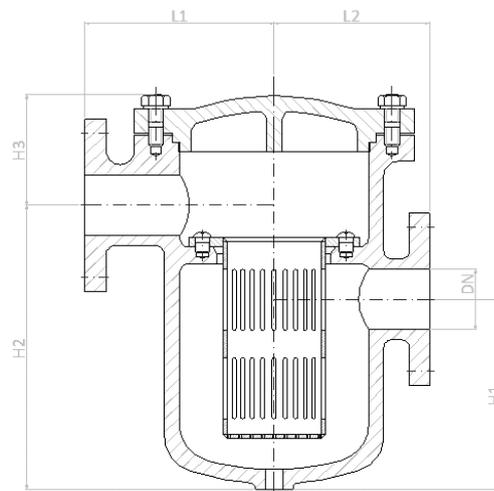


Figura 4-45: Filtro de aire y vapor de A.P

Filtro de fango.

Se suelen emplear filtros de paso recto (ver Figura 4-46).



Figura 4-46: Filtro de fango

Filtro de aspiración.

De uso para tuberías de agua, lubricación, petróleo, etc. De baja presión (ver Figura 4-47).

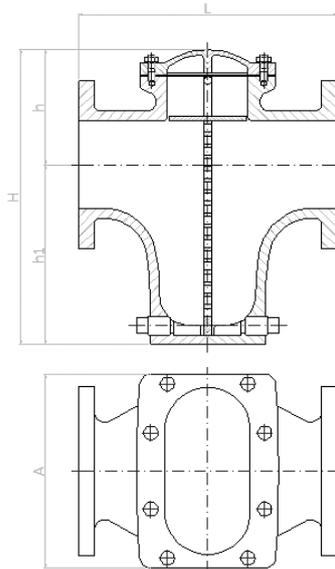


Figura 4-47: Filtro de aspiración

Filtro simple inclinado.

De uso para las tuberías de aceite, agua, petróleo, aire, vapor, etc (ver Figura 4-48).

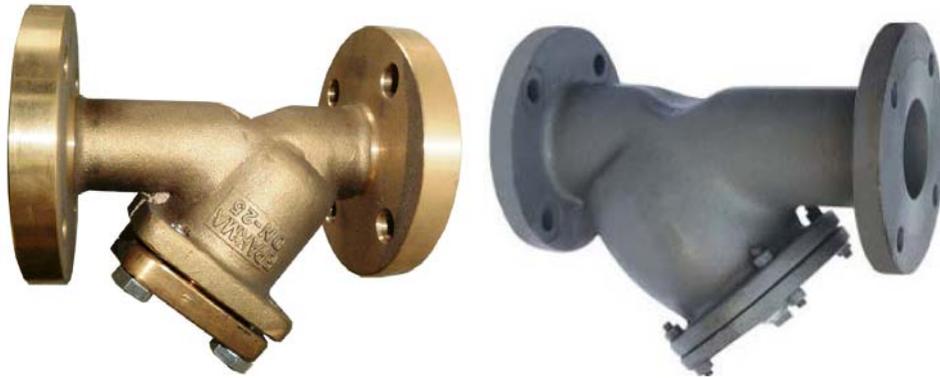


Figura 4-48: Filtro simple inclinado

Filtro simple con bridas.

De uso para tuberías de lubricación, petróleo y agua de baja presión (ver Figura 4-49).



Figura 4-49: Filtro simple con bridas

Filtro doble con bridas.

Filtros duplex para servicios de lubricación, petróleo y agua de baja presión (ver Figura 4-50).



Figura 3-50: Filtro doble con bridas

Filtro doble con bridas-roscadas.

Adaptados para extremos embridados o roscados. De uso para las tuberías de aceite, petróleo, gas-oil, etc (ver Figura 4-51).



Figura 4-51: Filtro doble con bridas roscadas

4.3.2.7. Diafragmas: placas orificio y tomas de medida.

Definición: Consiste en una placa con un orificio que se interpone en la tubería. Como resultado de esta obstrucción existe una pérdida de carga, que es la que se mide por comparación con una sonda aguas arriba y otra aguas abajo de la instalación (ver Figura 4-52). Este tipo de medidor es utilizado en tuberías donde se permita una gran pérdida de energía. El cambio de área que se genera al colocar el diafragma, provoca

un estrangulamiento de la sección, lo que da lugar a un cambio de presiones antes y después del diafragma, cuyo valor determina el gasto en la sección.

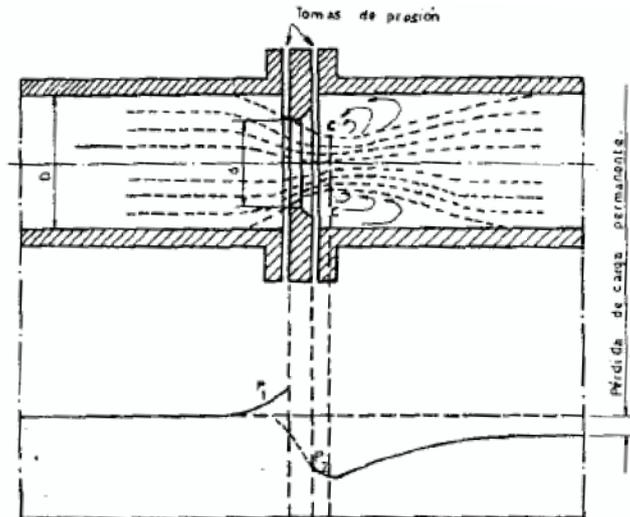


Figura 4-52: Variación de la presión en las proximidades de una placa orificio

A continuación se citan distintas tomas para medida de presión diferencial en un diagrama:

a) Tomas en bridas (ver Figura 4-53).

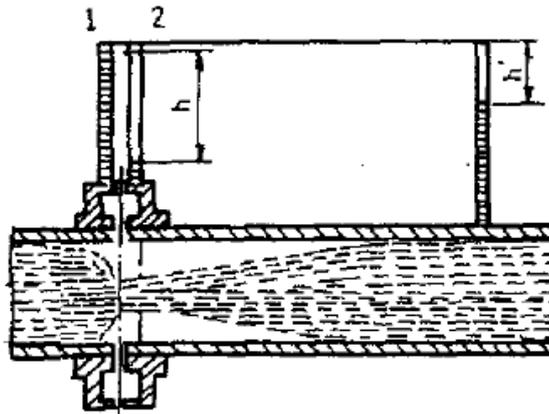


Figura 4-53: Tomas en Bridas

b) Tomas en D y D/2 (ver Figura 4-54).

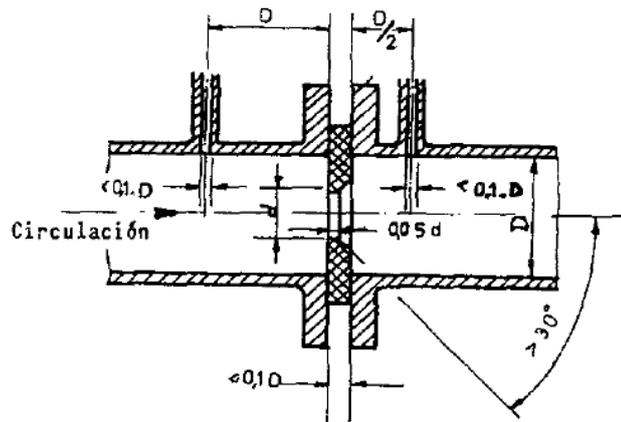


Figura 4-54: Tomas a D y D/2

c) Toma en vena contraída (ver Figura 4-55).

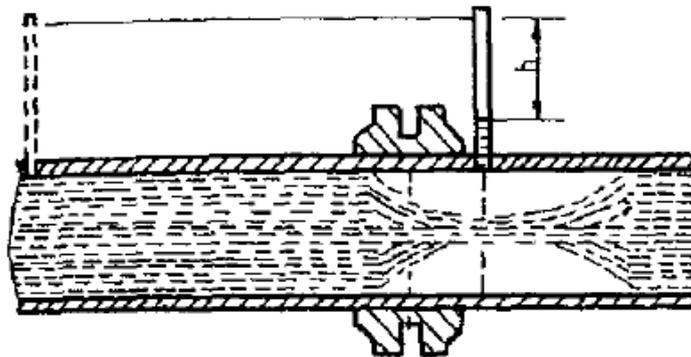


Figura 4-55: Tomas en vena contraída

d) Tomas en tubería (ver Figura 4-56).

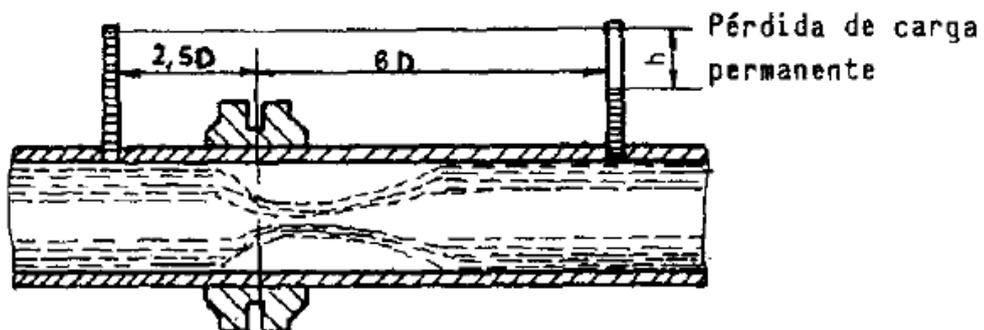


Figura 4-56: Tomas en vena contraída

Tipos de Diafragmas: A continuación citaremos varios tipos de Diafragmas aplicados tanto en la industria de la construcción Naval como en otras ramas de construcción civil.



a) Con orificio concéntrico (ver Figura 4-57).

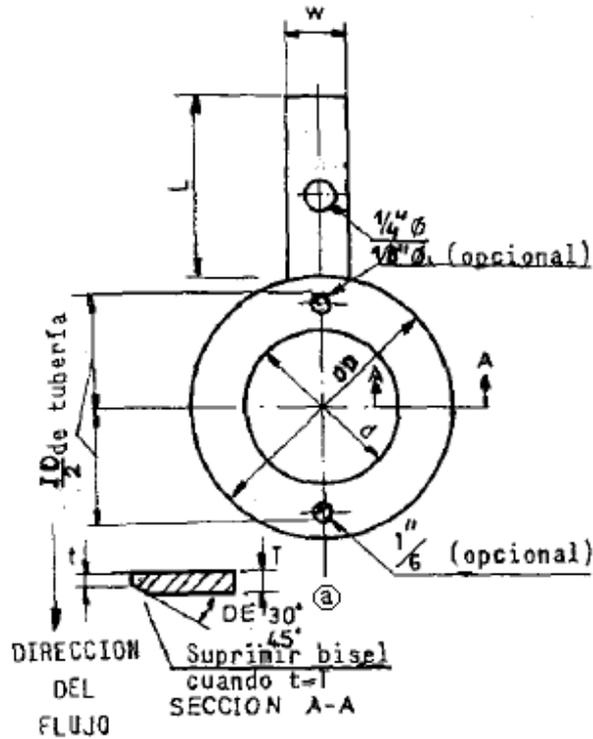


Figura 4-57: Diafragma con orificio concéntrico

b) Con orificio excéntrico (ver Figura 4-58).

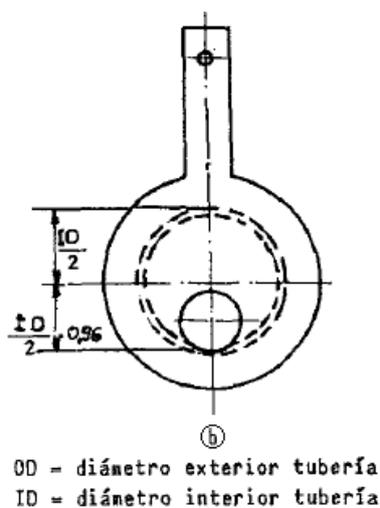


Figura 4-58: Diafragma con orificio excéntrico

c) Con orificio segmentado (ver Figura 4-59).

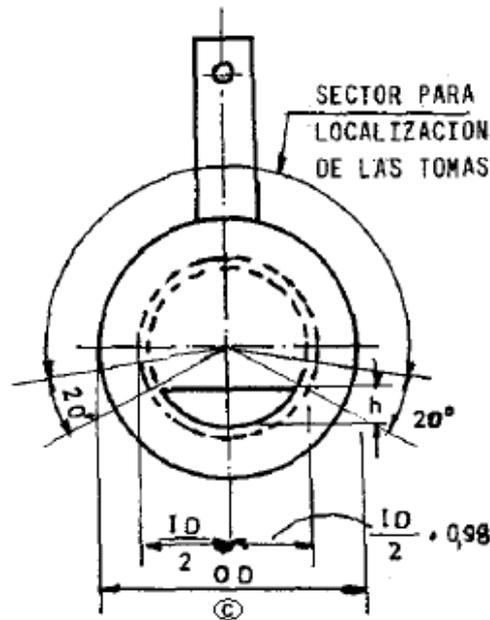


Figura 4-59: Diafragma con orificio segmentado

4.3.2.8. Mirillas o visores de flujo: definición y Tipos de Mirillas o Visores de Flujo.

Los visores de flujo son utilizados para la visualización y control de fluidos líquidos y gaseosos en tuberías, tanques y depósitos; en procesos de dosificación, tratamiento de agua y vapor. Las mirillas empleadas pueden ser de paso recto o de paso angular.

Mirilla de observación de paso recto.

Para comprobar el paso de fluidos, reboses de Gas-Oil, etc (ver Figura 4-60).



Figura 4-60: Mirilla de observación de paso recto

Mirilla de observación de paso angular.

Para comprobar el paso de fluidos, reboses de Gas-Oil, etc (ver Figura 4-61).

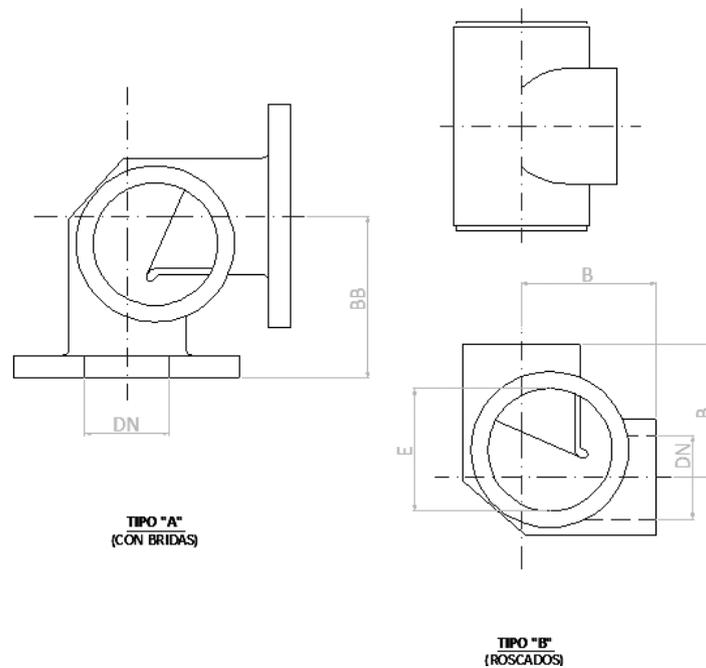


Figura 4-61: Visor de Flujo de paso angular

Visor de flujo a paleta.

Conexión bridada, con paleta a resorte para visualización del sentido de flujo (ver Figura 4-62).



Figura 4-62: Visor de Flujo a paleta

Visor para tanques.

Para montaje soldado en tanques y recipientes (ver Figura 4-63).



Figura 4-63: Visor de Flujo con rotor

Para visualizar el Nivel en tanques los indicadores tipo By-Pass a paletitas giratorias son dispositivos de alta seguridad y confiabilidad, utilizados en todo tipo de industria.

La recopilación de los elementos citados que intervienen en la fase de montaje de la tubería ha sido fruto de la investigación en varios catálogos de fabricantes (Parma S.L, Gestra AG, catálogos de Navantia, Saidi (Sistemas de control de Fluidos, Belgicast International S.L) así como la consulta de varios documentos como las citas bibliográficas 8.40 y 8.58.

4.3.3. Fases o modos de realizar el montaje de tubería

El modo de realizar el montaje de tubería a bordo de los buques en función de la fase del proyecto en la que nos encontramos puede ser:

En unidades o módulos.

Ya se ha explicado en los apartados 4.1.9 y 4.1.10 de esta Tesis, por lo que simplemente se indicarán los pros y los contras de este modo de montar la tubería. Así, las principales ventajas de los módulos son la reducción del plazo de entrega global del buque, como consecuencia de reducir el tiempo de montaje de la tubería al poder realizarse distintos trabajos al mismo tiempo e Independientemente del montaje de bloques. Otra ventaja importante será la facilidad de realización de los trabajos que conlleva una reducción del número de horas y por consiguiente, menor coste. Se mejorará en la calidad de los trabajos y existirá menos riesgo de accidentes,



ya que se reducen el número de andamiajes y la concentración de personal en ciertas zonas.

Algún inconveniente de la realización de los módulos podría ser por ejemplo la exigencia de un diseño detallado aumentando con ello las horas de oficina técnica. También es necesario que se le anticipe a dicha oficina técnica un adelanto de material. Por otro lado, estaría el inconveniente del aumento del peso, que dará lugar al uso de soportes para rigidizar las estructuras.

En Unidades Constructivas (bloques).

A continuación se van a enunciar las normas básicas para la realización del armamento en estas unidades Constructivas denominadas Bloques.

- a) Incorporación de todo el armamento de interior de tanques antes de cerrar los mismos.
- b) Intentar realizar los trabajos en posición horizontal con los elementos colocados encima del bloque.
- c) Para montar a bordo los tubos habrá que tener en cuenta los equipos y demás disciplinas afectadas en dicho bloque, por lo que se recurrirá a los planos de disposiciones de tubería.
- d) Se colocarán tubos de cierre (con sobrecargo) en los topes de bloque debido a las tolerancias que se dan en lo bloques. Los tubos de cierre se situarán próximos a su posición definitiva que suele coincidir con el tope de bloque. En caso de ser pequeñas se podrían solventar con casquillos o bridas.

Montaje en Grada.

En esta fase se incluirán los trabajos de montaje de tubos de cierre entre bloques, equipos, módulos, así como la prueba de todos los servicios y pruebas hidráulicas.

Un buen número de tubería cuyo diámetro nominal es inferior de DN 50, siempre y cuando no esté situada en techo, es dispuesta en esta etapa, así como la tubería fina de telemando y automatismos.



4.3.4. Premisas básicas a tener en cuenta en el montaje de tubería

A continuación se citarán las premisas básicas a tener en cuenta a la hora de realizar un montaje de tuberías a bordo de un buque.

- Las tuberías que pasen a través de mamparos estancos (agua/humo/fuego), penetrarán de forma estanca de acuerdo con las Guías de Diseño desarrolladas por el Astillero.
- Tubería y accesorios soportados firmemente y convenientemente montados para evitar la transmisión de calor y vibraciones a la estructura de apoyo.
- Para preveer el desmontaje de equipos o secciones de tubería se dispondrán juntas de desmontaje o bridas.
- Evitar en la medida de lo posible el número de uniones desmontables, empleando accesorios soldados a tope, con encastre o uniones por presión.
- Montaje de tubería facilitando el mantenimiento y reparación de las válvulas y equipos.
- La tornillería de las bridas se seleccionará en función del material de las bridas, del sistema de que se trate y de su situación en el buque. Las juntas serán de material ignífugo que no contenga amianto y apropiado para resistir la presión a la que circula el fluido dentro de la misma.
- Tanto el trazado como el montaje de tubería será tan directo (recto) como sea practicable, con el mínimo de curvas y uniones y se realizará con flexibilidad suficiente para evitar esfuerzos producidos por movimientos térmicos o tolerancias de la estructura de bloques en los tubos, equipos y accesorios.
- Evitar disponer tubería embridada encima de cuadros eléctricos o electrónicos, ya que pudiesen producirse pérdidas o condensación. Cuando esto no sea posible de evitar, se instalarán bandejas de derrames o deflectores.
- Cuando se empleen uniones del tipo "Straub", estas se estarán de acuerdo con la Sociedad de Clasificación a aplicar y en caso de tratarse de buques militares estas han de ser sometidas a la aprobación de la Armada.

En la cita bibliográfica 8.13 "Manual del calderero" se citan las normas básicas para el buen montaje de elementos a bordo de buques.



CAPITULO 5. METODOLOGÍA CUALITATIVA

5.1. GENERALIDADES SOBRE LA NORMALIZACION Y REGLAMENTACIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES

En mi opinión como autor de esta Tesis, y después de ahondar en normativa y reglamentación de diversos países, he de decir que existe una relación directa entre el nivel tecnológico de un país y el número de normas que posee. En este apartado voy a ver la tendencia actual a la normalización de elementos, como tubos tipo, bridas, etc., así como espesores de tuberías y accesorios, implantada en mayor o menor grado en todos los astilleros.

En las normas de elementos es frecuente tener una gama de tamaños para cada elemento normalizado. Cuando alguna de las dimensiones de un elemento no se puede limitar a un número discreto de opciones sino que pueden variar de forma continua, debemos recurrir a los planos parametrizados.

Existen infinidad de normas a nivel mundial de las que cito las más conocidas en el ámbito de aplicación que nos ocupa:

a) Norma Española para Tubería.

- UNE, Normas Españolas de AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).

b) Normas de otros países Europeos para Tubería.

- DIN, Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).
- BS, British Standard (Norma Británica).
- AFNOR, Association Franchise de Normalisation (Asociación Francesa de Normalización).
- UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione (Asociación Nacional Italiana de Unificación).

En opinión del autor, este tipo de normas (apartados (a) y (b)) provocan una fragmentación del mercado Europeo, ya que su uso se opone a la política de libre circulación de productos, servicios, capitales y personas dentro de la Unión Europea.

c) Norma Europea para Tubería.

Todos los países europeos están tratando de llegar a una sola norma común, por la cual se reducirían los códigos a emplear en el futuro, así es como surge la norma siguiente:



- EN, Norma Europea del CEN (Comité Europeo de Normalización).

La "Comunicación de la Comisión sobre el desarrollo de la Normalización Europea" conocida como "Libro Verde" considera que el papel de la Normalización Europea en el Mercado Interior, es importantísimo, por varios motivos entre los que podría citar los siguientes:

- La armonización de las normas industriales europeas, es un instrumento esencial para eliminar los obstáculos técnicos para el mercado interior de la Comunidad Europea.
- Las normas armonizadas europeas juegan un destacado papel en los mercados de contratación pública, al resultar favorecidas por los órganos gubernativos.
- La actividad de normalización europea obedece fundamentalmente a razones económicas.
- Las tecnologías de nuevo desarrollo necesitan de esta normalización.

Su uso es la tendencia actual EN LA Unión Europea. Además de existir normas EN propias el CEN adopta como propias muchas normas ISO. Las normas EN se publican en cada uno de los países miembros de la Unión Europea como normas transposición de normas europeas, en muchos casos asociadas a Directivas Europeas. Así tenemos la siguiente Tabla (Tabla 5-1) donde se muestra el caso de España, al igual que harían el resto de los países de la Unión Europea:

UNIÓN EUROPEA	ESPAÑA
DIRECTIVA MARCO DIRECTIVA	LEY REAL DECRETO
Norma EN Norma EN-ISO	Norma UNE Norma UNE-EN Norma UNE-EN-ISO

Tabla 5-1: Conversión de Normas

Ejemplos claros de conversión de normativa son las dos siguientes normas empleadas ambas muy ampliamente en toda la industria, Civil, Naval, etc.:



- La norma de los Sistemas de Gestión Medio Ambiental tan empleada en los Astilleros y que conocemos con el nombre de ISO 14001, ha pasado a tener la designación de UNE-EN-ISO 14001 para España.
- La norma de los Sistemas de Gestión de la Calidad empleada hoy en día en casi la totalidad de las empresas y que conocemos con el nombre de ISO 9001, y que ha pasado a tener la designación de UNE-EN-ISO 9001 para España.

d) Normas Internacionales para Tubería.

- ISO, International Standard Organization (Organización Internacional de Normalización).

Esta norma es de mucha aplicabilidad en Europa.

e) Normas Americanas para Tubería.

- ASA, American Standards Association (Asociación Estadounidense de Normalización).
- ANSI, American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).
- ASTM: American Society Testing Machine (Sociedad Americana de Pruebas de Máquinas).
- ASME, American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- API, American Petroleum Institute (Instituto Americano del petroleo).

6.- Normas Asiáticas para Tubería.

- JIS, Japanese Industrial Standard (Norma Industrial Japonesa).

5.2. NORMALIZACION DIMENSIONAL Y REGLAMENTACIÓN. INFLUENCIA EN LA MEJORA DE LOS PROCESOS DE DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES

Para empezar con este apartado cabe destacar que existe una normalización dimensional de tubería y una normalización del material de la tubería. El primero de ellos se explicará en este apartado, mientras que el segundo lo explicaré en el siguiente apartado (apartado 5.3) sobre normalización del material de la tubería.

Debemos saber que, los dos sistemas principales de medición en el mundo son el estándar americano y el métrico. Las dimensiones de las tuberías en Norteamérica se miden en unidades inglesas como pulgadas y pies. Las unidades métricas se miden en centímetros y metros. Muchas normas Norteamericanas listan la dimensión primaria en unidades imperiales con la dimensión métrica escrita al lado entre paréntesis.

Es por ello que, después de clasificar los distintos tipos de normas y sabiendo que el coste de un buque construido en un país empleando unas u otras puede variar sustancialmente debido a la compra del material y a su costo añadido en caso de



hacerlo en un país distinto al de la normativa a aplicar, hemos de conocer también que existen diferencias en los términos a emplear, así, por ejemplo, la asignación de la tubería IPS (Iron Pipe Size), se refiere a tubería de Diámetro Nominal (DN) en pulgadas y que se tratará como tubería de norma Americana (ANSI o ASA, etc) y a su vez que se diferencia de la tubería métrica bajo la norma Europea (DIN, etc). Los diámetros exteriores pueden variar así como los espesores. En la tubería IPS hablaremos de Schedule para clasificarla por sus espesores y en la métrica (DIN, etc) hablaremos de Serie (Serie 1, Serie 2 y Serie 3).

En función de la dimensión estándar y su uso, se diferenciará las denominaciones que se aplican a la designación de los tubos: Pipe y Tubing.

Pipe sería la tubería común, se identifica por su diámetro nominal, esto es, por NPS (Nominal Pipe Size) para tubería de norma americana en pulgadas y por DN para tubería de norma europea en mm, que no coincide con el diámetro exterior, sino con un diámetro definido por convención a principios del siglo XX. Su fabricación puede ser con o sin costura (soldadura a lo largo del tubo).

Tubing o tubería calibrada, principalmente utilizada en intercambiadores de calor, es una tubería definida por su diámetro exterior, y su costo, por lo general es más elevado. Su fabricación es con costura.

Si me refiero a los tubos y a sus accesorios bajo las características de las normas más habituales empleadas en Buques como son la norma DIN y la norma ASA (ANSI), hablaré entonces de Diámetros Nominales (DN) en milímetros para la tubería bajo norma DIN y pulgadas (") para la norma ASA. Para las presiones hablaré de Presión Nominal (PN) en Kg/cm² o Bares para las DIN y libras (#) para las ASA. Con este breve ejemplo se puede deducir que, cada norma empleará un tipo de simbología, nomenclatura, unidades métricas, etc, y es en el momento de su uso cuando hemos de familiarizarnos con todas ellas y aplicarlas a todo el proyecto de igual modo, será por lo tanto, el lenguaje en el que se comunique el astillero con su oficina técnica y su producción con los proveedores y demás suministradores, fabricantes, etc.

En el caso de la construcción de un buque americano, tanto la norma ASME "American Society of Mechanical Engineers" como ASTM "American Society for Testing and Materials" designan las tuberías por el peso de elaborado como: STD (Standard – común en inglés), XS (Extra Strong – extra fuerte), y XXS (doble extra strong – doble extra fuerte).

La norma API, American Petroleum Institute" los define con sus normas 5L y 5LX.

ANSI "American National Standard Institute", el cual anteriormente se llamaba ASA "American Standards Association" define su tamaño por su número de Schedule (medida del grosor o espesor del tubo), estando este dado por:

$$t = [PD / (2(SE + Py))].$$

$$t = [PD / 2SE].$$

Donde:



t = grosor mínimo de pared de diseño, pulgadas.

P= presión de diseño, Puig.

D = Diámetro exterior de tubería, pulgadas.

S = esfuerzo permisible, psi.

E = factor de eficiencia de la soldadura de junta.

y = factor adimensional que varia con la temperatura.

Adicionalmente al grosor de la tubería que resulta de la fórmula anterior se deben adicionar los siguientes grosores probables:

- Grosor debido al progresivo deterioro o adelgazamiento debido a la corrosión, erosión o debilitamiento.
- Grosor debido al retiro de material para procesos de junta como: roscado, ranurado, etc.
- Grosor debido a fortalecer el material debido a vibración o esfuerzos externos adicionales.

La descripción de una tubería basada en su peso de elaborado o manufactura, fue el primer medio para especificarla; pero ha sido siendo substituida por el número de schedule, aunque se sigue haciendo hincapié en el peso de manufactura o elaborado de la misma.

Un compendio de los tres puntos anteriores fueron reunidos por la norma ANSI B36.10-1970, para tuberías de hierro IPS (Iron Pipe Size), y sus grosores designados como: STD, XS y XXS. Pero la tubería de hierro ha sido completamente substituida por la de acero. Antes de que el esquema del número de schedule predominara al ser publicado por el por ASA (ANSI) en 1935, los IPS fueron modificados para ajustarse a la manera que los pesos por pie son iguales para las tuberías de hierro o acero.

Resumiendo lo anteriormente explicado, para tubería con normalización Americana, para la definición de diámetros de tuberías estándar se llega a los siguientes puntos:

- a) La tubería se definirá por su NPS.
- b) Para la definición del NPS, se define un diámetro nominal cuyo símbolo es \emptyset , el cual se colocará después del número en pulgadas (6" \emptyset como ejemplo).
- c) Cada NPS tiene un diámetro exterior que se mantiene constante, independiente de la schedule. El diámetro exterior no es igual al diámetro nominal en tuberías de diámetro menos a 14 pulgadas, un tubo de $\frac{1}{2}$ " \emptyset tiene un diámetro exterior de 0,84 pulgadas. De 14" \emptyset en adelante, el diámetro nominal es igual al diámetro exterior.



d) Para indicar el grosor de tubería se usa de preferencia la clasificación por número de schedule; o en su defecto, la clasificación por peso de elaboración (STD, XS, XXXS).

Los fabricantes ofrecen tuberías en un rango de 1/8" Ø hasta 44" Ø. Los diámetros normales son; 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 3", 4", 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20" y 24" (pulgadas).

Los diámetros de 2 1/2", 3 1/2", 5" son de obtención más difícil en el mercado.

Las tuberías de 1/8", 1/4" y 3/8" se usan comúnmente en líneas de instrumentos, estaciones de servicio, líneas hidráulicas, líneas auxiliares de equipo o venas de calentamiento.

La tubería recta se suministra en tramos de 17 a 25 pies (alrededor de 6 metros). Es difícil el suministro de tramos de longitud mayor. Los extremos de los tramos pueden venir a corte plano ó biselado indistintamente, y sólo bajo estricta especificación se entregan con un solo acabado en los extremos, ó con terminales roscados. Sólo en casos muy especiales se entrega con ranura para acoplamiento con empaque redondo (o-ring).

Al margen de lo explicado referido a las medidas de la tubería en base a su norma o Standard podremos definir tubos de pared delgada como aquellos designados comercialmente con schedules de 10 y 10S (ANSI B36.10) comúnmente empleado para tubería de acero inoxidable o de aleaciones. Por otro lado, la definición de tubos de acero inoxidable se establecerá en la norma ANSI B36.19-1965 (revisada en 1971) con un rango de tamaños de pared delgada para acero inoxidable, con identificativos de Schedule 5S y 10S.

Si por el contrario vamos a trabajar con tubería métrica en un buque Europeo hemos de saber que, los fabricantes de tuberías de materiales homogéneos adoptan valores de rotura para la presión interna y para la tensión de tracción, lo que posibilita la determinación del espesor, considerando previamente los correspondientes "Coeficientes de Seguridad". Como a cada espesor le corresponde una solicitud admisible, ofrecen al mercado una serie estandarizada de tuberías aptas para resistir, en condiciones de régimen permanente, una determinada serie de presiones fijadas de antemano, estas presiones definen las denominadas "Clases" de las tuberías.

Así, el espesor de tubería de material homogéneo se calculará según la expresión:

$$e = [PD/2\sigma]$$

Donde:

e = es el espesor de la tubería de material homogéneo.

P = es la presión actuante en el plano horizontal que contiene al eje.

σ = es la tensión de trabajo del material.



La expresión anterior representa la forma más simple de cuantificar los conceptos que posibilitan el cálculo de los espesores, pero no es la única ni exclusiva. En efecto, los fabricantes adoptan expresiones, que si bien son similares en lo conceptual, se adaptan más convenientemente a las propiedades geométricas y mecánicas de sus materiales y de su tecnología, aplicando, muchos de ellos, sumandos o coeficientes correctivos.

Existe también otra expresión más exacta obtenida de la “Teoría de las tuberías de pared gruesa”.

En ese caso la deducción, fundada en la “Teoría general de la elasticidad”, es notablemente más compleja, al ser considerada la distribución no uniforme en el espesor y sobre todo el hecho de que las tensiones en un sentido, con su correspondiente deformación, inducen tensiones en los dos ejes restantes del espacio, con deformaciones compatibles (afinamiento del espesor en correspondencia con el estiramiento correspondiente al esfuerzo de tracción y la situación inversa para el caso de compresión).

La elaboración de las expresiones diferenciales y su consecuente integración, llevan a la siguiente relación que acota a la realidad con mayor aproximación:

$$e = [PD/2\sigma - P]$$

En comparación con la expresión anterior, basada en las tuberías de pared fina, los valores numéricos de los espesores resultan ligeramente superiores.

En mi opinión, la normalización, tanto en su faceta más conocida de unificación de gamas de productos como en la menos conocida de transferencia de investigación básica en información asimilable por la industria, debe desempeñar un papel importante en el progreso de la Construcción Naval. Así, entiendo que uno de los medios más simples y a la vez más poderosos y eficaces de realizar las transferencias de tecnología es la normalización, pues la elaboración de una nueva norma requiere la realización de un profundo análisis para elegir el mejor procedimiento conocido, el último avance de la técnica no sólo del propio país, si no de los demás países, que sea compatible con los recursos disponibles. La elaboración de una norma lleva consigo la incorporación de una determinada tecnología, que pasa inmediatamente a engrosar el potencial de información del país en beneficio de la economía nacional. Es una actividad económica de primer orden. El fabricante ahorrará costes de producción, el consumidor obtendrá una mejor calidad. Se aumentará la productividad creciendo el P.N.B. No es una casualidad que los países de mayor renta nacional sean los que tengan más elevado nivel de normalización. La normalización de un país representa el nivel de su situación tecnológica.

Centrándonos por lo tanto, en el campo del diseño de tuberías en construcción Naval se han de normalizar los siguientes elementos:



- Tubos con sus diámetros y espesores.
- Elementos de unión, como bridas, caquillos, etc.
- Elementos de soporte, como zunchos, abarcones, etc.
- Reducciones, curvas, pasantes, etc.
- Válvulas, atmosféricos, sodas, filtros, etc.

Esta lista no pretende ser exhaustiva, sino dar una idea de los elementos que están normalizados en la mayoría de los astilleros, aunque como ya se ha citado antes, y como he comprobado, tanto más evolucionado sea el país y el astillero, mayor nivel de elementos normalizados.

Voy a dar a continuación varios ejemplos de nuevas posibilidades de normalización muy interesantes para la construcción Naval.

Durante la fase de diseño, el utilizar criterios normalizados facilitara el diseño, acopio y construcción de elementos. Se deben normalizar los criterios de las especificaciones técnicas de pedido, lo que además de simplificar el trabajo de las oficinas técnicas y de aprovisionamiento permite ir a normas comerciales preseleccionadas.

Los astilleros japoneses más productivos emplean elementos de catálogo de suministradores que han sido preseleccionados para figurar en el listado de normas. Por ejemplo, para cada bomba requerida en una disposición de elementos de cámara de maquinas, normalizada para cada modelo de motor principal, figuran dos o tres modelos de bombas que están incluidas en el listado de normas.

Aunque físicamente diferentes, las bombas tienen similares capacidades de funcionamiento. Por especiales acuerdos con los fabricantes, toda la información técnica de estos modelos es mantenida al día. En efecto, los suministradores compiten dos veces, la primera para ganar el ser incluidos en la lista de normas del astillero y la segunda para obtener un pedido específico.

No se debe confundir el catalogo citado anteriormente con la "lista de fabricantes" que figura en el contrato del buque, seleccionando varios suministradores para los principales equipos. La diferencia estriba en que los preacuerdos alcanzados permiten las siguientes ventajas:

- Disponer en el astillero de la información técnica actualizada, cuyo playo de acopio suele ser una actividad crítica, a veces más importante que el de aparato.
- Reducir el plazo de gestión por basarse los precios y plazos en acuerdos anuales.
- Facilitar la planificación.

He llegado también a la conclusión de que, la normalización de los criterios de diseño para distintos tipos de buques permite su ampliación a numerosos elementos constructivos. Así, en el punto 5 de esta tesis y justificando la viabilidad técnica de la mejora de los procesos del Diseño de Tubería, se mencionan varios tipos de diseño normalizado de tuberías.



Los sistemas de tuberías se diseñarán de acuerdo con las reglas y reglamentos aplicables de la Sociedad de Clasificación que en cada caso corresponda, excepto para buques militares, donde aquellos sistemas relacionados con la Seguridad Interior (Contraincendios, Achique y Lastre, etc.), cumplirán con las normas militares correspondientes. En la fase de desarrollo del Proyecto se realizará un documento denominado “Estándar de Construcción de Tuberías”, que se empleará como apoyo al diseño de los sistemas de Tuberías. También se elaborará para este tipo de Buques una “Guía de Diseño” que, como su nombre indica, nos guiará para que el diseño no se salga de lo establecido en la misma.

Así, por ejemplo, si empleásemos las Reglas y Reglamentos de la Sociedad de Clasificación de embarcaciones de Servicio Especial del Lloyd’s Register (Bibliografía 8.34) nos tendríamos que ir al Volumen 7, Parte 15, Capítulo 1, Secciones 1, 2 y 3 para ver los requerimientos de diseño de las tuberías. Es de destacar que hay que dar suma importancia a la clase de tubería, ya que este parámetro suele reflejarse tanto en el esquema de tubería, como en las isométricas de elaboración de la misma. Dicha Clase irá en función de la presión máxima de diseño y de la temperatura máxima de diseño de la tubería. Así, las tuberías de Clase I serán empleadas cuando la presión máxima de diseño o temperatura de diseño sea superior a la aplicable a las tuberías de Clase II (ver Tabla 5-2 y Gráfico 5-1 donde T1 Y P1 se corresponden con la máxima temperatura y presión para un sistema de tubería Clase III y T2 y P2 para un sistema de tubería Clase II dependiendo del sistema).

SISTEMA DE TUBERIA	CLASE II		CLASE III	
	P	T	P	T
Vapor	bar	°c	bar	°c
Líquidos inflamables	16,0	300	7,0	170
(Ver Nota)	16,0	150	7,0	60
Otros	40,0	300	16,0	200

NOTE
Líquidos inflamables incluye: Fuel Oil, Aceite Caliente y de lubricación.

Tabla 5-2: Presión máxima y temperatura para sistemas de tubería de Clase II y III

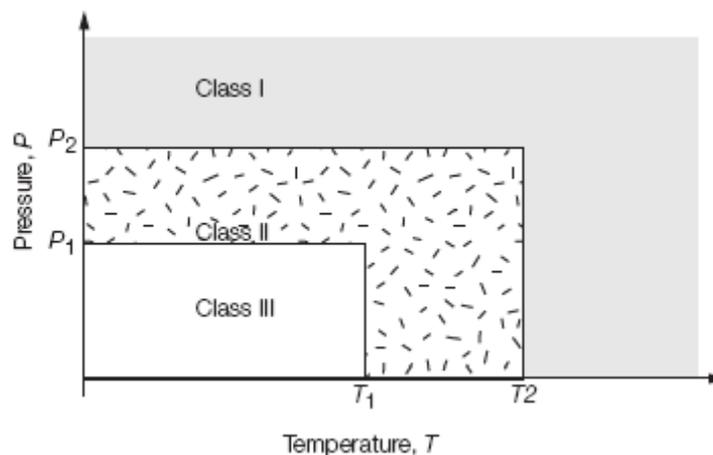


Gráfico 5-1: Clases de Sistemas de Tubería



Las tuberías de Clase III pueden ser usadas para tuberías abiertas, por ejemplo, reboses, aireaciones, sondas, drenajes, etc.

Definiendo conceptos tenemos que, la presión de diseño, P , es la máxima presión de trabajo permitida y no ha de ser inferior a la más alta del conjunto entre la presión de la válvula de seguridad o válvula de alivio. En los sistemas que no tienen válvula de seguridad o válvula de alivio, la presión de diseño ha de tomarse como 1,1 veces la presión máxima de trabajo.

La presión de diseño de la tubería en la descarga de las bombas debe ser tomada como la presión de la bomba a la máxima velocidad nominal contra una válvula de cierre. Cuando una válvula de seguridad u otro dispositivo de protección se ajustan para limitar la presión a un valor de la carga de la válvula de cierre, la presión de diseño ha de ser la presión de ajuste más alta del dispositivo.

La temperatura de diseño se debe tomar como la máxima temperatura del fluido interno, pero en ningún caso esta a de tomarse inferior a 50 °C.

Por todo lo expuesto anteriormente se deduce que, no sólo es necesario tener en cuenta la normalización de los elementos de la tubería, si no que también irá en consonancia con la Sociedad de Clasificación que tenga que certificar el buque a construir.

5.3. NORMATIVA SOBRE MATERIALES. INFLUENCIA EN LA MEJORA DE LOS PROCESOS DE DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES.

En este apartado no me explayaré en definir los materiales empleados en la tubería de los buques, pues entiendo que eso sería un tema suficientemente extenso para la realización de otra Tesis Doctoral, es por ello que, me centraré en describir el criterio aplicado a la hora de realizar la selección de la tubería de acuerdo con las propiedades mecánicas y químicas del material, así como su rango de presión y temperatura. Todo ello relacionándolo con el apartado 5.1 anterior referente a las Normas y Reglamentos aplicados y discerniendo qué materiales pueden llegar a mejorar o influir positivamente en el diseño de los sistemas de tuberías en base a sus requerimientos de uso.

Por último, y después de varios estudios, haré una pequeña relación de las ventajas que en mi opinión puede llegar a tener las tuberías de plástico para mejorar algunos problemas del diseño.

5.3.1. Selección del tipo de material de tubería a emplear en base sus propiedades mecánicas y químicas

Todo fluido susceptible de ser conducido por una tubería debe tener un material idóneo que soporte sus propiedades de resistencia química bajo las condiciones de presión, temperatura, viscosidad, etc. Todas las compañías de fabricación de tubería,



equipos y accesorios relacionadas entre ellas poseen tablas de resistencia química que sugieren materiales adecuados a cada fluido. Es enteramente razonable la designación de un material de tubería idóneo, pero muchas veces se dificulta su uso desde el punto de vista económico. Por lo que, se debe poner en una balanza los beneficios de una menor corrosión, erosión y la contaminación del producto contra el coste de la tubería.

También se deben tener en cuenta las propiedades de este material para las solicitudes bajo esfuerzos mecánicos que va a recibir, así como las facilidades de soldadura y montaje.

Diferentes pueden ser los puntos de vista y parámetros para clasificar los materiales de tuberías: comportamiento químico, mecánico, dureza, rugosidad, resistencia a la fatiga, a la vibración, conductividad térmica, etc.

De acuerdo a mi experiencia las tuberías se suelen clasificar en:

- Tuberías hechas con materiales ferrosos.
- Tuberías hechas con materiales no ferrosos.
- Tuberías hechas con materiales no metálicos.

a) Materiales Ferrosos.

Debido a que desde la revolución industrial los materiales ferrosos (hierro fundido, acero y sus aleaciones) han probado ser los materiales que dan mejores condiciones de resistencia química y mecánica contra el costo, en la actualidad son los materiales más comunes de tubería. Ha habido diferentes esfuerzos para normalizarlos por lo que los listaré a continuación:

- NPS o ND, “Nominal Pipe Size” o “Nominal Diameter”. Nos indica el diámetro nominal de la tubería en pulgadas o milímetros según se aplique en América o en Europa.
- AISI/SAE, “American Iron & Steel Institute / Society of Automotive Engineers”. Los cuales usan un número de cuatro dígitos, y en los que los dos primeros dígitos indican la concentración de carbono y los siguientes dos dígitos el elemento de aleación.
- UNS, “Unified Numbering System”. Debido a la globalización mundial fue necesario llegar a un número de clasificación mundial.



- ASME/ASTM, “American Society of Mechanical Engineers / American Society for testing and materials”. Las cuales estudian sus propiedades mecánicas y las pruebas que se les deberán realizar.

Dependiendo del procedimiento de elaboración, las tuberías de acero se fabrican:

Con costura, la cual se realiza rolando placa de acero y luego soldándola, y **sin costura**, la cual se fabrica con un lingote incandescente de acero que se estira y se rola.

b) Materiales no Ferrosos.

Las tuberías de materiales no ferrosos se han estado usando aun antes que las de hierro, pero debido a su más difícil fabricación, resistencia física, comportamiento mecánico, resistencia química y costo; han sido relegadas a un papel secundario. Podemos hablar entonces de tuberías de cobre, plomo, níquel, bronce, latón, aluminio, Zirconio, titanio, etc. Estos materiales siguen normas diferentes a las de acero al carbón, son relativamente de alto costo, y su selección se basa generalmente en su resistencia particular a ciertos fluidos de proceso, a su buena transferencia de calor, o a sus propiedades mecánicas a altas temperaturas.

c) Materiales plásticos.

Las tuberías plásticas se han desarrollado como un buen medio para conducir fluidos con gran actividad química; generalmente están compuestas de un polímero único o como resultado de una mezcla de diferentes polímeros. En el primer caso tenemos: tuberías de polímeros de vinilo (PVC), de propileno, de etileno (PE), de butileno (PB), poliolefinas y poliésteres. En el segundo caso tenemos: Acril o nitrilo butadieno estireno (ABS), Celulosa acetato butirato (CAB), etc. Haciendo hincapié en que las tuberías hechas de poliéster y epoxi, son generalmente reforzadas con fibra de vidrio. En el caso de esta tubería he de ser crítico y he de destacar que, en contraposición a su alta resistencia química, se opone su generalmente pobre resistencia mecánica; por lo que es muy común soportarla con camisas de tubería metálica u otros tipos de soporte.

d) Tuberías con baños y recubrimientos.

Ciertas tuberías metálicas (comúnmente acero) pueden ser bañadas o recubiertas con algún material que forme una película entre el y el fluido a conducir, y que impida algún ataque químico sobre el metal.

Al recubrir las tuberías con materiales laminados pegados, es común que el fabricante delimite los alcances a los que puede llegar la laminación (diámetros, longitudes, materiales, etc.). Es muy común el que de lugar a una dificultad añadida el montaje de



piezas que cambian de dirección o se unen a otras; resultando a veces imposible realizar soldaduras o roscar entre piezas. Comúnmente la unión se realiza por sistemas bridados o similares, por lo que se acumulan los problemas cuando se está realizando el diseño de tuberías. Las tuberías de acero bañadas por inmersión (galvanizado - bañado en zinc) se usan para conducir agua; pero se pueden bañar con diferentes polímeros, y este recubrimiento le dará diferentes resistencias químicas específicas.

e) Tuberías especiales.

Resulta obvio que existe una amplia variedad de fluidos, sólidos, líquidos, gaseosos en donde se tienen que confinar fluidos con características físicas y químicas muy especiales; en consecuencia el espectro de materiales y perfil de una tubería casi no tiene límite. Si bien es cierto, la construcción Naval es muy tradicional a la hora de emplear materiales y no es muy común el salirse de los materiales empleados habitualmente.

Rangos de presión y temperatura de los materiales de tubería.

Los materiales en general tienden a perder sus propiedades mecánicas, conforme se aumenta o disminuye la temperatura fuera del rango del medio ambiente común. A bajas temperaturas tienden a cristalizarse deficientemente sus componentes y volverse frágiles; a altas temperaturas sus puntos de cesión disminuyen. Se deben tomar muy en cuenta estas variaciones para involucrar un análisis de flexibilidad en el diseño de tuberías.

Los aceros al carbón pierden resistencia a altas temperaturas; la tubería con costura solada por resistencia eléctrica no se considera satisfactoria para servicios que trabajan por encima de 399 °C, y cuando se trata de tuberías a tope que trabajan a temperaturas por encima de 343°C. Cuando se requieren mayores temperaturas, se debe considerar el uso de materiales adecuados como aceros inoxidables, aleaciones o metales más fuertes a continuación se muestran tablas con datos comparativos.

5.3.2. Requisitos y criterios de uso de materiales de tubería en buques para la obtención de un buen diseño

En este apartado me centraré en examinar los requerimientos de uso de materiales de tubería a bordo de los buques en base al sistema y a su emplazamiento en el buque.

Existe un interés creciente en la industria marina en el uso de materiales distintos del acero para tuberías y no existen requisitos específicos ni reglamentos para las tuberías de otros materiales no ferrosos como plásticos y plásticos reforzados, es por lo tanto que, en mi opinión, se necesitan criterios para profundizar en la seguridad de los buques, para ayudar a las Administraciones marítimas para determinar, de una



manera racional y uniforme, los usos previstos para tales materiales. Es por ello que, los siguientes requisitos o exigencias pueden adaptarse a materiales distintos de los de aleaciones ferrosas.

Exigencias y criterios de actuación para uso de materiales en el diseño de cualquier sistema de tubería en Buques.

El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en la Mar (SOLAS 74), en su versión modificada, especifica que el acero debe ser usado en algunos casos, pero en otros casos es evidente que los materiales distintos del acero pueden substituir a este, siempre sujetos a la aceptación de la Administración.

La tubería debe tener la resistencia suficiente para soportar las más severas condiciones de presión, temperatura, peso de la propia tubería y cargas estáticas y dinámicas impuestas por el diseño o medio ambiente. A los efectos de asegurar la robustez adecuada para todas las tuberías, incluidas las tuberías de extremos abiertos (por ejemplo, reboses, aireaciones y drenajes abiertos), todas las tuberías deben tener un espesor mínimo de la pared que asegurará una resistencia adecuada para utilizar a bordo de buques, también para soportar las cargas debidas a transporte, la manipulación, el tráfico de personal, etc. Esto puede obligar a requerir a la tubería a tener un espesor adicional al margen de los requerimientos por consideraciones de servicio.

Los requisitos de rendimiento para cualquier componente de un sistema de tuberías, tales como accesorios, articulaciones, y el modo de unirse a la tubería son los mismos que los requisitos para los sistemas de tuberías que se instalan.

Un sistema de tuberías debe estar diseñado para un *presión interna* no inferior a la presión de trabajo máxima a esperar en condiciones de explotación. La presión interna nominal de una tubería deberá ser determinada dividiendo la presión de prueba hidrostática de fallo a corto plazo por un factor de seguridad de 4 o la mayor presión de prueba hidrostática al fallo (> 100.000 h) por un factor de seguridad de 2,5, la que sea menor. La presión de prueba hidrostática de fallo debe ser verificada experimentalmente o por una combinación de pruebas y métodos de cálculo para el satisfacción de la Administración.

La *presión externa* debería tenerse en cuenta en el diseño de la tubería para cualquier instalación que pueda estar sujeta a aspirar con las mismas condiciones interiores de la tubería o de un líquido principal que actúe sobre el exterior de la tubería. La tubería debe estar diseñada para una presión externa no inferior a la suma de la altura máxima potencial de líquido fuera de la tubería, vacío más completa (1 bar). La presión externa nominal para una tubería debe ser determinada dividiendo la presión de prueba de colapso por un factor de seguridad de 3. La prueba de presión de colapso debe ser verificada experimentalmente o por una combinación de pruebas y métodos de cálculo a satisfacción de la Administración.

En el caso de la *fuerza axial* a soportar por las tuberías, la suma de las tensiones longitudinales debidas a la presión, al peso y a otras cargas dinámicas y sostenidas no debe exceder del esfuerzo admisible en la dirección longitudinal. Fuerzas debidas a la expansión térmica, la contracción y las cargas externas, donde sea aplicable, se



deben considerar al mismo tiempo que la determinación de las tensiones longitudinales en el sistema. En el caso de tubos de plástico reforzados con fibra, la suma de los esfuerzos longitudinales no debe exceder de la mitad de la estrés circunferencial nominal derivado de la presión nominal interna determina de acuerdo con el párrafo anterior a menos que el esfuerzo longitudinal mínimo permitido se verifique experimentalmente o por una combinación de pruebas y métodos de cálculo para la satisfacción de la Administración.

En lo que a la Temperatura se refiere, la tubería debe cumplir con los requisitos de diseño necesarios y los límites de alta temperatura. Las reducciones de presión en relación a las presiones nominales deben ser de acuerdo al estándar aprobado, pero en cualquier caso, la temperatura máxima de trabajo debe ser de al menos 20° C más baja que la temperatura mínima de disipación de calor (determinada según el método ISO 75^a, o equivalente) de la resina o del material plástico. La disipación mínima de calor no debe ser inferior a 80 °C de temperatura.

Si nos referimos a la resistencia mínima al impacto, esta ha de ser a satisfacción de la Administración.

En lo que se refiere al envejecimiento de los materiales de la tubería, antes de la selección del material de la tubería, el fabricante debe confirmar que los efectos ambientales estarán totalmente asumidos por la tubería, no limitando la exposición a los rayos ultravioleta, exposición a agua salada, a aceite y a grasas, a temperatura y humedad, de modo que no se degradarán las propiedades mecánicas y físicas del material de la tubería por debajo de los valores necesarios para cumplir con las directrices establecidas. El fabricante debe establecer las características de envejecimiento de los materiales y someter a las propias tuberías a una prueba de envejecimiento que de un resultado aceptable para la Administración. A continuación, ha de confirmar que su estado físico y propiedades mecánicas cumplen con los criterios establecidos en las directrices.

La Fatiga será muy importante en ciertos servicios de tubería debido a que el buque se encuentra en movimiento y sometido a diversas tensiones provocadas por el medio en el que desenvuelve su actividad como es el mar. Así, en aquellos casos en los que las cargas de diseño incorporan un significativo componente cíclico o fluctuante, la fatiga debe ser considerada en el proceso de selección de materiales y tomada en cuenta en el diseño de la instalación. Al referirse a la fatiga del material, el diseñador puede confiar en la experiencia con materiales similares en servicio similar o en la evaluación de laboratorio de muestras de ensayos mecánicos. Sin embargo, el diseñador será advertido de que los pequeños cambios en la composición del material pueden afectar significativamente la fatiga.

En los casos en los que el fluido en el sistema tiene unas altas velocidades de flujo, características abrasivas o donde haya discontinuidades en la trayectoria de flujo que produzcan una turbulencia excesiva, se debe considerar el posible efecto de la erosión. Si la erosión no se puede evitar, entonces deberán tomarse las medidas adecuadas como un aumento del grosor de la pared, revestimientos especiales, cambio de los materiales, etc.

La absorción de fluido por el material de las tuberías no debe provocar una reducción de las propiedades mecánicas y físicas del material por debajo de la requerida. El fluido que circula por la tubería o en el que la tubería está inmerso no debe penetrar a



través de la pared del tubo. Las pruebas para las características de absorción del material de la tubería deben ser regidas en el estándar de tubería.

En lo referente a la compatibilidad de los materiales, el material de tubería debería ser compatible con el fluido que transporta o en el que esta se encuentra inmerso, tal que su resistencia de diseño no sea inferior a lo establecido. Cuando la reacción entre la tubería y el material se desconoce, la compatibilidad deberá ser demostrada a satisfacción de la Administración.

Requerimientos para uso de cualquier material en el diseño de sistemas de tubería dependiendo del servicio y/o ubicación en el Buque.

- *Resistencia al Fuego*: La resistencia al fuego de un sistema de tuberías es la capacidad de mantener su capacidad e integridad (es decir, capaz de realizar su función prevista) durante un período de tiempo, mientras que se expone a dicho fuego. Hay tres niveles diferentes de resistencia al fuego para plásticos. Estos niveles se consideran en base a los diferentes grados de severidad y a las consecuencias que resultan de la pérdida de la integridad del sistema para las diferentes aplicaciones y ubicaciones. Con un estándar de resistencia al fuego (nivel 1) se asegurará la integridad del sistema durante un incendio de hidrocarburos a gran escala y es particularmente aplicable a sistemas en los que la pérdida de la integridad puede provocar la salida de líquidos inflamables y empeorar la situación de incendio. El Standard de resistencia al fuego intermedia (nivel 2) tiene la intención de asegurar la disponibilidad de los sistemas esenciales para la operación segura del buque, después de un incendio de corta duración, lo que permite que el sistema se restaure después del fuego una vez haya sido extinguido. El nivel más bajo (nivel 3) es considerado para proporcionar la resistencia al fuego necesaria para sobrevivir a un fuego local de corta duración mediante un sistema de tubería de llenado de agua. Las funciones del sistema deben poder ser restauradas, después de que el fuego se haya extinguido. Así tenemos:

Nivel 1 – para los sistemas de tuberías esenciales en la seguridad del buque y para los sistemas fuera de cámara de maquinas y espacios en los que la pérdida de integridad de estos pueda causar flujo de salida de líquido inflamable y empeorar la situación del incendio, estos deben ser diseñado para soportar un incendio de hidrocarburos totalmente desarrollado durante un largo periodo de tiempo sin la pérdida de integridad. Las tuberías han de haber superado la prueba de resistencia al fuego con el método especificado y con una duración de un mínimo de una hora, sin que estos pierdan la integridad respecto a la condición de seco. Con ello se considerará que cumplen con el nivel 1 de la norma de resistencia al fuego.

Nivel 2 – para los sistemas de tuberías esenciales en la segura explotación del buque, estos han de estar diseñados para soportar un incendio sin pérdida de la capacidad para restaurar la función del sistema después de que el fuego se haya extinguido. Habiendo pasado de tuberías la prueba de resistencia al fuego especificado para una duración de un mínimo de 30 minutos sin que estos pierdan la integridad respecto a la



condición de seco. Con ello se considerará que cumplen con el nivel 2 de la norma de resistencia al fuego.

Nivel 3 – para los sistemas de tubería esenciales en la segura operatividad de del buque, estos deben ser diseñados para soportar un incendio sin pérdida de la capacidad para restaurar la función de después que el fuego se haya extinguido. Habiendo pasado las tuberías la prueba de resistencia al fuego especificado para una duración de un mínimo de 30 minutos en la condición húmeda. Con ello se considerará que satisface el nivel 3 de la norma de resistencia al fuego.

- *Matriz Sistema/Localización en el buque:* La matriz que se expone a continuación establece los requisitos de resistencia, ante el fuego que han de cumplir los materiales de tubería en base al sistema y a la ubicación en el buque para cumplir con los niveles mínimos aceptados de seguridad (ver Tabla 5-3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Localización	
CARGA (Cargas Inflamables p.i < 60°C)													A. Espacios de Máquinas de Categoría A
1 Líneas de Carga													B. Otros Espacios de Máquinas y Locales de Bombav
2 Líneas de limpieza de Crudo													C. Local de Bombas de Carga
3 Líneas de Aireación													D. Espacios de Carga Ro-Ro (rodada)
GAS INERTE													E. Espacios con carga seca
4 Línea de salida de agua del sello													F. Tanques de Carga
5 Línea de Lavado de gases residuales													G. Tanques de Fuel Oil
6 Línea Principal													H. Tanques de Lastre
7 Líneas de Distribución													I. Conductos y tubería de espacios vacíos de Cofferdams
LIQUIDOS INFLAMABLES (p.i. > 60°C)													J. Servicios de Acomodación y Espacios de Control
8 Líneas de Carga													K. Cubiertas abiertas
9 Combustible - Fuel oil													
10 Lubricación													
11 Aceite Hidráulico													
AGUA DE MAR (1)													
12 Lastre principal y ramales													
13 Contraincendios principal y Rociadores													
14 Sistema de Foam													
15 Sistema Sprinkler													
16 Lastre													
17 Refrigeración de Agua, Servicios esenciales													
18 Servicio de Limpieza de tanques fijado en Máquinas													
19 Sistemas no esenciales													
AGUA DULCE													
20 Refrigeración de Agua, Servicios esenciales													
21 Retorno de Condensado													
22 Sistemas no esenciales													
SANITARIOS/DRENAJES/INBORNABLES													
23 Drenajes de Cubierta (internos)													
24 Drenajes Sanitarios (internos)													
25 Inbornales y descargas (overboard)													
SONDAS/AIREACIONES													
26 Tanques de Agua/ espacios vacíos													
27 Tanques de Aceite (p.i.> 60°C)													
MISCELLANEOUS													
28 Aire de Control													
29 Servicio de Aire (no esencial)													
30 Salmuera													
31 Vapor a baja presión Auxiliar < 7 bar													

Abreviaciones

"N1" Prueba de resistencia al fuego en condiciones secas (apendice 1 del IMO), 60 minutos
 "N2" Prueba de resistencia al fuego en condiciones secas (apendice 1 del IMO), 30 minutos
 "N3" Prueba de resistencia al fuego en condiciones húmedas (apendice 2 del IMO), 30 minutos
 "O" No se requiere prueba de resistencia al fuego
 "NA" No aplicable
 "X" Materiales metálicos con un punto de fusión mayor de 925°C

Tabla 5-3: Matriz de Requerimientos de protección contra el fuego de Tuberías según Localización en el Buque

- *Propagación de la Llama:* Todos los tubos, excepto los situados en las cubiertas abiertas y dentro de tanques, cofferdams, espacios vacíos, túneles de tuberías y conductos deben tener características de baja propagación de la llama como las



determinadas por los procedimientos de ensayo que figuran en la resolución A.653 (16), procedimiento que ha sido modificado para las tuberías, pues en dicha resolución A.653 (16) sólo se tiene en cuenta las superficies planas. Así, las modificaciones del procedimiento para tuberías curvilíneas son:

- 1- Las pruebas deben realizarse para cada material de la tubería y tamaño.
 - 2- El modelo de tubería empleado para el ensayo debe ser fabricado cortando tubos longitudinalmente en secciones individuales y luego montar las secciones en un modelo de prueba tan representativos como pudiera serlo para una superficie plana. El modelo de tubería del ensayo debe consistir al menos de dos secciones. El modelo de tubería debe ser de $800 + 5$ mm de largo. Todos los cortes deben ser perpendiculares a la pared de la tubería.
 - 3- El número de secciones que tiene que ser montado juntos para formar un modelo de prueba debe ser el que corresponda al número entero más próximo de secciones el cual debería hacer un modelo de prueba con una anchura equivalente de la superficie linealizada entre 155 y 180 mm. La anchura de la superficie se define como la suma de la medida externa circunferencia de las secciones de tubo que son ensambladas expuesta al flujo desde el panel radiante.
 - 4- El modelo de tubería montado no debe tener huecos entre las secciones individuales.
 - 5- El modelo de tubería ensamblada debe ser construido de tal manera que los bordes de dos secciones adyacentes debe coincidir con la línea central del soporte de prueba.
 - 6- La sección del modelo de prueba individual debería estar unida a la Junta de silicato de calcio respaldo con alambre que se inserta a intervalos de 50 mm a través de la bordo y se aprieta girando en la parte posterior.
 - 7- Las secciones de tubo individuales deben ser montadas de manera que el punto más alto de la superficie expuesta es en el mismo plano que la superficie plana expuesta de una superficie normal.
 - 8- La espacio entre el cóncavo sin impresionar superficie de la muestra de ensayo y la superficie del calcio tablero de revestimiento de silicato es nulo izquierda.
 - 9- El espacio vacío entre la parte superior de la superficie expuesta superficie de prueba y el borde inferior del soporte de la muestra marco debe ser llenado con una alta temperatura de aislamiento lana de si la anchura de los segmentos de tubo se extienden bajo la los bordes laterales de la estructura de retención de la muestra.
- *Generación de humo*: El criterio para la producción de humo sólo necesita ser aplicado a las tuberías dentro de la acomodación, de servicio y de espacios de



control. Las reglas II-2/34.7 y 49.2 del SOLAS son aplicables a las superficies interiores expuestas incluyendo superficie de las tuberías sistemas.

Un procedimiento de la prueba de fuego se está desarrollando. Mientras tanto, una ausencia de esta prueba no impide el uso de plásticos. Sin embargo, las administraciones deben tener en cuenta este riesgo cuando aprueben los de materiales de tubería.

- *Toxicidad*: Las pruebas de toxicidad se siguen investigando, así como los criterios a aplicar. Antes de llegar a conclusiones significativas puede hacerse la experimentación adicional y pruebas. En la ausencia de un ensayo de toxicidad, el uso de plásticos no necesita ser excluido. Sin embargo, las Administraciones deben tener en cuenta este peligro al aprobar los materiales de tuberías.

- *Conductividad eléctrica*: Cargas Electrostáticas se pueden generar dentro y fuera de las tuberías de plástico. Las chispas resultantes pueden crear perforaciones a través de paredes de tubos que conduzcan a una fuga del contenido de la tubería, o pueden iniciar atmósferas explosivas. Las administraciones deben tener en cuenta estos peligros para la aprobación de los sistemas de tuberías de plástico que llevan fluidos capaces de generar cargas electrostáticas dentro de la tubería, y cuando se trate de zonas de riesgo (es decir, áreas que podrían, ya sea en condiciones normales o de fallo, contener un explosivo ambiente), por la posibilidad de cargas electrostáticas fuera de la tubería.

- *Revestimiento de protección contra incendios*: Cuando un revestimiento de protección contra incendios de tuberías y accesorios es necesario para la consecución de los estándares de resistencia al fuego necesario, se aplican los siguientes requisitos:

a) Los tubos deben ser entregados por el fabricante con el revestimiento protector sobre el propio tubo, en cuyo caso, la aplicación de la protección se limita a lo necesario para la instalación (por ejemplo, las uniones). Alternativamente los tubos pueden recubrirse en el sitio conforme con el procedimiento aprobado para cada combinación, utilizando los materiales aprobados tanto de tuberías como de aislamientos.

b) Las propiedades de absorción de líquidos por parte del revestimiento y la tubería deben ser considerados. Las propiedades de protección contra el fuego de la capa no deben ser disminuida cuando se expone al agua sucia agua salada, petróleo o de achique. La Administración se cerciorará de que el revestimiento es resistente a que los productos tengan probabilidades de entrar en contacto con las tuberías.

c) Los recubrimientos de protección contra incendios no deben degradarse debido a los efectos del medio ambiente a través del tiempo, como la luz rayos ultravioleta,



la exposición de agua salada, la temperatura y la humedad. Otras áreas a considerar son la expansión térmica, la resistencia contra las vibraciones, y la elasticidad. El envejecimiento de los revestimientos de protección deben ser demostrados a la satisfacción de la Administración de una manera consistente con una prueba de envejecimiento.

d) Las cualidades de adhesión del recubrimiento deben ser tal que el recubrimiento no se escame o astille cuando se somete a una prueba de adhesión aceptada por la Administración.

e) El revestimiento de protección contra incendios debe tener una mínima resistencia al impacto, a satisfacción de la Administración.

f) Los tubos deben estar a una distancia suficiente de las superficies calientes con el fin de ser aislados adecuadamente.

g) Pruebas especiales pueden ser necesarias como parte del procedimiento de aprobación.

Requerimientos para el soportado, cargas externas y conexiones de tubería de cara a un buen diseño y a una buena operatividad de la tubería.

- La separación de los soportes de tubería a bordo debe determinarse como una función admisible de las tensiones de la tubería y los criterios de deflexión máxima de esta. La distancia entre apoyos debería no ser mayor que el espacio recomendado por el fabricante de la tubería. La selección y el espaciamiento de los soportes de tubería deben tener en cuenta las dimensiones de la tubería, las propiedades mecánicas y físicas del material de la tubería, el peso de la tubería y del fluido contenido, la presión externa, la temperatura ambiente por los efectos de expansión térmica, las cargas debidas a fuerzas externas, las fuerzas de empuje, los golpes de ariete, las vibraciones, las aceleraciones máximas a las que el sistema puede ser sometido, y el tipo de soporte. Los tramos de soporte también deben ser comprobados para combinaciones de cargas.

- Cada soporte debe distribuir uniformemente la carga del tubo y su contenido en toda la anchura del soporte y estar diseñados para minimizar el desgaste y la abrasión. Componentes pesados en el sistema de tuberías, tales como válvulas y juntas de dilatación deben ser independientes soportados.

- Se adoptarán las medidas apropiadas en cada tubería para permitir el movimiento relativo entre los tubos de materiales plásticos y la estructura de acero, teniendo



debidamente en cuenta: la diferencia en los coeficientes de expansión térmica de ambos materiales; deformaciones del casco del buque y su estructura.

- En el cálculo de las dilataciones térmicas, se debe tener en cuenta la temperatura de trabajo del sistema y la temperatura a la que se lleva a cabo el montaje.

- En lo que a las cargas externas se refiere, donde sea aplicable, deberían tenerse en cuenta las cargas puntuales temporales. Dichas prestaciones deben incluir, al menos, la fuerza ejercida por una carga (persona) de 100 kg en el centro de la luz en cualquier tubería de más de 100 mm de diámetro nominal exterior.

- Los tubos deben ser protegidos de daños mecánicos cuando sea necesario.

- Los requisitos para las conexiones son los mismos que los requisitos para el sistema de tuberías en el que se instalan.

- Los tubos pueden ser ensamblados usando pegamento-consolidado, brida o juntas acopladas mecánicamente.

- Los pegamentos o adhesivos, cuando se utilizan para el ensamblaje del conjunto, deben proporcionar una unión permanente entre las tuberías y los accesorios a cualquier gama de temperaturas y presiones previstas.

- El apriete de uniones embridadas o uniones acopladas mecánicamente se debe realizar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Dichas exigencias, criterios y requerimientos han sido extraídas de la cita bibliográfica 8.25 correspondiente a la International Maritime Organisation (I.M.O.).

5.3.3. Ventajas del uso de materiales fluoroplásticos en tuberías para solucionar problemas de diseño y operativos

En éste apartado citaré, después de haberlo estudiado al detalle, aquellos problemas más típicos producidos en materiales metálicos de tubería y su solución con el empleo de materiales fluoroplásticos.



Problema	Solución del uso de materiales FLUOROPLASTICOS
Adhesión	Poseen extremadamente baja energía superficial en el estado sólido, proporcionando de este modo una superficie de contacto no humectante y antiadherente excelentes
Envejecimiento atmosférico	Transparentes a la luz ultravioleta y extremadamente resistentes a la oxidación, al ensuciamiento superficial y a la fragilización
Biodegradación	Son inertes al ataque encimático y microbiológico debido a que el polímero puro no proporciona alimento o porosidad para el crecimiento de estas bacterias
Baja temperatura de Servicio	Conserve sus excelentes propiedades, incluso a temperaturas criogénicas. Además, su resistencia al impacto a estas temperaturas superior a la de la mayoría de otros polímeros
Contaminación	Excepto para los grados especializados, los fluoropolímeros son químicamente inertes y puros. Por lo general, no contienen aditivos-plastificantes, estabilizantes, lubricantes o antioxidantes que podrían contaminar los fluidos de proceso.
Fricción y Desgaste	Cuentan con coeficiente de fricción más bajo que cualquier material sólido. Su resistencia a la abrasión es adaptable a entornos exigentes mediante el uso de materiales de carga inorgánicos, tales como fibra de vidrio, grafito, y metales en polvo.
Calor	Conservan sus propiedades después de la exposición a temperaturas que exceden el límite de casi todos los otros termoplásticos y elastómeros. Dependiendo de los requisitos de uso final, estas resinas son a menudo clasificadas para servicio continuo a temperaturas tan altas como 260° C. En ciertos casos, también puede soportar recorridos cortos a mayores temperaturas.
Humedad	Son extremadamente hidrófobos y completamente resistentes a la hidrólisis. Son buenas barreras de penetración de agua, sus propiedades características y estabilidad dimensional permanecen sin cambios, incluso después de un año de duración inmersos en agua
Estabilidad a la Luz	Tienen uno de los índices de refracción más bajos. No cambian su apariencia visual después de la exposición a la luz, que puede ir desde la ultravioleta hasta la infraroja
Corrosión	Resisten incluso los disolventes y químicos orgánicos e inorgánicos más agresivos en un amplio rango de temperaturas
Dieléctricos	Poseen alta resistencia dieléctrica a una baja constante dieléctrica, bajos factores de pérdida y extremadamente alta resistencia específica. Además, superan a la mayoría de los materiales en su nivel
Resistencia al Fuego	Ofrecen una notable resistencia a la alta temperatura y a las llamas porque tienen puntos de fusión y temperaturas de autoignición muy altas, así como excepcionales umbrales de degradación térmica. Por otra parte, las características de propagación de llama, tales como la tasa de liberación de calor y humo, son muy bajas
Larga Vida Útil	Muestran un excepcional mantenimiento de propiedades después del envejecimiento, incluso a altas temperaturas y en presencia de disolventes, aceites, agentes oxidantes, luz ultravioleta, y otros agentes ambientales. Además, debido a que no utilizan ningún aditivo estabilizadores lixiviables o degradable, ofrecen una importante ventaja de seguridad en el diseño de productos de larga vida útil.

5.4. CRITERIOS DE TRAZADO DE SERVICIOS PARA LA MEJORA DEL DISEÑO DE TUBERÍA EN BUQUES

En mi opinión como autor de esta Tesis y después de la experiencia tras varios proyectos de construcción de buques, la mejora en los procesos del Diseño de Tubería en buques pasa por conseguir un diseño uniforme en todo el buque, así como la



unificación de criterios para el trazado de tuberías y el cumplimiento de los requisitos y normativas específicas para cada tipo de buque en cuestión. Así, el diseño de un sistema de tuberías consiste en el trazado funcional de los servicios con sus tuberías, bridas, tornillería, válvulas, accesorios, filtros, juntas de expansión, etc. Así como también el diseño de los elementos de soporte.

Por lo tanto, antes del comienzo de diseño en los sistemas de tuberías opino que deben conocerse las líneas generales de la Estrategia Constructiva del Buque. Durante el ruteado y la realización de los planos de los Bloques, sub-bloques, módulos, etc., el diseño debe ceñirse a lo indicado en la Estrategia Constructiva, en ella se definen las fases y como se realizan los trabajos de prearmamento y montaje, así como las necesidades del astillero, siendo imprescindible que el diseño de los tubos armonice con las demandas de la construcción tal como se indica en el documento de Estrategia Constructiva. La mejora en los procesos de Diseño de Tubería pasa por las siguientes consideraciones generales o requisitos que han sido consideradas en base a la experiencia del autor y teniendo en cuenta las citas bibliográficas 8.2, 8.3, 8.7, 8.8, 8.10, 8.14, 8.28, 8.35, 8.45, 8.45, 8.51, 8.52, 8.53, 8.55, 8.56.

5.4.1. Consideraciones generales del diseño de tuberías

El contenido del presente apartado lo he dividido en áreas o zonas con características específicas de desarrollo del diseño, áreas con particularidades que la hacen necesaria de un tratamiento singular para así dar viabilidad técnica a la mejora de los procesos de Diseño de Tubería en Buques. Estas áreas de diseño son: Interna de tanques, Cámaras de Máquinas, tuberías fuera de máquinas, tubería hidráulica y conexiones flexibles. A continuación hacemos tratamiento y consideraciones de cada una de ellas.

5.4.2. Tubería interna en tanques de doble fondo

El diseño de las tuberías de los tanques de doble fondo, tanto del servicio propio como las que transitan por dentro del mismo, deben tener consideraciones especiales en el diseño por motivo de espacio, funcionalidad y durabilidad de las mismas.

5.4.3. Tubería del servicio del propio tanque

Los tubos que hacen servicio al tanque, a su salida al exterior, deben llevar una brida situada entre 100 y 200 mm del techo o mamparo exterior del mismo con la finalidad de facilitar las pruebas de estanqueidad (ver Figura 5-1). Solo las sondas dejarán de cumplir con éste criterio y por lo tanto no llevarán brida.

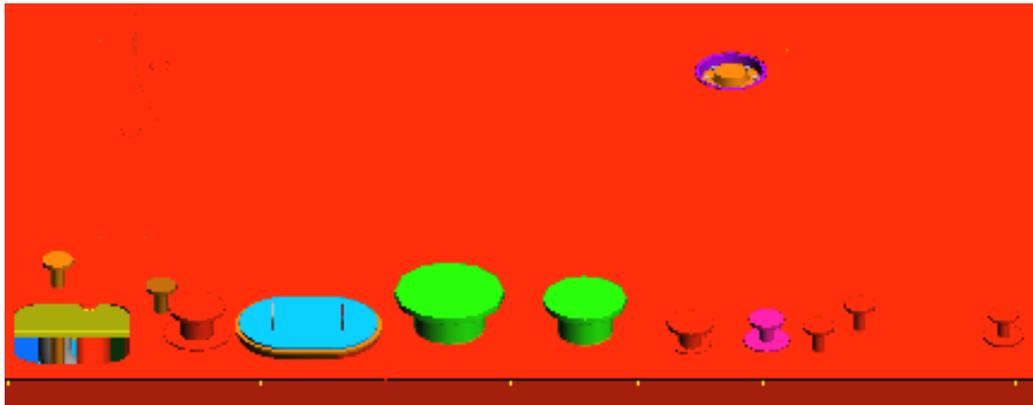


Figura 5-1: Tubos del tanque

Las bocas o campanas de aspiraciones se procurarán situar en la zona considerada mas baja del tanque o con mayor profundidad, tratando de conseguir el máximo vaciado posible del tanque dentro de las exigencias del servicio, según sea vaciado, trasiego o agotamiento (ver Figura 5-2).

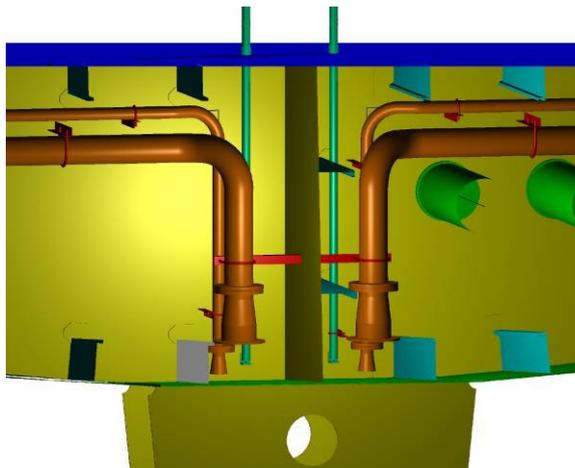


Figura 5-2: Sondas y aireaciones de Tanques

Las líneas de aspiración deberán diseñarse con el mínimo de curvas posibles y hay que poner especial atención tendrá la situación de las bocas de aspiración del tanque del servicio de combustible o aceite que afecten a la propulsión, hay que tener en cuenta las condiciones de movimiento de fluido en el tanque, sobre todo cuando estos tienen poca altura y mucha semi-manga, debiéndose considerar la posición de alarma de bajo nivel, el máximo balance y el mínimo nivel de fluido en los balanceos, tratando de evitar la aspiración en vacío de las bombas del servicio.

Las alturas de las bocas o campanas de aspiración son distintas en cada tipo de servicio y su cota o altura respecto al fondo del tanque vendrá definido en los esquemas funcionales del propio servicio (ver Figura 5-3).



Figura 5-3: Aspiraciones, trasiego y agotamiento

El tipo de campana a utilizar en cada aspiración será definido previamente por el esquema funcional del servicio (ver Figura 5-4).

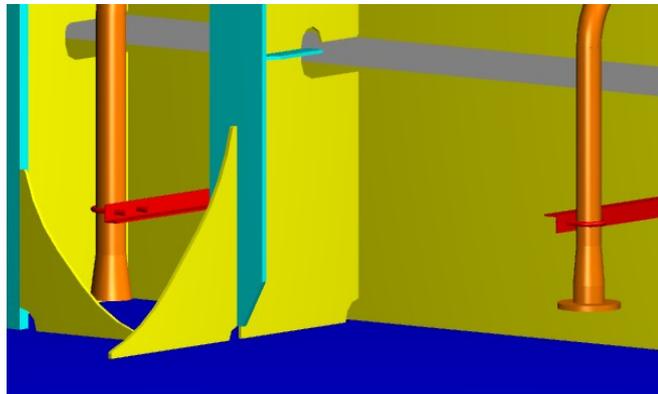
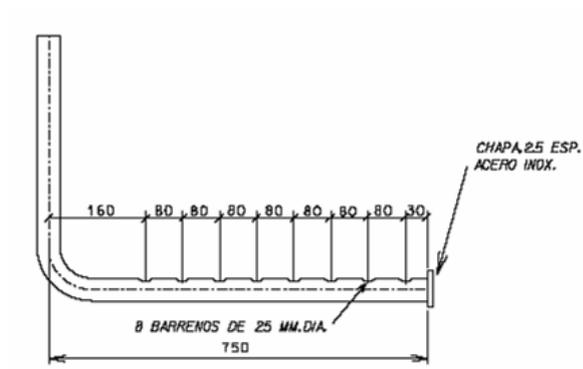


Figura 5-4: Campanas de aspiración

Los tubos de descarga se diseñaran para que realicen su función con la menor cantidad de ruido, procurando que la descarga del fluido se efectúe por la cara interior del mamparo o cerca del fondo del mismo. Especial atención tendrá los retornos y vaciados que lleguen a tanques de servicio o sedimentación, tanto aceite como combustible, de no producir turbulencias o revolver sedimentos del tanque (ver Figura 5-5).


Figura 5-5: Descarga al tanque

Para los casos de descargas dentro de los tanques que exigen el no mover los sedimentos, se utilizará tubería aflautada y situada en la parte baja del tanque tal como indica el esquema del servicio y según se detalla en el plano Estándar de Construcción (ver Figura 5-6).


Figura 5-6: Tubo de descarga en fondo de tanque

Se procurará minimizar el trazado de las tuberías que realizan servicio en el tanque, tratando de situar las entradas o salidas en la zona donde la tubería realiza la aspiración o la descarga, evitando así recorridos innecesarios por dentro del mismo y se procurará situar al menos un soporte en la zona inferior del tubo para evitar vibraciones (ver Figura 5-7).

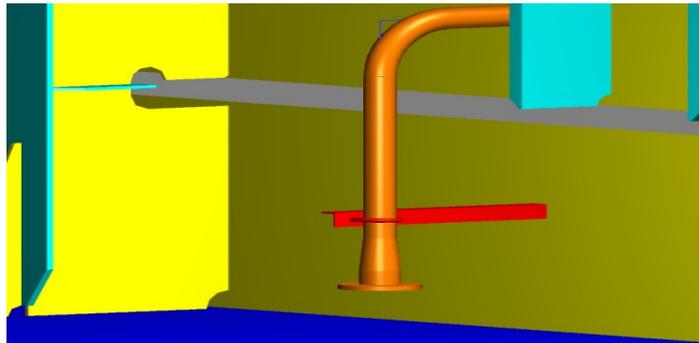


Figura 5-7: Soporte de extremo de tubo

5.4.4. Tubería ajena al servicio del propio tanque

Debe evitarse, en lo posible, el paso de tuberías de servicios ajenos al tanque y cuando se trace tubería de otros servicios por dentro de un tanque, hay que prestar especial atención al material de dichos tubos. Además de tener que cumplir con las características exigidas por el fluido conducido también tiene que cumplir con las del contenido en el propio tanque

El diseño de los tubos por dentro de tanques debe realizarse próximo al techo del tanque; la construcción a bloque invertido y posterior puesta del forro exterior obliga a dejar el máximo espacio libre en el fondo del tanque para la realización de los trabajos de soldadura (ver Figura 5-8).

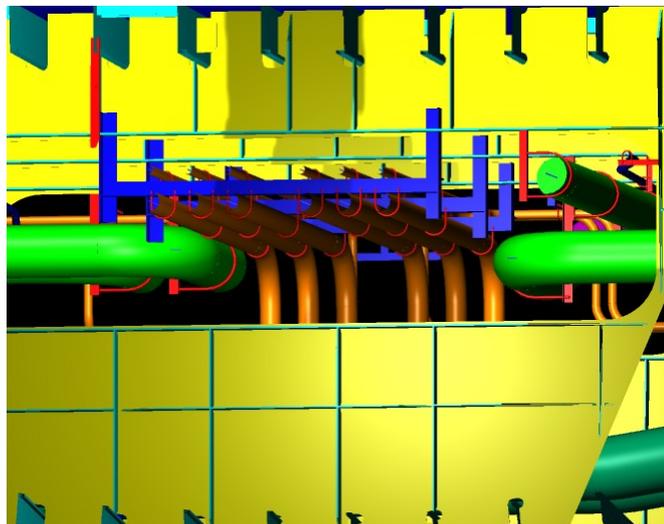


Figura 5-8: Tubos dentro de tanques

Los pasos de hombre existentes en el interior de los tanques son necesarios para poder acceder por dentro de los mismos, tanto para construcción como para mantenimiento, por lo tanto hay que respetar dichos pasos de hombre y procurar no cegarlos con el trazado de tubería (ver Figura 5-9).

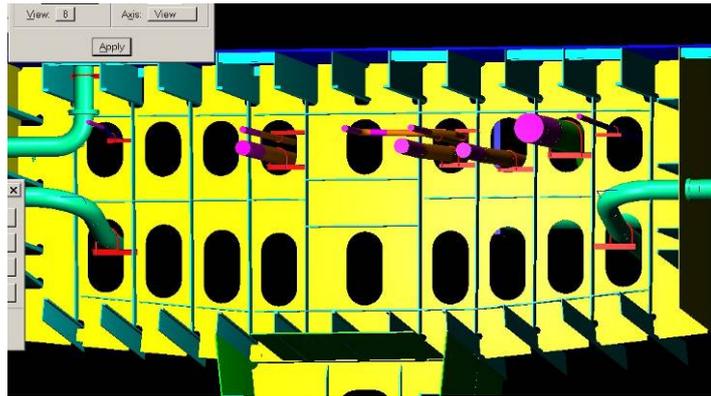


Figura 5-9: Tubos por aligeramientos

Los registros de acceso a los tanques no solo deben de estar libres de tubos en la boca de acceso y paso de las escalas, también deben permitir el movimiento y cambio de posición del personal en dicha zona (ver Figura 5-10).

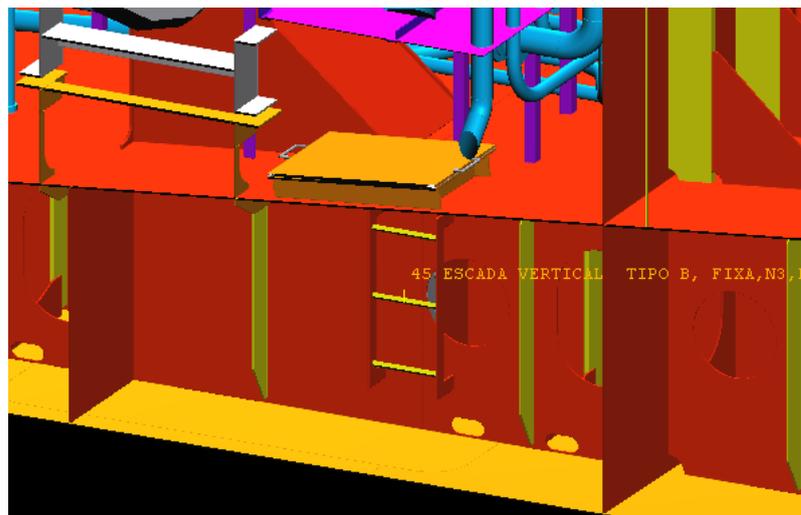


Figura 5-10: Acceso al tanque por registro

En el recorrido de tubería por dentro de tanques ajenos a su servicio, se procurará, en lo posible, minimizar la unión de tubos tratando que sean lo más largo posibles sin que ello recaiga en detrimento de la facilidad de montaje. Las uniones de los tubos serán soldadas, evitando así elementos bridados o roscados.

El trazado de la tubería debe tener en cuenta que entre puntos estructurales rígidos (penetraciones estancas), hay que absorber las dilataciones o deformaciones de la propia estructura. Deben diseñarse liras o cambios de dirección para amortiguar los esfuerzos de la tubería y evitar roturas además de evitar el paso de tubería de Cobre por el interior de los tanques.

5.4.5. Tubería de sondas y aireaciones

Las uniones de los tubos sonda se realizarán con casquillos soldados, nunca a tope para evitar que las proyecciones de la soldadura obstruya el interior del tubo.

Las sondas dentro del local de Cámara de Máquinas se situarán a una altura de 1,20 metros sobre el piso de máquinas, procurando que quede protegida por un elemento estructural (mamparo, puntal...) o equipos de la propia cámara.

La tubería de sonda que queda dentro del tanque debe ser barrenada para facilitar el sondado (ver Figura 5-11).

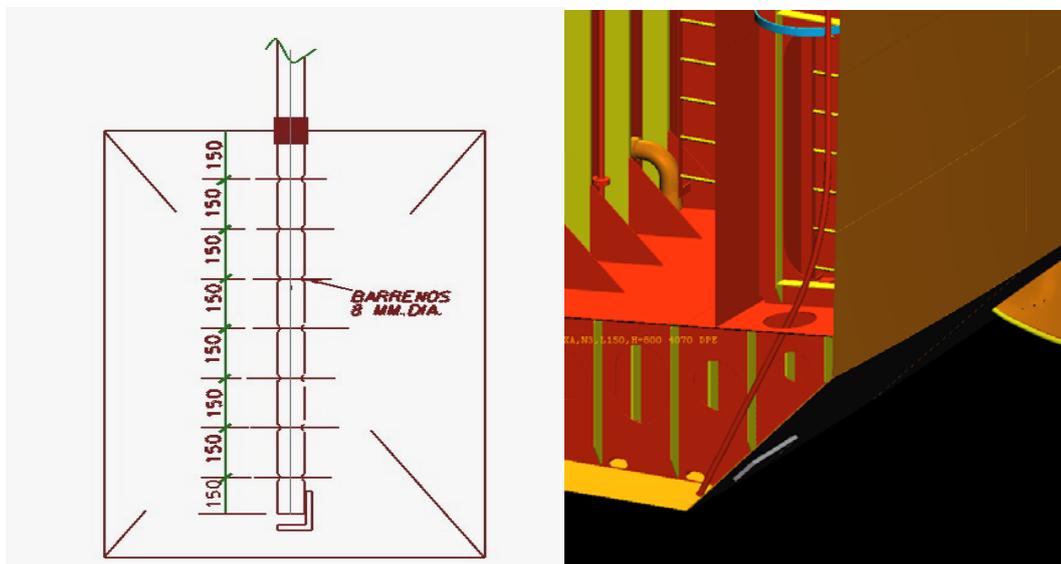


Figura 5-11: Barrenado de tubo de sonda

Los tubos de sonda llevarán en el extremo final una chapa de golpeo de material adecuado a las características del servicio (ver Figura 5-12).

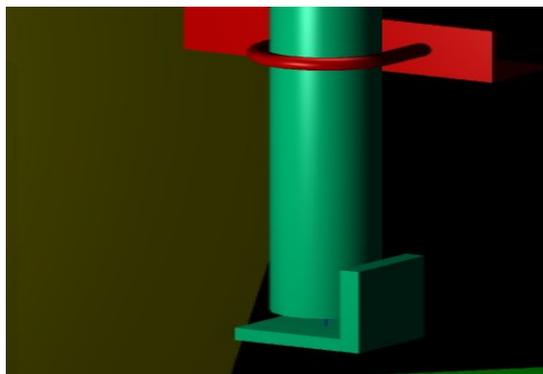


Figura 5-12: Chapa de golpeo en Sonda

El radio de curvado de los tubos de sonda será de $60D$ a $80D$. En las sondas no se utilizará nunca codos comerciales y los tubos de sonda se cortarán a 200 mm, aproximadamente, de la salida del tanque, evitando así que el tubo golpee en el suelo durante los trabajos de pre-armamento con el bloque invertido.

Las aireaciones de los tanques estarán en el punto mas alto del tanque, asegurando así el venteo de la totalidad del tanque y en aquellos tanques que fuese necesaria más de una aireación, éstas estarían lo más alejadas una de otra cumpliendo el criterio de situarse en las zonas más favorables para el venteo del tanque.

5.4.6. Tubería en cámara de máquinas

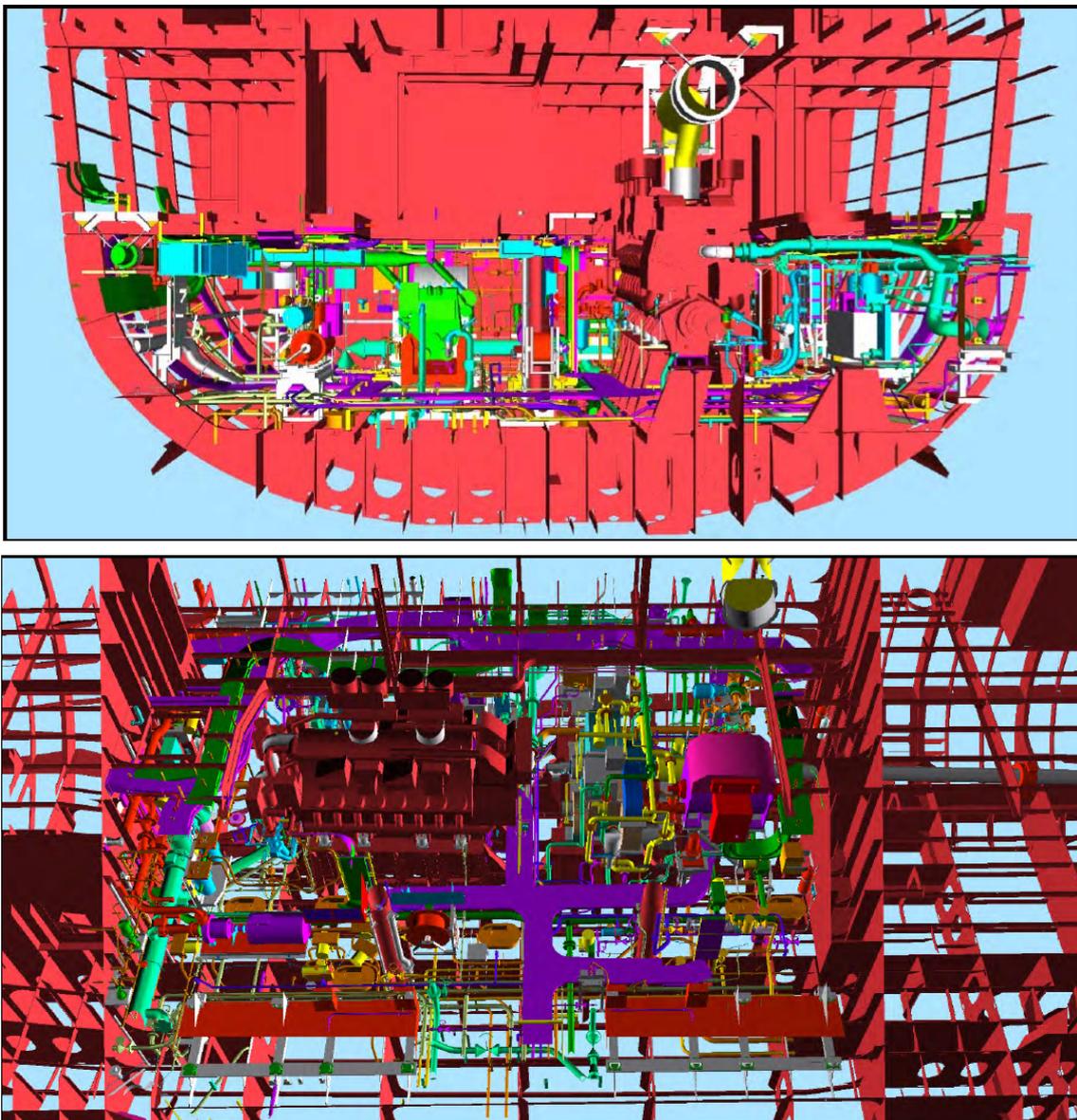


Figura 5-13: Bloque de cámara de máquinas

Las tuberías de Cámaras de Máquinas deberán disponerse de tal manera que no obstaculice el paso y los accesos a los equipos para su operatividad o mantenimiento (ver Figuras 5-13).

Las válvulas de corte de un sistema se procurarán situar lo más cerca posible del equipo al que hacen servicio.

En el diseño de la tubería en espacio de máquinas debe tenerse en cuenta el espesor de aislamiento de los elementos estructurales.

En la disposición de la tubería debe tenerse en cuenta aquellos servicios que van forrados o vayan necesitar de aislamiento para dejar el suficiente espacio que facilite dicho forrado.

En la conducción de las purgas a embudos, estas deben quedar separadas de los mismos al menos 50 mm para poder observar el purgado (ver Figura 5-14).

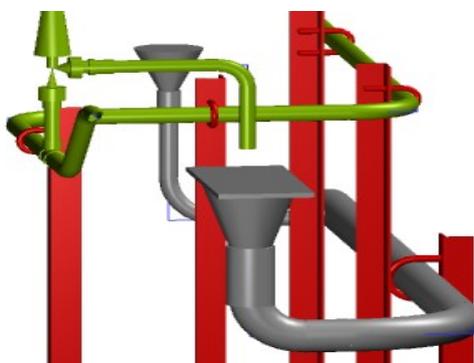


Figura 5-14: Descarga a embudo

Las válvulas de retención de clapeta, siempre que sea posible, se situarán en dirección Proa-Popa y en las descargas al mar, se tratará que la distancia entre el forro y la válvula de corte sea la menor posible, tratando que el tubo de descarga sea normal al forro.

Primará en el diseño de los tubos la utilización de curvas de máquina sobre los codos comerciales y para evitar que el tubo se deforme al ser cortado, se procurará no hacer dicho corte a menos de 50 mm del final de una curva de máquina.

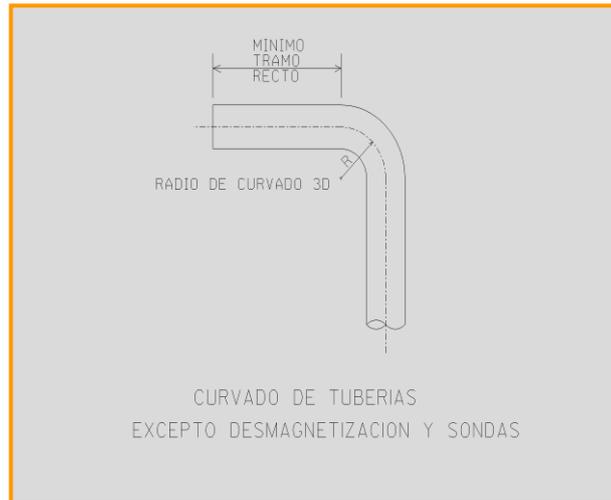


Figura 5-15: Curvado de tubos

La maquinaria para el curvado de tubos necesita unas distancias mínimas entre curvas para poder amordazar la tubería. Cuando la distancia entre curvas es inferior a la necesaria para la utilización de las máquinas, se podrá optar a realizar un corte entre las dos curvas y hacer así dos unidades de elaboración (ver Figura 5-15).

Se procurará diseñar la tubería dejando libre las rutas de desmontaje y suficiente espacio a los cáncamos de desmontaje, debemos permitir las operaciones y maniobras de mantenimiento de los equipos de la Cámara.

Las aireaciones se dispondrán lo más verticalmente posible, sin bolsas donde se pueda acumular condensación.

Siempre que sea posible, en los haces de tubos paralelos, los accesorios de unión (bridas, tuercas de unión, acoplamientos,...) deberán escalonarse.

En el trazado de tubería se evitará que los tubos puedan servir de pasamanos, asideros o apoya pies.

Los salientes para instrumentos no deben colocarse en la parte baja del tubo, la acumulación de residuos en el fondo de la tubería puede llegar a obstruir el saliente y producir mal funcionamiento o dar indicaciones erróneas en la instrumentación (ver Figura 5-16).

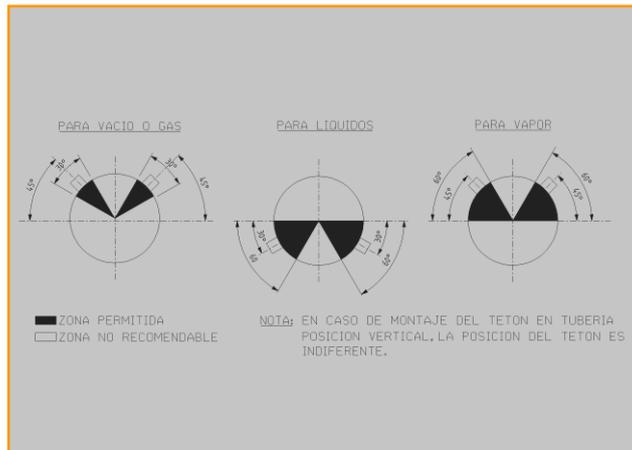


Figura 5-16: Salientes indicadores de presión

Los tubos que transporten combustible, deben alejarse de las superficies calientes, así como evitar que sus juntas y válvulas queden sobre equipos eléctricos, maquinaria con temperaturas elevadas o tuberías calientes y los indicadores de posición de las válvulas deben ser fácilmente visibles.

Los espacios de máquinas son propicios para la configuración de módulos de teclas de Máquinas (tubería y entramado con el piso de máquinas), módulos de equipos (la tubería con sus equipos, polines y entramado con sus chapas de piso) y módulos de haces tubulares (ver Figura 5-17).

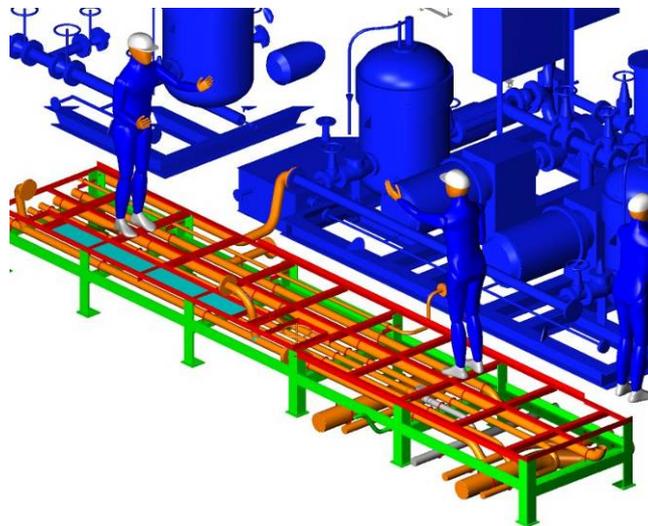


Figura 5-17: Módulo de tuberías sobre techo de tanques

En la **construcción integrada** es de gran importancia la modularización, facilitando el montaje en buque de unidades previamente construidas en el exterior del bloque, simultaneando los trabajos del bloque y módulos. Por tanto se procurará que el diseño de las cámaras de máquinas contemple el máximo de modularización posible (ver Figura 5-18, 5-19 y 5-20).



Figura 5-18: Montaje de módulo en el bloque

En la unión de la tubería del bloque y la del módulo, que se realice en la fase de prearmamento, se dispondrán tubos de elaboración a plantilla.



Figura 5-19: Módulo de tubos en Prearmamento

En la unión entre módulos de un mismo bloque, no existirá tubería de cierre ni plantilla, el tubo se elaborará en firme. Antes de montarse en el bloque los módulos contiguos deben ser unidos y ajustados previamente en el taller de prefabricado.



Figura 5-20: Módulos montados en el bloque

La unión de tubos a los equipos se realizará con tubería a plantilla y la unión de tubos de distintos bloques se realizará con tubo de cierre.

El soportado de la tubería se realizará de acuerdo con el plano Estándar de Soportes.

5.4.7. Tubería fuera de cámara de máquinas

Es prioritario en el diseño de tuberías fuera de máquinas el respetar las alturas mínimas exigidas en el compartimentado, habilitación y pasillos y se evitará el situar válvulas o elementos bridados encima de cuadros o equipo eléctrico.

En la disposición de la tubería debe tenerse en cuenta aquellos servicios que van forrados o vayan necesitar de aislamiento para dejar el suficiente espacio que facilite dicho forrado.

La localización de los imbornales en locales y pasillos, debe disponerse de tal forma que la recogida de aguas sea la óptima en las condiciones normales de navegación del buque.

En las válvulas con indicador de posición, éste debe quedar fácilmente visible y por lo general las válvulas se situarán lo más cerca posible del equipo al que sirven.

La unión de tubos de distinto bloque se realizará con tubo de cierre y éste irá con el bloque que no tenga mamparo o cubierta. En caso de que ambos bloques no lleven mamparo o cubierta, el tubo de cierre pertenecerá al bloque que llegue más tarde al ensamblaje en grada.

Las unidades de elaboración serán lo más largas posible, permitiendo su montaje y atendiendo a la longitud comercial de los tubos.

El soportado de la tubería se realizará de acuerdo con el plano Estándar de Soportes.

Las aireaciones se dispondrán lo más verticalmente posible, sin bolsas donde se pueda acumular condensación.

Los pasillos de habilitación son propicios para la elaboración de módulos de tubería en pasillos, se procurará llevar a cabo el máximo número de módulos posibles (ver Figura 5-21).

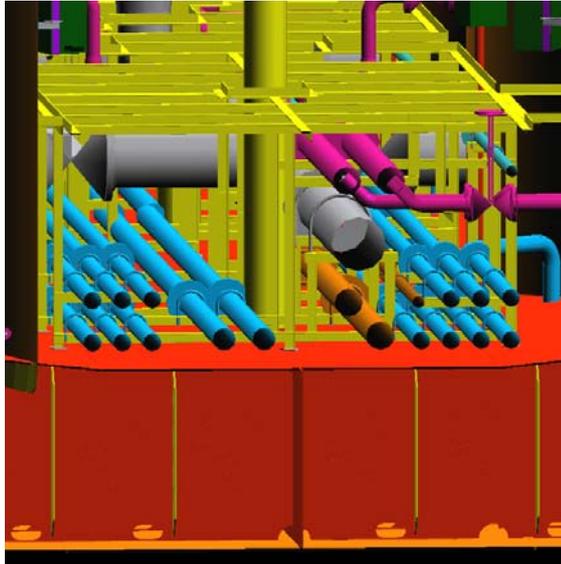


Figura 5-21: Módulos de pasillo

En la unión de la tubería del bloque y la del módulo, que se realice en la fase de prearmamento, se dispondrán tubos de elaboración a plantilla.

Se procurará, por la estética del diseño, realizar trazado ortogonal en aquellos servicios que lo permita, seguir las formas de la estructura amparándose en ella y utilizándola para su sujeción o fijando áreas de trazado de tubos, conductos y canalizaciones (área técnica).

Se minimizará, en lo posible, el número de descargas al costado por encima de la flotación. Se procurarán situar a la misma altura cumpliendo los requisitos del plano de esquema funcional y los requerimientos del plano Estándar de Construcción.

5.4.8. Tubería hidráulica

Para el diseño de los diversos sistemas de tubería hidráulica en el buque deberán considerarse los siguientes puntos:

- Es necesario dejar del orden de 100 mm de tramo recto en los extremos del tubo para poder hacer el abocardado, es decir: entre la última curva ó accesorio y el extremo del tubo a abocardar deberá de haber como mínimo 100 m. de longitud, para así poder hacer el abocardado en el tubo; de lo contrario no se podría sujetar éste en la máquina.



- Se prestará especial atención a los accesorios a utilizar en estos sistemas, son diámetros de tubería muy específicos y es muy fácil confundir los accesorios; por ejemplo: es fácil pedir un acoplamiento tipo clifco de 32 mm de diámetro para un tubo de 30 mm de diámetro.

- Se prestará especial atención a las presiones utilizadas en cada línea de tubería, dentro del mismo servicio pueden existir diferentes presiones y los accesorios a emplear no serían los mismos.

- Se diseñará siempre pensando en que la tubería tenga el menor número de uniones con objeto de evitar, en lo posible, el mayor número de fugas o pérdidas en las uniones.

- La tubería se dispondrá, siempre que sea posible, en paralelo y formando racks. Los soportes empleados para tubería hidráulica nos dará la separación entre los tubos que conformarían el rack.

- Se prestará especial atención a las conexiones con los equipos y sobre todo se deberá reflejar toda la información en la isométrica.

Ejemplo: Un extremo de tubería que une con una unidad de potencia: Se debe poner una nota aclaratoria en la isométrica de montaje indicando que dicho tubo conecta con la conexión "P" de la unidad de potencia.

En el caso de que dicha tubería una al equipo mediante una manguera (generalmente suministrada con el equipo), deberemos poner igualmente la nota aclaratoria en la isométrica de montaje indicando que dicho tubo une a la conexión "M" mediante la manguera "XXX" suministrada con el equipo.

5.4.9. Mangueras y conexiones flexibles

Una manguera está formada por (ver Figura 5-22):

- 1.-Un tubo interior, que contiene y debe ser resistente a la sustancia transportada.

- 2.- Una armadura, que absorbe el esfuerzo por compresión, la presión negativa y positiva, manteniendo estables las dimensiones del tubo en aplicaciones de carga por compresión.

3.- Un revestimiento, que protege a la armadura de agresiones externas como desgaste y ozono.

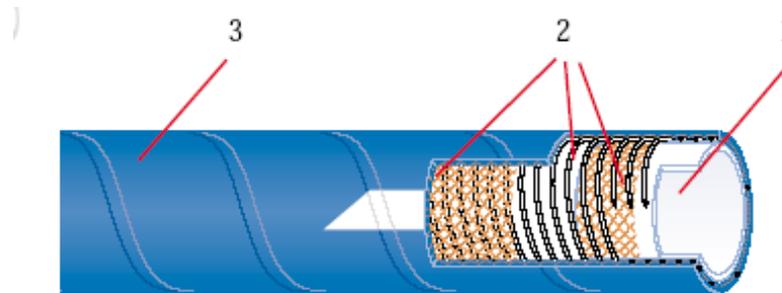


Figura 5-22: Manguera Flexible

El tubo interior y el revestimiento pueden fabricarse en una serie de materiales poliméricos (cauchoplástico) para satisfacer diferentes requisitos de los fluidos transportados. Cuando la manguera va a utilizarse tanto con presión negativa como positiva, se construye con una espiral de plástico o metal en la pared del tubo.

Algunos equipos conectan a la tubería a través de mangueras o compensadores, para el diseño y favorecer el montaje de dichas mangueras es necesario tener en cuenta las consideraciones siguientes:

Cuando se sitúe una manguera debe asegurarse que no haya nada cercano a dicha manguera que le impida el movimiento, y por consiguiente, dañe dicha manguera.

El diseño de mangueras debe unificarse en la mayor medida posible.

Inmediatamente después de un compensador o manguera ha de colocarse un soporte de alta rigidez en la tubería ó bien en su defecto un soporte especial. Este tipo de soporte especial será diseñado, situado y pedido en el plano de la tubería.

La tubería que une con una manguera o compensador será siempre a comprobar a plantilla en obra. En la isométrica se deberá de destacar el punto fijo de conexión con dicha manguera.

En la isométrica se marcará siempre en el extremo del tubo su continuidad, indicando con que manguera flexible nos une y a qué equipo.

Al instalar las conexiones flexibles no deberá sobrepasarse el radio mínimo de curvatura indicado por el fabricante y no deberá ejercerse ninguna tensión en los acoplamientos o conexiones del flexible.

Es importante tener en cuenta el radio de curvado de la manguera, se trata del radio de curvatura mínimo al que puede someterse una manguera sin reducir significativamente su sección transversal, o sin dañarla de algún otro modo. Normalmente, la sección transversal no debe reducirse en más de un 15% con el radio de curvatura señalado, permitiendo un gran margen antes de que la manguera se pliegue (ver Figura 5-23).



Figura 5-23: Radio de Curvatura

Las conexiones flexibles deberán de situarse de forma que las inspecciones y el mantenimiento puedan realizarse fácilmente causando la mínima interferencia respecto a los sistemas o equipos adyacentes.

Los compensadores se consideran accesorios de las tuberías e irán situados, marcados, codificados y demandados en el propio plano de la tubería.

Las mangueras o conexiones flexibles serán pedidas en el plano específico de conexiones flexibles.

5.4.10. Generalidades

Dentro del montaje de la tubería a bordo de los buques existen una serie de generalidades que se relacionan a continuación:

- El número de uniones en las que se puedan producir fuga en las tuberías será minimizado a base de utilización de curvas y/o accesorios soldados a tope o de encastre haciendo mínima la utilización de juntas desmontables con bridas o similares. Donde sea necesario desmontar maquinaria, equipos o secciones de tubería, se dispondrán juntas de desmontaje o bridas.
- En general, salvo especificación de lo contrario, las tuberías podrán ser curvadas con un radio no inferior a 3 veces el diámetro exterior y medido en el centro de la tubería.
- Las válvulas raíz de los ramales se instalaran tan cerca como sea posible de los colectores.
- Siempre que sea posible, aguas abajo de un orificio calibrado, se instalará un tramo recto de tubería de longitud equivalente a diez veces el diámetro; y aguas arriba un tramo recto de cinco veces el diámetro.



- Las válvulas de seguridad se dispondrán de forma tal que sean siempre visibles. Las situadas dentro de cámaras de máquinas se dispondrán por encima de los tecles.

- El sistema de tuberías se diseñara e instalará con la flexibilidad suficiente para evitar esfuerzos en los tubos, accesorios y maquinaria producidos por movimientos térmicos o flexión de la estructura del buque.

- Las válvulas de seccionamiento de mamparo se dispondrán lo más cerca posible al mamparo y en un lugar fácilmente accesible.

- Para la prueba de estanqueidad de los tanques, se instalarán juntas de bridas en el último tramo de las tuberías internas si la tubería viene de un tanque contiguo. Si la tubería interna termina en una campana de aspiración, la unión puede instalarse al lado de ésta.

- Las tuberías de purga se dispondrán con la suficiente pendiente descendente para evitar el retroceso del flujo o un drenaje lento. Todos los sistemas dispondrán de aireaciones y purgas donde sea necesario y en puntos específicos para cuando se requiera purgar o desairear el sistema completamente.

- Se prestará especial atención al emplazamiento de las uniones desmontables en tubos o válvulas, en las tuberías con líquidos inflamables a presión. Se realizarán disposiciones libres de obstáculos, visibles, y fácilmente accesibles, y la posición será tan lejana como sea razonablemente posible de superficies calientes, equipo eléctrico o cableado.

- No se utilizaran acoplamientos tipo "Grip" en los siguientes casos:
 - Servicios de aceite y combustible.
 - Debajo de los tecles de Cámaras de Máquinas.
 - Colector de Contraincendios.
 - Servicios de Achique y Lastre.
 - Servicios de Agua dulce y salada esenciales para el funcionamiento de la maquinaria.
 - Descargas al costado a menos de 1.0 metros de altura sobre la flotación.

- Los reboses y las aireaciones serán diseñados para asegurar el drenaje por gravedad de la tubería al tanque.



- Como norma general, las aireaciones de los tanques se dispondrán en el extremo opuesto a las conexiones de relleno y/o en la parte más alta. El número y disposición de las aireaciones puede variar en función del perfil del tanque.

- Las tapas de los tubos de sonda se dispondrán en lugares siempre accesibles y protegidas contra daños mecánicos. Los tubos de sonda se dispondrán lo más cerca posible de la conexión de aspiración de los tanques. Para los tanques de combustible o aceite lubricante, los tubos de sonda terminaran en zona segura en cubiertas abiertas; con la excepción de los tubos de sonda cortos con válvula que terminen en cámaras de maquinas.

- Los tubos de sonda cortos deben terminar en lugares bien iluminados y fácilmente accesibles por encima de la plataforma de teclas. Si dichos tubos son de combustible o aceite, no se situaran en las proximidades de superficies calientes o equipos eléctricos que puedan producir chispas. Los tubos de sonda se dispondrán de manera que un rebose o salpicado de combustible o aceite no alcance superficies calientes o equipos eléctricos mencionados anteriormente, y donde sea necesario, se dispondrán protecciones de las superficies calientes o equipos.

- Las descargas al mar de las tuberías de servicio se harán por debajo de la flotación. Por el contrario, las descargas de las válvulas de seguridad se harán por encima de la flotación.

- Las conexiones de descarga al costado de la planta de tratamiento aguas residuales y de las bombas de descarga de aguas residuales se situarán próximas a la línea de flotación.

- Las descargas al costado de achique de sentina se harán por debajo de la línea de flotación. Las válvulas de descarga se dispondrán en posiciones fácilmente accesibles y, siempre que sea posible, visibles y con indicadores de posición.

- Se disminuirán en tanto como sea posible el número de descargas de agua al exterior del buque a través del costado por encima de la flotación. Aquellas que sean imprescindibles dispondrán de un sistema que separe la descarga del costado y se situarán lo más próximas posible a la flotación.

- Todas las válvulas que formen parte del sistema de combustible deberán ser accionadas desde lugares fácilmente accesibles y, en cámaras de maquinas por encima del tecla.



- El número de juntas embridadas en tuberías de JP5/DFM será llevado al mínimo compatible con los requisitos de mantenimiento de los componentes del servicio.

- Los tubos de aspiración de los tanques de almacén y de servicio (DFM) terminarán en campanas anti-remolino. La situación del tubo terminal con respecto a los componentes próximos, asegurará un área de aspiración libre alrededor de la periferia del extremo abierto, no menor de vez y media el área interior de la parte ensanchada del tubo terminal.

- Los tubos de aspiración de los tanques de servicio de JP5 terminarán en una campana anti-remolino a 300 mm sobre el fondo del tanque. La situación del tubo terminal con respecto a los componentes próximos asegurará un área de aspiración libre alrededor de la periferia del extremo abierto, no menor de vez y media el área interior de la parte ensanchada del tubo terminal.

- Los tubos de trasiego de JP5 acabarán en una campana anti-remolino a 150 mm sobre el fondo de los tanques de servicio y a 230 mm en los tanques almacén. La situación del tubo terminal con respecto a los componentes próximos asegurará un área de aspiración libre alrededor de la periferia del extremo abierto, no menor de vez y media el área interior de la parte ensanchada del tubo terminal.

- Los tubos de relleno de JP5 en los tanques almacén y de vaciado acabarán en una campana anti-remolino a 150 mm sobre el fondo del tanque.

- Las líneas de recirculación de la bomba de servicio de JP5 se dispondrán horizontalmente a una distancia aproximada de 150mm por debajo y en el extremo opuesto de la aspiración dentro de los tanques de servicio de JP5. El tramo horizontal dispondrá de barrenos de 25 mm orientados hacia arriba de modo que el combustible salga a través de estos por debajo de la superficie de JP5 en el tanque. El número de barrenos será el suficiente para que el combustible entre en el tanque a baja velocidad y provocando la mínima turbulencia.

- Los tubos de descarga, tanto de aguas negras como grises, se conectarán formando un ángulo de 45° entre las direcciones de flujo.

- Se evitarán disponer tramos horizontales de tubería de descargas sanitarias, válvulas y juntas desmontables por la parte alta (techo) de los siguientes locales:
 - Almacenamiento de víveres secos.
 - Comedores.
 - Manejo y preparación de alimentos.



- Espacios médicos.
 - Locales con equipo eléctrico o electrónico.
 - Locales donde se lava o estiba la vajilla.
 - Pañoles de municiones.
 - Donde tales tramos no puedan ser evitados, se dispondrán bandejas de goteo desmontables debajo de éstos.
- Todas las tuberías de descargas sanitarias por gravedad, excepto colectores transversales, será instalada con una inclinación de al menos el 2%. Los colectores transversales se dispondrán con una inclinación no menor del 1%. Las descargas por gravedad discurrirán próximas a los mamparos para permitir darle la máxima inclinación. En las descargas sanitarias de aguas grises, en tramos en los que los colectores transversales descarguen a ambos costados tendrán un tramo horizontal, sin pendiente, de aproximadamente 3 m., a cada banda. El resto, dispondrá de una inclinación no menor del 1%.
- Los tapones/registros de limpieza de la tubería de descargas sanitarias serán fácilmente accesibles. Estos se instalaran de forma que se abran en una dirección opuesta al flujo de la tubería de descarga.
- Los tapones/registros de limpieza se colocaran de tal forma que en aquellos lugares donde pueda haber agua esta pueda ser vaciada. No se instalaran tapones/registros de limpieza en pañoles de munición o locales electrónicos.
- Los tapones/registros no se dispondrán en los colectores horizontales que discurran por la parte alta de los locales donde se preparen o almacenen alimentos, donde se coma o en los locales médicos. Donde sea inevitable disponerlos, los tapones/registros de limpieza se instalaran en los tramos verticales debajo de las superficies de trabajo o se prolongaran y dispondrán en la cubierta superior.
- Los tapones/registros se dispondrán como sigue:
 - En la parte baja de los colectores verticales.
 - En tramos horizontales, en cada cambio de dirección mayor de 45°.
 - Al final de los colectores horizontales.
 - En tramos horizontales, cada 15 m.
- Los tapones/registros de limpieza estarán situados y posicionados para facilitar la limpieza mecánica de la tubería de descarga. Estos se instalarán con un espacio libre mínimo de 300 mm.



- Los ramales de la tubería de vacío se conectarán al colector con un ángulo de 45° entre las direcciones de flujo. Los ramales se conectarán al colector horizontal desde arriba.
- En el sistema de vacío, es recomendable que no se hagan conexiones desde arriba y desde abajo al mismo colector horizontal, es preferible disponer dos colectores horizontales, uno para las conexiones desde arriba y otro para las conexiones desde abajo. Si un colector horizontal tiene conexiones desde arriba y desde abajo, se dispondrá un pocete para evitar la posibilidad de un retroceso del flujo hacia el ramal ascendente.
- En el sistema de vacío, en los colectores horizontales muy largos, es necesario disponer unos pocetes para facilitar el transporte de los fluidos y evitar que pueda producirse el retroceso del fluido debido a los movimientos del buque.
- La tubería de descarga de lodos de la purificadora no debe de extenderse más de 100mm.por debajo del techo del tanque de lodos. Asimismo, se dispondrá tan vertical como sea posible, no debe contener curvas cerradas, ni tramos horizontales.

5.5. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DEL DISEÑO

La finalidad del Diseño de los Sistemas de Tuberías es la obtención, necesaria y adecuada, de los documentos técnicos que permitan la realización de los trabajos en producción. Actualmente los sistemas informáticos son capaces de procesar el diseño y transformarlo en documentación técnica aplicable a la construcción de buques. En nuestro caso estudiaremos las fases correspondientes para la obtención de documentación técnica para tuberías.

5.6. MODELIZACIÓN

5.6.1 Modelos de tuberías

Es el fichero informático en el cual se diseñarán las tuberías y contendrá los datos y gráficos que unidos a la Base de Datos del proyecto nos proporcionará información de todos los elementos contenidos en él.

Modelo de Tubería: Será un modelo que contenga el trazado (ruteado) de todos los sistemas de tubería, correspondientes a un área del buque con características específicas de funcionalidad o diseño: (Cámara de Máquinas, Zona, Habilitación de Proa, Superestructura...etc.), con sus accesorios y soportes (ver Figura 5-24)

En este tipo de modelos se marcarán las líneas de montaje (esquema) y como mínimo los componentes que tengan marca en los planos de esquema.

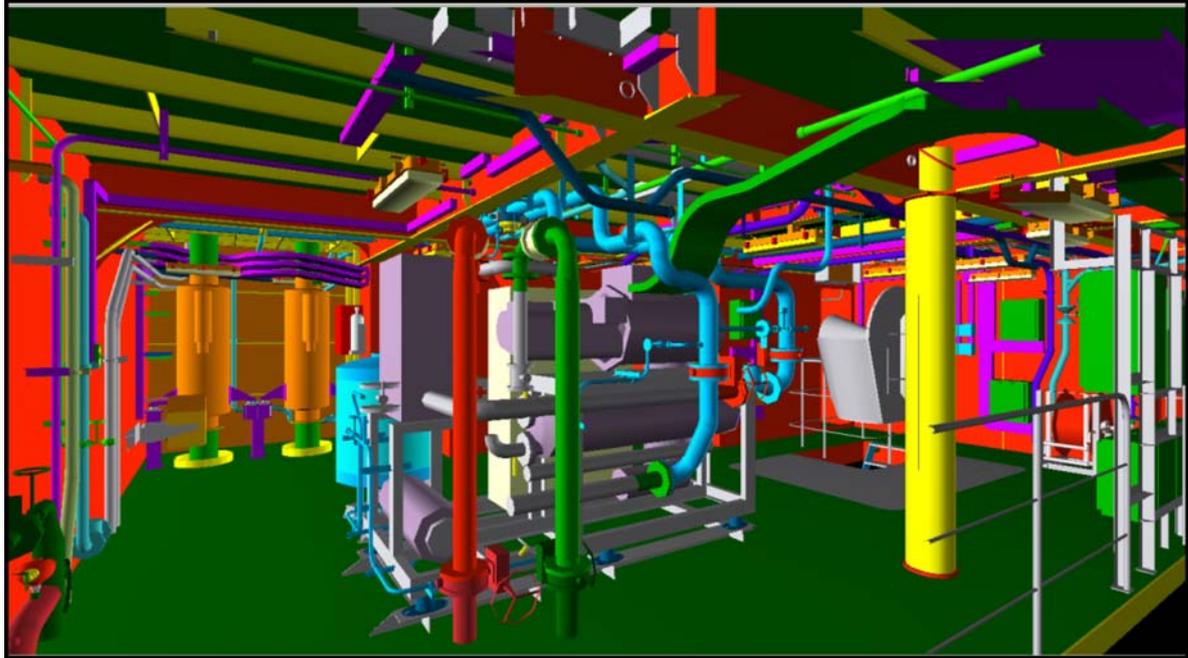


Figura 5-24: Modelo de Disposición General

5.6.2. Marcado de elementos del modelo

Para la posterior obtención de la información adecuada en la documentación técnica, es necesario que los elementos dispuestos dentro de un modelo de tuberías sean identificables con una marca. Para ello se dispondrá de la siguiente forma:

a) *Tubos*: Llamaremos tubo a la unidad de elaboración compuesta por el tubo cortado y curvado, sus accesorios (soldados o roscados) y todos aquellos elementos que salen del taller formando una unidad física destinada al montaje en el buque (Ver Figura 5-25). Las uniones bridadas no se considerarán en su conjunto como un tubo. Las uniones bridadas dividen tubos, pertenece a la fase de montaje y no a la de elaboración.

Los tubos de cada sistema se numerarán sin tener en cuenta los de otros servicios.

Podría haber varios tubos con el mismo número y que se diferenciarían por la designación del sistema.

Si un tubo correspondiente a un sistema es eliminado de un plano, este se anulará y no se asignará a ningún otro tubo. De la misma forma, si un tubo se añade al sistema, se le asignará el número siguiente al correspondiente al último tubo de dicho sistema.

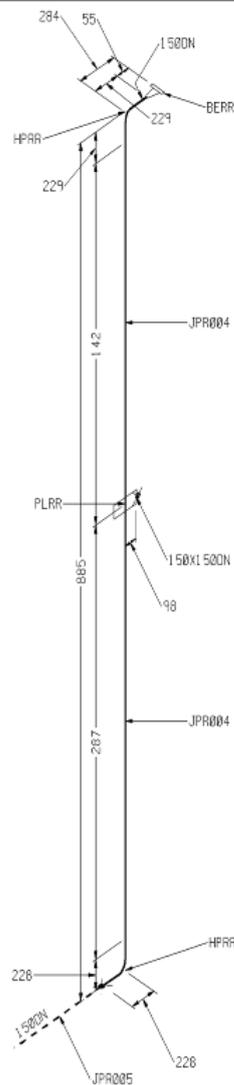


Figura 5-25: Tubo (Unidad de elaboración)

b) *Componentes*: Entendemos por componentes las válvulas, sensores de flujo, temperatura y presión, filtros y dispositivos similares. En el modelo y por tanto en el plano de tuberías, los componentes llevarán la misma marca que la indicada en los planos de los esquemas.

c) *Accesorios*: Definimos como accesorios todos aquellos elementos que forman parte de un tubo, tanto para unirlos como para separarlos (acoplamientos, racores, tuercas de unión, bridas, codos, reducciones, tes, etc.). Los accesorios no tendrán marca en los planos esquemáticos a excepción de que cumplan una función definida (salientes de instrumentación).



Tanto para los componentes como para los accesorios es importante que, una vez tengamos el esquema, el cual ha sido realizado en base a una norma dimensional y de material, y por lo tanto, empleando una simbología determinada para cada uno de los elementos, adaptaremos dicha simbología a la representación isométrica, y para ello debemos diseñar los símbolos acorde con el esquema e introducirlos en los ficheros de configuración de la herramienta informática con la que vamos a trabajar.

Un ejemplo de lo explicado anteriormente podemos verlo en los siguientes ficheros de símbolos (Figuras 5-26, 5-27, 5-28 y 5-29) preparados para introducir en FORAN V70.



Figura 5-26: Símbolos (Hoja 1 de 2 del fichero de configuración GEN2.STD)

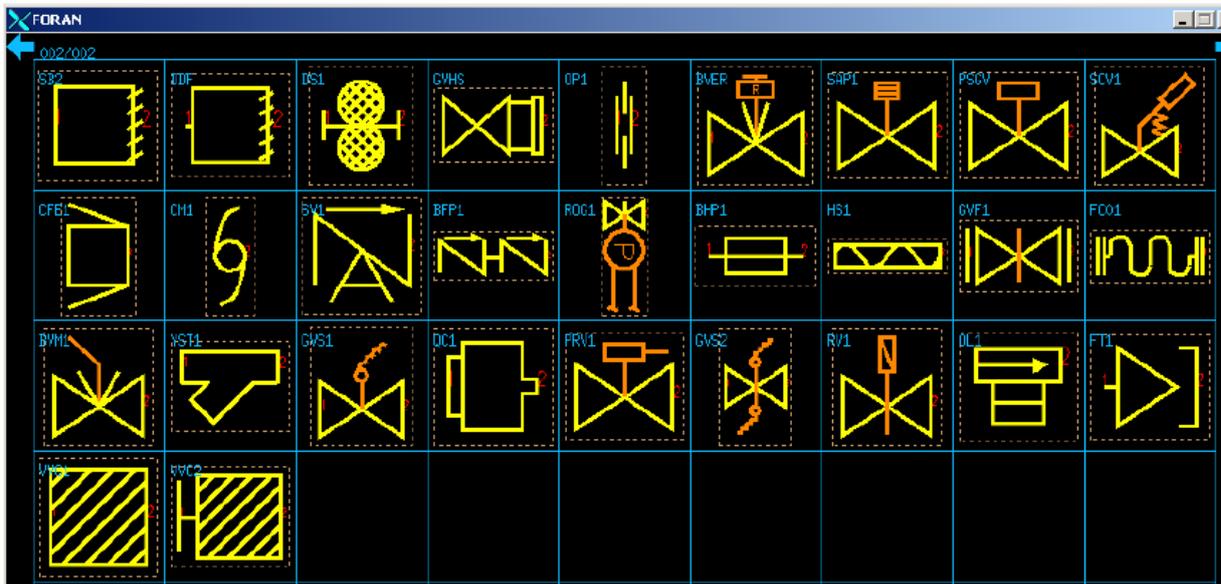


Figura 5-27: Símbolos (Hoja 2 de 2 del fichero GEN2.STD)

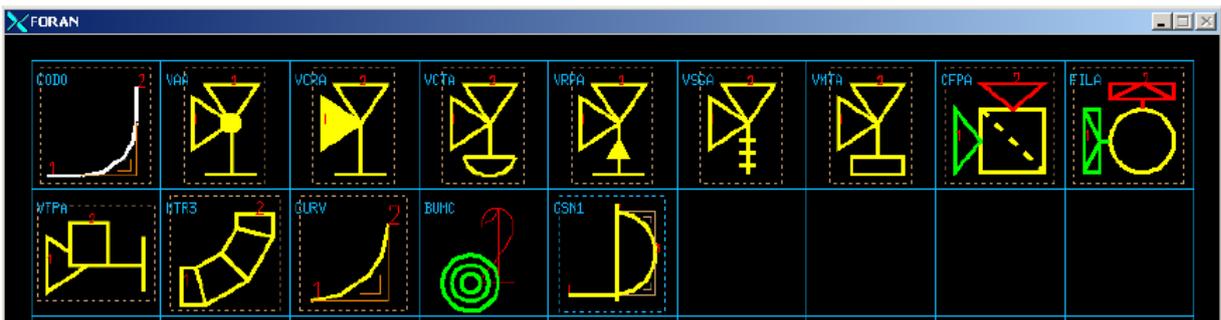


Figura 5-28: Símbolos (Hoja 1 de 1 del fichero de configuración CODO.STD)

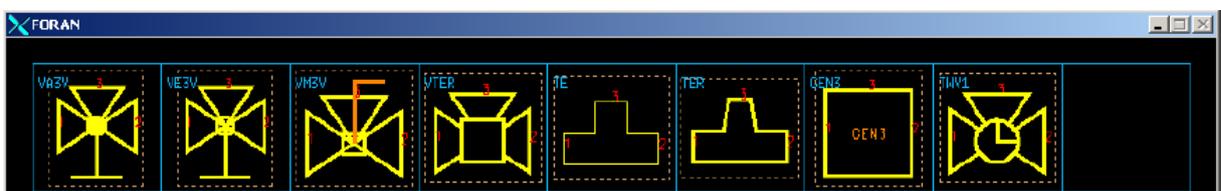


Figura 5-29: Símbolos (Hoja 1 de 1 del fichero de configuración GEN3.STD)

Los cuales han sido la consecuencia de la extracción de símbolos empleados en los diversos esquemas funcionales. Así, a continuación se muestra una lista de símbolos del diagrama de Lastre y Sentinas en cual se ha empleado la normativa americana ASTM, tanto a efectos dimensionales como a efectos de materiales.



DIAGRAM SYMBOL LIST	
SYMBOL	DESCRIPTION
	GATE VALVE
	BALL VALVE
	SWING CHECK VALVE
	BUTTERFLY VALVE
	GLOBE STOPCHECK VALVE
	PRESSURE GAUGE
	VACUUM PRESSURE GAUGE
	PIPE END INDICATION
	REMOTE OPERATOR
	OVERBOARD DISCHARGE
	SUCTION BELLMOUTH
	STRAINER BOX
	CENTRIFUGAL PUMP
	SIMPLEX STRAINER
	SUCTION BOX
	REDUCER CONCENTRIC
	FLOW DIRECTION ARROW
N.C.	NORMALLY CLOSED
	DECK DRAIN FITTING
	DUPLEX STRAINER

Figura 5-30: Símbolos de esquema de lastre y sentinas



5.7. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA: PLANOS

Englobaremos bajo la denominación de Plano todo el conjunto de documentos que, con destino a la producción, aporta información gráfica o alfanumérica de la elaboración y montaje de los sistemas de tubería. Información para ingeniería de producción, taller de elaborado, compras, prearmamento, armamento, repuestos y documentación de entrega para uso del buque.

Los planos de tubería deberán cumplir una estructura que podría ser:

a) *Portada*: En ésta hoja deberá indicarse al menos:

- Código de Obra.
- N° de Documento.
- Descripción del Documento.
- Realizado.
- Aprobado.
- Visto Bueno.

b) *Revisiones*: En esta hoja se hará una descripción de las revisiones que se realizan al plano y el motivo que las origina.

c) *Aplicabilidad*: En esta hoja se indicará los buques a los se aplica el documento.

d) *Notas Generales*: En esta hoja se indicará de forma general todo aquello que deba de tenerse en cuenta para la compra, elaboración, montaje o funcionamiento de los sistemas de tuberías.

e) *Lista de Materiales*: En esta hoja se relacionarán todos los materiales necesarios para elaboración y montaje de los tubos, se hará constar al menos el código del elemento, su marca, descripción, cantidad, tipo de acopio, Diámetro Nominal, Norma Dimensional y Norma de Calidad.

f) *Pesos y Centros de Gravedad*: En esta hoja se indicará el Peso y Centro de Gravedad de cada uno de los sistemas y Fluidos por su grupo de Coste.

g) *Reservas*: En esta hoja se indicarán las reservas correspondientes del plano.

Índice y estado de la Revisión: En esta hoja se hará constar el número, título y revisión en que se encuentra cada una de las hojas que componen el documento, incluidas las gráficas.



h) *Hojas gráficas:* Estas hojas contendrán los gráficos y la información necesaria para elaborado y montaje de los sistemas de tuberías. Constarán de distintos grupos de hojas diferenciadas por su tamaño y funcionalidad (ver Figuras 5-31, 5-32 y 5-33).

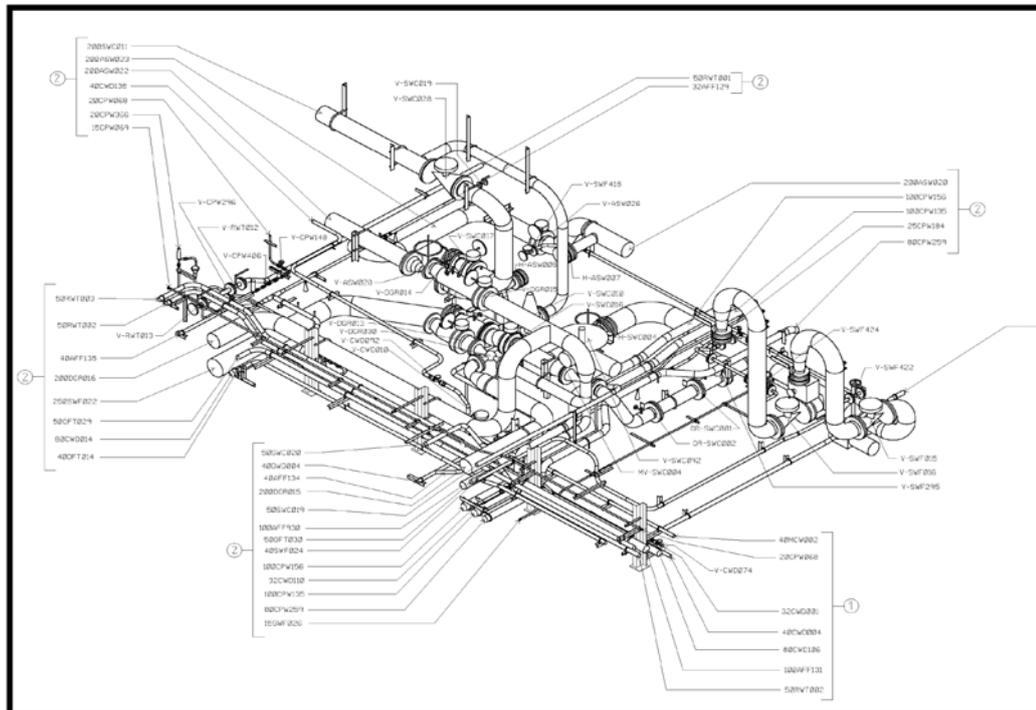


Figura 5-31: Disposición General de Tubería hoja 1A

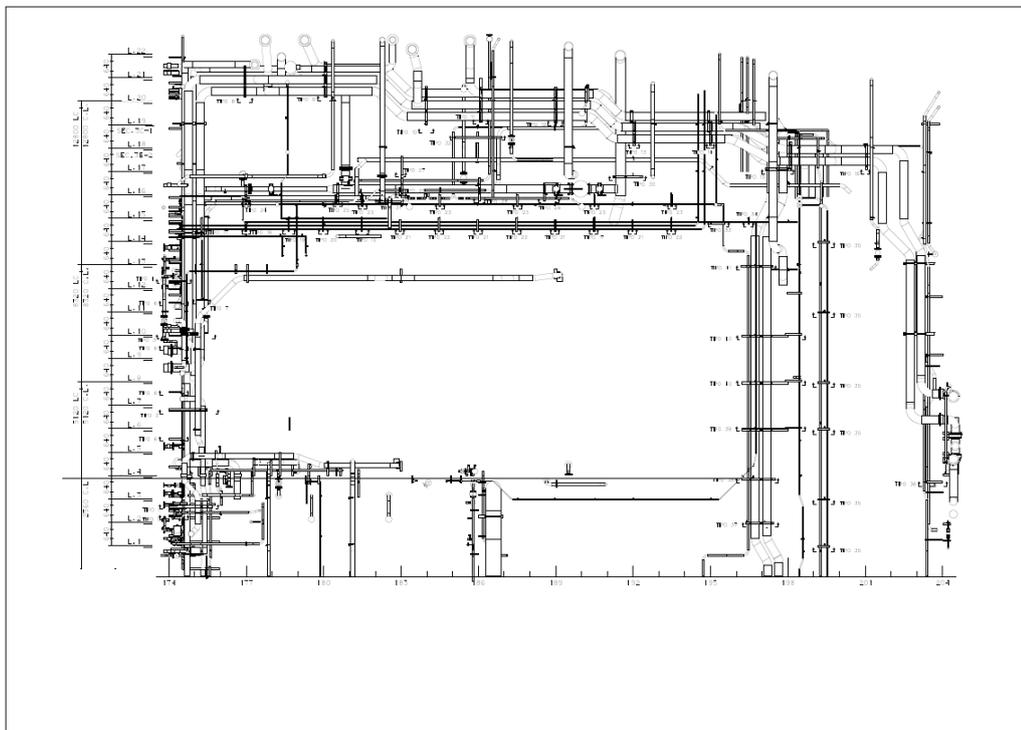


Figura 5-32: Soportes Especiales

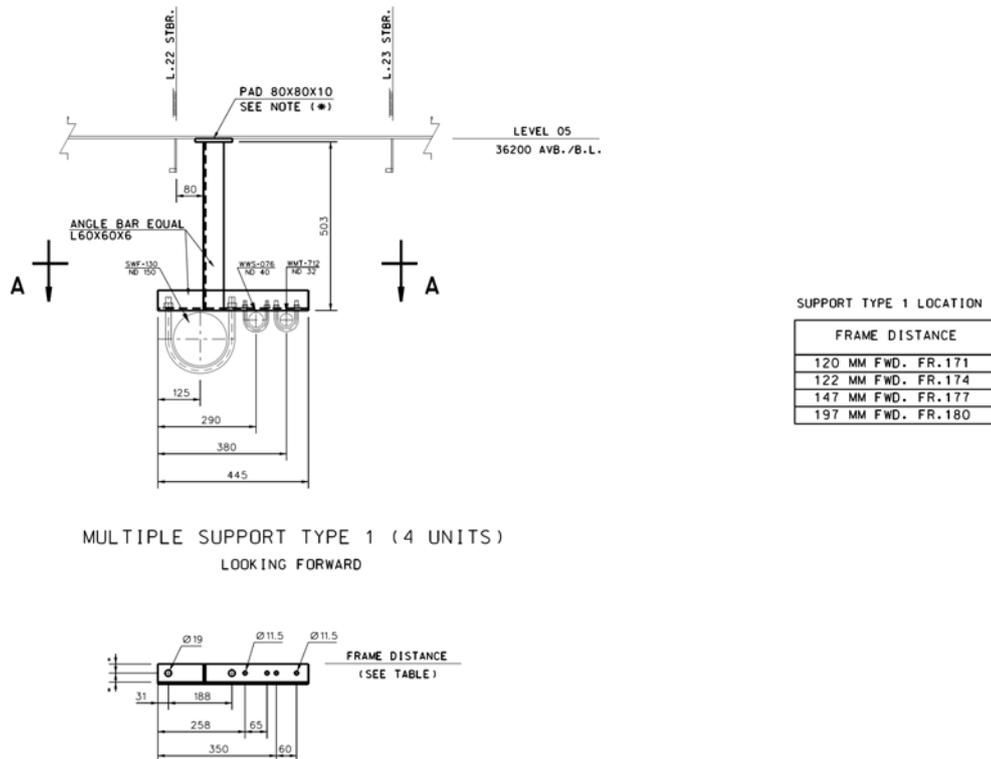


Figura 5-33: Soportes especiales Tipo 1

i) *Isométricas de Elaboración y Montaje*: Hojas con representación en isométrico de cada uno de los tubos de elaboración. Contendrá los datos necesarios para que el taller pueda elaborar el tubo con sus curvas de máquina, injertos y accesorios soldados o roscados. Se darán datos suficientes para poder realizar el montaje de los tubos en el Buque, indicando coordenadas de situación, continuidades, tipos y situación de soportes etc.

Para profundizar en lo que al desarrollo de isométricas se refiere ver cita bibliográfica 8.63.

En cada hoja se indicará (ver Figura 5-34):

- Materiales necesarios tanto para elaborado como para montaje.
- Peso del tubo (unidad de elaboración).
- Peso total (unidad con accesorios para montaje).
- Tratamiento.
- Buque.
- Zona.
- Servicio (Grupo de coste del servicio).
- Línea de esquema.
- N° del plano.
- Descripción del plano.



- N° de Hoja (N° de tubo).

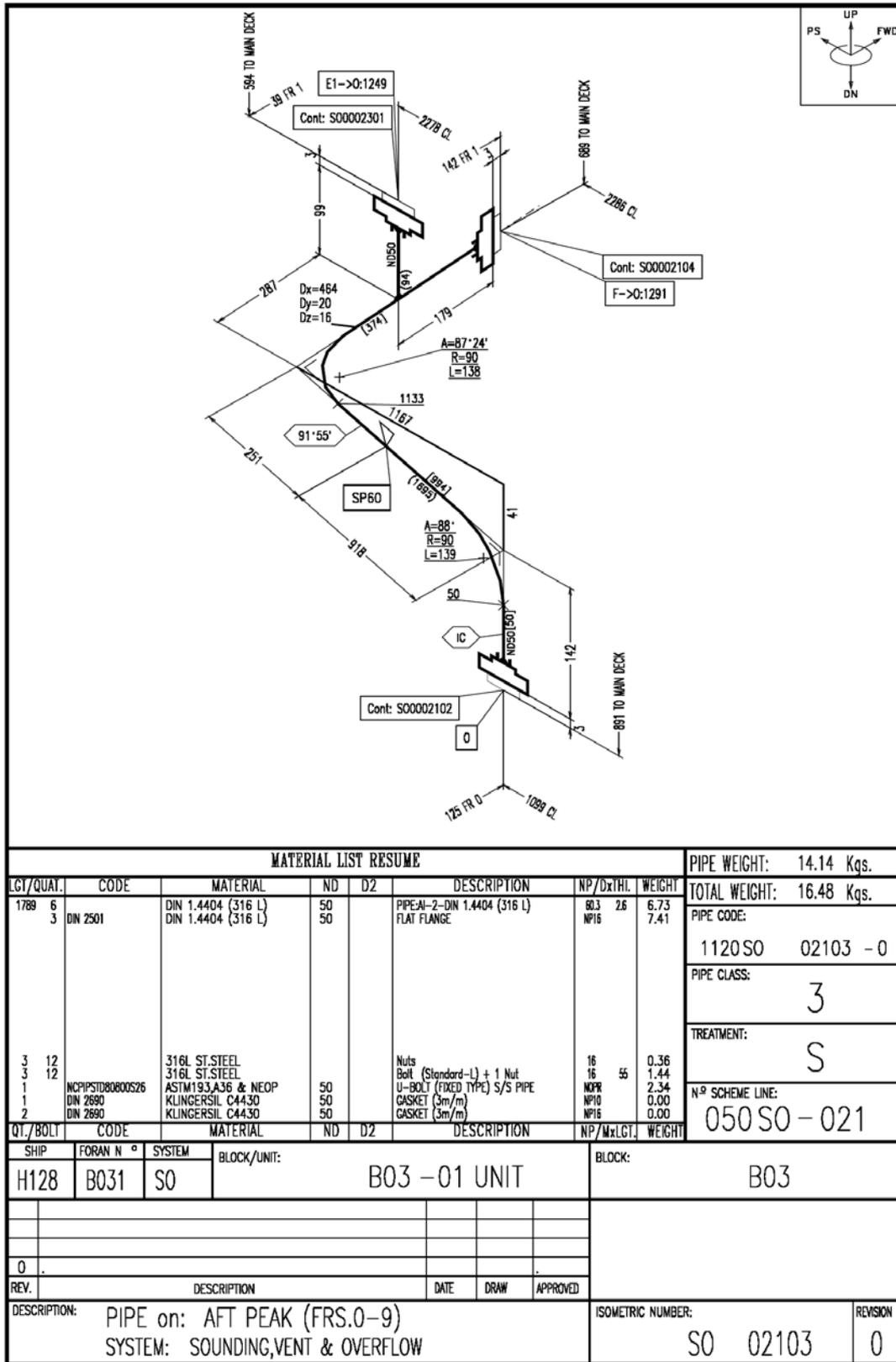


Figura 5-34: Hoja de Isométrica de Elaboración



CAPITULO 6. METODOLOGÍA CUANTITATIVA

6.1. REALIZACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE DISEÑO INTEGRADO DE TUBERÍA EMPLEANDO EL MÉTODO DE “TRAZADO POR UNIDAD CONSTRUCTIVA O PRODUCTO INTERMEDIO”

Antes de explicar los trabajos que se han de llevar a cabo para la realización de un proceso de diseño de tubería totalmente integrado empleando el método de “trazado por unidad constructiva o producto intermedio” y con el fin de mostrar las diferencias entre los dos métodos posibles, se definirán los siguientes conceptos:

Concepto de Sistema de Tubería.

Se denomina “sistema de tubería” al conjunto de tubería que ofrece un determinado servicio mediante el uso de un fluido. En un buque tanto civil como militar podremos tener múltiples Sistemas, así citamos a continuación los más usuales:

- Sistema de Aire Comprimido.
- Sistema de Combustible.
- Sistema de Aceite.
- Sistema de Lastre.
- Sistemas de Aireaciones y Sondas.
- Sistemas de Sentinas.
- Sistemas de Baldeo de cubierta y Contraincendios con agua Salada.
- Sistema de Descargas Sanitarias.
- Sistema de Refrigeración por Agua Dulce.
- Sistema de Circulación de Agua Salada.
- Sistema de contraincendios con Agua Salada Fi-Fi.
- Sistema de Contraincendios con Espuma.
- Sistema de Contraincendios con CO₂.
- Sistema de Contraincendios con Agua Dulce.
- Sistema de Contraincendios con Agua Nebulizada.
- Sistema de Imbornales exteriores.
- Sistema de Agua Nebulizada.
- Sistemas de calefacción de Tanques.
- etc.

Concepto de Trazado de la tubería por Sistema.

Con este tipo de trazado, la tubería se traza en toda la extensión del Buque (de Proa a Popa) según el esquema funcional y según el Sistema elegido, así, un ejemplo podemos verlo en la Figura 6-1, donde se aprecian todas las aireaciones de un remolcador que han sido trazadas por el método de trazar por sistema. Este tipo de trazado era común hace unos años y hoy se sigue manteniendo para barcos de pequeñas dimensiones (< 20 ó 30 metros), en los que la división por bloques no tiene sentido, pues el propio buque ya se considera como un bloque de fácil manejabilidad con los medios de elevación del astillero, pero en el caso de buques de unas dimensiones considerables (> 20 ó 30 metros), este tipo de trazado ha de ser substituido por el trazado de tubería por Unidad Constructiva o Bloque.

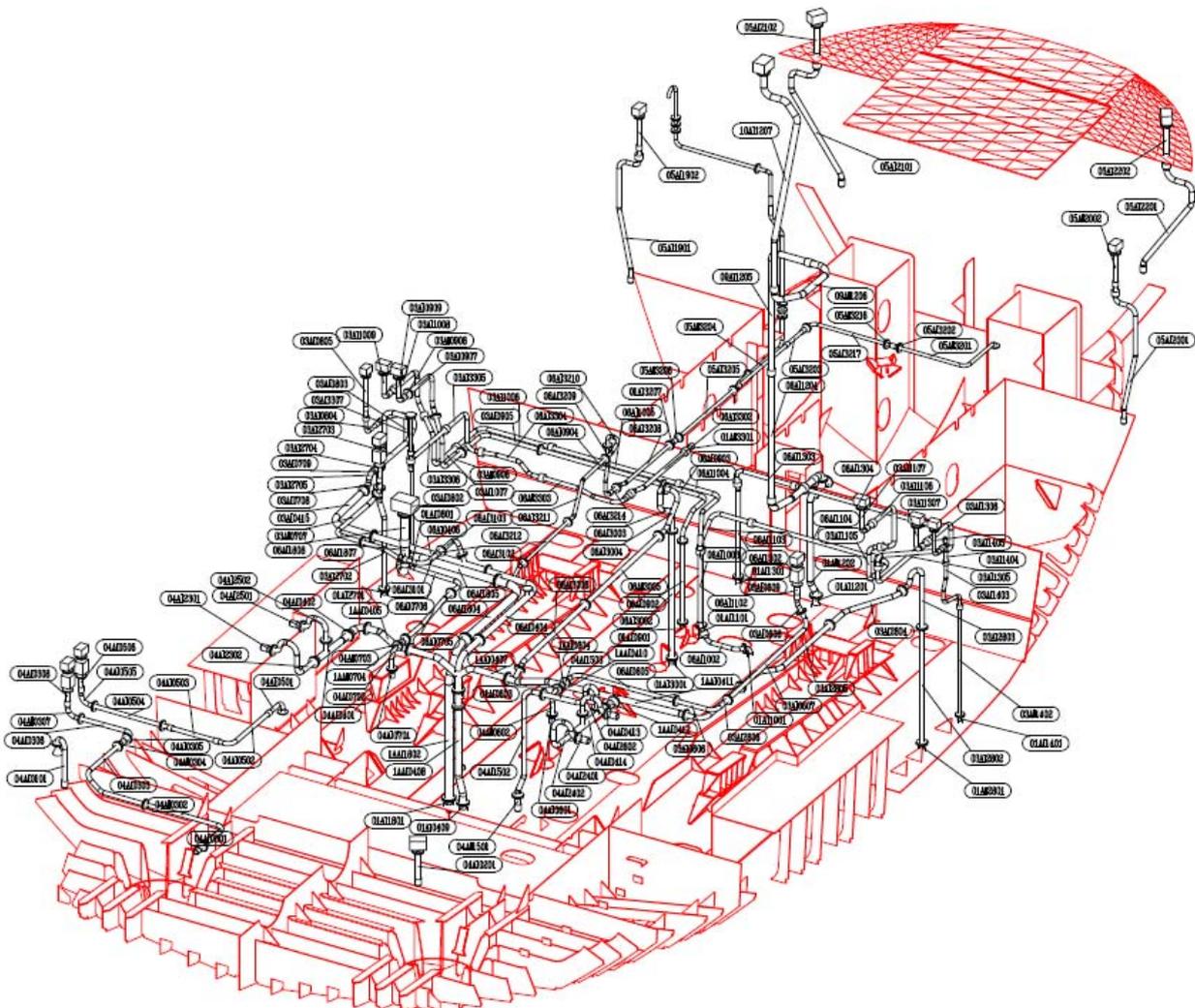


Figura 6-1: Aireaciones de buque remolcador trazadas con el sistema de “trazar por Sistema”

Concepto de Trazado de la tubería por Unidad Constructiva o Bloque.

En este tipo de trazado, recomendado para buques cuyas dimensiones hacen necesario el mejorar los rendimientos productivos con una estrategia de producto intermedio bien definida, se trazan **todos** los sistemas de tubería dentro de la unidad constructiva o bloque (ver Figura 6-2), dando lugar a un cambio de modo de trabajar en producción, es decir, se irán armando los Bloques con **todos** los sistemas de tubería, para posteriormente, y con los medios de elevación adecuados y capaces de elevar dichas unidades ser montados en Grada. Con ello haremos que los trabajos de montaje, soldeo, etc. se realicen en posiciones cómodas y no sea necesario modificar la posición de equipos, etc. Dicho trazado está totalmente integrado con las demás disciplinas, pues así se lleva a cabo en todas ellas. Lo que da lugar a evitar y detectar las interferencias ocasionadas en el transcurso del trazado de todos los elementos que componen un buque tal y como se verá en el apartado 4.1.8 de “Sistemas de Interferencias”. Por otro lado, en el apartado 7 de esta Tesis (Resultados y conclusiones) veremos como, en el análisis comparativo entre varias construcciones de características semejantes realizadas por el Astillero de Navantia se ha conseguido reducir el tiempo en ingeniería con el paso de un modo a otro de afrontar el trazado de la tubería. Los conceptos de Etapas de Construcción y Productos Intermedios, Prefabricación de Tubería y Módulos, Armamento Integrado y Estrategia Constructiva se explican al detalle en los apartados 4.1.9, 4.1.10, 4.1.11, 4.1.12 y 4.1.13.

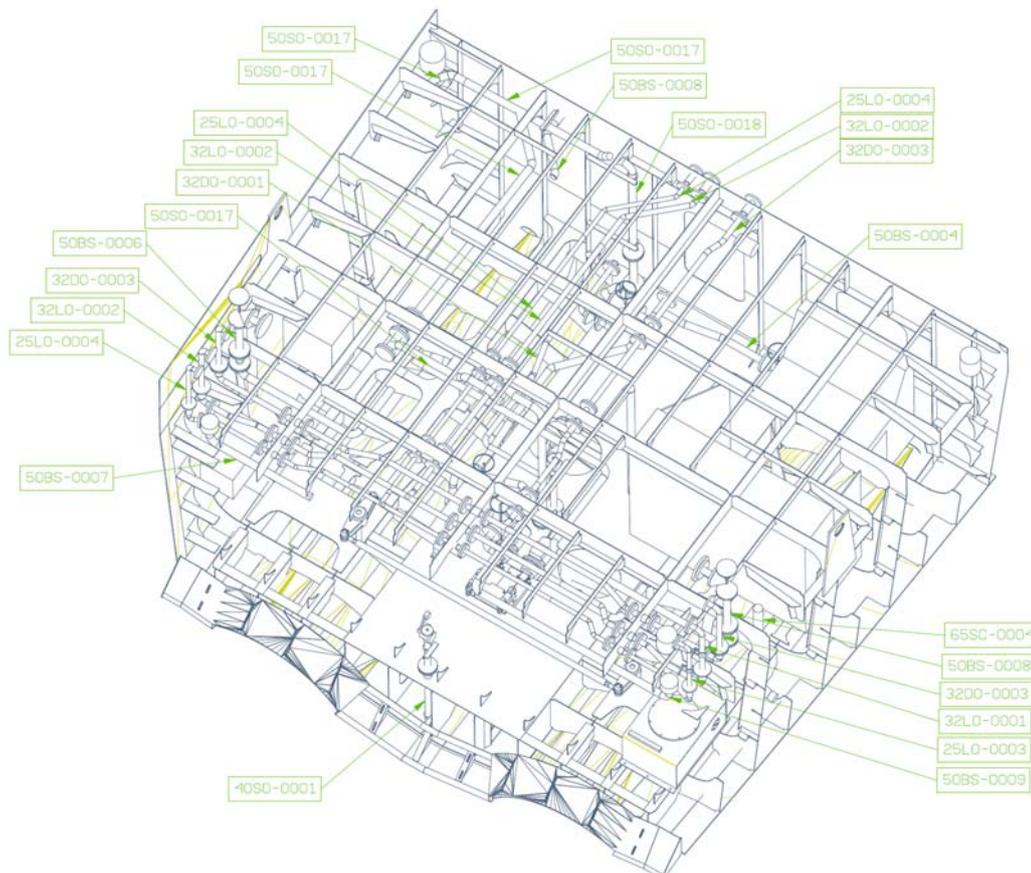


Figura 6-2: Tubería trazada con el sistema de “trazar por Bloque”



En este tipo de trazado ha de tenerse muy en cuenta las uniones de bloque, pues en grandes construcciones se da el caso de que varias ingenierías hacen el desarrollo de los planos y son responsables de sus propias unidades constructivas, descuidando a veces el bloque o unidad contiguo. Es por ello que, han de establecerse reuniones de coordinación para definir claramente los puntos de “interface” o “puntos de control” de los tubos.

Una vez he resumido a grandes rasgos los conceptos de sistemas de tubería y trazado de tubería por sistema y por unidad constructiva o bloque, así como los conceptos básicos de los sistemas CAD/CAM explicados ya en el apartado 4.1.7 de este documento, me centraré ahora en concretar los pasos necesarios a dar a la hora de trazar la tubería empleando el método de “trazado por unidad constructiva” con el sistema FORAN V70. Así, tenemos que, el procedimiento a seguir enfocado a trazar por unidad constructiva ha de ser:

- Definición y realización de las formas del Buque (Figura 6-3), plano de Disposición General, plano de capacidades de tanques, Plano de Disposición de Equipos, control de pesos, etc.

Dichos cálculos y planos son realizados por parte del departamento de Proyectos y Arquitectura Naval en base a la especificación técnica de contrato y normalmente atendiendo a las indicaciones y sugerencias del armador.

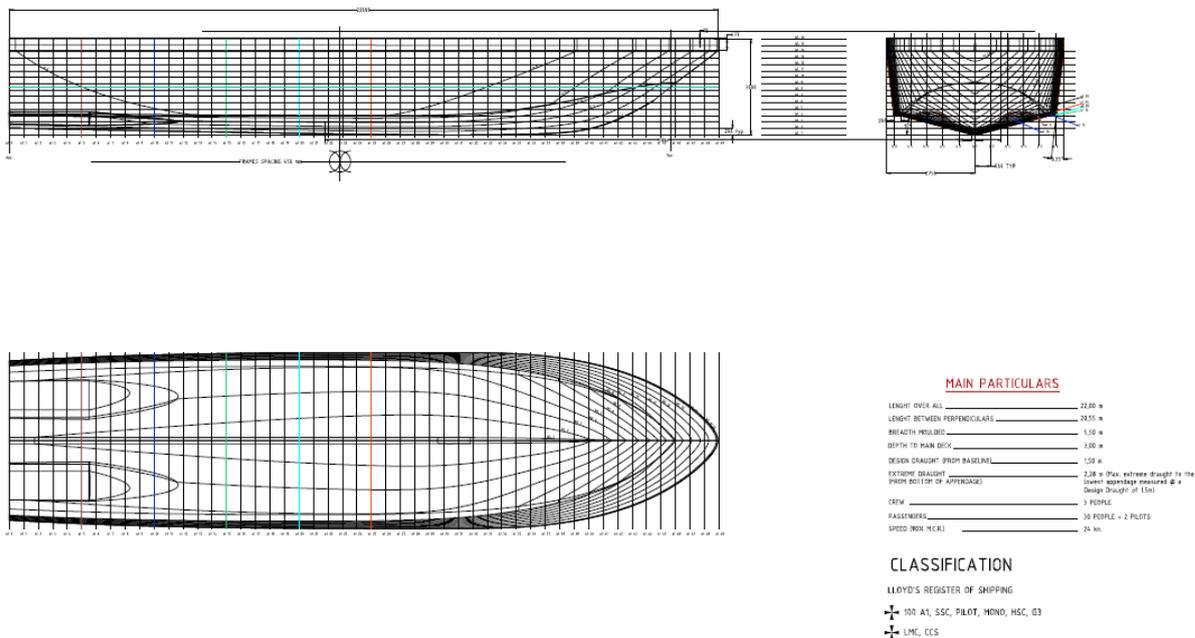


Figura 6-3: Plano de Formas

- Definición de bloques y unidades constructivas para la realización de los modelos 3D y planos de aceros del buque (planos de bloque, planos de producción): Para que el trazado en el modelo 3D pueda ser por unidad constructiva o bloque, el



departamento de estructuras debe definir en FORAN V70 los bloques o unidades en los que se dividirá el buque y posteriormente hacer una estructura de árbol con todas las planchas, perfiles, previas, paneles, etc. que irán en cada bloque o unidad constructiva (Figura 6-4).

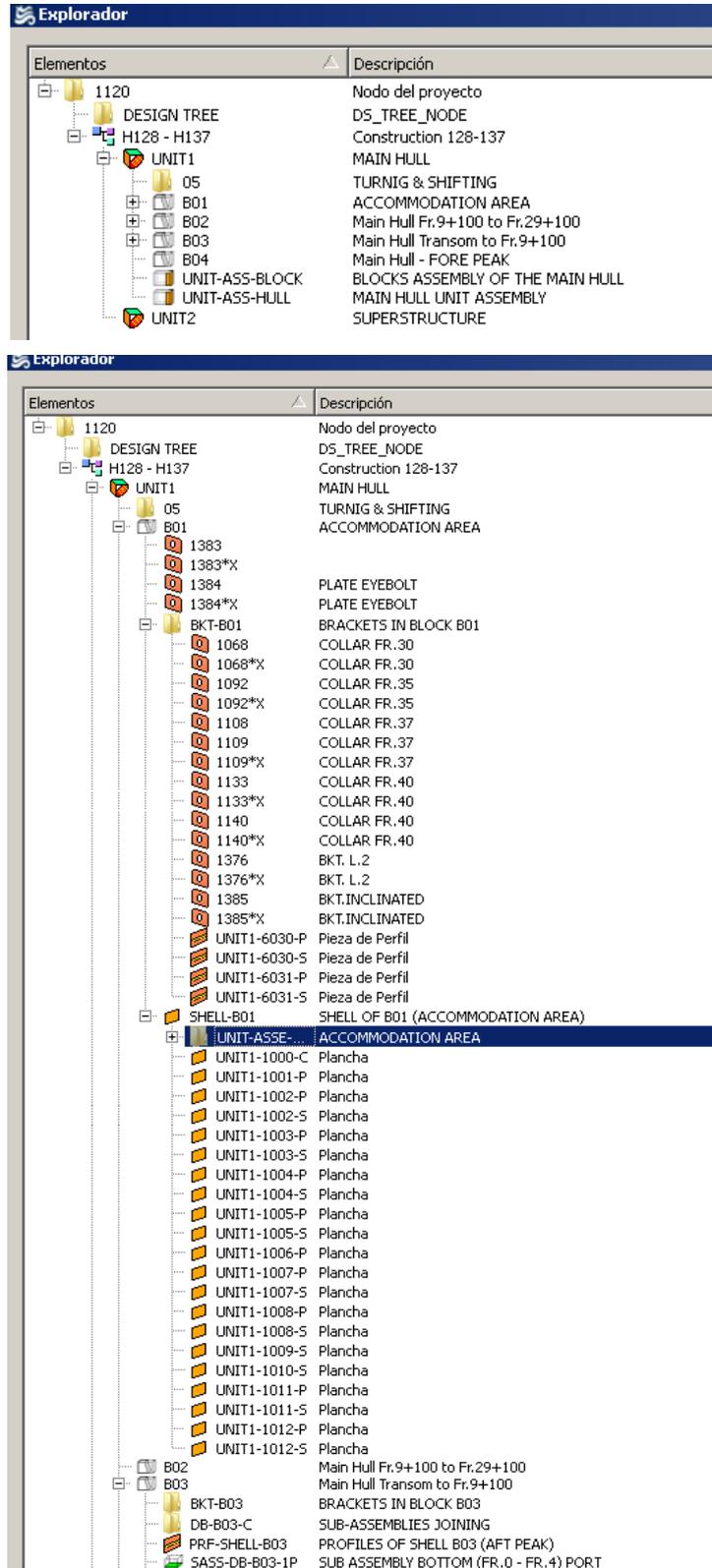


Figura 6-4: Estructura por familias del departamento de aceros



- Situación en el modelo 3D de los Equipos: La situación en el modelo de los equipos es básica para el posterior trazado de la tubería, pues dichos equipos nos darán los elementos de conexión de la tubería, así como el espacio disponible para el trazado de dicha tubería. Al igual que ha realizado el departamento de Estructuras, es necesario que los equipos y sus polines se sitúen en el modelo realizado con FORAN V70 en cada unidad o bloque (Figura 6-5).

Zona	Descripción	Servicio	Descripción
###	No definida	0000	000-MODELS
0000	00/AUX	0001	AUX-AUXILIARY
B011	01/ACCOMMODATION (FRS.29-43)	0002	AUX-AUXILIARY2
B021	01/ENGINE ROOM (FRS.9-29)	0003	AUX-AUXILIARY3
B031	01/AFT PEAK (FRS.0-9)	B5	B5 -BILGE SYSTEM
B041	01/FORE PEAK (FRS.43-END)	CA	CA -PNE.REMOTE OP. VALVE
B052	02/SUPERSTRUCTURE	CS	CS -ENGINE COOLING SYSTEM
TEST	TEST	CW	CW -COLD WATER SYSTEM
UNIT1	MAIN HULL	DO	DO -FUEL OIL SYSTEM
UNIT2	SUPERSTRUCTURE	EC	EC -ELECTRICAL CLABE TRAY
		EX	EX -EXHAUST SYSTEM
		FF	FF -FIRE MAIN SYSTEM
		FW	FW -FRESH WATER SYSTEM
		GA	GA -GENERAL AIR SYSTEM
		HE	HE -HABITABILITY & EQUIPMENT SYSTEM
		HW	HW -HOT WATER SYSTEM
		LO	LO -LUBE OIL SYSTEM
		SC	SC -SCUPPER & DRAIN SYSTEM
		SO	SO -SOUNDING, VENT & OVERFLOW SYSTEM
		SW	SW -SANITARY WATER SEWAGE TREAT. SYSTEM
		VE	VE -VENT SYSTEM

Tipo	IdUsuario	Descripción	Zona	Servicio	Scn	Cubierta	Clase	Componente	Insertado en	Fecha (M)
E	19	SEWAGE TREATMENT PLANT	B011	SW			F500	500-19	2013/05/28	13:53:58
E	35	HYDROPHORE MODULE	B011	FW			F500	500-35	2013/05/28	13:54:33
E	45	CALORIFIER	B011	HW			F500	500-45	2013/05/28	13:54:57
E	47	UV STERILIZER	B011	FW			F500	500-47	2013/05/28	13:54:43
E	52	VALVE CHEST SUCT-DISCH...	B011	FW			F500	500-52	2013/05/28	13:58:26
E	MAN10	MAN 10	B011	0000			A000	MAN 10	2013/05/28	14:18:17
E	01-1	MAIN ENGINE Starboard	B021	DO			C200	200-01-1	2013/05/28	13:31:16
E	01-2	MAIN ENGINE Port	B021	DO			C200	200-01-2	2013/05/28	13:32:21
E	02-1	GEARBOX Starboard	B021	DO			C200	200-02-1	2013/05/28	13:32:46
E	02-2	GEARBOX Port	B021	DO			C200	200-02-2	2013/05/28	13:32:57
E	03-1	GENERATOR SET Starboard	B021	DO			D300	300-03-1	2013/05/28	13:33:07
E	03-2	GENERATOR SET Port	B021	DO			D300	300-03-2	2013/05/28	13:33:21
E	03-Perkins-1		B021	DO			D300	300-03-Perkis-1	2013/05/29	14:35:48
E	03-Perkins-2		B021	DO			D300	300-03-Perkis-1	2013/05/29	14:35:40
E	04	HVAC UNIT	B021	VE			F500	500-04	2013/05/28	13:33:55
E	04-D	HVAC UNIT	B021	VE			F500	500-04	2013/05/28	13:34:06
E	11	FIRE PUMP (Bilge Stand-By)	B021	FF			F500	500-11	2013/05/28	13:34:26
E	12	BILGE PUMP (Fire Stand-By)	B021	B5			F500	500-12	2013/05/28	13:35:05
E	13-2-A	FUEL TRANSFER PUMP Port	B021	DO			F500	500-13-2-A	2013/05/28	13:35:32
E	13-2-B	FUEL TRANSFER PUMP Port	B021	DO			F500	500-13-2-B	2013/05/28	13:35:41
E	14	SLUDGE / DIRTY OIL PUMP	B021	LO			F500	500-14	2013/05/28	13:36:01
E	15	LUBE OIL TRANSFER PUMP..	B021	LO			F500	500-15	2013/05/28	13:36:16
E	17	ATD CONDITIONING SEAW...	B021	CS			F500	500-17	2013/05/28	13:45:26

Figura 6-5: Estructura de los equipos en los diversos bloques

- Trazado de las canalizaciones eléctricas y conductos de ventilación: Al igual que se ha realizado con las estructuras y con los equipos, tanto las canalizaciones eléctricas como los conductos de ventilación han de trazarse en el modelo 3D y subdividirse en los diferentes bloques establecidos en las fases previas.



- Situación de estructuras y elementos auxiliares: Son el mayor problema a la hora de establecer los productos intermedios o bloques, pues muchos de estos elementos suelen coincidir con los topes de bloque (puertas, ventanas, etc), o en algún caso, pertenecer a varios bloques (candeleros), por lo que, da lugar a confusión a la hora de englobarlos en uno u otro bloque. Es por ello que, en caso de estos elementos cuya definición espacial en el modelo 3D no está claramente definida se suele crear una zona 0 donde se guardan todos ellos (Figura 6-6).

Selector Multiple de Estructuras Auxiliares

Filtros de estructuras auxiliares

Bloque	Descripción	Zona	Descripción
<NUL>	No definido	####	No definida
B01	Main Hull Fr.29+100 to For...	0000	00/AUX
B02	Main Hull Fr.9+100 to Fr.29...	B011	01/ACCOMMODATION (FR...
B03	Main Hull Transom to Fr.9+...	B021	01/ENGINE ROOM (FR5.9-29)
BASU	Bloque para hacer comprobaci	B031	01/AFT PEAK (FR5.0-9)
UNIT1	MAIN HULL	B041	01/FORE PEAK (FR5.43-END)
UNIT2	SUPERSTRUCTURE	B052	02/SUPERSTRUCTURE
		TEST	TEST
		UNIT1	MAIN HULL
		UNIT2	SUPERSTRUCTURE

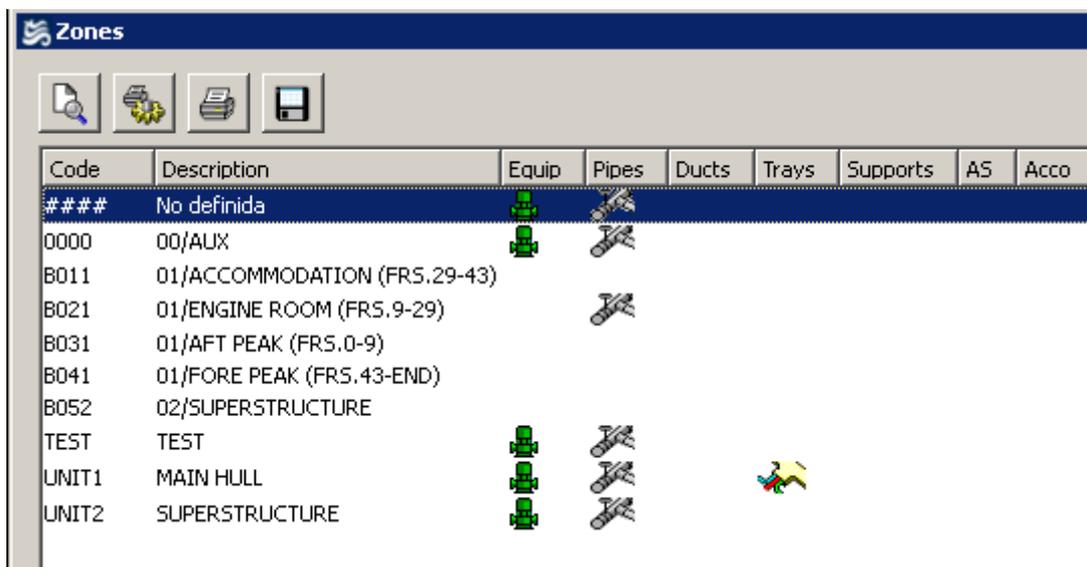
Estructuras auxiliares

Bloque	EA	Descripción	Zona	Escn
<NUL>		No definido		
	switchboard	Prueba A	UNIT1	.
B01		Main Hull Fr.29+100 to Forward		
B02		Main Hull Fr.9+100 to Fr.29+100		
B03		Main Hull Transom to Fr.9+100		
BASU		Bloque para hacer comprobaci		
	11 / 12	OPCION 3	UNIT1	.
	Caterpillar	Caterpillar c4.4 86 kw	UNIT1	.
	H=1500	WATERLINE_1500	UNIT1	.
UNIT1		MAIN HULL		
	03	FOUNDATION GENERATOR SET	B021	.
	11 / 12	FOUNDATION FIRE / BILGE PUMP	B021	.
	13	FOUNDATION FUEL TRANSFER PUMP	B021	.
	14	FOUNDATION SLUDGE / DIRTY OIL PUMP	B021	.
	15	FOUNDATION LUBE OIL TRANSFER PUMP	B021	.
	18	FOUNDATION MAIN ENGINE EXHAUST SILE...	B021	.
	22	FOUNDATION GENERATOR EXHAUST SILEN...	B021	.
	23	FOUNDATION CONTROL / SERVICE AIR CO...	B021	.
	24	FOUNDATION CONTROL / SERVICE AIR RE...	B021	.
	26	FOUNDATION RUDDER INBOARD STEERING...	B031	.
	35	FOUNDATION HYDROPHORE MODULE	B011	.
	45	FOUNDATION CALORIFIER	B011	.
	47	FOUNDATION UV STERILIZER	B011	.
	Cartepillar	cartepillar	B021	.
	CEILING	FALSE CEILING	B011	.
	DOORS	STRUCTURAL DOORS	0000	.
	FURNIT	FURNITURE B011	B011	.
	FURNIT	FURNITURE B021	B021	.
	FURNIT	FURNITURE B031	B031	.
	GRATING ENGINE	GRATING ENGINE ROOM	B021	.

Figura 6-6: Estructura de las Estructuras Auxiliares en los diversos bloques

En el caso de las tareas del departamento de tuberías, debido a que se trata del tema central de esta la tesis, profundizaré más en lo que a los pasos a dar se refiere para la consecución del trazado de tubería por productos intermedios o unidades constructivas (bloques). Así tenemos que, los pasos o etapas a dar por el Departamento de Desarrollo de tuberías son:

- Situación de cada tramo de tubería en las unidades constructivas. Así, en la Figura 6-7 se muestra una estructura primaria en la que irán los tubos:



Code	Description	Equip	Pipes	Ducts	Trays	Supports	AS	Acco
####	No definida							
0000	00/AUX							
B011	01/ACCOMMODATION (FRS.29-43)							
B021	01/ENGINE ROOM (FRS.9-29)							
B031	01/AFT PEAK (FRS.0-9)							
B041	01/FORE PEAK (FRS.43-END)							
B052	02/SUPERSTRUCTURE							
TEST	TEST							
UNIT1	MAIN HULL							
UNIT2	SUPERSTRUCTURE							

Figura 6-7: Estructura primaria de Bloques en Base de Datos de Tubería

Siendo las zonas de trabajo los bloques B011 (Acomodación), B021 (Cámara de máquinas), B031 (Pique de Popa), B041 (Pique de Proa) y B052 (Superestructura). A su vez vemos que existen dos entes de nivel superior, esto es, UNIT 1 (Zona de Casco que engloba a los bloques B011, B021, B031 y B041) y UNIT 2 (Zona de Superestructura que engloba al bloque B052). La experiencia me ha demostrado que, a mayor definición en los bloques de trabajo (dentro de un límite a veces impuesto por los medios de volteo del astillero), mayor integración entre todas las disciplinas, esto implicará menor número de interferencias y mayor coordinación.

- Alimentación de Base de Datos del programa a emplear con tubería, Accesorios, válvulas, etc en base a los esquemas de tubería (ver Figura 6-8) y a sus respectivas listas de materiales (ver Figura 6-9), también conocidas como “adelantos de materiales”.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍA EN CONSTRUCCIÓN NAVAL: OBTENCIÓN DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERÍA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

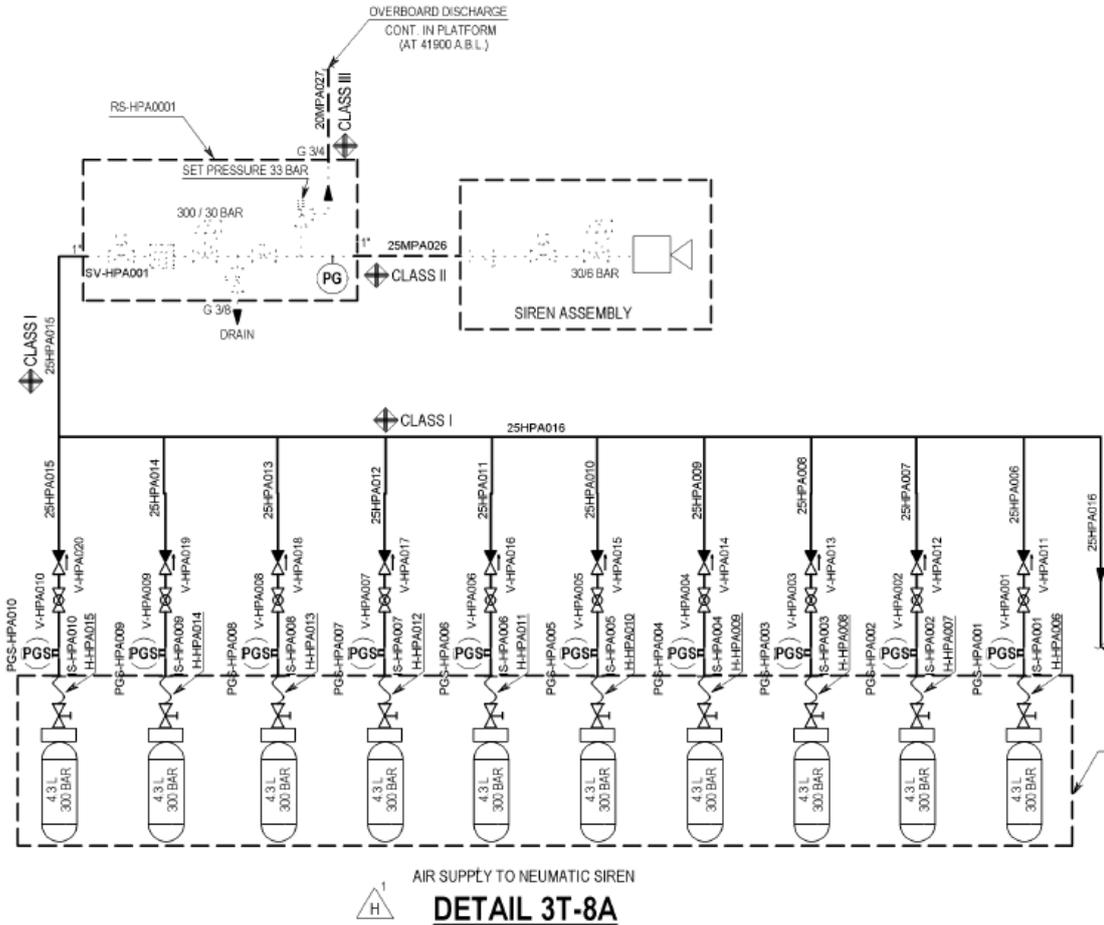


Figura 6-8: Ejemplo de una parte del esquema de Aire Comprimido del Buque ALHD

LINE	TIPO DE ACOPIO MATER/EQUI/PLANO	REV GDC	CANT. CANT.	CONT. PROD. PESO	UNI	DESCRIPCION	NORMA DIM. DIMENSIONES TAMANO NOMINAL	NORMA CALIDAD ACABADO PARTICULARIDAD	CHOQUE INSPECCION DETALLE	MARCA BLOQUE SOL ACOPIO	D	R
0001	W 12156L05	D 551	14,000 14,000 11,480	ML ML KG		TUBO SIN SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.	ANSI B36.19 13,7 X 3,02 1/4" SCH-80S	AISI-316L 12156805	SI 12156C1		N	S
0002	X 12156L05	F 551	6,000 6,000 4,920	ML ML KG		TUBO SIN SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.	ANSI B36.19 13,7 X 3,02 1/4" SCH-80S	AISI-316L 12156805	SI 12156C1		S	N
0003	W 13141300	551	207,900 300,000 207,900	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 18 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0004	X 13141300	E 551	34,650 50,000 34,650	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 18 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0005	W 13141305	551	22,680 40,000 22,680	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 15 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0006	X 13141305	E 551	28,350 50,000 28,350	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 15 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0007	W 13141313	B 551	6,300 25,000 6,300	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 10 X 1 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0008	W 13141314	551	8,820 45,000 8,820	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 8 X 1 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0009	W 13141332	551	688,000 800,000 688,000	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 22 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0010	X 13141332	E 551	86,000 100,000 86,000	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 22 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S
0011	W 13141334	551	444,400 400,000 444,400	KG ML KG		TUBO DE COBRE, ESTIRADO SIN SOLDADURA. DURO R-290.	EN 1057 28 X 1,5 MM	EN1057 (CU-DHP)	13141A1		N	S

Figura 6-9: Ejemplo de adelanto de lista de materiales de esquema



Una vez hemos definido como vamos a dividir el buque, hemos de realizar la base de datos de tubería. La realización de la Base de datos es un proceso fundamental a la hora del diseño y consecuentemente la producción de la tubería, pues es la base de una buena trazabilidad de cada uno de los elementos de tubería que va a ser montado en el buque. Es por ello que, es fundamental que la codificación de los esquemas (líneas de tubería, accesorios) tenga cierto criterio y esté consensuado con el diseño, pues se plasmará posteriormente en los planos de disposición de tubería y en las hojas de isométricas con las que se llevará a cabo la fabricación y el montaje de la tubería. Así, una codificación de elementos podría ser la que se muestra a continuación en la Figura 6-10:

CODIFICACION DE TUBOS EN DIAGRAMAS	DIAMETRO NOMINAL (TUBO)	BIGRAMA DE SISTEMA	SECUENCIAL
	X X X	YY	ZZZ

EJEMPLO: TUBO Nº 002 DE DN 50 DEL SISTEMA DE DIESEL OIL	50	DO	002	50DO002
--	----	----	-----	----------------

CODIFICACION DE COMPONENTES EN DIAGRAMAS	BIGRAMA DE SISTEMA	GUION	TIPO DE COMPONENTE	SECUENCIAL
	YY	(-)	KK	ZZZ

EJEMPLO: VALVULA Nº 002 DEL SISTEMA DIESEL OIL	DO	(-)	V	002	DO-V002
---	----	-----	---	-----	----------------

Figura 6-10: Codificación en Base de Datos de Tubería y elementos de tubería



Siendo ejemplos de bigramas (dos letras que definen un sistema o componente) los que se muestran a continuación en la Figura 6-11:

BIGRAMA DE SISTEMA	DESCRIPCION DE BIGRAMAS/SISTEMAS
DO	SISTEMA DIESEL OIL
LO	SISTEMA DE ACEITE
CS	SISTEMA DE REFRIGERACION DE AGUA SALADA
EX	SISTEMA DE EXHAUSTACIONES
GA	SISTEMA DE AIRE GENERAL
CA	SISTEMA DE AIRE DE CONTROL
BS	SISTEMA DE SENTINAS
FF	SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS PRINCIPAL
FW	SISTEMA DE AGUA DULCE
HW	SISTEMA DE AGUA CALIENTE
CW	SISTEMA DE AGUA FRIA
SO	SISTEMA DE AIREACIONES Y SONDAS
SC	SISTEMA DE INBORNALES Y DESAGUES
SW	SISTEMA DE AGUAS SANITARIAS

Figura 6-11: Bigramas de líneas de Tubería

Y teniendo como ejemplos de bigramas de componentes los de la Figura 6-12:

TIPO DE COMPONENTE	DESCRIPCION DE COMPONENTE
CC	SERPENTIN DE CONDUCTO
CP	PANEL DE CONTROL
CT	CALENTADOR TIPO TORRE
DI	INDICADOR DE PRESION DIFERENCIAL
DS	INTERRUPTOR DE PRESION DIFERENCIAL
DT	TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL
F	ACCESORIO
FA	VENTILADOR
FC	UNIDAD DE ENFRIADOR-VENTILADOR
FD	REGISTRO CORTA FUEGOS
FI	INDICADOR DE CAUDAL
FM	MEDIDOR DE CAUDAL
FR	REGULADOR DE CAUDAL
FS	INTERRUPTOR DE CAUDAL
FT	TRANSMISOR DE CAUDAL
GC	SERPENTIN DE GRAVEDAD
HV	VALVULA CON ACTUADOR HIDRAULICO
LI	INDICADOR DE NIVEL
LS	INTERRUPTOR DE NIVEL
LT	TRANSMISOR DE NIVEL
M	MANGUERA FLEXIBLE
MV	VALVULA MOTORIZADA



OR	ORIFICIO
PD	AMORTIGUADOR DE IMPULSOS
PH	PRECALENTADOR
PG	MANOMETRO
PS	PRESOSTATO
PT	TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL
PV	VALVULA DE SOBREPRESION ELECTRONICA DE PRESION CONSTANTE
RH	RECALENTADOR
RE	RELE
RT	TERMO-RESISTENCIA
S	FILTRO
SD	REGISTRO CORTAHUMOS
SI	SALIENTE PARA INSTRUMENTACION
SP	TRANSMISOR DE REVOLUCIONES
SV	VALVULA SOLENOIDE
SW	SERPENTIN DE CONDUCTO ENFRIADO CON AGUA DE MAR
SX	TRANSMISOR O RECEPTOR ESPECIAL
T	TERMOMETRO
TC	TERMOPAR
TS	TERMOSTATO
TT	TRANSMISOR DE TEMPERATURA
UC	UNIDAD DE REFRIGERACION
UF	UNIDAD DE FILTRADO NBQ
V	VALVULA
VC	VALVULA DE SOBREPRESION ELECTRONICA DE FLUJO CONSTANTE
VE	VALVULA CON CONTACTOS ELECTRICOS
VI	INDICADOR DE VISCOSIDAD
VM	MEDIDOR DE VISCOSIDAD
VR	VALVULA RAIZ ROSCADA PARA INSTRUMENTACION
VT	TRANSMISOR DE VISCOSIDAD
WS	INTERRUPTOR DE AGUA

Figura 6-12: Bigramas de componentes de Tubería

Podremos tener más de dos letras para definir un sistema, así, en el buque ALHD se emplearon tres letras para definir los sistemas y como se puede apreciar en la parte del esquema de la Figura 6-8, al sistema de aire de alta presión se le nombra con las iniciales HPA y como consecuencia, a sus válvulas V-HPAZZZ, por lo que vemos que, en este caso, para los componentes se ha empezado con la marca del elemento seguido de un guión y las iniciales del sistema con un secuencial para la válvula, deduciendo de esto que el orden es indiferente siempre y cuando cada elemento esté totalmente identificado. Al margen de esto, cada astillero puede codificar los elementos con un part number, número de acopio o código copic (ver Figura 6-9) para su identificación en producción.

- Una vez se va trazando la tubería y se ha medido en partido y dividido el cada unidad constructiva, el departamento de estructuras irá necesitando las



penetraciones de dicha tubería en los mamparos, cubiertas, baos, etc para proceder completar el corte de chapa.

- Actualmente en los programas realizados CAD/CAM ya se reflejarán en la propia isométrica los materiales necesarios para la elaboración de la tubería, dejando a un lado la lista de materiales que antiguamente acompañaba a los planos.

A continuación se muestra una isométrica desglosada en la que se pueden apreciar los parámetros empleados por el taller para la fabricación de la tubería (ver Figura 6-13). Algunos de estos parámetros serán introducidos por el usuario en función del diseño de la tubería, pero otros, serán insertados en la Base de Datos del programa con anterioridad para que interactúen con los datos que aporta el usuario. Dentro de los datos necesarios para la alimentación previa de la Base de Datos se encuentran los parámetros de las máquinas de curvado tales como:

- Radio de Curvado (R)
- Angulo de Curvado (A)
- Longitud de la curva (L)
- Mínima sección recta en finales de tubos y entre curvas
- Dirección de curvado en cada máquina
- Dirección de rotación en cada máquina; Altura desde el eje del tubo al suelo del taller.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

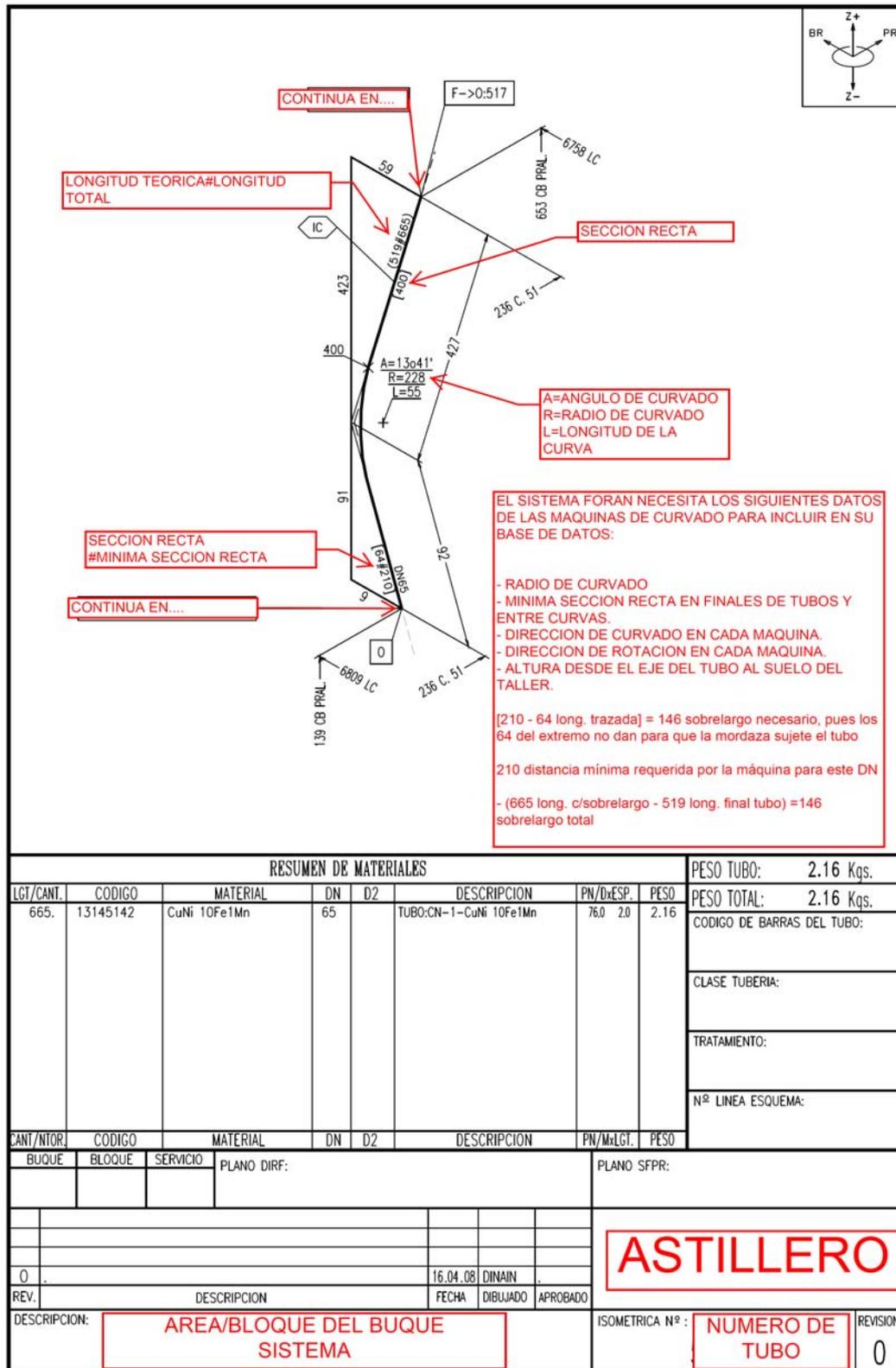


Figura 6-13: Ejemplo de isométrica con parámetros más importantes a tener en cuenta

Es en la década de los años 80, con la implementación de los sistemas CAD/CAM y su posterior evolución (años 90), cuando se produce uno de los mayores cambios a la



hora de trazar la tubería, pues, hasta la fecha, el modo de trazar tubería era “por Sistema”, pero la necesidad de construir buques de gran porte y grandes dimensiones hace necesario el pasar a trazar “por bloque o Unidad constructiva”.

6.2. REALIZACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO INTEGRADO DE CONTROL DE DISEÑO DE TUBERÍA PARA BUQUES (MILITARES Y CIVILES)

El objetivo de esta tesis doctoral no es otro que, además de conocer el estado del arte de los métodos de diseño de tuberías y todas las áreas que implican un trabajo sobre dicha tubería, llegar a realizar un procedimiento de diseño de tubería totalmente integrado empleando el método de “trazado por unidad constructiva o producto intermedio” así como, realizar un proceso de Control de dicho Diseño Integrado de Tubería para cualquier tipo de Buque (Militar o Civil), con el que podamos controlar todas las tareas del diseño (en oficina Técnica) y así poder corregir posibles desviaciones del mismo que acarrearán pérdidas económicas importantes en la fase Productiva (Elaboración en taller de tubería y Montaje de tubería a bordo).

Para ello voy a establecer las siguientes etapas o fases de control:

- A) Almacenamiento en Base de Datos de información General del documento entregable (plano de disposición, isométrica, etc).
- B) Estadísticas en Base de Datos del documento entregado: Tiempos, Fechas, Ratios (h/tubo plano).
- C) Motivos de revisión/corrección de errores del documento una vez entregado el mismo.
- D) Avances del trabajo de tubería: Avance Planificado, Avance Consumido, Avance Real (Curvas S de Proyecto).
- E) Entregas de documentación: Desviaciones en entregas de documentos y desviaciones en horas planificadas frente a horas reales de documentos.
- F) Seguimiento de trabajo en Modelo 3D: Metros planificados frente a metros trazados, Accesorios Previsto frente a accesorios dispuestos en modelo.
- G) Seguimiento de trabajo en Modelo 2D: Isométricas previstas frente isométricas realizadas, Nº de disposiciones planificadas frente a isométricas realizadas. Evolución de isométricas planificadas frente a isométricas realizadas.

H) Rendimiento de los diseñadores: Ratios (h/tubo diseñador).

6.2.1- Almacenamiento en base de datos de información general del documento (plano).

Esta etapa de control consistirá en almacenar los siguientes datos en la BBDD creada para dicho fin (ver Figura 6-14):

- *Proyecto*: Codificación del proyecto/construcción en la oficina u Astillero.
- *Sección*: Área o sección de trabajo. En el caso que nos ocupa será la sección de Tubería.
- *Unidad*: Zona que engloba un área del buque y que engloba a varios bloques.
- *Bloque*: Sub-Zona establecida dentro de una Unidad y con unas dimensiones tales que los medios de elevación del astillero sean capaces de manipular una vez el bloque este prearmado antes de ensamblarlo al resto de bloques (Armamento Integradado).
- *Plano*: Entregable.
- *Revisión*: Modificación realizada a un plano.



DATOS GENERALES DEL DOCUMENTO	
Proyecto:	1232-OSRV
Sección:	TUBERIA
Unidad:	UNIDAD 1
Bloque:	2B40-01C
Plano:	51321322RT
Revisión:	0

Figura 6-14: Vista de BBDD donde cargamos Datos Generales del Documento



6.2.2.- Estadísticas en BBDD del documento entregable: tiempos, fechas, ratios (h/tubo plano)

Esta etapa de control consistirá en almacenar los siguientes datos en la BBDD correspondientes a las Estadísticas del documento entregable (ver Figura 6-15):

- *Estado*: Cerrado, Abierto, En Realización.
- *Diseñador*: Persona encargada de su realización.
- *Horas Reales de Resolución*: en horas laborables.
- *Horas Planificadas para la Resolución*: en horas laborables y en base a lo planificado según la información de base disponible.
- *Desviación de Horas Planificadas*: Diferencia entre lo real y lo planificado.
- *Ratio hora/tubo*: cociente de horas reales entre tubos realizados reales.
- *Fecha de Entrega Planificada*: Fecha Recepción documentación para realizar el plano.
- *Fecha de Entrega Real*: Fecha Realización del plano.
- *Desviación de la entrega*: N° de días de desviación respecto a la fecha planificada.
- *N° Tubos reales*: número de tubos realizados en el documento.
- *N° tubos Planificado*: número de tubos planificados para el documento.
- *Resolución*: Ruta en donde se almacena el documento realizado.

ESTADISTICAS DEL PLANO	
Estado:	CERRADO
Diseñador:	HERIBERTO
Horas Reales Resolución:	83
Horas Planif. Reasolución:	90
Desviación horas Planificadas:	6,5
Ratio Hora/Tubo:	2,1
Fecha Entrega Planif:	11/06/2013
Fecha Entrega Real:	04/06/2013
Desviación en la entrega (días):	-7
Nº Tubos Real:	40
Nº Tubos Planif.:	42
Resolución:	

Figura 6-15: Vista de BBDD donde vemos las Estadísticas de cada entregable

6.2.3.- Motivos de revisión/corrección de errores del documento entregado.

En esta etapa almacenaré las posibles consecuencias de los errores, para así poder estudiarlos y poder establecer, una vez realizado un estudio de los mismos, las acciones correctivas pertinentes (ver Figura 6-16). Los errores que he establecido son:

- Error de BBDD/Modelos: Cuando el error producido es consecuencia de un error en la base de datos de FORAN o del modelo 3D.
- Error de Integración. Interferencia entre elementos, distancia mínima de desmontaje no cumplida.
- Cambio de información: Cuando se produce un cambio en la información enviada por el cliente que da lugar a una modificación en el trazado de la tubería.



- Error de Información: Cuando la información con la que se ha trazado la tubería no es la adecuada.

- Error en la planificación: cuando por una planificación inadecuada se produce un error a la hora de trazar la tubería, esto es, por ejemplo por haber trazado las sondas sin tener bien definido el plano de capacidades de tanques.

- Error en la integración: pueden darse múltiples ejemplos de una mala integración., por ejemplo cuando se produce una interferencia entre dos disciplinas (patas de teclas y tubería) o cuando el área de desmontaje de un equipo no es suficiente por estar esta limitada por el paso de tubería.

- Error puntual: un error poco común y sin motivo aparente.

- Error Repetitivo: algo que se produce con mucha frecuencia y es motivo de ser chequeado para evitarlo.

- Requerimiento de la Sociedad de Clasificación: cuando se produce un error consecuencia de un requerimiento de la Sociedad de Clasificación que será la que vele por que todo está acotado dentro de unos márgenes de legalidad.

A la vez estableceré lo siguiente:

- Responsable del error: Empresa que realiza el diseño o astillero que subcontrata el diseño (repercutirá en la realización de propuestas de Modificación por parte de la empresa que está realizando el diseño, ya que dicho cambio pudiese estar fuera de contrato y el cual supondrían un ingreso de dinero para dicha empresa de ingeniería).

- Palabra clave: Palabra clave del error o Tipo de Error. Esto nos servirá para la tan importante INTEGRACION con el resto de disciplinas, ya que detectaremos muchas interferencias con otras disciplinas, conexiones a equipos, etc.



Figura 6-16: Vista de BBDD donde cargamos los errores cometidos

Una vez tenemos los errores de diseño ya puedo sacar conclusiones, esto es, porcentaje de errores (ver Figura 6-17) y su influencia en la integración total con el resto de disciplinas (ver Gráfico 6-1 y 6-2).

Figura 6-17: Vista de BBDD donde obtener el % de los errores de diseño cometidos

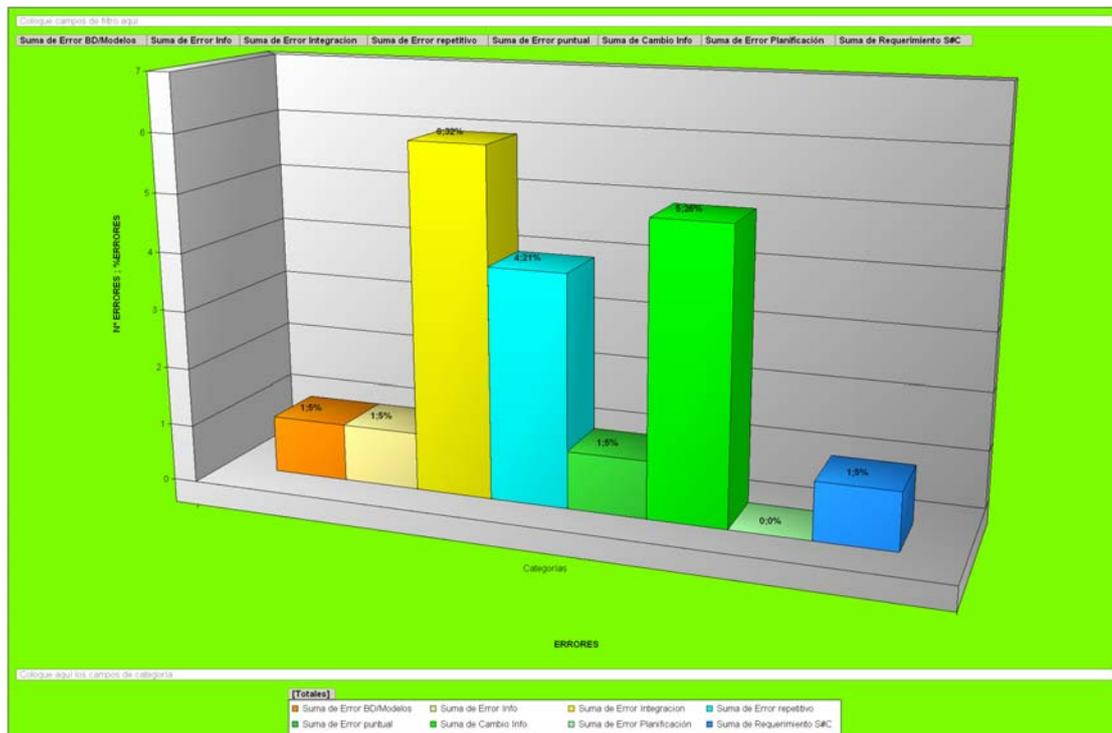


Gráfico 6-1: Gráfica de % de errores cometidos

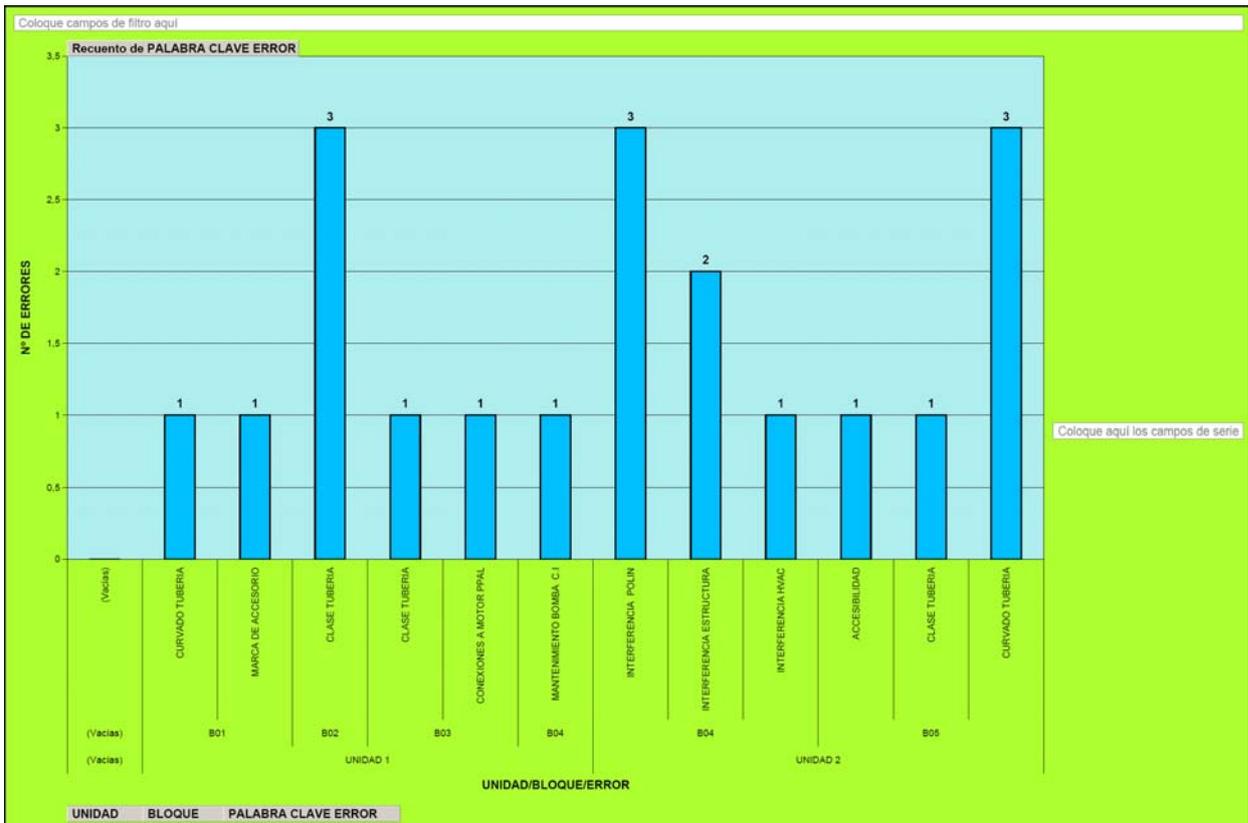


Gráfico 6-2: Gráfica de palabra clave del error (Integración)

Así, se muestra en la siguiente Tabla 6-1 algún ejemplo de acciones correctivas adoptadas por el autor de esta Tesis en la empresa Dinain, S.L. en base a errores tipo y después de la realización de varios proyectos:



TIPO DE ERROR	ACCIONES
INTERFERENCIA	1- ACTUALIZAR REFERENCIAS DE MODELO A DIARIO 2- ACTIVAR TODAS LAS CAPAS DE LOS MODELOS 3- REALIZAR CDV PERIÓDICOS
MARCA	1- REALIZAR REPORT DE ACCESORIOS Y VERIFICAR CON PREDEMANDA DE MATERIALES DE ZONA 8 2- REALIZAR REPORT DE ACCESORIOS Y VERIFICAR CON LISTA DE MATERIALES 3- SOLICITAR HOJAS DE CATÁLOGO ACTUALIZADAS
PENETRACIONES	1- VERIFICAR EN EL MODELO DE PDS LA ORIENTACION (AGUA REFRIGERADA) 2- COMPROBAR CON CC&AA SI DEBEN SER ESTANCAS 3- CUANDO SON CON ORIENTACIÓN COMPROBAR COTAS EN MODELO
SOPORTES	1- COMPROBAR ESPACIADO 2- VERIFICAR SI EL TIPO CUMPLE CON ESTÁNDAR
LONGITUDES	1- VERIFICAR EN ESQUEMA DE CURVADO SI LA LONGITUD DE TUBERÍA SE CORRESPONDE CON EL TUBO 2- VER SI HAY DISCREPANCIA ENTRE EL GRÁFICO DEL TUBO Y EL ESQUEMA DE CURVADO
CLASE	1- COMPROBAR EN EL ESQUEMA SI SE TRATA DE TUBERÍA CLASIFICADA 2- ELEGIR EL MATERIAL ADECUADO (CLASIFICADO) 3- PONER ETIQUETA EN "OBSERVACIONES DEL TUBO" DE TUBERÍA CLASIFICADA
CURVADO	1. -VERIFICAR RADIOS DE CURVADO SEGÚN ESTÁNDAR
CONEXIONES	1- COMPROBAR QUE LA CONEXIÓN SE CORRESPONDE CON EL EQUIPO (MODELO) 2- VER INFORMACIÓN DEL EQUIPO (PLANO 2D)

Tabla 6-1: Acciones correctivas en base a diversos tipos de errores de diseño



En opinión del autor de esta Tesis, dichas acciones es conveniente que se contemplen en una Instrucción que elaborará el departamento de Servicios y que empleará el departamento de Calidad de la empresa para realizar auditorias internas.

6.2.4.- Avances del trabajo de tubería: avance planificado, avance consumido, avance real (curvas s de proyecto)

Esta etapa del control es la más importante de todas, pues dará una idea de cómo va el proyecto en plazo y coste. Así tendré las siguientes curvas que analizaré a continuación:

a) Avance Planificado: Este avance lo determinaré en base a los datos de otras construcciones similares y la información de los esquemas proporcionada, o bien por el Astillero (situación más desfavorable, pues hará falta consensuar muy bien los criterios de marcado de líneas y accesorios para llegar a una lista de materiales que pueda ser cargada en la Base de Datos del programa de diseño a emplear, que en nuestro caso será Foran), o bien por nuestra propia oficina técnica (caso más favorable, puesto que el departamento funcional y el de diseño irán de la mano desde el inicio del proyecto, no sólo viendo la funcionalidad de los sistemas si no su posterior diseño). Así, tendré un número de tubos planificados para su realización para ser realizados por semana y cuyo acumulado será el total de tubos a realizar en el tiempo por plano y servicio.

b) Avance Consumido: Este avance lo determinaré en base las horas consumidas por cada diseñador en el trabajo asignado, en este caso, en la realización de la tubería. Existen empresas en las que las horas de los trabajos se cargan en un ERP (Planificación de Recursos Empresariales), por lo que será más fácil acceder a esa información para alimentar nuestra base de datos.

c) Avance Real: Este avance es el más complejo, pues nos determinará en cada momento dónde estamos, es decir, me dará la realidad del trabajo día a día, semana a semana, mes a mes, etc. Es por ello que, para poder dar un avance a las tareas es necesario conocer los condicionantes del mismo, así como la herramienta de diseño empleada en la realización de los trabajos, que en nuestro caso será FORAN V70.

Los items que he establecido para el control son los siguientes:

- Metros de tubería Ruteada en el modelo 3D.
- Nº Accesorios de tubería dispuestos en el modelo 3D.



- Nº Soportes de tubería dispuestos en el modelo 3D.
- Nº de isométricos realizados.
- Nº de disposiciones realizadas.

Para calcular los ítems citados tenemos:

Metros de tubería Ruteada en el Modelo 3D.

En el proceso de Ruteado de la tubería en el modelo 3D se distinguen 3 fases:

- Ruteado propiamente dicho: trazar tubería.
- Partido de tubería: división en tramos de fabricación (spools).
- Definición de spool (tubo): identificación de los tubos antes partidos.

Dicho trabajo nos da un avance aproximado de un 15% del trabajo global de Modelado 3D.

La longitud Ruteada se determinará en base a la información extraída de Foran V70, (Figura 6-18) herramienta que trabaja sobre una base de datos que es la que almacena toda la información que se incluye en el Modelo 3D.

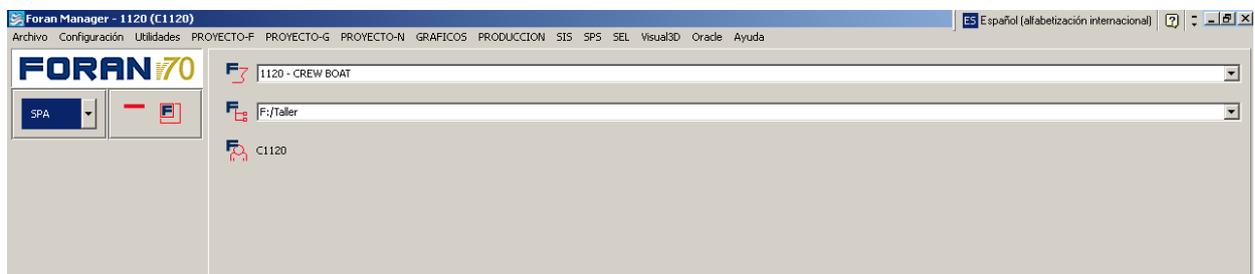


Figura 6-18: Panel inicial de FORAN 70

Si esta base de datos de Oracle la exporto a una base de datos Access, más manejable por cualquier usuario, y en este caso, por el autor de la tesis, podré programar la consultas necesaria de los metros de Tubería Ruteada en el Modelo 3D por sistema y por Unidad o Bloque que gráficamente resulta como en el Gráfico 6-3.

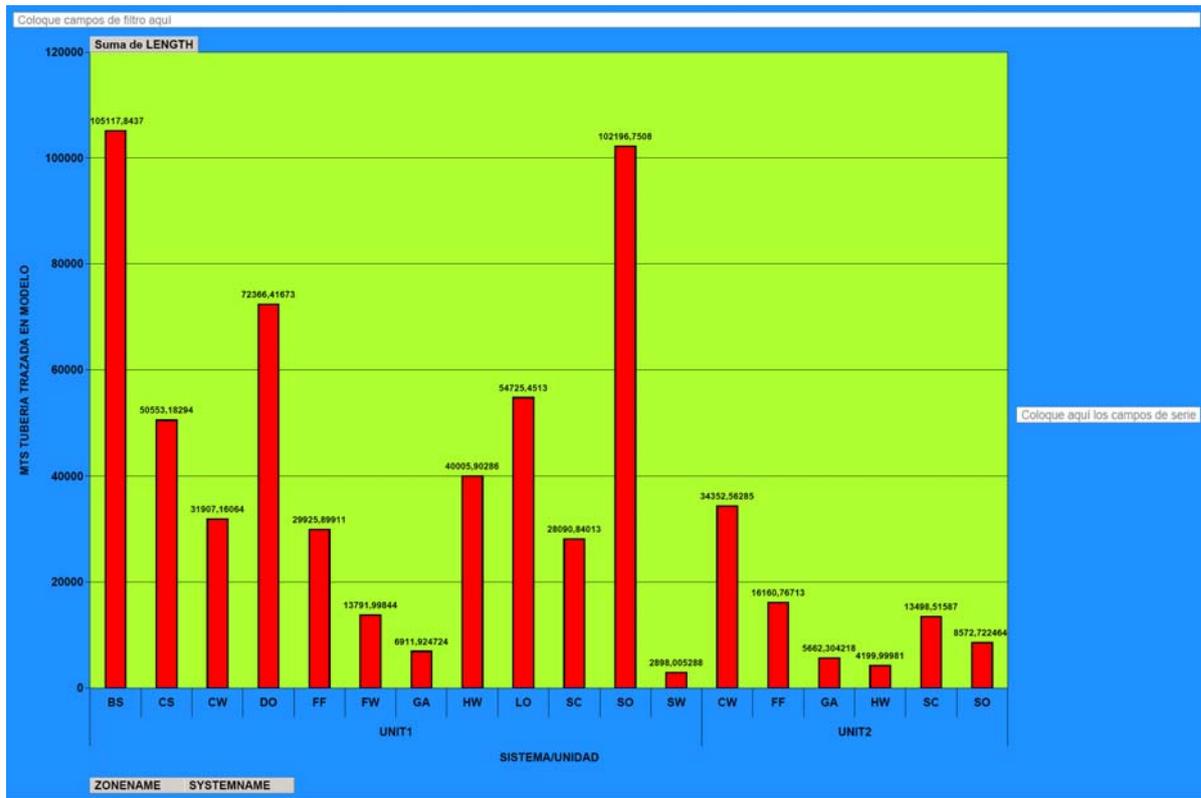


Gráfico 6-3: Metros de Tubería Ruteada por sistema y por Unidad

Número de accesorios real dispuestos en el 3D.

Los determinaré en base a la información extraída de Foran V70, concretamente de la extracción de la base de datos de Oracle y posteriormente extraída a una consulta de Access, la cual he preparado para que extraiga por bloque o unidad y por sistema el número de accesorios dispuestos en el Modelo 3D.

Para la realización del recuento se debe discernir qué es lo que quiero considerar como accesorio. En el caso que nos ocupa, y como estoy hablando de avances de trabajo, y por lo tanto, tiempos realización de tareas, he considerado que accesorio será todo aquello que implique un tiempo extra a la hora de implementarlo en la isométrica y a estos se le pondrán una marca específica a la hora de trazarlo.

Así, hablaremos de accesorios cuando nos refiramos a válvulas, manguitos flexibles, filtros, diafragmas, etc (todos ellos implementados en la fase de montaje). Y no hablaremos de accesorios cuando nos refiramos a curvas de máquina, codos, uniones soldadas, etc, todos ellos implementados con la tubería en la fase de elaboración, ver Gráfico 6-4.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

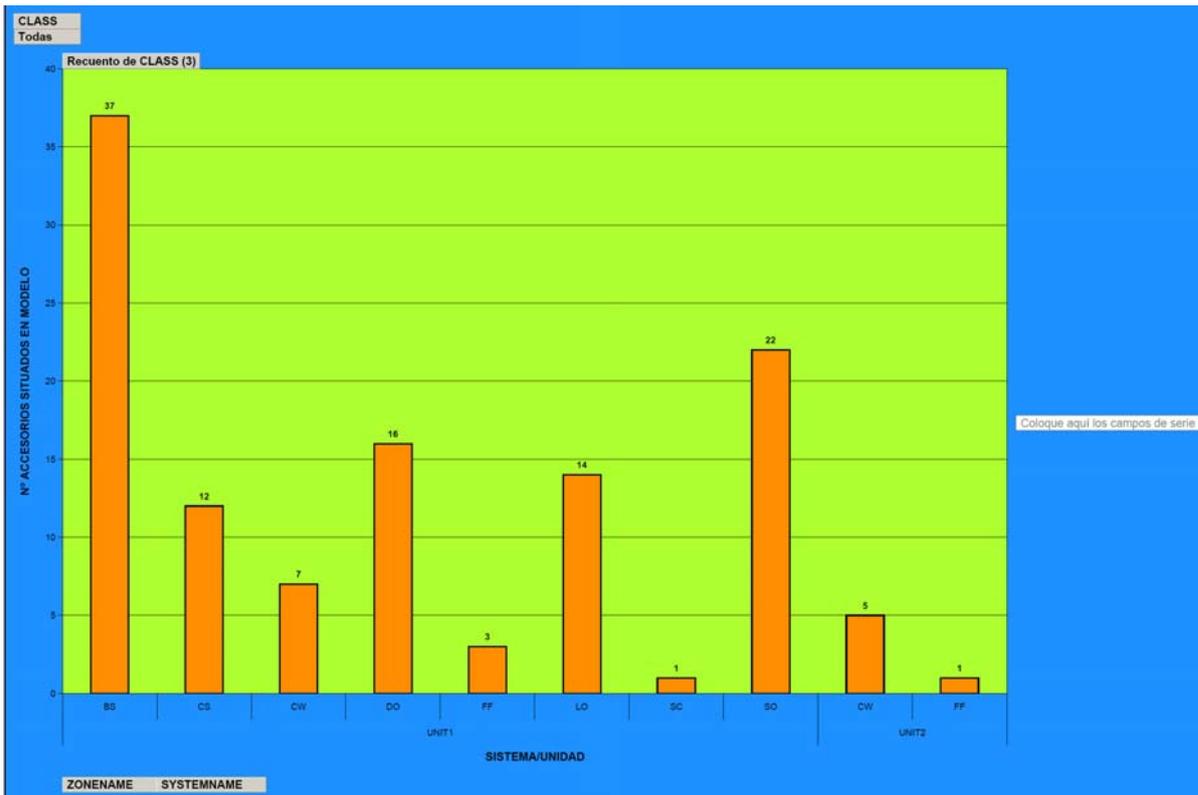


Gráfico 6-4: Nº de Accesorios dispuestos en Modelo por sistema y por Unidad

Si comparamos el recuento total de accesorios con la estimación de inicial realizada para ese determinado bloque o Zona al inicio del proyecto tendré el avance real de implementación de accesorios.

Dicho trabajo nos da un avance aproximado de un 15% del trabajo global de Modelado 3D.

Número de soportes de tubería real dispuestos en el 3D.

Dicho número de soportes será determinado en base a la información extraída de Foran V70 de la extracción de la base de datos de Oracle y posteriormente extraída a una consulta de Access, la cual se prepara para que extraiga por bloque o unidad y por sistema el número de soportes de tubería dispuestos en el Modelo 3D, ver Gráfico 6-5.

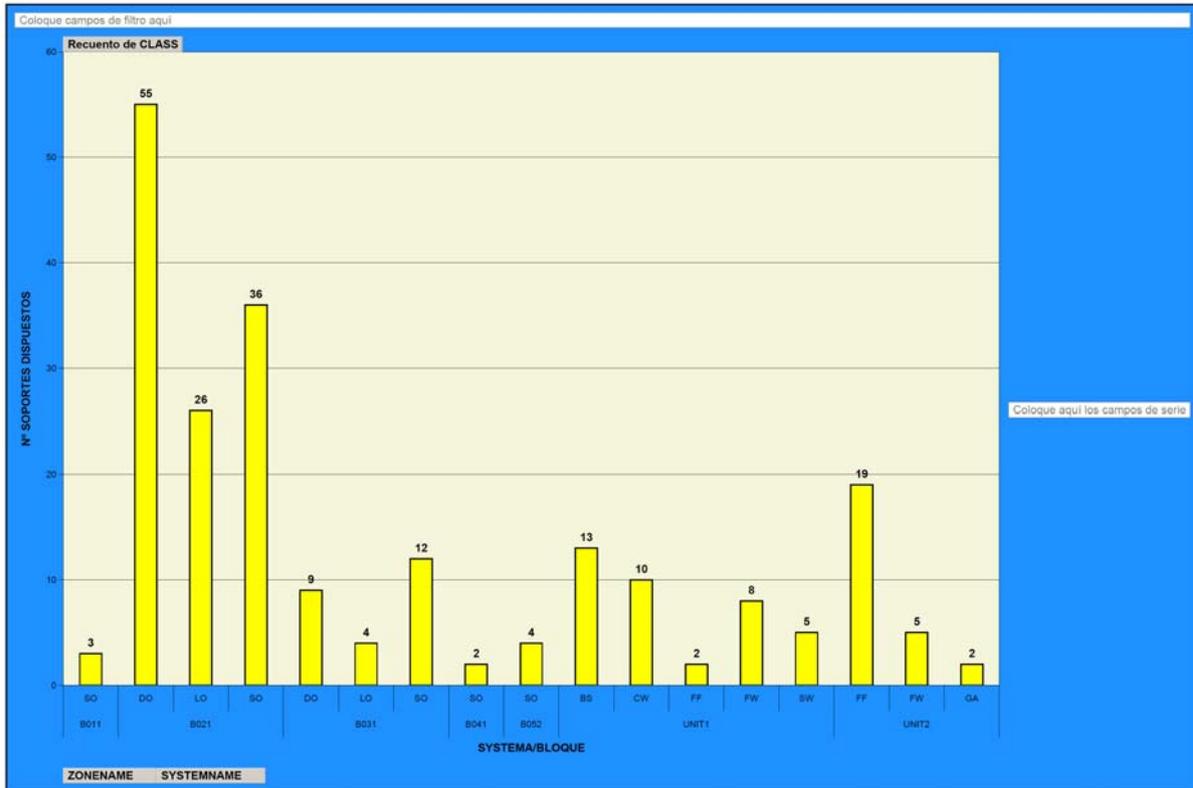


Gráfico 6-5: Nº de Soportes dispuestos en Modelo por sistema y por Unidad o Bloque

Dicho trabajo nos da un avance aproximado de un 70% del trabajo global de Modelado 3D, pues este trabajo se realiza cuando toda la tubería ha sido ruteada, se han dispuesto sus accesorios y se ha coordinado con el resto de disciplinas.

Por lo que, el avance real de los trabajos de modelo será consecuencia de:

Avance real Modelo 3D = Avance real mm ruteados (15%) + Avance real nº accesorios dispuestos (15%) + Avance real nº soportes dispuestos (70 %)

Nº de isométricas realizadas: Dicho dato lo obtengo sencillamente, pues será la información que se le entregará al astillero.

Nº de disposiciones realizadas: Al igual que pasa con las isométricas, este dato también lo obtendremos fácilmente, pues se trata de información a entregar al astillero.

Así, para calcular el avance total real del trabajo de tubería, y empleando la estadística después de varios proyectos realizados, he dado dentro de la Base de Datos un peso a cada una de las 3 partidas anteriores concluyendo:



- 65 % del peso total del trabajo para la realización del ruteado y disposición de accesorios de la tubería en el modelo 3D.
- 20 % del peso total del trabajo para la explotación de las isométricas.
- 15 % del peso total del trabajo para la realización de planos de disposición.

Por lo que, el avance total real de todo el trabajo de Diseño de tubería será:

Avance Total Real del trabajo = Avance real Modelo 3D (65%) + Avance real explotación de isométricas (20%) + Avance real planos de disposición (15%).

Nota: Indicar que dichos porcentajes pueden ser variados en base a la definición que el astillero quiera de cada plano a entregar (plano isométrico, plano de disposición).

Para extraer las gráficas, tanto de las Curvas S, como de las posibles desviaciones incurridas en la entrega de documentación, existen unas pestañas en nuestra base de datos (ver Figura 6-19).

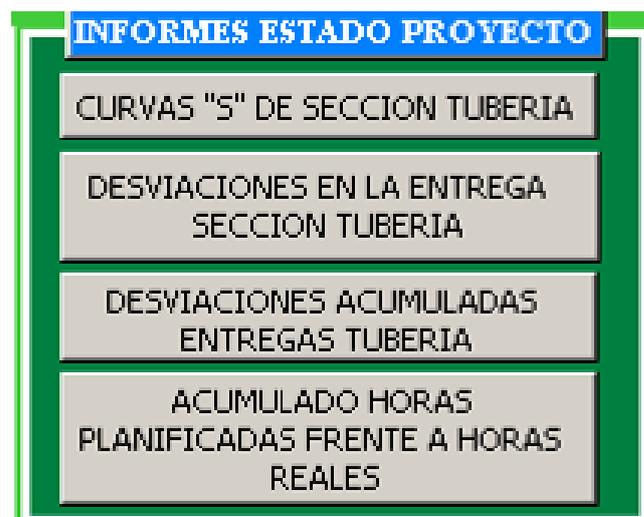


Figura 6-19: Vista de BBDD donde extraemos las gráficas

A parte realizar un control del documento a entregar mediante todos sus parámetros, puedo sacar las curvas "S" (ver Gráfico 6-6).



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

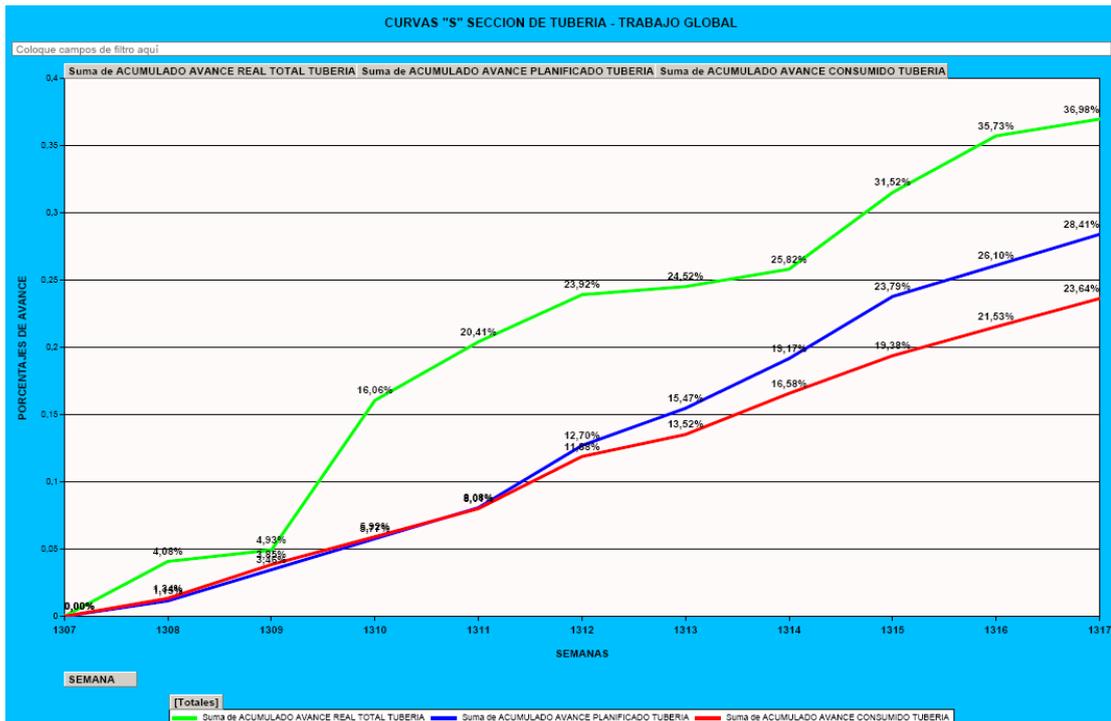


Gráfico 6-6: Curvas S de Tubería

También podré controlar las horas planificadas para cada semana, frente a las horas consumidas (ver Gráfico 6-7).

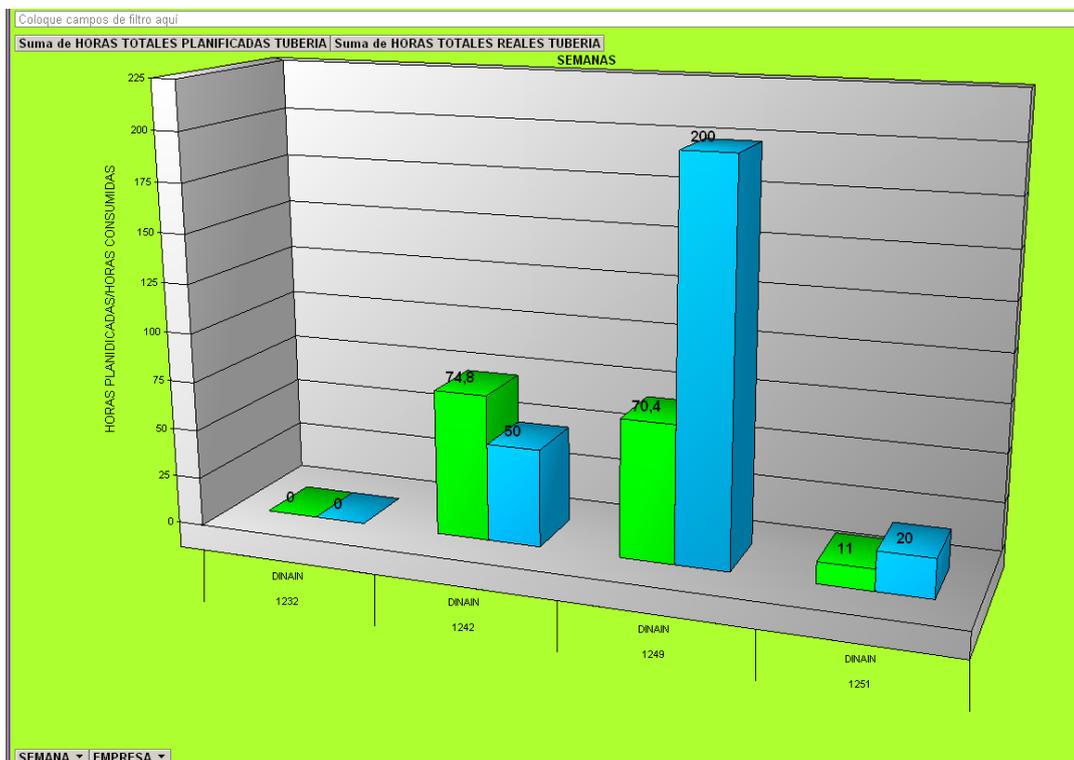


Gráfico 6-7: Horas Planificadas frente a horas consumidas por semana



6.2.5.- Entregas de documentación: desviaciones en entregas

Esta etapa de control consistirá en ver las desviaciones semanales de la entrega de documentos discerniendo entre los sistemas de tubería (ver Gráfico 6-8).

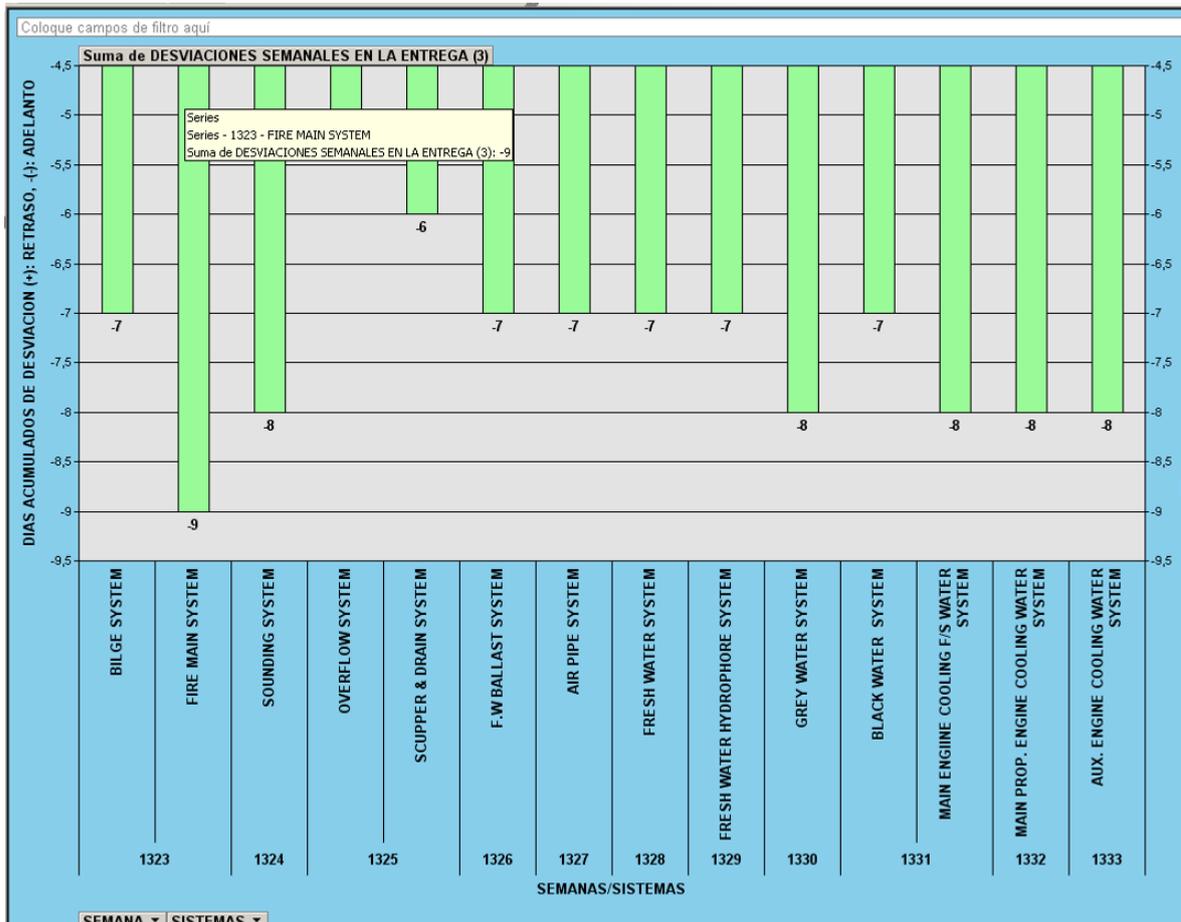


Gráfico 6-8: Gráfica de desviaciones en entrega de planos por sistema

Y las desviaciones acumuladas de entrega de todos los documentos a entregar en una fecha determinada (ver Gráfico 6-9).

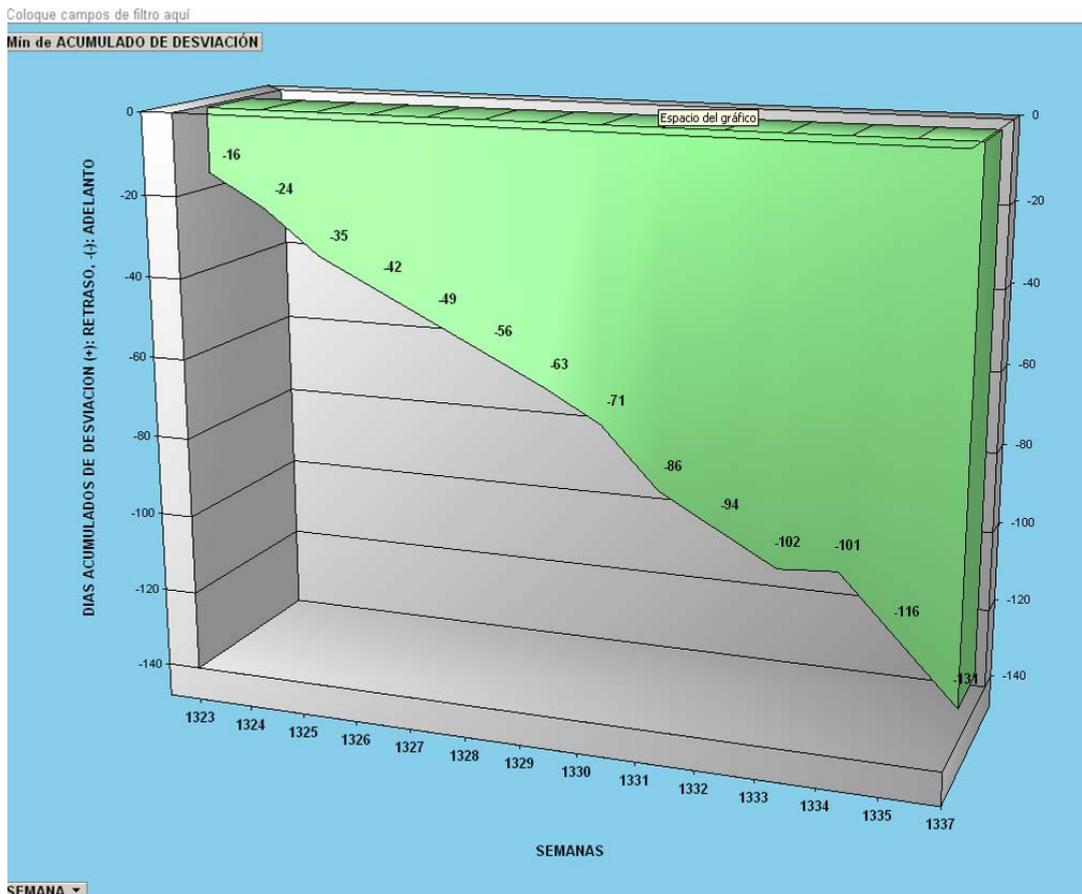


Gráfico 6-9: Gráfica de desviaciones acumuladas

El signo negativo indica que nos hemos adelantado un determinado número de días y el positivo que nos hemos retrasado en la entrega de dichos documentos.

6.2.6.- Seguimiento de trabajo en modelo 3D

A efecto de controlar más al detalle el modelo 3D, he dotado a la herramienta de una generación de informes (ver Figura 6-20, y Gráficos 6-10, 6-11 y 6-12) que me dará:

INFORMES MODELO 3D TUBERIA

METROS
PLANIFICADOS
Vs TRAZADOS

ACCESORIOS
PREVISTOS Vs
SITUADOS

Nº SOPORTES RESTANTES Vs DISPUESTOS

Figura 6-20: Generación de informes Modelo 3D



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

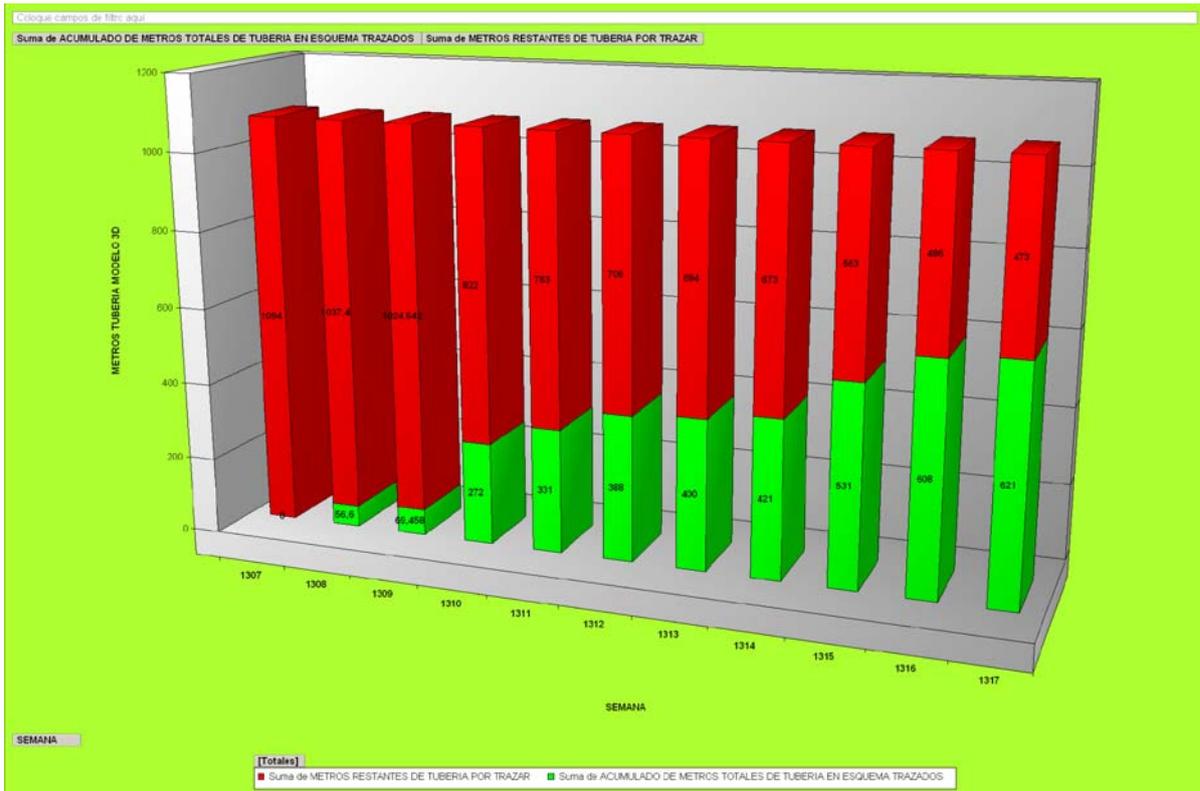


Gráfico 6-10: Gráfica de Metros Ruteados Vs Restantes en modelo 3D

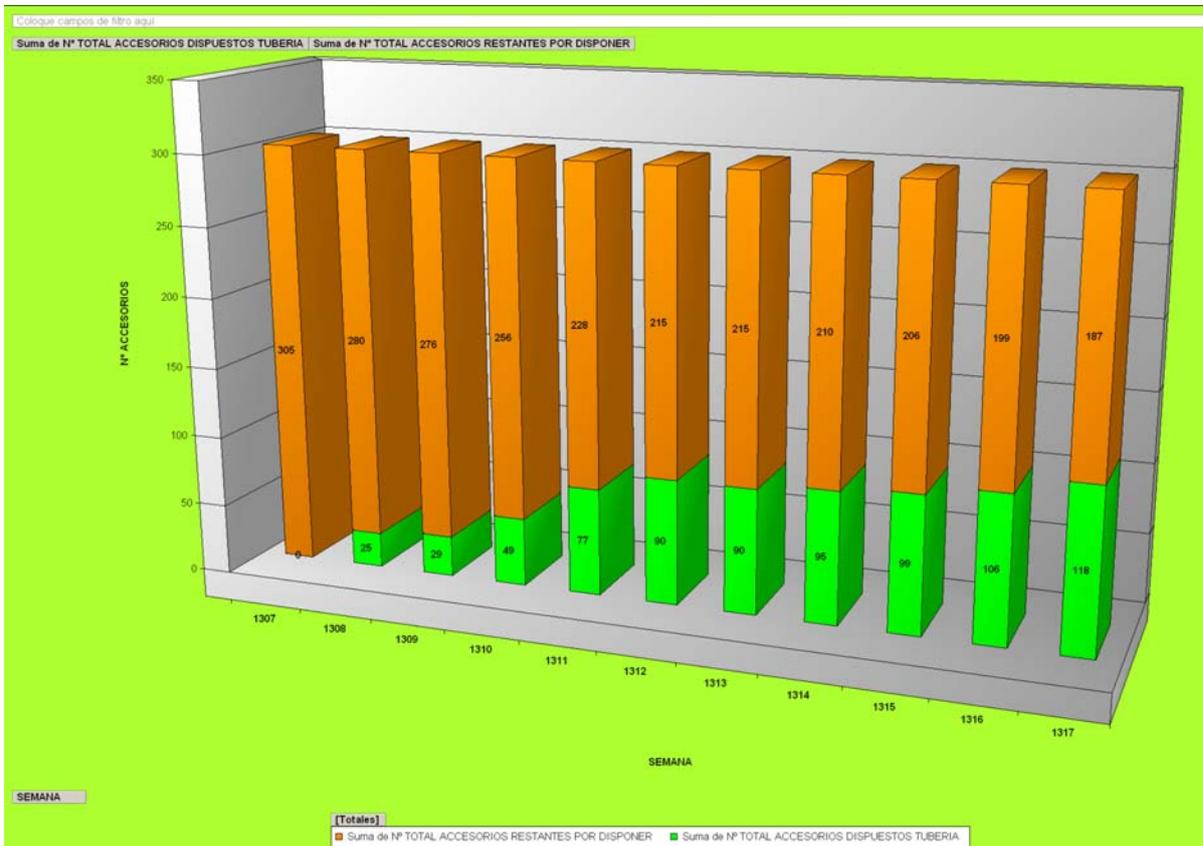


Gráfico 6-11: Gráfica de Accesorios Tubería Situados Vs Restantes por Situar en modelo 3D

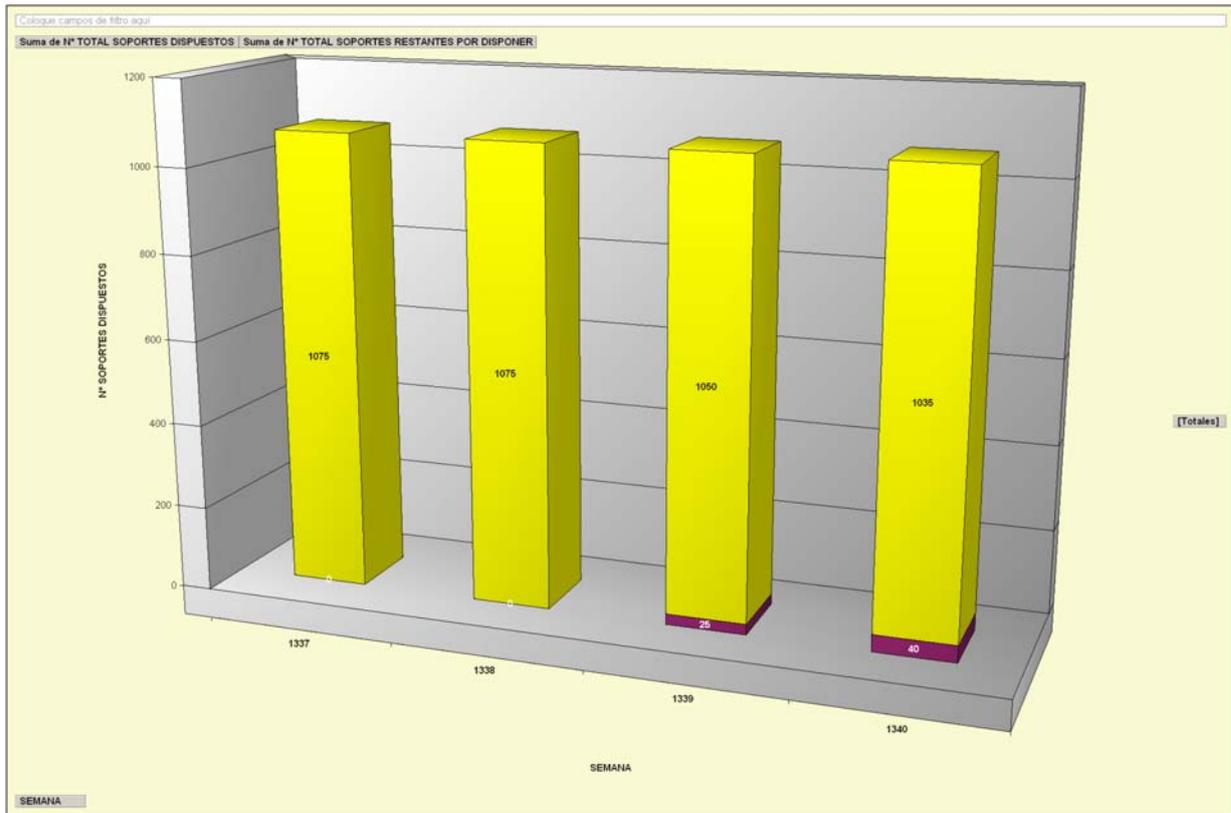


Gráfico 6-12: Gráfica de Soportes Tubería Situados Vs Restantes por Situar en modelo 3D

6.2.7.- Seguimiento de trabajo en modelo 2D

A efecto de controlar más al detalle el modelo 2D, he dotado a la herramienta de una generación de informes (ver Figura 6-21, y Gráficas 6-13 y 6-14) que me dará:

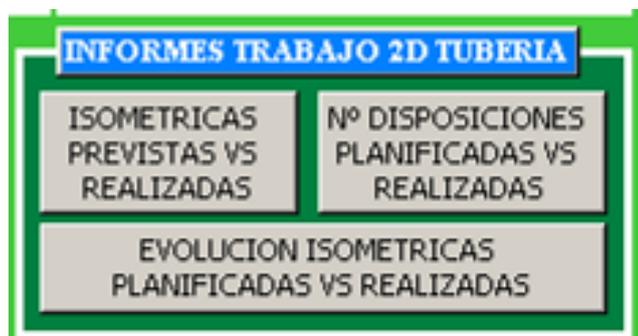


Figura 6-21: Generación de informes Modelo 2D



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

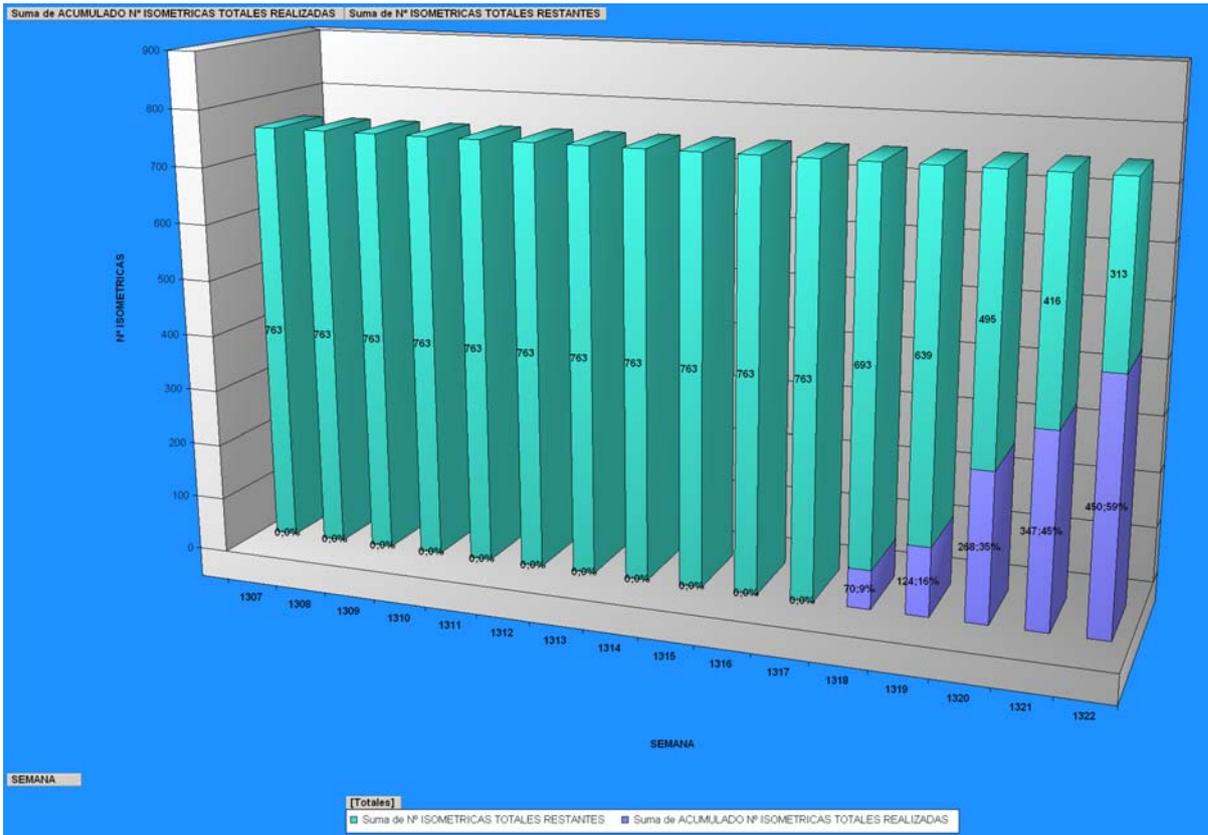


Gráfico 6-13: Gráfica de Isométricas Previstas Vs Realizadas

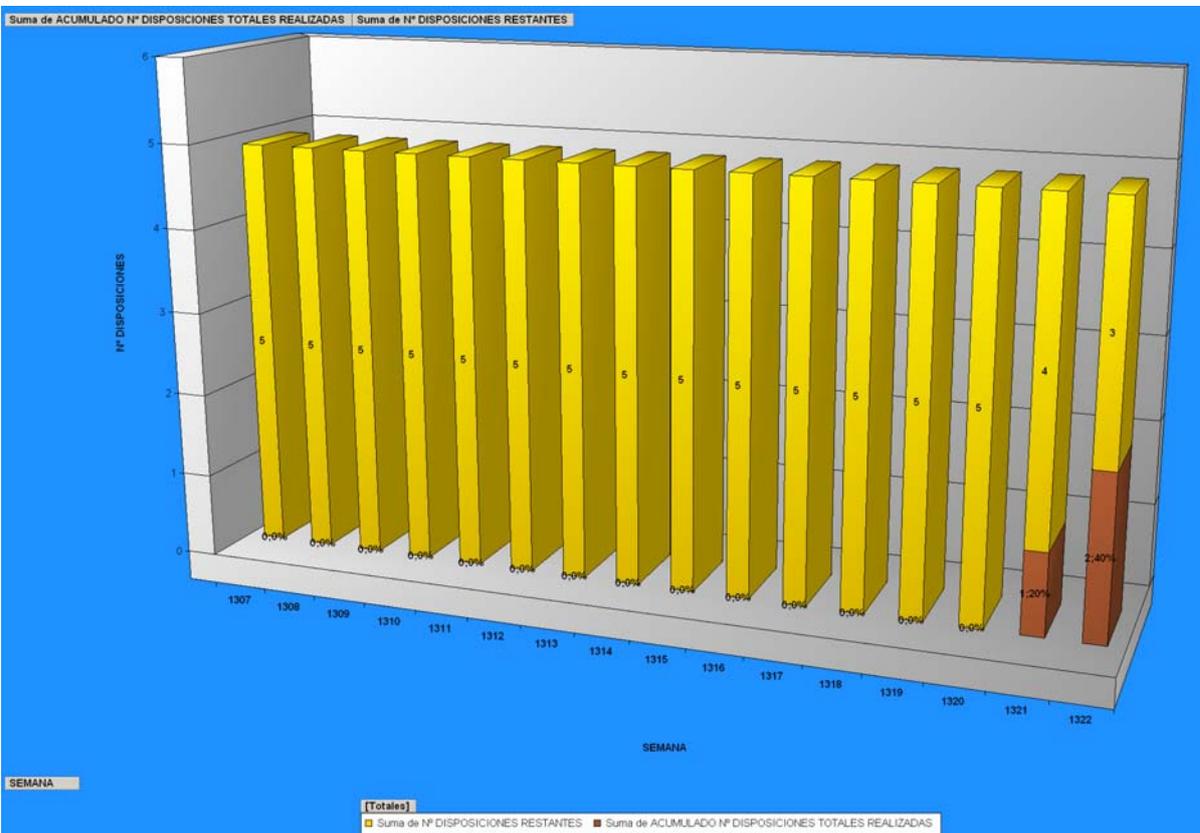




Gráfico 6-14: Gráfica de Disposiciones Previstas Vs Realizadas

Como entiendo que el mejor input para el control de los trabajos de tubería es el producto final, el cual, para mi será el tubo o isométrica, he dotado a la herramienta de una generación gráfica de dicha evolución (ver Gráfico 6-15).

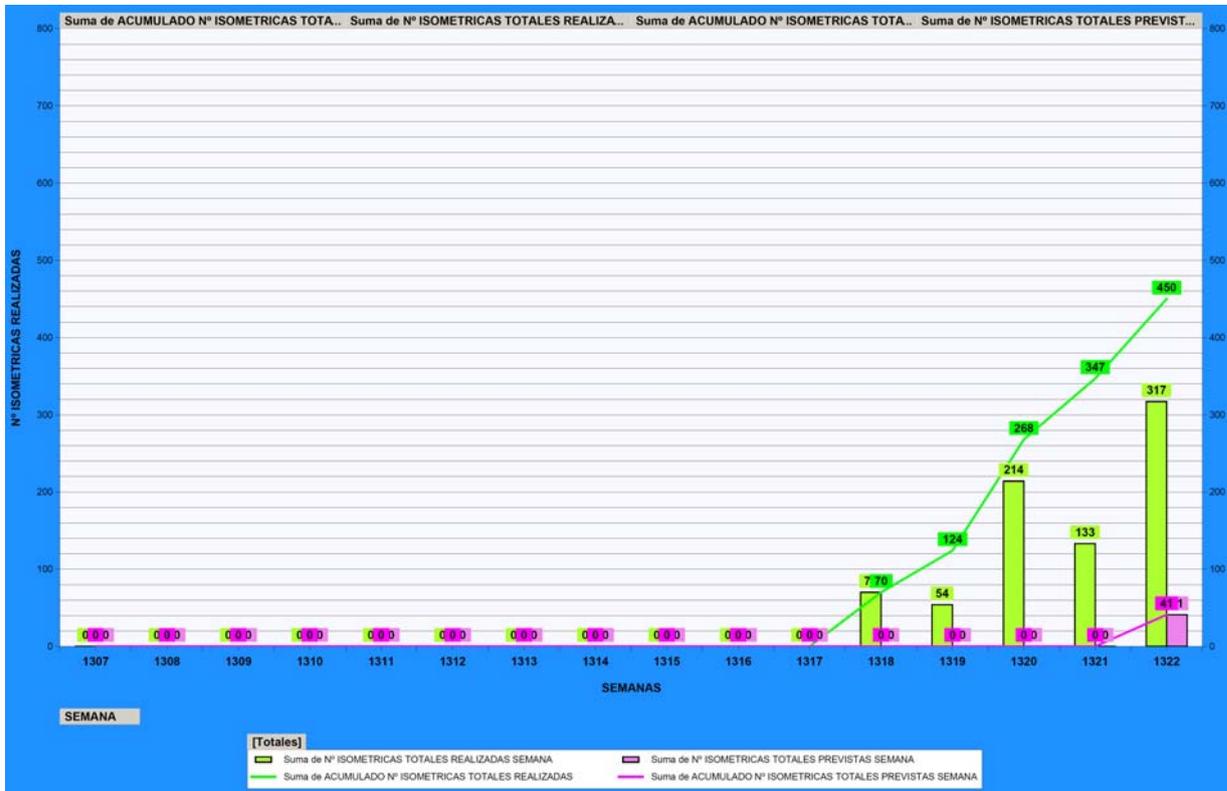


Gráfico 6-15: Gráfica de Evolución de Isométricas Previstas Vs Realizadas

6.2.8.- Rendimiento de diseñadores: ratios (h/tubo diseñador)

Con esta consulta determinaré, en base al número de tubos trazados por cada diseñador y a las horas consumidas por este, el rendimiento de cada uno de los diseñadores implicados en el proyecto (ver Figura 6-22 y Gráfico 6-16).



Figura 6-22: Generación de Gráfico con Rendimiento de Diseñadores

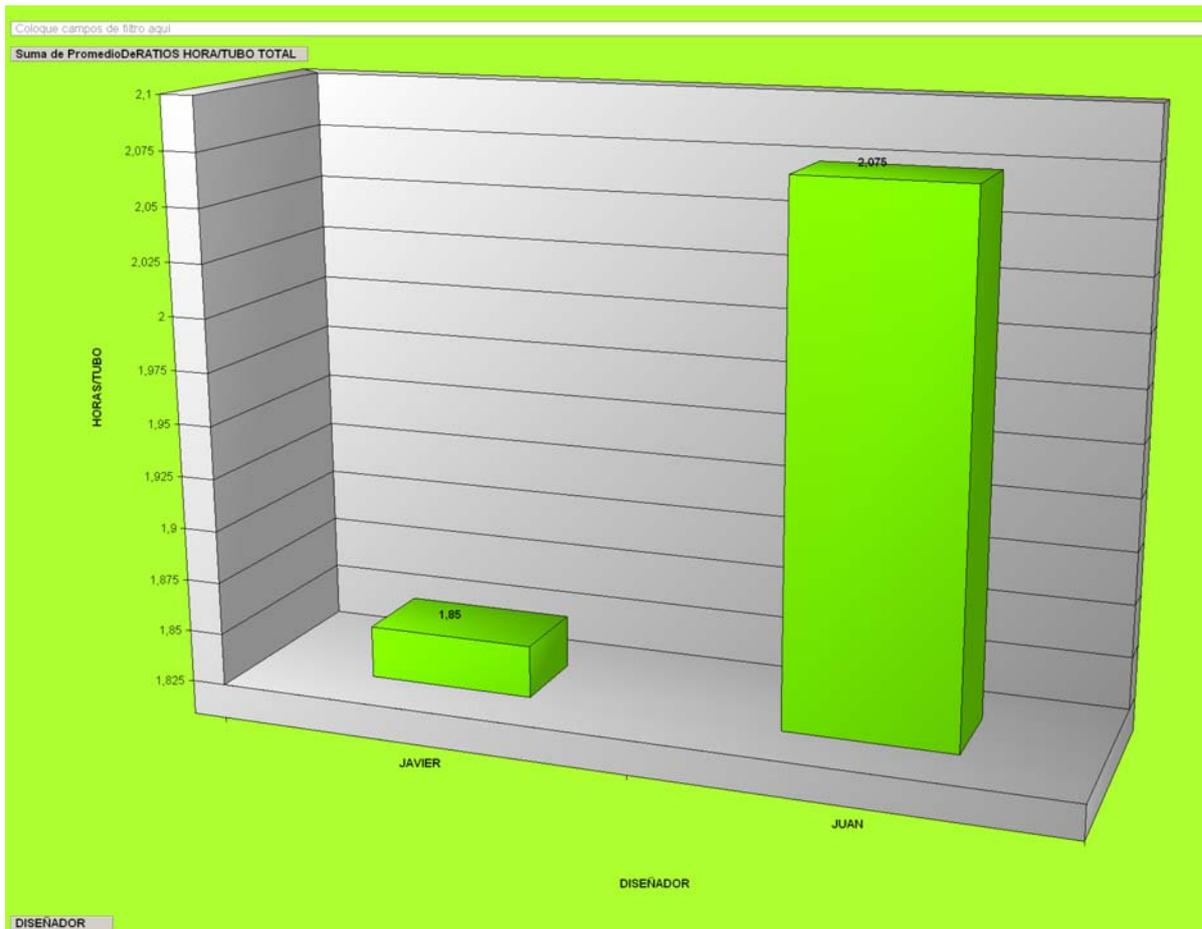


Gráfico 6-16: Gráfico con media Rendimiento de Diseñadores (Horas/Tubo)

6.2.9.- Operatividad de la base de datos

Una vez enunciadas y desarrolladas las etapas o fases de control haré una breve exposición de la operatividad de la Base de Datos de Control de Tubería (datos importados de ficheros Excel) y para ello dividiré el mismo en los siguientes módulos:

a) Panel de Control o panel de entrada (ver Figura 6-23)



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

Microsoft Access - [PANEL DE CONTROL : Formulario] ES Español (alfabetización internacional) Escribe una pregunta

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana Adobe PDF

Base de Datos de Planificación, Control, Corrección de Desviaciones y Gestión de las Secciones de Tubería y Ventilación (Servicios)

Desenho Naval e Industrial Lda
Dinain do Brasil

EMPRESA: DINAIN
PROYECTO: 1232-OSRV
DISCIPLINA: TUBERIA

Vista Formulario NUM



En dicho panel de control tendremos los siguientes filtros:

- *Empresa*: Nombre de la empresa que desarrollará el trabajo de diseño de la tubería. Aunque parezca evidente que el trabajo será realizado por una sola empresa, pudiese darse el caso de que este pueda ser subcontratado o realizado por una UTE (unión temporal de empresas). En cualquier caso, dicho trabajo ha de ser Planificado y Controlado, de ahí que se haya pensado en dicho filtro.
- *Proyecto*: Nombre del Proyecto o buque del que se realizará la tubería.
- *Disciplina*: En nuestro caso se tratará de una sola disciplina (Tubería), pero dicha base de datos la he pensado también para el control del trazado de la Ventilación y el Aire acondicionado (HVAC), pues dicha disciplina pertenece al alcance del departamento de Servicios del cual soy responsable. De ahí que haya incluido un filtro en el panel de control inicial para elegir la disciplina que quiero supervisar.

b) Consulta de datos Tubería (ver Figura 6-24)

Una vez vistos paso a paso cada parte del formulario creado, a continuación se muestra en la siguiente figura el formulario completo, el cual tendrá toda la información del plano a entregar (Datos Generales del Documento, Estadísticas del plano, codificación de la entrega y recepción de la información, empresa que realiza el trabajo, Sistemas de tubería en los que se está trabajando, observaciones al plano, motivos que han creado el error de diseño en caso de ser una revisión de un plano, informes del estado del proyecto de tubería, errores de diseño que afectan a la Integración, Informes de los modelos 3D de tubería, informes del trabajo 2D de tubería, Rendimiento de los diseñadores de la sección de tubería que realizan los trabajos de modelado.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

DATOS GENERALES DEL DOCUMENTO Proyecto: 1232-OSRV Sección: TUBERIA Unidad: Bloque: Plano: Revisión:		ESTADISTICAS DEL PLANO Estado: Diseñador: Horas Reales Resolución: 0 Horas Planif. Reasolución: 0 Desviación horas Planificadas: 0 Ratio Hora/Tubo: 0 Fecha Entrega Planif: 06/08/2012 Fecha Entrega Real: 06/08/2012 Desviación en la entrega (días): 0 Nº Tubos Real: 0 Nº Tubos Planif.: 0 Resolución:	
CODIFICACION ENTREGA Y RECEP INFORMAC. Correo Recibido: Correo Entrega:		EMPRESA QUE REALIZA EL TRABAJO Empresa: DINAIN	
SISTEMAS AFECTADOS [Empty Box]		OBSERVACIONES AL PLANO [Empty Box]	
MOTIVOS DE LOS ERRORES DE DISEÑO <input type="checkbox"/> Error BD/modelos: <input type="checkbox"/> Error integración: <input type="checkbox"/> Cambio Info: <input type="checkbox"/> Error Puntual: <input type="checkbox"/> Error Info: <input type="checkbox"/> Error Repetitivo: <input type="checkbox"/> Error en Planificación: <input type="checkbox"/> Requerimiento S.C.: Responsable: Palabra Clave:		INFORMES ESTADO PROYECTO CURVAS "S" DE SECCION TUBERIA DESVIACIONES EN LA ENTREGA SECCION TUBERIA DESVIACIONES ACUMULADAS ENTREGAS TUBERIA ACUMULADO HORAS PLANIFICADAS FRENTE A HORAS REALES	
ERRORES DE DISEÑO / INTEGRACION % ERRORES DISEÑO INTEGRACION		INFORMES TRABAJO 2D TUBERIA ISOMETRICAS PREVISTAS VS REALIZADAS Nº DISPOSICIONES PLANIFICADAS VS REALIZADAS EVOLUCION ISOMETRICAS PLANIFICADAS VS REALIZADAS	
INFORMES MODELO 3D TUBERIA METROS PLANIFICADOS Vs TRAZADOS ACCESORIOS PREVISTOS Vs SITUADOS Nº SOPORTES RESTANTES Vs DISPUESTOS		RENDIMIENTO SECCION TUBOS RENDIMIENTO	

Registro: 1 de 17

Figura 6-24: Consulta de la Totalidad los datos de la Base de Datos Access



a) Informe semanal situación de Tubería.

Con todos los datos extraídos de la base de datos realizada genero un informe semanal que me da una idea de la evolución Global de los trabajos. La situación Global por semana se resumirá en el siguiente Gráfico acumulativo (ver Gráfico 6-17).

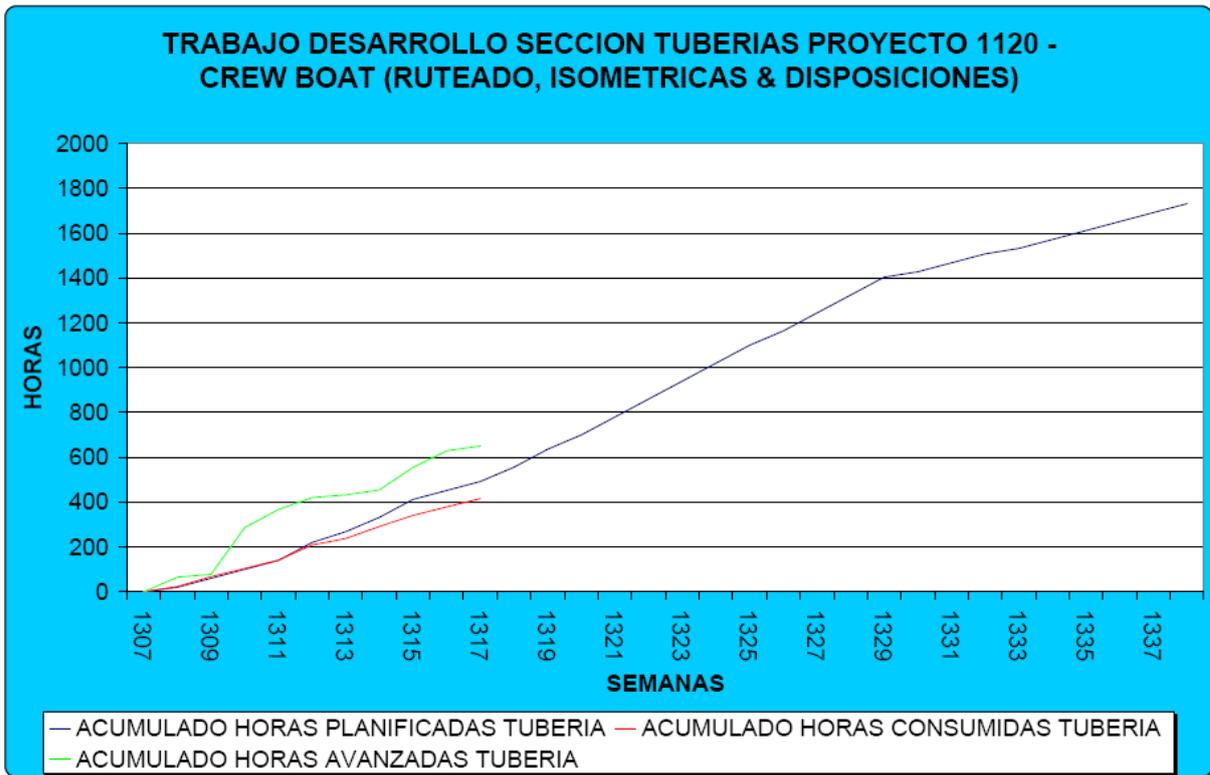


Gráfico 6-17: Curvas S trabajo global sección de Tuberías



CAPITULO 7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En mi opinión como autor de esta Tesis, y después de mis años de experiencia en el sector Naval, he de destacar que dentro los datos económicos que se barajan a la hora de construir un Buque, influye mucho el plazo de entrega que el astillero es capaz de ofrecer al cliente. Por lo que esto repercutirá en las posibilidades del astillero para contratar un nuevo buque. Es por ello que, tras varios estudios, he deducido que será de mucha importancia tener en cuenta los siguientes factores:

- El adelantar la entrega del buque o cualquier hito constructivo podrá suponer para el astillero el cobro de primas, pero, así mismo, puede dar lugar a penalizaciones por retraso en la entrega de los hitos. Estas cláusulas se establecerán a la firma del contrato.
- En el periodo que dura la construcción de un Buque existe un elevado índice de inflación.
- Debido a un aumento de la inflación el coste de los materiales va aumentando con el tiempo, dependiendo fundamentalmente del plazo entre contrato y puesta de quilla.
- La mano de obra también se incrementa con el paso del tiempo a medida que se retrasa la inversión de horas.
- Los gastos financieros que cubren los intereses durante la construcción del buque se incrementan con el plazo entre quilla y entrega.
- Cuando se cierra la contratación de un Buque, esta suele ser a precio fijo.

También he deducido que, en situaciones de difícil contratación como la que estamos atravesando actualmente y en la que existe una gran competencia, el ofertar un largo plazo de entrega significa quedarse fuera del mercado, y el no cumplirlo implica, además de las penalidades citadas, la posible cancelación del contrato y la puesta en peligro de la supervivencia del Astillero.

Realizando un análisis histórico de los plazos de construcción de Buques de características semejantes (Fragatas) realizados por la empresa pública Navantia, he obtenido lo siguiente: (ver Tablas 7-1, 7-2 y 7-3).



Tipo de Trazado de Tubería	Tipo de Buque	Desplazam.	Clase	Nombre	Eslora Total	Coste (millones euros/Ud)	Horas de trabajo (millones horas/Ud)
	Fragata F-81	3.982 Tn	"Santa María"	Santa Maria	137,7 mts	185	----
Tipo de Trazado de Tubería	Tipo de Buque	Desplazam.	Clase	Nombre	Eslora Total	Coste (millones euros/Ud)	Horas de trabajo (millones horas/Ud)
Por Sistema	Fragata F-81	3.982 Tn	"Santa María"	Santa Maria	137,7 mts	185	----
	Fragata F-82	3.982 Tn	"Santa María"	Victoria	137,7 mts		
	Fragata F-83	3.982 Tn	"Santa María"	Numancia	137,7 mts		
	Fragata F-84	3.982 Tn	"Santa María"	Reina Sofía	137,7 mts		
	Fragata F-85	4,177 Tn	"Santa María"	Navarra	138,8 mts		
	Fragata F-86	4,177 Tn	"Santa María"	Canarias	138,8 mts		
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-101	5,8 Tn	"Álvaro de Bazán"	Alvaro de Bazan	146,7 mts	235	3,5
	Fragata F-102	5,8 Tn	"Álvaro de Bazán"	Almirante Juan de Borbon	146,7 mts		
	Fragata F-103	5,8 Tn	"Álvaro de Bazán"	Blas de Lezo	146,7 mts		
	Fragata F-104	5,8 Tn	"Álvaro de Bazán"	Mendez Nuñez	146,7 mts		
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-310	5,121 Tn	"KNM"	KNM Fridtjof Nansen	132 mts	220	3,4
	Fragata F-311	5,121 Tn	"KNM"	KNM Roald Amundsen	132 mts		
	Fragata F-312	5,121 Tn	"KNM"	KNM Otto Sverdrup	132 mts		
	Fragata F-313	5,121 Tn	"KNM"	KNM Helge Ingstad	132 mts		
	Fragata F-314	5,121 Tn	"KNM"	KNM Thor Heyerdahl	132 mts		
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-105	6,041 Tn	"Cristobal Colon"	Cristobal Colon	133,2 mts	283	3,7
Por Sistema	Portaaviones R-11	13.400 Tn	"Principe de Asturias"	Principe de Asturias	195,9 mts	630	3,9
Por Bloque (Const. Integrada)	Portaaviones CVH 911	10.000 Tn	"Chakri Naruebet"	HTMS Chakri Naruebet	182,6 mts	252	----

Tabla 7-1: Coste y horas de trabajo en base al tipo de Trazado de Tubería.



Tipo de Trazado de Tubería	Tipo de Buque	Autorización	Hitos de construcción			Plazos de Realización de trabajo en meses			
			Puesta Quilla	Botadura	Entrega	Inicio - Quilla	Quilla-Botadura	Botadura-Entrega	Quilla-Entrega
Por Sistema	Fragata F-81	Junio 1977	1982-05-22	1984-11-21	1986-12-10	59	30	25	55
	Fragata F-82		1984-11-21	1986-07-23	1987-10-29		21	16	37
	Fragata F-83		1986-01-08	1987-01-29	1988-11-08		13	21	34
	Fragata F-84		1987-01-29	1989-07-19	1990-10-30		30	15	45
	Fragata F-85		1991-04-15	1992-10-23	1994-05-30		18	19	37
	Fragata F-86		-----	1993-06-21	1994-12-14		-----	18	-----
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-101	Enero 1997	1999-06-14	2000-10-31	2002-09-19	31	17	22	39
	Fragata F-102		2000-10-31	2002-02-28	2003-12-03		16	21	37
	Fragata F-103		2002-02-28	2003-05-16	2004-12-16		15	19	34
	Fragata F-104		2003-05-16	2004-11-12	2006-03-21		18	17	35
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-310	Junio 2000	2003-04-09	2004-06-03	2006-04-05	33	14	22	36
	Fragata F-311		2004-06-03	2005-05-25	2007-05-21		12	24	36
	Fragata F-312		2005-04-28	2006-04-28	2008-04-30		12	20	32
	Fragata F-313		2006-04-28	2007-04-23	2009-09-29		11	29	40
	Fragata F-314		2008-03-10	2009-02-11	2011-01-18		11	24	35
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-105	Junio 2006	2009-02-20	2010-11-04	2012-10-23	32	19	24	43
Por Sistema	Portaaviones R-11	Junio 1977	1979-10-08	1982-05-22	1988-05-30	28	31	73	104
Por Bloque (Const. Integrada)	Portaaviones CVH 911	Marzo 1992	1994-07-12	1996-01-20	1997-08-10	28	18	19	37

Tabla 7-2: Hitos de construcción y plazos de realización de trabajos



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

Tipo de Trazado de Tubería	Tipo de Buque	Plazos medios de Construcción			Plazo Global	Plazo Medio Global
		Q-B	B-E	Q-E	Inicio-Entrega	Inicio-Entrega
Por Sistema	Fragata F-81	22	19	42	114	101
	Fragata F-82				96	
	Fragata F-83				93	
	Fragata F-84				104	
	Fragata F-85				96	
	Fragata F-86				-----	
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-101	17	20	36	70	67
	Fragata F-102				68	
	Fragata F-103				65	
	Fragata F-104				66	
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-310	12	24	36	69	69
	Fragata F-311				69	
	Fragata F-312				65	
	Fragata F-313				73	
	Fragata F-314				68	
Por Bloque (Const. Integrada)	Fragata F-105	19	24	43	88	75
Por Sistema	Portaaviones R-11	31	73	104	132	132
Por Bloque (Const. Integrada)	Portaaviones CVH 911	18	19	37	65	65

Tabla 7-3: Plazos medios y globales de construcción



Comparando los datos de las tres clases de Fragatas construidas por Navantia (Fragatas F-80, Fragatas F-100 y Fragatas F-300) deduzco lo siguiente:

1.- Existe una diferencia notable en el plazo global de **Inicio - Entrega** entre las Fragatas en las que se ha empleado para el trazado de la tubería el método de “Trazar por Sistema” (Fragatas F-80) y en aquellas en las que se ha aplicado la “Construcción Integrada” (Trazado de Tubería por Bloque de las Fragatas clase F-100 Y F-300). Dicha diferencia se hace mayor considerando que en las fragatas a las que se le ha aplicado la construcción integrada son de mayor desplazamiento y eslora que las que se han trazado por Sistema.

2.- El plazo desde la entrada en vigor del contrato hasta la puesta de la quilla de los buques militares solía rondar los 4,5 - 5 años antes de emplear el uso de herramientas CAD/CAM y la Construcción Integrada para el diseño de planos de Ingeniería de Detalle. En la actualidad, dicho plazo se ha reducido prácticamente a la mitad y con tendencia a seguirse reduciendo. En el ejemplo de las fragatas anterior, se aprecia que a principios de los 80 tenían un plazo de 101 meses (59 de contrato a quilla y 42 de quilla a entrega), mientras que, una vez implementados los sistemas CAD/CAM, así como la construcción integrada en la construcción de las fragatas de la serie F-100 se tiende a un plazo de 67 meses (31 de C. a Q y 36 de Q a E) y para las Fragatas de la serie F-300 se tiende a un plazo de 69 meses (33 de C. a Q y 36 de Q a E).

3.- También he podido apreciar que, a medida que se mejora en los procesos de diseño, se va reduciendo el periodo comprendido entre la puesta de quilla y la botadura, por lo que deduzco que, el uso y perfeccionamiento de las herramientas CAD/CAM reducen considerablemente los tiempos de ejecución de planos (Trabajos de Ingeniería Básica y de Detalle). Así, se ha pasado de 22 meses en las Fragatas F-80 a los 17 meses de las Fragatas F-100 y a los 12 de las Fragatas F-300.

Nota: Para el estudio, aunque he citado datos de la Fragata “Cristóbal Colon” en el cuadro resumen, esta no ha sido considerada, pues en la misma, aunque podemos apreciar la mejora con la aplicación de las herramientas CAD/CAM reduciendo el periodo establecido entre la puesta de quilla y la botadura de 22 meses de las F-80 a 19 meses de estas, he podido apreciar que se ha demorado mucho en fases posteriores debido a que la “Cristóbal Colón” incorpora las actualizaciones de sus sistemas y la mejora del equipamiento, de ahí también el mayor coste respecto a las anteriores de la serie F-100.

Tampoco he considerado la comparativa entre los Portaaviones R-11 “Príncipe de Asturias” construido para la Armada Española y el Portaaviones 911 “HTMS Chakri Naruebet” construido para la Armada Tailandesa, debido a que, la construcción del Príncipe de Asturias, como se puede apreciar en la tabla resumen, ha tenido muchos retrasos entre la botadura y la entrega, debidos, entre otras causas, a los numerosos problemas laborales de Bazán, el cambio en los sistemas de contratación de equipos



en plena fase de construcción y a las modernizaciones que impuso la Armada durante esta fase, lo que supuso también un importante aumento de costes.

Gráficamente y con los datos extraídos de la tabla para las tres fragatas susceptibles de ser comparadas estadísticamente tenemos (ver **Gráfico 7-1**):

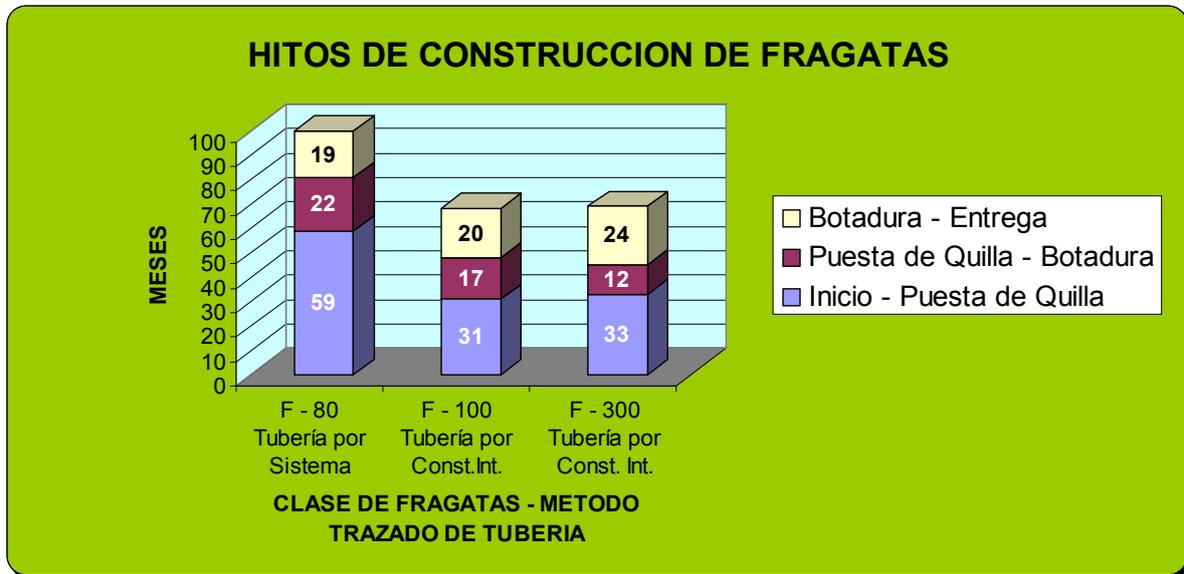


Gráfico 7-1: Hitos de Construcción de Fragatas

Por lo que, se aprecia claramente que la implementación de la Construcción Integrada y el uso de herramientas CAD/CAM ha dado lugar a una disminución en lo que a plazos de entrega se refiere, así como a la disminución de los costes globales. Para que se aprecie de igual modo una planificación de los hitos más destacados de la última Fragata que ha construido Navantia (F105 - Cristóbal Colon), se muestra a continuación y de manera muy resumida el siguiente diagrama (ver Gráfico 7-2).



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

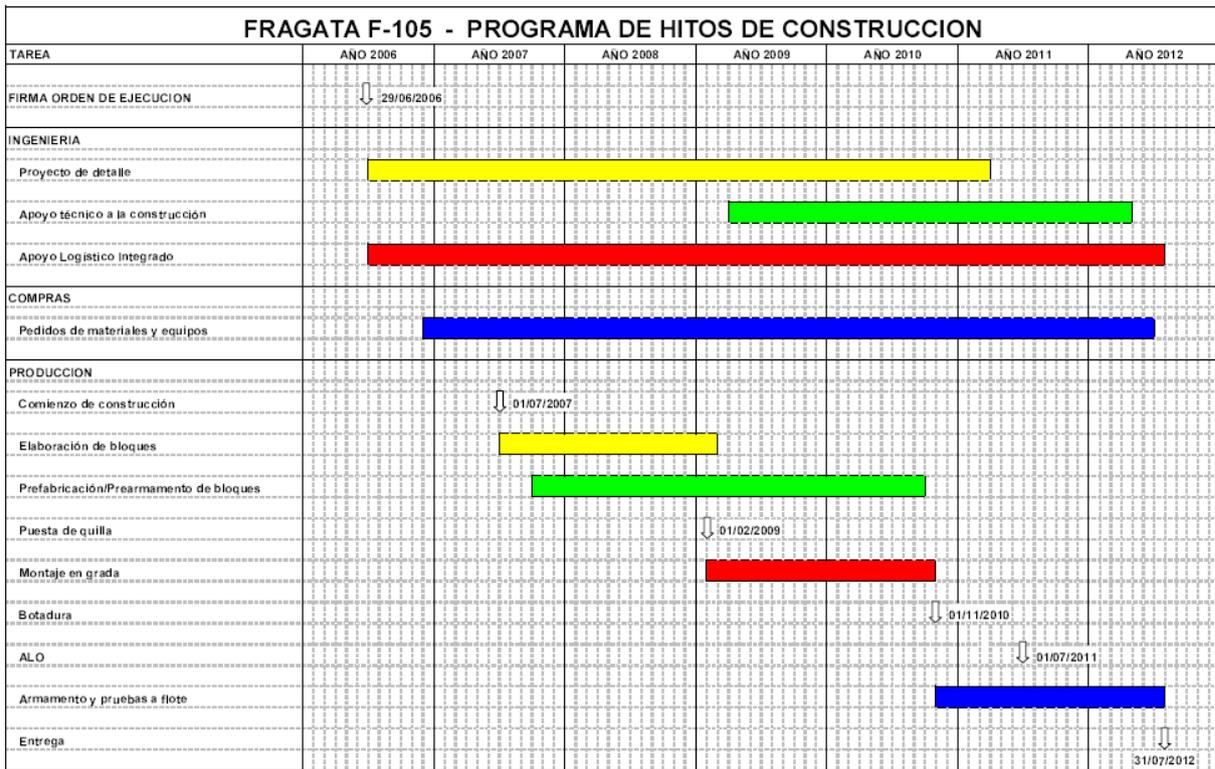


Gráfico 7-2: Diagrama de hitos de Construcción de la Fragata F105

En dicho diagrama se pueden apreciar los hitos más importantes (Puesta de Quilla, Botadura y Entrega) para cualquier astillero del mundo, pues estos son normalmente hitos de cobro. No he considerado dichas fechas, ya que en esta construcción se ha hecho mucho hincapié en la innovación, dilatando los hitos.

En lo que a horas de trabajo se refiere se ha realizado el siguiente análisis (ver Gráfico 7-3):

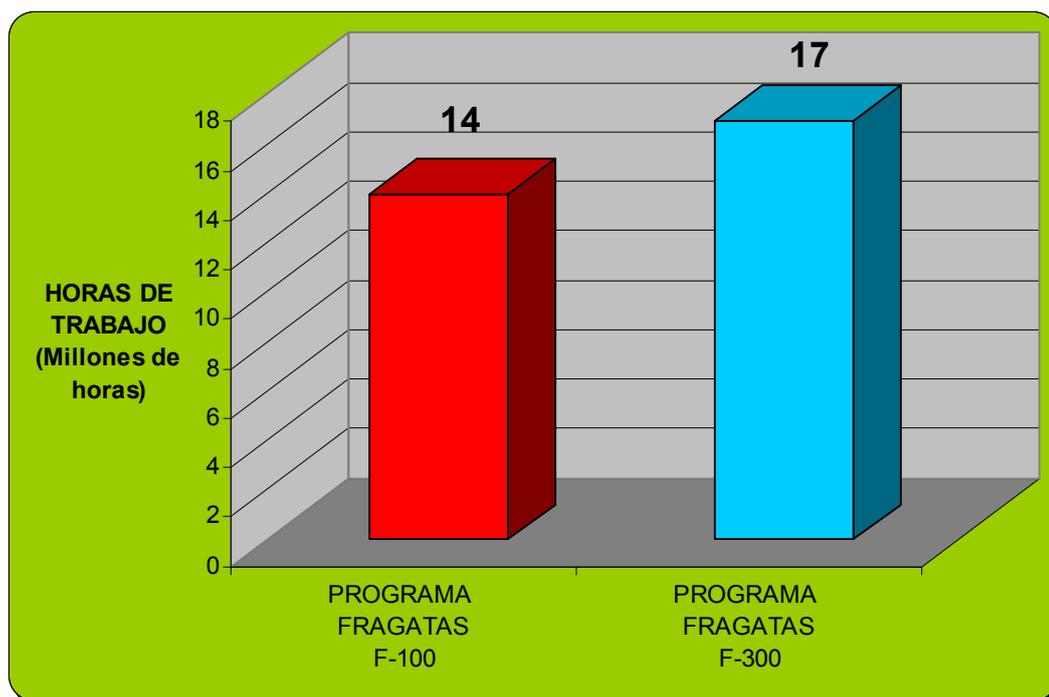


Gráfico 7-3: Horas de trabajo Fragatas F-100 y F-300

Según la imagen arriba mostrada y en base a las unidades fabricadas para ambas clases de Fragatas, obtengo la siguiente conclusión:

- Se ha conseguido abaratar el costo de una clase a otra, debido a que, el programa Español F-100 costaba de 4 unidades (3,5 millones de horas cada unidad) y el programa Noruego F-300 constaba de 5 unidades (3,4 millones de horas). Ambos se han realizado empleando el método de construcción integrada por bloques de Armamento.
- Respecto de las Fragatas de la clase F-80, estas han costado 185 millones cada unidad, pero no disponemos de datos de horas de trabajo necesarias para su realización, por lo que en este aspecto no podemos realizar una comparativa de lo que supuso el no haber empleado para su construcción el Armamento Integrado.

Con un CAD/CAM integrado podemos conocer el coste de tuberías según se va trazando, lo que da lugar a que podamos estudiar distintas alternativas y escoger la más económica. Al mismo tiempo se podrá, a través de rutas preferentes de tubería y manteniendo la lógica de los esquemas, optimizar los trazados.

Llego por lo tanto a la conclusión de que, una alta definición en la fase de Ingeniería de detalle, hará abaratar el coste global del buque debido a una disminución de los plazos tanto de esta etapa de diseño como de la etapa de producción, consecuencia de una mayor productividad en lo que a fabricación y montaje se refiere.



La supresión de los trabajos repetitivos y el aumento en la velocidad operacional de diseño permitirán que trabajos hechos por varias personas pasen a ser realizados por una sola persona.



CAPITULO 8. BIBLIOGRAFIA

- 8.1 Ahmad Zaki. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Butterworth-Heinemann. Sep. 2006
- 8.2 American Water Works Association. *Steel Water Pipe. A guide for design and installation*. 2004
- 8.3 Antaki, A.G. *Piping and pipeline engineering. Design, construction, maintenance, integrity and repair*. 2003
- 8.4 ASME B16.5 *Pipe Flanges and Flanged Fittings*, 2009
- 8.5 ASME B31.1 *Power Piping*, 2008
- 8.6 ASME B31.3 *Process Piping*, 2008
- 8.7 Bausbacher Ed. & Hunt Roger. *Process plant layout and piping design*. Editorial: Prentice Hall. Jul 22, 1993
- 8.8 Beale Richard J.; Bowers Paul; Smith Peter. *The planning guide to piping design*. Editorial: GULF Publishing Company (TX), 2010.
- 8.9 Betch. C. *The Complete guide to ASME B 31.3*. Editor: ASME International, 2009
- 8.10 Botermans, Rutger; Smith Peter. *Process piping design handbook. Advanced piping design*. Vol II. Editorial: Gulf Publishing Company (TX), May.2008.
- 8.11 Couper James R.; Penney Roy W., Fair James R., Walas Stanley M. *Chemical process equipment*. Elsevier Inc, 1990
- 8.12 Crawford. J. *A guide to pumping and piping arrangement*. Paper of Lloyds Register Technical Association, Octubre 1987
- 8.13 Díaz Díaz Emilio. *Manual del calderero*. Editorial: Marcombo, S.A., 2011
- 8.14 Díaz Díaz Emilio. *Tratado de trazados y desarrollos de calderería*. Editorial: MARCOMBO, S.A., año: 2010
- 8.15 Dickenson T. Christopher. *Valves, Piping, and Pipeline Handbook (Third Edition)*. Editorial: Elsevier Advanced Technology, 1999
- 8.16 *Dictionary of Engineering*. (2Ed). Editorial: Sumit Sharma, 2003
- 8.17 Dorf C. Richard & Bishop H. Robert. *Sistemas de Control Moderno*. Editorial: Pearson Educac 2005
- 8.18 D.E. Martínez Abarca. Aportación de los sistemas CAD/CAM a la innovación tecnológica en construcción Naval. Publicación A.I.N.E. Enero 1985 "Encuentros sobre innovaciones tecnológicas en construcción naval"
- 8.19 Escoe Keith A. *Piping And Pipelines - Assessment Guide Volume 1*, Editorial: Elsevier Science ltd, 2006
- 8.20 Expósito Jesús A. *Los Elementos del Diseño en Tubería y su Soldadura*. Editor: Antonio Madrid Vicente, Año 2010.
- 8.21 Frankel Michael L. *Facility Piping Systems Handbook*. 2Ed., Editorial: Mc Graw-Hill, 2002
- 8.22 Grieves Michael. *Product Lifecycle Management: Driving the next Generation of Lean Thinking. 2nd Edition*. Editorial: McGraw-Hill, 2005
- 8.23 Hernandez Riesco Germán. *Manual del soldador*. Editorial Cesol.
- 8.24 Hiroshi Kawaguchi; Rinichiro Matsuda; Hiroyuki Kakuno; Mashahiro Shigematsu; *New Integrated Engineering Systems for Hull Structure and Piping ICCAS -82*.
- 8.25 International Maritime Organisation. Resolution A.753 (18) adapted on 4 November 1993 – Guidelines for the application of plastic pipes on ships.
- 8.26 Kannappan Sam. *Introduction to Pipe Stress Analysis*. Editorial: Lightning Source Inc, 1986
- 8.27 Karassik I.J.; Messina J.P.; Cooper, P., Heald Charles C. *Pump handbook*. Editorial: McGraw-Hill, 2001
- 8.28 Kellogg Company M.W. *Design of piping systems*. Editorial: John Wiley & Sons, 1956



- 8.29 Larock Bruce E.; Jeppson Ronald W.; Watters Gary Z. *Hydraulics Of Pipeline Systems*. Editorial: CRC Press 2010
- 8.30 Lee, R.R. *Pocket guide to flanges, fittings and piping data*. Editorial: Gulf Publishing. 1999
- 8.31 Liu Henry. *Pipeline Engineering*. Editorial: Lewes Publishers 2002
- 8.32 Lobanoff Val S.; Rober Ross R. *Centrifugal Pumps design & applic*. Editorial: Gulf Professional Publishing 1992
- 8.33 Louis Gary Lamit. *Pipe fitting and piping handbook*. Editorial: Prentice Hall, 1984
- 8.34 Lloyd's Register. *General Information for the Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft*. Published by Lloyd's Register. London, July 2012.
- 8.35 Ludwig, Ernest E. *Applied process design for chemical and petrochemical plants*. Vol I, II y III. Editorial: Gulf Professional Publishing. 1997, 1999
- 8.36 McAllister. E.W. *Pipeline Rules of Thumb Handbook (5e)*. Editor: McAllister. E.W. 2002
- 8.37 Megyesy Eugene. *Manual de Recipientes A Presion*. 1989
- 8.38 Menon, E.S. *Piping calculations manual*. Editorial: McGraw-Hill, 2005
- 8.39 Nayyar, M.L. *Piping handbook*. Editorial: McGraw-Hill, 2000
- 8.40 Nesbitt, B. *Guide to european valves for control, isolation and safety*. Editorial: John Wiley & Sons 2002
- 8.41 Nesbitt, Brian. *Guide to european pumps and pumping*. Professional engineering publishing. 2000
- 8.42 Noble W.A. y Benet I. *Machinery Installation Design*. Transactions of the Institute of Marineers Engineers Vol. 85, 1973.
- 8.43 Ogata Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna*. Editorial: Pearson Educación 2003
- 8.44 Parisher Roy A.; Rhea Rober A. *Piping Pipe Drafting and Design*. Editorial: Gulf Professional Publishing 2001
- 8.45 Pennock James O. *Piping Engineering Leadership for Process Plant Projects*. Editorial: Gulf Professional Publishing 2001
- 8.46 Rase Howard F. Barrow M.H.. *Piping Design for Process Plants*. 1963
- 8.47 Roldan Victoria José. *Neumatica Hidraulica Electricidad Aplicada*. Ediciones Paralinfo, S.A, 2001
- 8.48 Saaksvuori Antti; Immone Aselmi. *Product Lifecycle Management*. Editorial: Springer, 2008
- 8.49 Sanders Roy E. *Chemical Process Safety, third Edition: Learning from Case Histories*. Editorial: Gulf Professional Publishing, 2004
- 8.50 Sapag Chain Nassir; Sapag Chain Reinaldo. *Preparación y Evaluacion de Proyectos*. Editorial Mc Graw Hill, 1989
- 8.51 Serratos Monroy Benjamín. *Curso Elemental del Diseño de Tuberías Industriales. Fundamentos y su aplicación en Ingeniería. Volumen 1*. México, D.F. Junio 2008
- 8.52 Serratos Monroy Benjamín. *Curso Elemental del Diseño de Tuberías Industriales. Fundamentos y su aplicación en Ingeniería. Volumen 2*. México, D.F. Agosto 2009
- 8.53 Sherwood, David R.; Whistance Dennis J. *The piping guide: for the Design and Drafting of Industrial Piping Systems*, 1973
- 8.54 Shipbuilding and Marine Engineering *Laser scanner improves pipework design*, Septiembre 1981
- 8.55 Smith Peter. *Process piping design handbook*. Vol I. Editorial: Gulf Professional Publishing, 2007.
- 8.56 Smith Peter. *The fundamentals of piping design*. Editorial: Gulf Professional Publishing 2007
- 8.57 Smith, Peter. *Piping materials guide. Selection and applications*. Editorial: Gulf Professional Publishing, 2005.
- 8.58 Saaksvuori, Anti; Immonen, Anselmi. *Product Lifecyle Management*. Berlin, Heidelberg



SPRINGER, 2008

- 8.59 Smith, Peter; Zappe R.W. *Valve selection handbook*. Editorial: Elsevier, 2004.
- 8.60 Soares, Claire. *Process engineering equipment handbook*. Editorial: McGraw Hill Professional, 2002.
- 8.61 Solé Creus Antonio. *Instrumentación industrial*. Octava Edición. Ediciones Técnicas Marcombo, 2011
- 8.62 Stark John. *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. Editorial: Spinger London, 2005
- 8.63 Tomey Mamblona Nicolas. *Tubería Piping: El libro con Soluciones gráficas, por cálculo, para el desarrollo de las isométricas*. Editorial: Ciencia 3. Distribución, S.A., 2002
- 8.64 Urriticoechea Guillena, Ángel. *Un Procedimiento de Elaboración de Tubería – Ingeniería Naval*, Octubre 1967
- 8.65 Watermeyer, Peter. *Handbook for process plant project engineers*. John Wiley & Sons. 2002
- 8.66 Williams E.A. *Use of computer graphics for marine engineering*. ICCAS -85.
- 8.67 Young Warren C. *Roark's Formulas for Stress and Strain*. 7th ed. Editorial: McGraw-Hill, 2002



CAPITULO 9. ANEXOS

9.1. ANEXO 1

A continuación se muestran las Normas orientativas sobre el acotado de Tubería y accesorios para el programa de Ordenadores Sistema “PRIME” extraído de documentación empleada en el año 1976 por los Astilleros Bazan.

La calidad de algunas de las imágenes que se muestran a continuación no es todo lo óptima que se desearía, pues he pensado que es importante el mantener la calidad original de los documentos para apreciar el modo de trabajar de aquel entonces, donde se trazaban las isométricas en papel milimetrado y las tablas de elementos de tubería se tenían en papel cuadriculado. Todo ello se explica al detalle en el Apartado 4.1 EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE DISEÑO DE TUBERIA Y DE LOS MÉTODOS Y ESTRATEGIAS APLICADAS EN CONSTRUCCIÓN DE BUQUES de esta Tesis Doctoral.

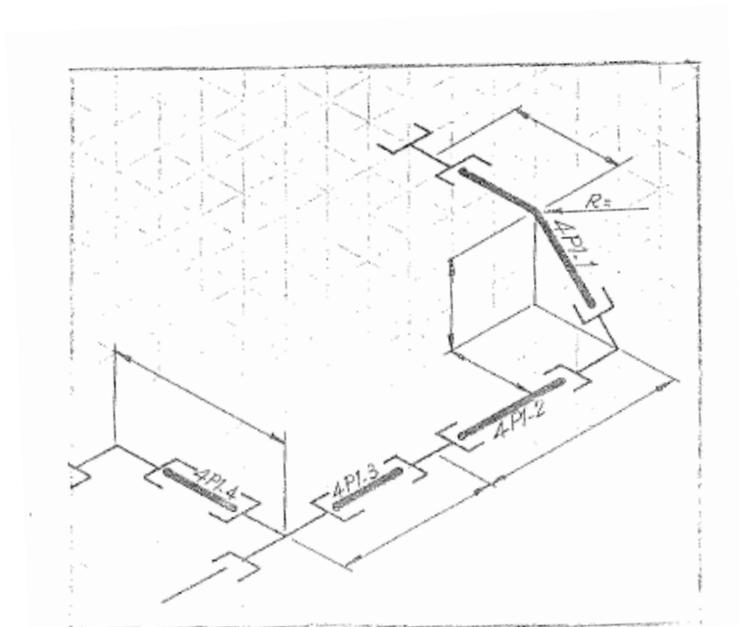
ACOTACION DE ISOMÉTRICAS PARA ACOTAR EN ORDENADOR PRIME

A- SERVICIOS DE TUBERIA UNIDA CON ACCESORIOS DE ENCASTRE PARA SOLDAR

1.- LOS CODOS CON ENCASTRE, NO OBLIGAN A DIVIDIR LOS TUBOS , SI NO QUE PUEDEN FORMAR PARTE DEL TUBO, IGUAL QUE LOS CODOS SOLDADOS A TOPE.

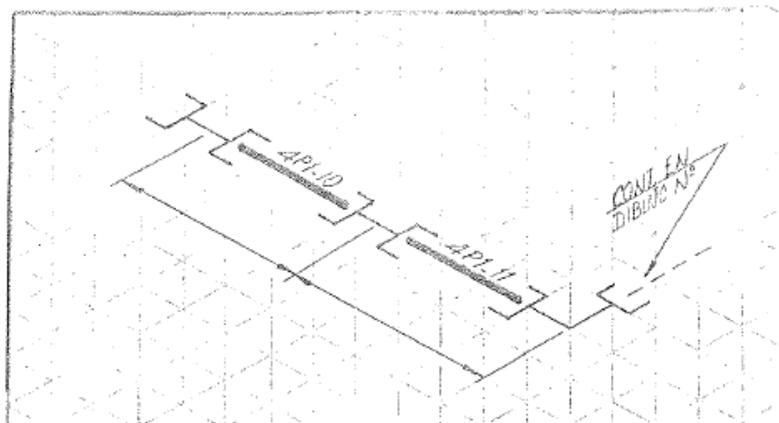
SE ACOTAN LOS TRAMOS DE TUBO (O SUS PROYECCIONES) HASTA LOS EXTREMOS.

2.- LOS ACOPLAMIENTOS DIVIDEN TUBOS, Y EL TRAMO FINAL SE ACOTA HASTA EL PUNTO CENTRAL DEL ACOPLAMIENTO.

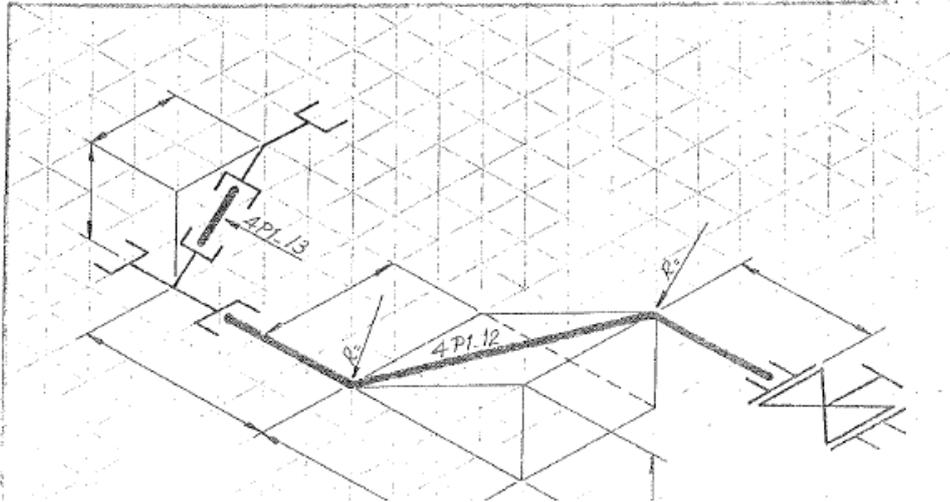


3- IDEM LAS TES.

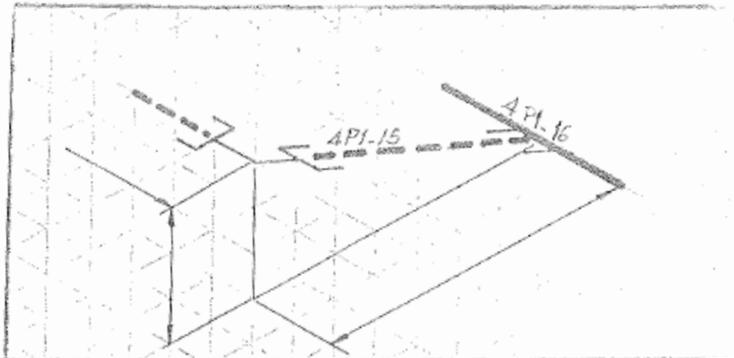
4.- CUANDO UN TUBO TERMINA EN UN CODO, EL RAMAN LIBRE DE ESTE NO SE CUENTA COMO UN TRAMO DE TUBO.



5.- CUANDO EL TUBO LLEVA BRIDAS, SE ACOTA HASTA EL EXTREMO DE LAS MISMAS

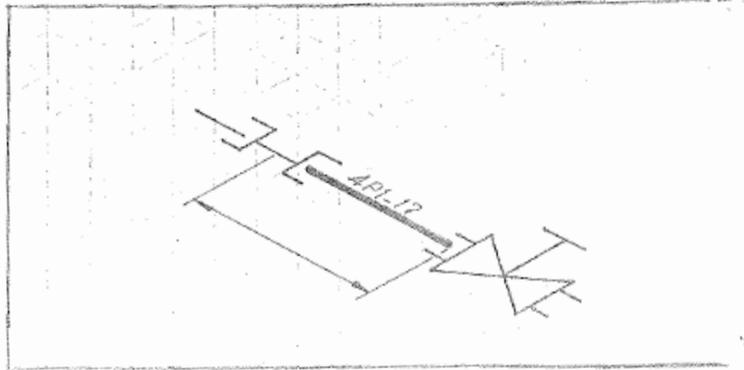


6.- LOS SALIENTES SOLDADOS NO ESTAN INCLUIDOS EN EL PROGRAMA, POR LO QUE LOS TUBOS QUE ELLEGAN A ELLOS, SERÁN ELABORADOS CON SOBRELARGO O DESPUES DE ACOPLAR LA PLANTILLA.

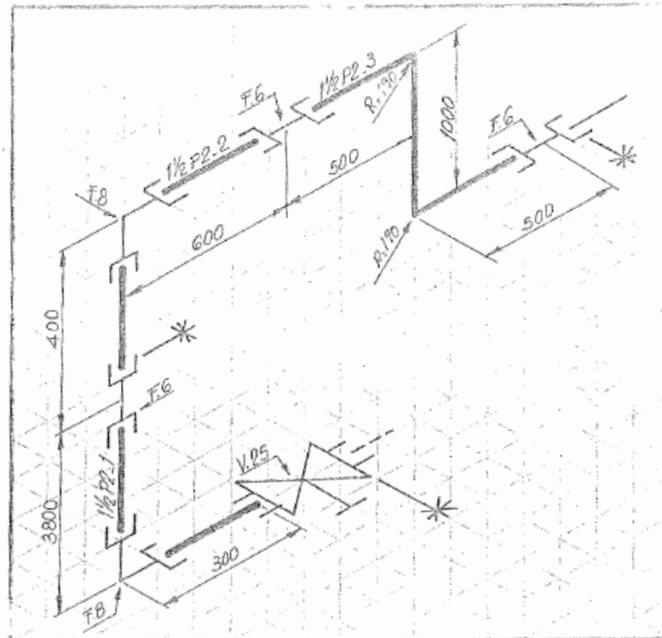


LOS TUBOS QUE SALEN O LLEGAN A UN SALIENTE SOLDADO, LLEVAN NUMERACION PROPIA Y NO DEPENDEN DEL TUBO RAIZ, COMO SUCEDE CON LOS INJERTOS EN EL SISTEMA DE PROCESO DE DATOS, SEGÚN IBM

7.- LAS VALVULAS, FILTROS Y DEMAS ACCESORIOS NO PERTENECIENTES AL TUBO, NO ESTAN INCLUIDOS EN EL PROGRAMA, POR LO QUE EL TUBO QUE LLEGA A UNA VALVULA CON ENCASTRE, LLEVARA ACOTADO EL TRAMO FINAL HASTA EL EXTREMO.



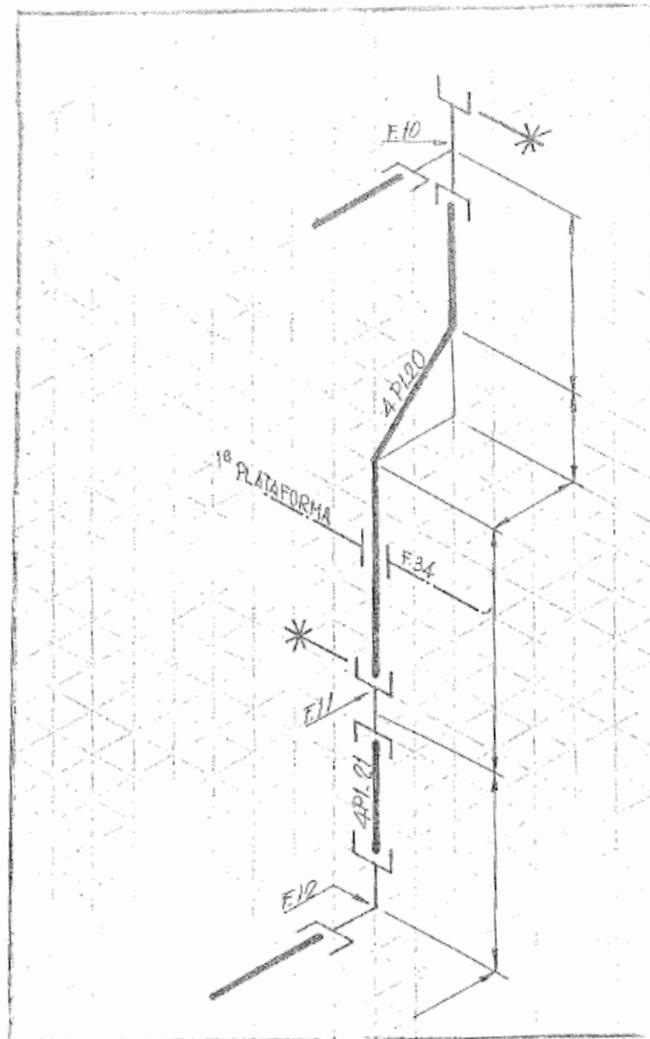
8.- MEDIANTE EL SIMBOLO * SE INDICARAN LAS UNIDADES DE MONTAJE FABRICADAS EN EL TALLER, Y CON CUAL DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL, DEBE SALIR SOLDADO EL ACCESORIO.



LAS UNIDADES DE MONTAJE ESTARAN FORMADAS POR LOS ELEMENTOS SIGUIENTES:

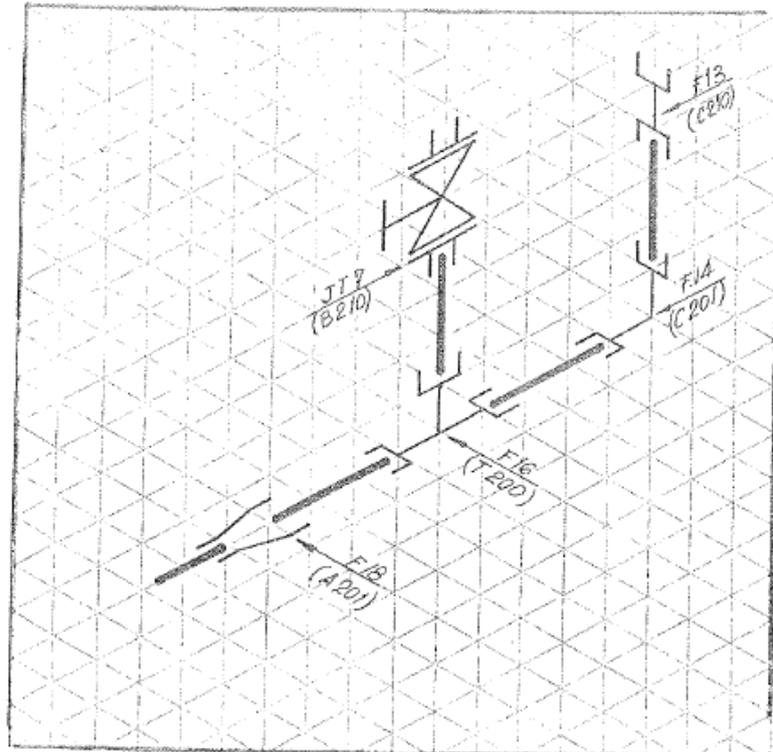
1º.- V25, 1½ P2-1, F6

2º.- 1½ P2-2, 1½ P2-3, F6



EL ACCESORIO F11 DEBE IR SOLDADO AL TUBO 4 P1-21, PARA QUE EL TUBO 4P1-20 PUEDA PENETRAR PO LA PENETRACION CUBIERTA F34

9.- LOS ACCESORIOS QUE FORMAN PARTE DE LOS TUBOS (ACOPLAMIENTOS, CODOS, TES, BRIDAS, ETC) LLEVARAN ADEMAS DE SU PROPIA MARCA (F1,2,3, ETC), LA CLAVE QUE LES CORRESPONDE EN LAS LISTAS DEL SISTEMA "PRIME", ENTRE PARENTESIS:

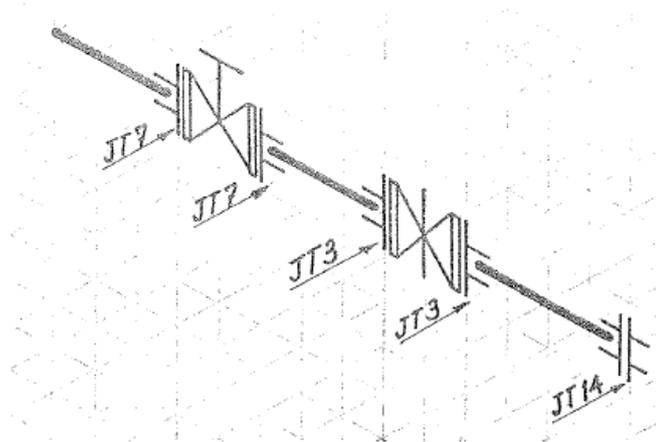


BRIDAS

AUNQUE EN LAS ISOMETRICAS SE INDICAN LOS CONJUNTOS DE BRIDAS, JUNTAS, TORNILLOS Y TUERCAS CON LAS SIGLAS JT Y UN NUMERO DE ORDEN, AL PROGRAMADOR DEBERAN SUMINISTRARLE UNICAMENTE LAS SIGLAS Y NUMEROS CORRESPONDIENTES A LAS BRIDAS.

EJEMPLO: J5

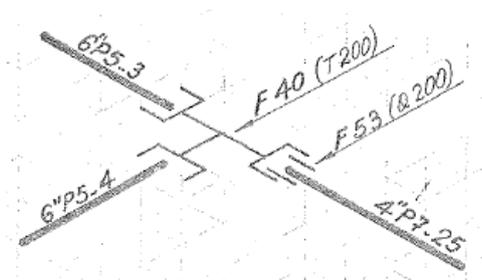
ESO ES DEBIDO A QUE UN MISMO TIPO DE BRIDA PUEDE FORMAR PARTE DE DISTINTOS CONJUNTOS. EJEMPLO: LA BRIDA J5 PODRIA ESTAR EN LOS CONJUNTOS JT3, JT7 Y JT14.



EN LAS TABLAS DE JUNTAS VEMOS QUE EN LOS CONJUNTOS JT3 Y JT7, LA BRIDA ES DEL TIPO J2, POR ESO, DEBE SER ESTA LA DENOMINACION SUMINISTRADA AL PROGRAMADOR.

CASQUILLOS DE REDUCCION

CUANDO UNA TE O UN CODO DEBAN UNIR CON TUBERIA DE DIAMETRO INFERIOR POR MEDIO DE UN CASQUILLO DE REDUCCION, SE PROCEDERA COMO EL EJEMPLO SIGUIENTE:

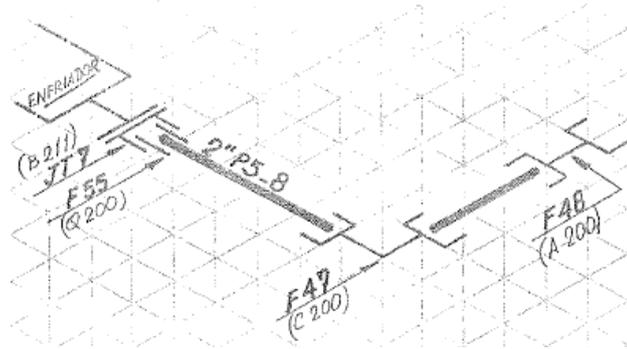


1.- SE PROCESA UN TUBO DE DIAMETRO MAYOR (EL 6P5-3 O EL 6P5-4), QUE LLEVARA COMO ACCESORIO FINAL LA TE (F40)

2.- SE PROCESA EL TUBO DE DIAMETRO MENOR (4P7-25), INDICANDO EL ANTERIOR COMO TUBO PRECEDENTE.

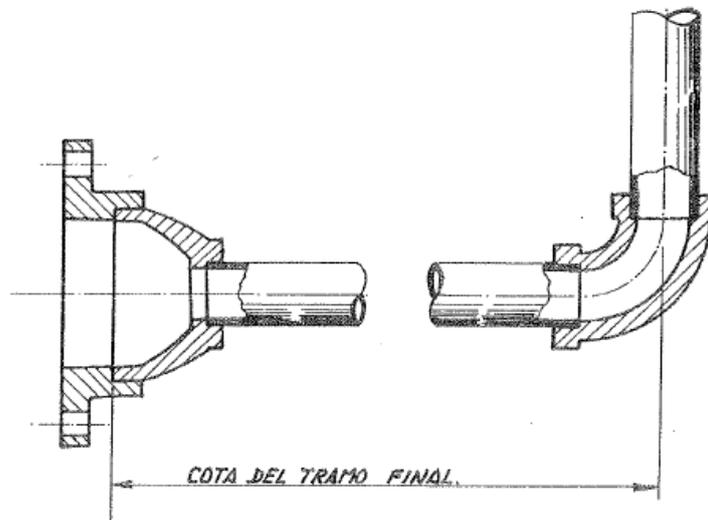
3.- EL PROGRAMA PEDIRA UNA MARCA DE ACCESORIO INICIAL, Y SE LE DA LA DEL CASQUILLO DE REDUCCION (F53), UNMEDIATAMENTE SELECCIONARA DICHO CASQUILLO Y HARA LAS CORRECCIONES DE MEDIDAS Y DIAMETROS.

BRIDAS CON CASQUILLOS DE REDUCCION

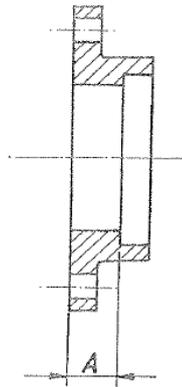


EN EL EJEMPLO ANTERIOR EL CONJUNTO JT7 LLEVA UNA BRIDA DE DN 2½ (J2) QUE UNE AL TUBO 2P5-8 MEDIANTE EL CASQUILLO DE REDUCCION F55, EN EL PROCESO DE DATOS SE PROCESARA DE LA FORMA SIGUIENTE:

1.- SE CONSIDERA ACCESORIO FINAL DEL TUBO 2P5-8 EL CASQUILLO DE REDUCCION F55, Y POR LO TANTO LA COTA DEL TRAMO FINAL SE DARA HASTA SU EXTREMO



2.- SE PROCESA UN TUBO IMAGINARIO AL QUE LLAMAREMOS 1J2 (O 2J2, 3J2, ETC, SEGÚN LOS CASOS IDENTICOS QUE SE PRESENTEN), Y LE ASIGNAREMOS UNA LONGITUD EXACTAMENTE IGUAL A LA DE LA BRIDA.

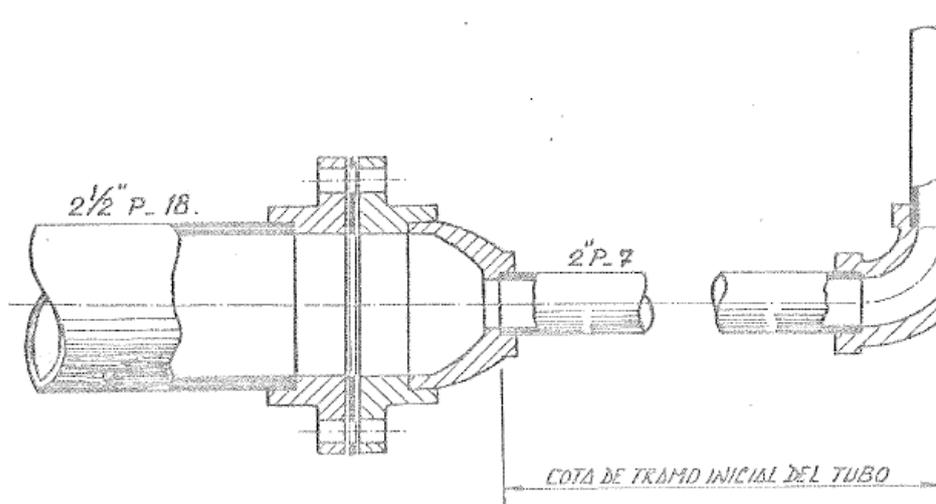


A = LONGITUD DEL TUBO 1J2

3.- ESTE TUBO SE CONSIDERARA SIN ACCESORIO INICIAL Y LLEVARA LA BRIDA J2 COMO ACCESORIO FINAL.

4.- EL TUBO 1J2 RESULTARA DE LONGITUD 0 Y QUEDARA REDUCIDO A LA BRIDA J2

EN EL CASO DE UNA BRIDA CON CASQUILLO DE REDUCCION, CUANDO EL ORDEN DE DATOS ES CONTRARIO DEL VISTO EN EL CASO ANTERIOR, ESTO ES, CUANDO VA EN EL SENTIDO BRIDA-CASQUILLO, SE PROCEDE DE LA FORMA SIGUIENTE:



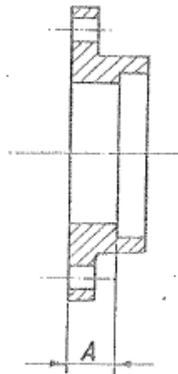
CASO EN EL QUE DEBEMOS PROCESAR PRIMERO EL TUBO: 2 1/2\"/>

1.- SE PROCESA UN TUBO IMAGINARIO AL QUE LLAMAREMOS 1J2 (O 2J2, 3J2, ETC, SEGÚN LOS CASOS IDENTICOS QUE SE PRESENTEN), Y LE ASIGNAREMOS UNA LONGITUD EXACTAMENTE IGUAL A LA DE LA BRIDA.



2.- ESTE TUBO LLEVARA COMO ACCESORIO INICIAL LA BRIDA Y NO TENDRA ACCESORIO FINAL.

3.- EL TUBO 1J2 RESULTARA DE LONGITUD 0 Y QUEDARA REDUCIDO A LA BRIDA J2.

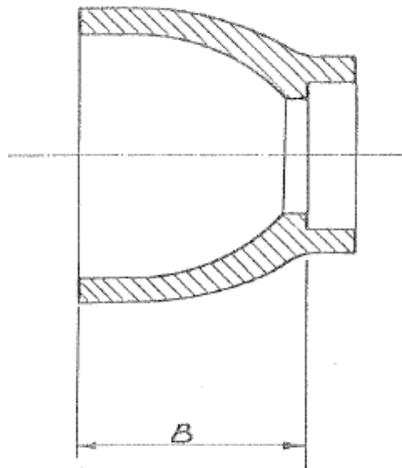


A = LONGITUD DEL TUBO 1J2

4.- SE PROCESA UN TUBO IMAGINARIO AL QUE LLAMAREMOS 1Q200 (O 2Q200, 3Q200, ETC. SEGÚN LOS CAOS IDENTICOS QUE SE PRESENTEN), Y LE ASIGNAMOS UNA LONGITUD EXACTAMENTE IGUAL A LA DEL CASQUILLO.

5.- ESTE TUBO NO LLEVARA ACCESORIO INICIAL Y SU ACCESORIO FINAL SERA EL CASQUILLO.

6.- EL TUBO 1°200 RESULTARA DE LONGITUD 0 Y QUEDARA REDUCIDO AL CASQUILLO Q200

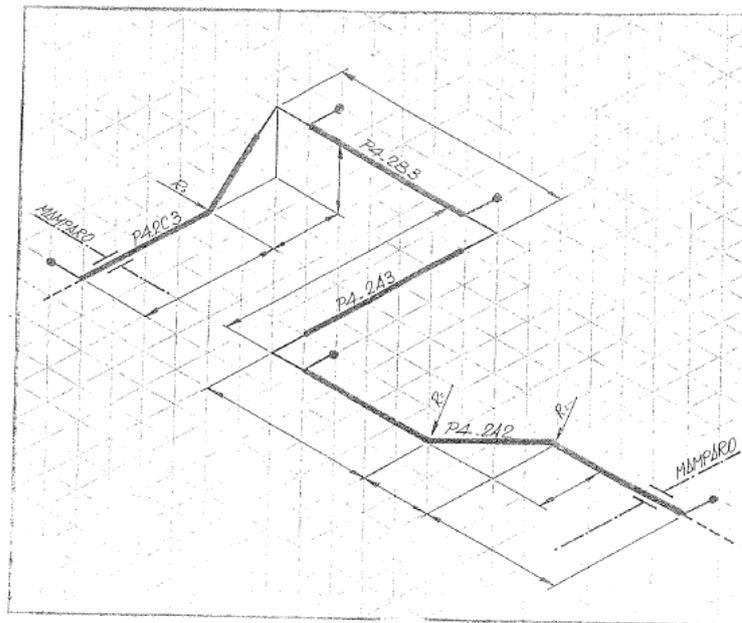


B = LONGITUD DEL TUBO 1 Q. 200

7.- EL TUBO 2P-7 SE ACOTARA EN SU PRIMER TRAMO COMO SE INDICA EN EL CONJUNTO, Y NO LLEVARA ACCESORIO INICIAL

B.- SERVICIOS DE TUBERIA UNICA CON ACCESORIOS SOLDADOS A TOPE

- 1.- EN LA TUBERIA SOLDADA A TOPE, LA DIVISION DE TUBOS SE INDICARA MEDIANTE EL SIMBOLO **i**
- 2.- LOS CODOS AL FINAL DEL TUBO NO SE CUENTAN COMO TRAMOS DEL MISMO.



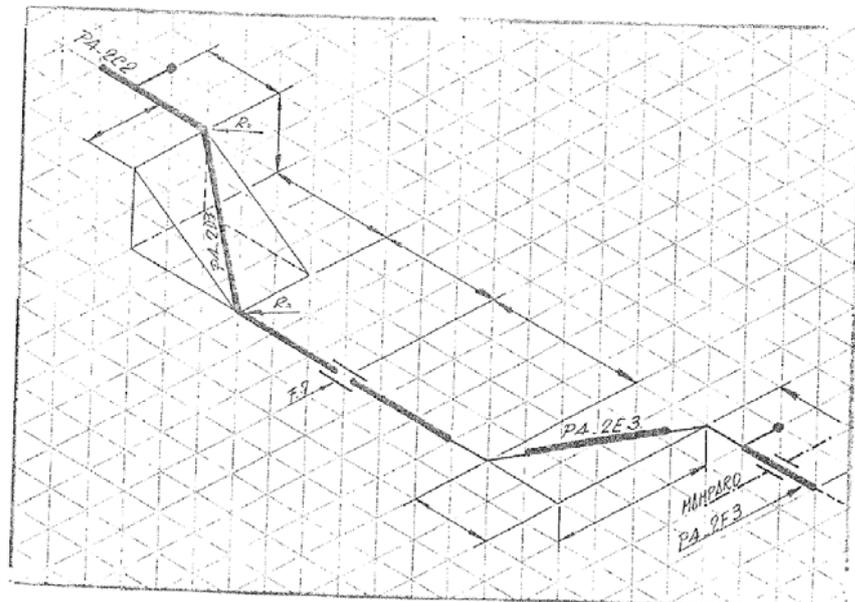
EL TUBO P4-2A3 TIENE 1 SOLO TRAMO

EL TUBO P4-2B3 TIENE 1 SOLO TRAMO

EL TUBO P4-2C3 TIENE 2 TRAMOS

3.- LAS COTAS SE INDICAN DE VERTICE A VERTICE, ABARCANDO LOS CODOS.

4.- LOS ACOPLAMIENTOS PARA TUBERIA SOLDADA A TOPE, SE INDICAN EN LA ISOMETRICA, COMO DIVISIONES DE TUBOS



EL TUBO P4-2D3 TIENE 3 TRAMOS

EL TUBO P4-2E3 TIENE 2 TRAMOS

EL TUBO P4-2F3 TIENE 1 TRAMO



9.2. ANEXO 2

BRIDAS

CLAVE	CUELLO ASA. B 16.5
B 300	150 LBS
B 301	300 LBS
B 302	400 LBS
B 303	600 LBS
B 304	900 LBS
B 305	1500 LBS
B 306	2500 LBS.

CLAVE	ENCASTRE MIL-F 20042
B 210	150 LBS
B 211	250 LBS
B 212	400 LBS

CLAVE	BRIDAS LISAS
B 100	NBA. 420.005
B 101	NBA - 13
B 102	NBA - 14
B 103	NBA - 15
B 104	NBA - 16

CLAVE	ENCASTRE MIL-F. 24107
B 220	150 LBS.
B 221	250 LBS.
B 222	400 LBS.

CLAVE	ENCASTRE VALVA DE MORTOSA NAV. 010.1385072
B 230	150 LBS.

CLAVE	ENCASTRE ASA. B 16.5
B 200	150 LBS
B 201	300 LBS
B 202	600 LBS
B 203	1500 LBS

CLAVE	CUELLO MIL-F. 20670
B 310	150 LBS

CLAVE	CUELLO NAV. 010.1385972
B 320	250 LBS.

CLAVE	BRIDA LISA ROSCA NORMA ANSI-B16.3
B 110	150 LBS.
B 111	300 LBS.



ACOPLAMIENTOS

CLAVE	A TOPE ASA. B16.9	CLAVE	ENCASTRE 810-1385941
A100	C/REDUCCION CONCENTRICA	A230	S/REDUCCION
A101	C/REDUCCION EXCENTRICA		
CLAVE	A TOPE 810-1385880	CLAVE	ENCASTRE 810-1385963
A110	C/REDUCCION CU-NI CONCENTRICA 90-10	A231	S/REDUCCION
A111	C/REDUCCION CU-NI CONCENTRICA 70-30	A232	C/REDUCCION
CLAVE	ENCASTRE MIL-F-1183	CLAVE	ENCASTRE ASA. B16-22
A200	S/REDUCCION	A240	S/REDUCCION
A201	C/REDUCCION		
CLAVE	ENCASTRE ASA-B16-11	CLAVE	ENCASTRE 854823-841338
A210	S/REDUCCION	A250	S/REDUCCION 3000 LBS.
A211	C/REDUCCION		
A212	SEMI-ACOPLAM ¹⁰	CLAVE	TIPO MANGUITO PLANO: 505-4.00.005
CLAVE	ENCASTRE MIL-F-24227	A410	PA TUBO A/C SCH.40
A220	S/REDUCCION	A411	PA TUBO A/C SCH.80
A221	C/REDUCCION	A412	PA TUBO CRES: GRD.304L
		A413	PA TUBO CRES GRD. 321L
		A414	PA TUBO AL. SCH. 40
		A415	PA TUBO AL. SCH. 80



ACOPLAMIENTOS

CLAVE	ENCASTRE	CLAVE	A TOPE
	ASA. B. 16.11		ASA. B. 16.9
A 210	S/REDUCCION	A 100	C/REDUCCION CONCENTRICA
A 211	C/REDUCCION	A 101	C/REDUCCION EXCENTRICA
A 212	SEMI-ACOPLANTE		
CLAVE	ENCASTRE	CLAVE	ENCASTRE
	MIL. F. 1183		MIL. F. 24227
A 200	S/REDUCCION	A 220	S/REDUCCION
A 201	C/REDUCCION	A 221	C/REDUCCION
CLAVE	SOLDAR A TOPE	* CLAVE	HANGUITO DESLIZAN
	BUSHIPS. N.º:		BUSHIPS. N.º:
	810-1385880	A 400	810-1385880
A 110	REDUCTORES CONCENTRICOS.		SOLDAR A T. J.E. CMB: 90/10
CLAVE	CINCHETE	* CLAVE	BUSHIPS.
	BUSHIPS		810-1385913
	810-1385941	A 231	S/R
A 230	S/R.	A 232	S/R.

CLAVE	T/HANGUITO
	PLANC: 505. A. 10. 105
A 300	PARA TUDO 1/2 SCH. 40
A 301	PARA TUDO 1/2 SCH. 60
A 302	PARA TUDO CRES GR2. 304L
A 303	PARA TUDO CRES GR2. 301L
A 310	PARA TUDO AL. SCH. 40
A 311	PARA TUDO AL. SCH. 60



CODOS

CLAVE	ENCASTRE MIL-F. 11B3
C 200	90°
C 201	90° RADIO LARGO
C 202	90° C/REDUC.
C 203	45°
C 204	180° ABIERTA
C 205	180° CERRADA

CLAVE	ENCASTRE MIL-F. 24827
C 220	90°
C 221	45°

CLAVE	A TOPE ASA B.16.28 RADIO CORTO
C 100	90°
C 101	180°

CLAVE	ENCASTRE ASA. B.16.11
C 210	90° CLASE 3000
C 211	90° CLASE 6000
C 212	45° CLASE 3000
C 213	45° CLASE 6000
C 214	90° C/REDUCCION CLASE 3000
C 215	90° C/REDUCCION CLASE 6000

*

CLAVE	SOLDAR A TOPE BUSHIPS N.º 810-1385880
C 120	90° (C-NA)
C 121	45° (C-NA)
C 122	180° (C-NA)

CLAVE	A TOPE ASA B.16.9 RADIO LARGO
C 110	90°
C 111	90° C/REDUCC.
C 112	45°
C 113	180°

NOTA:

1. CUANDO SE PRECISE UN CODO DES. TANTO DE 45° Y 90° SE INDICARA LA CLAVE DEL CODO QUE SE VA A CORTAR (EJEMPLO: UN CODO DE 30° SE CORTA DE UN CODO DE 45° Y UNO DE 60° DE UN CODO DE 90°).

ESTA OPERACION SOLO ES POSIBLE EN CODOS SOLDADOS A TOPE.

VEASE NOTA 1 DE LAS NORMAS PARA EL PROCESO DE TUBOS.



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

CLAVE	ENCASTRE BUSHIPS 810-1385941
C 230	90° CLASE 3000
C 231	90° 9/8 CLASE 3000
C 232	45° CLASE 3000

CLAVE	BUSHIPS 810-1385963
C 241	9/8 90° CLASE 3000
C 242	9/8 90°
C 243	9/8 45° CLASE 3000
C 244	9/8 45°

CLAVE	ENCASTRE BS. 84823-84133
C 240	9/8 90°, 3000 PSI

TES

CLAVE	ENCASTRE ASA. B16.11
T 210	S/REDUCCION CLASE 3000
T 211	C/REDUCCION CLASE 3000
T 212	S/REDUCCION CLASE 6000
T 213	C/REDUCCION CLASE 6000

CLAVE	ENCASTRE MIL-F. 1183
T 200	S/REDUCCION
T 201	C/REDUCCION
T 202	CON CURVA SIMPLE Y RADIO LARGO
T 203	REDUCCION CURVA SIMPLE RADIO LARGO
T 204	SIN REDUCCION DOBLE CURVA R/LARGO

CLAVE	ENCASTRE MIL-F. 128872
T 220	S/REDUCCION
T 221	C/REDUCCION

CLAVE	A TOPE ASA. B. 16.9
T 100	S/REDUCCION
T 101	C/REDUCCION

CLAVE	SOLDAR A TOPE BUSHIPS Nº: 810-1385830
T 110	S/REDUCCION
T 111	C/REDUCCION

CLAVE	BUSHIPS 810-1385963
T 242	S/R
T 243	C/R

CLAVE	ENCASTRE BUSHIPS 84823-84133
T 230	9/8 3000 PSI

CLAVE	ENCASTRE BUSHIPS 810-1385941
T 240	S/R 3000 PSI
T 241	C/R 3000 PSI

CAQUILLO O REDUCTOR

CLAVE	ENCASTRE MIL-F. 1183
Q 200	CASQUILLO

CLAVE	ENCASTRE ASA B16.11
Q 230	CASQUILLO 3000 PSI



RAMAL EN "Y" A 45°

CLAVE	ENCASTRE MIL.F. 1183
Y-200	S/REDUCCION
Y-201	C/REDUCCION

UNIONES

CLAVE	ENCASTRE MIL.F. 1183
U-200	200-300 LBS.
U-201	300 LBS.

CLAVE	ENCASTRE MIL.F. 24227
U-200	UNION

ADAPTADOR

CLAVE	ENCASTRE MIL.F. 1183
D-200	HEMERA PARA SOLDAR X HECHO ROSCADO
D-201	HEMERA PARA SOLDAR X HECHO ROSCADO C/REDUC
D-202	HEMERA ROSCADO X HECHO PARA SOLDAR

CLAVE	BUSHIPS 810-1385963
D-210	C/R



TAPA DE CABEZA PLANA

CLAVE	ENCASTRE MIL.F. 1183
P 200	TAPA

CLAVE	A TOPS ASA. D/16.9
P 110	TAPA

CLAVE	ENCASTRE MIL.F. 24829
P 220	TAPA

*

CLAVE	SOLDAR A TOPS BUSHIPS N.º: B10-1385&80
P 120	TAPA (CNA)

CLAVE	ENCASTRE BUSHIPS B10-1385&81
P 230	TAPON. ROCEADO 125 Y 150 LIG. M81 B16.151



9.3. ANEXO 3

PROYECTO N.º 76/26		EMPRESA INDUSTRIAL «CAZAR» EL TERREO DEL GALILEO		UNIDAD N.º 1					
NORMA PARA CURVADO DE TUBERIA						NEA			
						033.015			
φ EXT. DEL TUBO	RADIO DE CURVATURA R	DISTANCIA MINIMA X	ESPESESORES DE LOS TUBOS (DE - A)		D.N. PULG.	D.N. m/m.	NORMAS RADIOS DE CURVAS.	CLASIFICACION	
								NORMA	ESPESES
21,5	38	135	2,3	5	1/2"	15	3D	x	
	63	135	2,3	5	"	20	5D	x	
25	150	135	2,3	5,6	3/4"	"	7,5D		x
26,9	57	135	2,6	5,6	"	"	3D	x	
	94	135	2,6	5,6	"	"	5D	x	
30	70	135	2,9	5,6	1"	25	3,7D.		x
	76,5	160	2,9	5,6	"	"	3D.	x	
31,8	105	140	2,9	5,6	"	"	4D.		x
	127	160	2,9	5,6	"	"	5D.	x	
	152	135	2,9	5,6	"	"	5,84D.		x
	299	160	2,9	5,6	"	"	11,5D.		x
35	105	160	2,9	5,6	"	"	3,59D.		x
	114	160	2,9	5,6	1 1/4"	32	3,54D.		x
38	150	155	2,9	5,6	"	"	4,65D.		x
	228	175	2,9	5,6	"	"	7,08D.		x
42,4	95	160	2,9	5,6	"	"	3D.	x	
	158	160	2,9	5,6	"	"	5D.	x	
44,5	46	142	2,9	5,6	No utilizar Rompen los tubos.				
	133,5	160	2,9	5,6	1 1/4"	32	3,45D.		x
	144	180	2,9	5,6	"	"	3,72D.		x
48,3	115	160	2,9	5,6	1 1/2"	40	3D.	x	
	190	160	2,9	5,6	"	"	5D.	x	
51	153	160	2,9	5,6	"	"	3,38D.		x
	200	180	2,9	5,6	"	"	4,42D.		x
	250	175	2,9	5,6	"	"	5,53D.		x
	360	185	2,9	5,6	"	"	7,96D.		x
54	162	160	3,2	5,6	2"	50	3,40D.		x
57	170	160	3,2	5,6	"	"	3,35D.		x
60,3	153	160	3,2	5,6	"	"	3D.	x	
	170	160	3,2	5,6	"	"	3,15D.		x
	170	200	3,2	8	"	"	3,15D.		x
	189	160	3,2	5,6	"	"	3,5D.		x
	250	160	3,2	5,6	"	"	5D.	x	
63,5	250	200	3,2	8	"	"	5D.	x	
	150	180	3,2	8	"	"	2,62D.		x
	190	200	3,2	8	"	"	3,32D.		x
	200	180	3,2	8	"	"	3,50D.		x
	240	180	3,2	8	"	"	4,20D.		x
70	300	215	3,2	8	"	"	5,25D.		x
	210	200	3,2	8	2 1/2"	65	3D.	x	

AUTORIZADA Y PUESTA EN VIGOR POR DELINEACION ASTILLERO

Nº DE REGISTRO 172-26



PROYECTO N.º 70/25		EMPRESA NACIONAL «BAZAN» EL FERROL DEL CASTILLO					HOJA N.º 2		
NORMA PARA CURVADO DE TUBERIA							NBA 033.015		
Ø EXT. DEL TUBO	RADIO DE CURVATURA R	DISTANCIA MINIMA X	ESPESESORES DE LOS TUBOS (DE - A)		D.N. PULG.	D.N. m/m.	NORMAS RADIOS DE CURVAS	CLASIFICACION	
								NORMAL	ESPECIAL
73	186	210	4,2	8	2 1/2"	65	3D.	X	
	310	210	5,2	8	"	"	5D.	X	
76,1	228	210	3,2	8	"	"	3,5D.		X
	312,5	210	3,2	8	"	"	5D.	X	
82,5	249	225	3,6	8	3"	80	3D.	X	
	224	245	3,6	8	"	"	3D.	X	
88,9	264	245	3,6	8	"	"	3,5D.		X
	370	245	3,6	8	"	"	5D.	X	
95	285	265	4	8	"	"	3,5D.		X
	260	285	4	8,08	4"	100	3D.	X	
101,6	437	285	4	8,08	"	"	5D.	X	
	324	275	4	8	"	"	3D.	X	
108	297	320	3,2	8	"	"	3D.		X
	340	320	3,2	8	"	"	3,5D.		X
114,3	350	280	3,2	8	"	"	3,36D.		X
	474	320	3,2	8	5"	125	5D.	X	
127	338	275	5,6	8,8	"	"	3D.	X	
	556	275	5,6	8,8	"	"	4,5D.		X
132,7	375	290	3,96	11	"	"	3D.	X	
	420	258	3,96	11	"	"	3,28D.		X
141,3	620	290	3,96	11	"	"	5D.	X	
	375	290	3,96	10	"	"	3D.	X	
141,3	620	290	3,96	10	"	"	5D.	X	
	448	240	4,5	11	6"	150	3D.	X	
168,3	448	340	4,5	11	"	"	3D.	X	
	741	240	4,5	11	"	"	5D.	X	
177,8	741	340	4,5	11	"	"	5D.	X	
	531	240	4,78	11	"	"	3D.	X	
177,8	879	240	4,78	11	"	"	5D.	X	
	525	450	4,78	16	8"	200	3D.	X	
193,7	877	450	4,78	16	"	"	5D.	X	
	604	550	4,78	16	NO CURVA BIEN UTILIZAR CODOS				
219,1	993	550	4,78	16	8"	200	5D.	X	

NOTAS:

AUTORIZADA Y PUESTA EN VIGOR POR DELINEACION ASTILLERO

Nº DE REGISTRO: 172-26



METODO PARA CURVADO DE TUBOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE TUBERIA Y A EFECTOS DE ALIMENTAR LA BASE DE DATOS CON LOS PARAMETROS DE LA CURVADORA

1.- CURVADO EN MÁQUINA: DE ACUERDO CON EL UTILLAJE EXISTENTE PARA LAS MÁQUINAS WALLACE NÚMEROS 1, 2, 3 Y 4 (NÚMEROS DE LAS MÁQUINAS EN AQUEL ENTONCES EXISTENTES EN BAZAN), LOS RADIOS DE CURVATURA A EMPLEAR SERÁN:

A).- PREFERENTEMENTE LOS INDICADOS EN LA HOJA SIGUIENTE. (HOJA 2 DE 4 FOTOCOPIADA)

B).- EN CASOS EXCEPCIONALES, LOS INDICADOS EN LAS HOJAS 3 Y 4 (HOJAS 3 Y 4 DE 4 FOTOCOPIADAS), PERO TENIENDO EN CUENTA QUE UN MISMO TUBO NO DEBERÁ LLEVAR RADIOS DE MÁQUINA DIFERENTES.

2.- CURVAS PREFABRICADAS: CUANDO NO PUEDA CURVARSE DE ACUERDO CON EL PUNTO 1, SE UTILIZARÁ CURVA PREFABRICADA.

3.- CURVAS EN GAJOS: CUANDO NO PUEDA CURVARSE CONFORME A LOS PUNTOS 1 Y 2, SE HARÁ LA CURVA POR MEDIO DE GAJOS. RESPECTO A ESTE SISTEMA, SE TENDRÁN EN CUENTA LAS POSIBILIDADES DE LA MÁQUINA MULLER, ADQUIRIDA POR BAZAN (AHORA NAVANTIA).

4.- CURVADO EN CALIENTE: SÓLO SE CURVARÁ LA TUBERÍA EN CALIENTE CUANDO NO SE PUEDA HACER CONFORME A LOS PUNTOS ANTERIORES. SE BUSCARÁ POR TODOS LOS MEDIOS ELIMINAR POR COMPLETO ESTA SOLUCIÓN.

5.- OBSERVACIONES: LAS MÁQUINAS DE CURVADO WALLACE NO ERAN ADECUADAS PARA EL CURVADO DE LA TUBERÍA SOLDADA LONGITUDINALMENTE, ADMITÍAN SÓLO TUBOS QUE TENGAN LAS CURVAS SÓLO EN EL MISMO PLANO. TAMPOCO ERAN ADECUADAS PARA CURVAR TUBOS CON SOLDADURA HELICOIDAL. A FIN DE AMPLIAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS MÁQUINAS DE CURVAR WALLACE, LOS TUBOS DE DN-40 Y MAYORES ERAN DIMENSIONADOS EN PLANOS.



NORMA PARA CURVADO DE TUBERIA		NBA 033.015 A
AMPLIA Y SUSTITUYE A: 033.015		REFERENCIAS: Hoja 2 de 4

Ø EXT. DEL TUBO		RADIO DE CURVATURA R	DISTANCIA MINIMA X
AC. ESTIRADO SIN SOLDADURA	AC. SOLDADO LONGITUDIN.		
48,3	48,25	115	160
60,3	60	153	160
76,1	75,5	228	210
88,9	88,25	224	245
114,3	113,5	297	320
139,7	139	375	290
168,3		448	240
219,1		604	550

Ecu.A. Modificado el radio de curvatura para 219,11

NOTAS: Los tubos de esta tabla corresponden a la norma NBA-001020, y pueden curvarse en todos sus espesores.

AUTORIZADA Y PUESTA EN VIGOR POR DELINEACION ASTILLERO	N.º DE REGISTRO 72-26
--	--------------------------

NBA - Norma Base Astillero - El Ferrol del Caudillo



NORMA PARA CURVADO DE TUBERIA					NBA 033.015A
ANULA Y SUSTITUYE A: 033.015				REFERENCIAS:	Hoja 3 de 4
P.º EXT. DEL TUBO	RADIO DE CURVATURA R	DISTANCIA MINIMA X	ESPEORES DE LOS TUBOS (DE - A)		OBSERVACIONES
21,3	38	135	2,3	5	
	63	135	2,3	5	
25	150	135	2,3	5,6	
26,9	57	135	2,6	5,6	
	94	135	2,6	5,6	
30	90	135	2,9	5,6	
	76,5	160	2,9	5,6	
31,8	105	140	2,9	5,6	
	127	160	2,9	5,6	
	152	135	2,9	5,6	
	299	160	2,9	5,6	
35	105	150	2,9	5,6	
38	57,6	130	2,9	5,6	
	114	160	2,9	5,6	
	150	155	2,9	5,6	
	228	175	2,9	5,6	
42,4	95	160	2,9	5,6	
	158	160	2,9	5,6	
44,5	46	142	2,9	5,6	No utilizar. Rompen los tubos.
	133,5	160	2,9	5,6	
48,3	144	180	2,9	5,6	
	115	160	2,9	5,6	
51	190	160	2,9	5,6	
	153	160	2,9	5,6	
	200	180	2,9	5,6	
	250	175	2,9	5,6	
54	360	185	2,9	5,6	
	162	160	3,2	5,6	
60,3	170	160	3,2	5,6	
	153	160	3,2	5,6	
	170	160	3,2	5,6	
	170	200	3,2	8	
	189	160	3,2	5,6	
	250	160	3,2	5,6	
	250	200	3,2	8	
63,5	150	180	3,2	8	
	190	200	3,2	8	
	200	180	3,2	8	
	240	180	3,2	8	
	300	215	3,2	8	
70	210	200	3,2	8	

NBA - Norma Base Astillero - El Ferrol del Caudillo

AUTORIZADA Y PUESTA EN VIGOR POR DELINEACION ASTILLERO

N.º DE REGISTRO
72-26



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA EN CONSTRUCCION NAVAL: OBTENCION DE UN PROCESO DE CONTROL INTEGRADO DE DISEÑO DE TUBERIA APLICABLE A BUQUES MILITARES Y A BUQUES CIVILES

NORMA PARA CURVADO DE TUBERIA				NBA 033.015A	
ANULA Y SUSTITUYE A: 033.015			REFERENCIAS:		
Hoja 4 de 4					
Ø ^s EXT. DEL TUBO	RADIO DE CURVATURA R	DISTANCIA MINIMA X	ESPESORES DE LOS TUBOS (DE - A)		OBSERVACIONES
73	186	210	3,2	8	
	310	210	3,2	8	
76,1	228	210	3,2	8	
	317,5	210	3,2	8	
82,5	249	225	3,6	8	
	224	245	3,6	8	
88,9	264	245	3,6	8	
	370	245	3,6	8	
95	285	265	4	8	
	260	285	4	8,08	
101,6	437	285	4	8,08	
	324	295	4	8	
108	297	320	3,2	8	
	340	320	3,2	8	
	350	280	3,2	8	
114,3	494	320	3,2	8	
	338	275	5,6	8,8	
	556	275	5,6	8,8	
127	375	290	3,96	11	
	420	238	3,96	11	
	620	290	3,96	11	
139,7	375	290	3,96	10	
	620	290	3,96	10	
141,3	448	240	4,5	11	
	448	340	4,5	11	
	741	240	4,5	11	
	741	340	4,5	11	
168,3	531	240	4,78	11	
	879	240	4,78	11	
177,8	525	450	4,78	16	
	877	450	4,78	16	
193,7	604	550	4,78	16	
	993	550	4,78	16	
<p>NOTAS: Rev. A Se anula la observación que se hacía para Ø 219,1</p>					
AUTORIZADA Y PUESTA EN VIGOR POR DELINEACION ASTILLERO				N.º DE REGISTRO 72-26	

NBA - Norma Bazón Astillero - El Ferrol del Caudillo - 1011

A DÍA DE HOY, LAS MÁQUINAS DE CURVADO HAN MEJORADO RESPECTO A LAS EMPLEADAS POR ENTONCES. ASÍ, LAS TABLAS EMPLEADAS EN LA ACTUALIDAD INDICAN DIÁMETRO NOMINAL, DIÁMETRO EXTERIOR, RADIO DE CURVADO Y MÍNIMO TRAMO RECTO NECESARIO PARA CURVAR EN BASE AL MATERIAL EMPLEADO PARA FABRICAR LA TUBERÍA.



UN EJEMPLO DE LAS TABLAS DE MÁQUINAS DE CURVADO EMPLEADAS EN LA ACTUALIDAD ES EL QUE SE MUESTRA A CONTINUACIÓN:

TUBERIA DE CuNi
(Norma Dimensional DIN 1755)

DN	Diam. Ext. DIN 1755	RADIO de CURVADO	Mínimo Tramo Recto
1/8"	10	50	50
1/4"	12	50	50
3/8"	16	60	60
1/2"	20	68	90
3/4"	25	80	100
1"	30	90	135
1-1/4"	38	114	150
1-1/2"	44,5	132	150
2"	57	171	150
2-1/2"	76,1	228	210
3"	88,9	266	255
4"	108	324	255
5"	133	399	300
6"	159	477	300

TUBERIA DE COBRE
(Norma Dimensional DIN 1754)

DN	Diam. Ext. DIN 1754	RADIO de CURVADO	Mínimo Tramo Recto
1/8"	10	50	50
1/4"	12	50	50
3/8"	15	60	60
1/2"	18	68	90
3/4"	22	80	100
1"	28	90	135
1-1/4"	35	114	150

TUBERIA DE ACERO
(Norma Dimensional DIN 2448)

DN	Diam. Ext. DIN2448	RADIO de CURVADO	Mínimo Tramo Recto
1/4"	13,5	29	50
3/8"	17,2	55	85
1/2"	21,3	68	90
3/4"	26,9	80	105
1"	33,7	112,5	120
1-1/4"	42,4	135	130
1-1/2"	48,3	152	135
2"	60,3	180	180
2-1/2"	76,1	228	210
3"	88,9	266	255
4"	114,3	342	255
5"	139,7	424	315

TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE
(Norma Dimensional ASME B36.19)

DN	Diam. Ext. B36.19	RADIO de CURVADO	Mínimo Tramo Recto
1/4"	13,7	29	50
3/8"	17,1	55	85
1/2"	21,3	68	90
3/4"	26,7	80	105
1"	33,4	112,5	120
1-1/4"	42,2	135	130
1-1/2"	48,3	152	135
2"	60,3	180	180
2-1/2"	73	228	210
3"	88,9	266	255
4"	114,3	342	255
5"	141,3	424	315

DONDE LOS EL RADIO DE CURVADO Y EL MÍNIMO TRAMO RECTO SE DEFINE GRÁFICAMENTE COMO SIGUE:

