Sistemas CAD/CAM en la Construcción Naval

Capitán de Corbeta
Juan Castañeda Saco-Vértiz

INTRODUCCION.

1.1. Referencias históricas

Afortunadamente no podemos remontarnos a los egipcios, ni siquiera a la época del esplendor de la vela, para encontrar los principios de los sistemas CAD/CAM. La introducción de programas de ordenador para la realización de cálculos técnicos en la construcción naval empezó hace poco más de 20 años. En este corto período de tiempo la tecnología en general, y la de la construcción naval, en particular, han sufrido un cambio radical. Creo que tenemos ya suficiente perspectiva para hacer un análisis histórico.

Hay que distinguir tres etapas, claramente diferenciadas:

Primera etapa: durante los años 60.
Segunda etapa: de 1970 a 1979.
Tercera etapa: de 1979 hasta ahora.

En la primera etapa aparecieron los programas individuales para cálculos concretos e independientes, especialmente de arquitectura naval. Eran los inicios del CAD.

- Los ordenadores estaban orientados a aplicación de gestión.
- Los programas se ejecutaban exclusivamente en modo "batch".
- No existían "bases de datos" reales.
- Al final del período se introdujo el control numérico de máquinas de oxicorte, aunque generando la información por métodos manuales.

En la segunda etapa aparecieron realmente los Sistemas, con las siguientes características:

- El control numérico del oxicorte se desarrolló obteniendo la información necesaria con la ayuda del ordenador originando el principio de las técnicas CAM.
- El concepto de Sistema se utilizó en áreas completas de ingeniería naval, como la del proyecto del buque, o la definición de la estructura.
- Se empezaron a utilizar bases de datos para cada una de las áreas mencionadas.
- Se desarrolló extraordinariamente la utilización de máquinas de dibujo automáticas ("plotters" alimentadas por el ordenador).
- Siguieron utilizándose ordenadores de gestión, aunque de mayor capacidad.
- El método de trabajo siguió siendo casi exclusivamente "batch".
- La utilización de estos Sistemas estaba limitada a astilleros de gran capacidad

financiera, por ser necesario usar ordenadores grandes ("main frame").
• Se empezaron a usar programas provenientes de otras áreas, aunque de forma totalmente descoordinada. Tal es el caso del análisis por elementos finitos, análisis de vibraciones o estudio del comportamiento del buque en el mar.

En la tercera etapa, al final de la cual nos encontramos ahora, domina un hecho básico: la aparición de los miniordenadores de 32 bits. Las peculiaridades destacables de éstos son:

• Características particularmente interesantes para cálculos técnicos, con capacidad equivalente a los centrales o "main frame".
• Precio de los propios ordenadores y coste de mantenimiento claramente inferiores, permitiendo su uso en astilleros mucho más modestos.
• Pueden utilizarse en modo "dedicado", con configuraciones rentables para uso exclusivamente técnico. Esto equivale a introducir el concepto de la descentralización informática en las grandes empresas.
• Su característica más importante, sin embargo, es su capacidad para procesar en modo interactivo con terminales gráficos.

Los Sistemas CAD/CAM existentes al principio de la tercera etapa se empezaron a convertir para uso en miniordenadores, desarrollando nuevos programas para obtener las máximas ventajas de los mismos.

Así nos encontramos en la actualidad con Sistemas CAD/CAM realmente integrados.

Hasta aquí podemos decir que quedan comprendidos los Sistemas CAD/CAM de la "primera generación".

Como he comentado, la industria de la construcción naval utilizó los ordenadores para aplicaciones técnicas, tanto de proyecto como de producción, mucho antes de que se acuñasen las expresiones CAD, CAE o CAM que, como es sabido, son los acrónimos de Computer Aided Design, Engineering o Manufacturing, tan extendidos en los últimos años.

1.2 Concepto de Sistema CAD/CAM.

El concepto de CAD/CAM es, hoy en día, muy familiar, por lo que sólo enunciaré algunos aspectos básicos. En general, este término se refiere a la integración del ordenador al proceso de proyecto y producción para optimizar el uso de recursos humanos y materiales.

El uso de estos Sistemas, como hoy día los concebimos, descansa en el terminal o estación de trabajo, desde la cual el usuario crea, modifica, afina y, en general, manipula su "proyecto", en el sentido más amplio de la palabra. La comunicación hombre-máquina es fácil y una vez que el resultado es satisfactorio, pueden conseguirse salidas gráficas o numéricas de forma casi inmediata. En un Sistema CAD/CAM la organización de la base de datos es fundamental, ya que es la que acumula y relaciona los datos de entrada para un fácil manejo y aprovechamiento posterior.

Un Sistema CAD/CAM típico se apoya en unas posibilidades de proceso central con un miniordenador y memoria para almacenamiento de programas y dibujos. La estación de trabajo puede ser más o menos completa, pudiendo disponer de terminal alfa-numérico, terminal gráfico, digitalizador y "hardcopy" para impresión inmediata de resultados gráficos o numéricos. También dispone de conexión con una máquina automática de dibujo

("plotter") y con una impresora rápida, que normalmente son compartidas por varios usuarios. Naturalmente también comparte la memoria principal y la capacidad de proceso.

Es fundamental en un Sistema CAD/CAM la interactividad que facilita extraordinariamente la comunicación y rapidez. El usuario dispone de "menús" que guían su trabajo y un conjunto de mensajes de error, de ayuda, etc.

Otros aspectos de los Sistemas CAD/CAM van a ser tratados en posteriores apartados, por lo que no parece necesario insistir ahora en ellos.

1.3 Características exigibles a un Sistema CAD/CAM.

- Ahorro de tiempo.
- Precisión.
- Portabilidad.
- Especificidad.
- Adaptabilidad.
- Facilidad de manejo.
- Compatibilidad.
- Documentación.
- Organización.
- Vitalidad.
- Mantenimiento.

El estudio económico debe ser realizado por el propio Astillero, ya que el punto de partida de organización, productividad, etc., es muy diverso, y nadie mejor que él conoce esa situación. En forma pragmática puedo decir que los Astilleros que han realizado un estudio de ahorro de horas en el Departamento Técnico y en Producción, así como en materiales básicos y auxiliares, han llegado siempre, que yo sepa, a resultado positivo.

2. LA INNOVACION EN LOS PROPIOS SISTEMAS

Creo que no quedaría completa la exposición de las innovaciones tecnológicas en la construcción naval aportadas por los Sistemas CAD/CAM si no se comentasen algunos aspectos de los propios Sistemas, que suponen una innovación en sí. Para una más fácil comprensión de los otros capítulos, he preferido dar prioridad a este tema.

Ya he indicado que los Sistemas CAD/CAM son muy vivos y sujetos, por tanto, a continua evaluación. No es de extrañar que surjan conceptos que hace pocos años fuesen totalmente desconocidos.

Voy a reservar, sin embargo, para el Capítulo de los Sistemas del Futuro lo que son tendencias, e incluso desarrollos actuales que configurarán los Sistemas de la "segunda generación".

2.1. Uso de nuevas herramientas.

La primera innovación aportada por un Sistema CAD/CAM es la de los propios equipos informáticos utilizados.

2.2. Interactividad.

Ya he mencionado en las referencias históricas, que ésta es una de las características básicas aparecidas en la tercera fase de la evolución de los Sistemas actuales.

El paso desde un proceso "batch" a un proceso interactivo, supone una evolución en el uso casi comparable a la derivada del paso del proceso manual al "batch". A las diferencias de tiempo de respuesta teóricas entre los dos primeros procesos mencionados, hay que añadir las de organización y saturación de centros de cálculo. Me refiero a que cuando se procesaba en modo "batch", el ordenador era compartido normalmente por todos los Departamentos del Astillero, y

además el Centro de Cálculo dependía en muchas ocasiones, de un Departamento Administrativo. Cuando un cálculo técnico llegaba "a la cola" había que dar prioridad a proceso de la nómina, pongo por caso. Esto que parece un hecho anecdótico es absolutamente real y conducía a que el progreso del proyecto del buque, por ejemplo, fuese mucho más lento que el que podría esperarse.

Con las técnicas interactivas todos estos problemas están superados. El tiempo de repuesta en pantalla depende, naturalmente, de lo compartido que se encuentre el ordenador en ese momento, pero en cualquier caso estamos convirtiendo horas, e incluso días, en segundos.

Algunos procesos resultan especialmente beneficiados por la interactividad. Un ejemplo muy claro es el de la definición de formas por medio de la generación, que permite un proceso rapidísimo de proyecto de formas. Otro ejemplo elocuente es el del "nesting", en particular si la pantalla utilizada tiene capacidad de "refresco".

2.3 Integración.

Realmente, bajo este epígrafe quiero comentar la organización básica de un Sistema en sus aspectos más generales.

Cuando hablamos de integración nos estamos refiriendo a la interrelación entre las diferentes partes o módulos del Sistema, lo que exige una condición previa que es la de ser modular. Todavía puede destacarse otro aspecto relacionado con los módulos, que es el de la secuencia de proceso.

Un Sistema moderno debe ser, por tanto, modular, integrado y secuencial.

El primer concepto permite estructurar el Sistema de forma que su proceso permita al usuario tomar todas las decisiones que le son irrenunciables. Al mismo tiempo se facilita el mantenimiento, teniendo en cuenta la evolución continua del Sistema.

El concepto de integración en sí, permite alimentar la base de datos progresivamente, sin que una información sea suministrada más que una vez. El uso de unos módulos se apoya en la información previamente aportada por otros.
El aspecto secuencial no hace más que recomendar el tratamiento de la información siguiendo un orden lógico, que es el mismo que se aplicará al buque, y que básicamente es proyecto, producción de acero, producción de armamento.

Dentro de cada una de estas fases se debe seguir también un proceso secuencial. Un ejemplo muy claro lo constituye la definición de perfiles y planchas. Parece evidente que ése debe ser el orden.

Así, por ejemplo, una vez definidos los longitudinales de fondo, las escotaduras correspondientes aparecen automáticamente al definir las varengas.

2.4 Organización de la base de datos.

Ya he aludido a algunos aspectos de la organización de la base de datos, por lo que ahora profundizaré en los no tratados.

La base de datos de un Sistema CAD/CAM moderno representa un modelo único tridimensional en el que va quedando almacenado el buque tanto en su geometría, como en su estructura, a medida que se va definiendo y al que tienen acceso varios usuarios simultáneamente. La base de datos debe tener las suficientes protecciones para evitar incorporar informaciones incompatibles. Debe dis-

poner, por tanto de las garantías necesarias de no interferencia mutua, desde distintos terminales. Se deben establecer también los niveles jerárquicos de la información, asignando los mismos a diferentes niveles de los usuarios.

Un aspecto muy importante de la organización de la base de datos, que representa en alguna forma una innovación relativamente moderna, es el topológico. Al menos ha sido recientemente cuando esta palabra casi "mágica" ha salido al "mercado". En realidad, algunos Sistemas incorporaban ya este concepto aun cuando no lo mencionasen explícitamente. En cualquier caso, es una característica muy interesante que trataré de definir brevemente.

La información de los componentes de un modelo 3-D puede considerarse en dos formas:

–La geometría, que incluye las dimensiones físicas y localización en el espacio de cada componente.

–La topología, que describe las conexiones entre los componentes.

Ambas, geometría y topología, son complementarias para definir sin ambigüedad un modelo 3-D. Dependiendo del uso previsto del Sistema, puede hacerse mayor énfasis en uno u otro tipo de definición.

La estructura del buque se presta muy bien al concepto de definición topológica, pero una combinación de ambos conceptos puede ser muy eficaz, especialmente si se maneja la definición de la estructura en forma interactiva.

Quizá con un ejemplo aclare mejor la diferencia entre ambos aspectos.

Una varenga definida de forma puramente geométrica daría una información completa de su contorno de modo totalmente rígido y estático.

Si esa misma varenga la definimos como limitada en su exterior con el forro, estamos aplicando un criterio topológico y, si cambiamos las formas del buque, su borde exterior se modificará automáticamente para ajustarse a las nuevas formas. Es indudable, por tanto, la gran ventaja de una definición topológica de este tipo.

Quiero advertir que el concepto que se maneja en los Sistemas CAD/CAM de topología es distinto del puramente matemático.

3. LA INNOVACION EN LOS ASTILLEROS

La adopción de Sistemas CAD/CAM en los Astilleros supone una clara innovación. Esta es tanto mayor cuanto más completo e integrado es el Sistema adoptado.

La innovación afecta a campos tan diversos como el técnico, el comercial, el de organización, el de producción y el sociolaboral. Todos ellos, en mayor o menor medida, se benefician de la utilización de tales Sistemas, y de todos hablaré a continuación, añadiendo un nuevo apartado orientado hacia la innovación futura.

3.1 Aspectos técnicos.

Resulta muy difícil generalizar la aportación que, desde el punto de vista técnico, proporciona un Sistema a un Astillero.

En definitiva, lo que se consigue con la utilización de un Sistema CAD/CAM es la mejora del producto. El proyecto elaborado con un Sistema CAD ha sido comprobado en todos o algunos de sus aspectos conflictivos, aumentando, por

tanto, su fiabilidad. Supone, asimismo, un logro importante, desde el punto de vista técnico, el hecho de que al acortarse y simplificarse los cálculos y comprobaciones, se puedan estudiar, en relativamente poco tiempo, diversas alternativas de proyecto variando sus características básicas lo que permite seleccionar la solución técnicamente mejor.

También parece un logro técnico el control de los márgenes de anteproyecto, que al fin y al cabo no representan más que los márgenes de ignorancia, ante la imposibilidad por procedimientos convencionales, de comprobar los cumplimientos requeridos por el Armador. Con posterioridad, me volveré a referir a este aspecto.

En cuanto a los aspectos técnicos desde el punto de vista de producción, lo que un Sistema CAD aporta es una información más exacta y más completa y en la que es fácil detectar cualquier error u omisión.

A continuación incluyo una lista, no exhaustiva, de los aspectos técnicos que puede cubrir un Sistema, distribuyéndolos en proyecto y producción. Los diversos Sistemas disponibles cubren estas áreas en mayor o menor extensión.

Incluyo también algunos aspectos, que no estando aún disponibles, parece seguro que podrán estarlo en un plazo corto, pero reservo para un Capítulo posterior lo que deben incluir los Sistemas del futuro.

Aspectos técnicos del proyecto:

- Estudio de la resistencia de remolque.
- Cálculo de potencia-velocidad en condiciones de servicio.
- Proyecto de la hélice.
- Definición de la geometría de codaste y timón.
- Estudios de maniobrabilidad.
- Corregido o identificación de formas preestablecidas.
- Generación de formas partiendo de los parámetros de definición del buque.
- Cálculos hidrostáticos.
- Curva de Bonjean.
- Definición de cubiertas y mamparos.
- Dibujo del plano de formas.
- Dibujo de la Disposición General esquemática.
- Cálculo de capacidades.
- Perspectivas del buque o de espacios del mismo.
- Cadenas inclinadas.
- Cálculo de franco-bordo.
- Momentos escorantes con grano.
- Tabla de sonda y vacío.
- Peso en rosca.
- Estudio de situaciones de carga.
- Cálculo de resistencia longitudinal.
- Cálculo de estabilidad con grano.
- Estabilidad después de averías.
- Cálculo de esloras inundables.
- Cartilla de trazado.
- Dibujo de caja de cuadernas.
- Encantillonado básico.
- Balance eléctrico.
- Balance de vapor.
- Botadura.
- Presupuesto.
- Arqueo.
- Análisis de los movimientos del buque en mares regulares, y

Aspectos técnicos de producción:

- Definición de planas de mamparos.
- Definición de secciones internas planas.

Como exponentes del avance tecnológico que supone la utilización de los Sistemas CAD/CAM, voy a citar el ejemplo más característico en estas actividades. Me refiero al de la definición de formas del buque.

Mientras que utilizando procedimientos

convencionales primitivos diseñar y corregir unas formas era un proceso de semanas y meses respectivamente, actualmente los mismos procesos representan unas pocas horas y unos cuantos días respectivamente también.

Puede concluirse que desde el punto de vista técnico, la innovación impuesta por un Sistema suficientemente desarrollado es total y absoluta, y podríamos decir de forma gráfica, que si hace ya años se pasó de las mesas de dibujo y cálculos manuales a los tecnígrafos y las calculadoras portátiles, actualmente hemos pasado ya a los terminales interactivos y máquinas automáticas de dibujo.

3.2 Aspectos comerciales.

Los aspectos comerciales son también muy importantes en la aportación de los Sistemas CAD/CAM a los Astilleros.

Su utilización reduce drásticamente los tiempos de estudio de nuevos barcos, aportando una gran agilidad que permite responder rápidamente a las peticiones de los Armadores estudiando incluso varias alternativas, ya sea para selección del propio Astillero como del Armador. Los cambios de definición que un Armador pudiera introducir durante las negociaciones, pueden ser considerados en un plazo muy breve.

Otra gran ventaja comercial que se deduce de los Sistemas CAD elaborados es que se pueden definir con precisión las características del buque para cumplir los requisitos exigidos, controlando los márgenes, sin que se esté sobredimensionando el buque innecesariamente, por confiar poco en los cálculos realizados, ni se incurra en penalidades o rechazo del buque por incumplimiento técnico, que sería aún peor.

Otra razón de abaratamiento del buque se basa en las mejoras de producción, que luego comentaré, pero que, en definitiva, ahorran mano de obra y materiales, por lo que se puede dar un precio más atractivo, con la consiguiente mejora de competitividad.

Si el Sistema utilizado permite la definición de formas generadas matemáticamente, la producción de acero puede comenzar una vez contratado el buque sin ser necesario un corregido de formas posterior, lo que puede disminuir el plazo de construcción.

Otro aspecto de indudable interés es el de la mejora de credibilidad ante el Armador, que confía más, lógicamente, en un proyecto que ha sido comprobado en todos sus aspectos.

3.3 Aspectos organizativos.

Desde el punto de vista organizativo los Sistemas CAD/CAM han influido en los Astilleros de forma muy diversa.

Hasta ahora las técnicas CAD/CAM se han aplicado fundamentalmente a resolver aquellas áreas que resultaban de tratamiento más sencillo. Este es el caso del cálculo de arquitectura naval y de la estructura del casco. En estos ámbitos es donde hasta ahora se dan resultados más importantes obligando a un cambio en la organización industrial muy profundo. Los Astilleros modernos han mejorado sensiblemente la productividad en estas áreas, llegándose a límites que serán difíciles de superar.

Sin embargo, queda aún mucho por realizar en el campo de la organización de los Astilleros, si enfocamos el problema del buque en su conjunto. Parece opinión generalmente aceptada que la mejora de la productividad no será completamente

efectiva hasta que sea aplicable al buque completo. En algunos Astilleros es típica la situación en la que las tuberías o el equipo constituyen un cuello de botella.

En general se puede decir que la organización industrial en los Astilleros debe mejorarse aprovechando la mayor calidad y diversidad de la información que puede suministrar un Sistema CAD/CAM y que debe preceder al flujo de los materiales para la construcción del buque.

A efectos de organización es de gran importancia la capacidad de aceptación de las nuevas tecnologías provenientes de los Sistemas CAD/CAM. El usuario se ve obligado a un cambio muy brusco de modo de operación, por lo que existe un claro peligro de rechazo. Es necesario motivar y hacer participar al personal involucrado en el cambio.

En la implantación de un Sistema CAD/CAM se producen dos fenómenos curiosos que quiero destacar. El personal menos cualificado debe ser entrenado para realizar trabajos de mayor contenido, pero al mismo tiempo más cómodos y seguros. Por otra parte, el personal de alta cualificación debe bajar más al detalle que dejaba antes en manos de personal auxiliar, pero dispone ahora de una herramienta que le permite, y yo diría que le exige, profundizar más en la definición de su parcela.

Con dos ejemplos aclararé lo que he expuesto:

En realidad estoy entrando ya en temas más socio-laborales que organizativos, y aquéllos los trataré más tarde.

En definitiva, el problema para las empresas de construcción naval en este aspecto será el tener bien definido el tipo de organización industrial que quieren adoptar y los métodos de manejo de la información propios de esa organización, buscando el Sistema CAD/CAM capaz de satisfacer esas necesidades.

3.4 Aspectos productivos.

En cuanto a producción, los Sistemas CAD/CAM aportan ya ahorros muy apreciables en campos bastantes diversos.

La productividad del Departamento Técnico se aumenta en forma espectacular, llegando a ahorros en horas superiores al 50%, tanto en el proyecto de oferta, como en el de contrato. En el proyecto constructivo de acero los ahorros pueden acercarse también a la cifra antes mencionada, mientras que en la preparación de datos para fabricación de acero los tiempos invertidos son menores a los 2/3 de los necesarios por procedimientos convencionales. Hoy día, incluso, estamos en condiciones de mejorar estas cifras.

En producción de acero se obtienen también ahorros apreciables, si bien resulta muy difícil cuantificar las ganancias, pues ningún Astillero realiza el ejercicio de preparar todos los datos del mismo buque por uno y otro procedimiento. Además, las ganancias, al implantar un Sistema CAD/CAM, dependen en gran medida del punto de partida del propio Astillero. Si se trata de un Astillero que ya ha tratado de mejorar sus métodos de producción, aunque no sea utilizando Sistemas muy sofisticados, los ahorros al introducir un buen sistema de producción serán menores que los que se obtendrían en un Astillero menos al día.

En cualquier caso, no cuantificando estas actividades, se obtienen claras ventajas productivas en mano de obra en los siguientes aspectos:

En cuanto a materiales también se obtienen reducciones en el material aportado (electrodos) y en el desperdicio de acero, con disminución del peso bruto de acero.

En otras actividades de producción las ventajas que reportan actualmente los Sistemas son muy diversas, según el campo, y en cualquier caso netamente inferiores a las que se obtienen en producción de acero.

En los aspectos del casco, la introducción de maquinaria que reemplaza las operaciones de soldadura normales y a la utilización de robots, permite llegar a una nueva etapa de producción de acero, actualmente en desarrollo.

Los Sistemas CAD/CAM están teniendo una gran influencia en la producción de la construcción naval, pero están llamados a tenerla aún mucho mayor, permitiendo un nuevo progreso en la productividad total. Más adelante me referiré a esta tema al hablar de los Sistemas del futuro.

3.5 Aspectos socio-laborales.

He tocado ya este tema al hablar de los aspectos organizativos, pero voy a profundizar más en el tema ahora, ya que merece la pena por la enorme importancia humana que el tema conlleva.

La actividad profesional y las consideraciones socio-laborales están cambiando de una forma drástica, en especial en los países industrializados. En muchos de estos países se observa que resulta poco atractivo trabajar en la industria de la construcción naval, en especial en las actividades que implican condiciones más duras. En efecto, en un Astillero se presentan trabajos cuyo entorno o realización están pidiendo desarrollar un esfuerzo para mejorar las condiciones.

Hay operaciones, habitualmente desempeñadas en la construcción naval, que llevan consigo alguna o algunas de las siguientes características:

Las nuevas tecnologías deben tender a liberar a las personas de los trabajos más duros y peligrosos, dejando al ser humano las cualidades que le son específicamente inherentes, como la de desarrollar, inventar, sopesar e imaginar. Esto, en definitiva, representa la dignificación del trabajo.

Las dificultades socio-laborales, antes aludidas, han llevado a algunos países muy desarrollados a abandonar prácticamente la construcción naval o a tecnificarla, hasta el punto de hacerla aceptable.

La mejora de organización y la tecnificación producen unos efectos cualitativos que se traducen en progresos muy claros en las condiciones de trabajo, obligando por otra parte a un proceso de readaptación de plantillas, ya que son necesarios menos operarios en los trabajos más duros, mientras que se necesitan más empleados en trabajos de oficina preparatorios de aquéllos. Esto es algo que marcha en la misma dirección de la tendencia de las nuevas generaciones, por lo que no representa ningún problema, sino más bien al contrario. Se facilita el deseable desplazamiento del trabajo hacia aquéllos de mayor contenido profesional, más seguros y más cómodos.

Sin embargo, hay otros aspectos que son los cuantitativos, que no resultan tan favorables. La mejora de la productividad conlleva una disminución de horas invertidas por unidad producida. Esto, que es una ventaja desde el punto de vista comercial, por el aumento de competitividad,

no cabe duda que disminuye las horas a invertir por unidad. Esto no quiere decir que, inevitablemente, se pierdan puestos de trabajo por esta razón, ya que una mejor competitividad acrecienta las posibilidades de mayor número de contratos.

En la actualidad, en cualquier caso, hay que adoptar nuevas tecnologías y sacar el mayor provecho de ellas. En caso contrario, seríamos borrados del mercado, llegando al desempleo total.

Si bien este razonamiento es válido a la hora de aplicarlo a un Astillero concreto, podría decirse que un aumento de productividad general (a nivel mundial, pongo por caso) agotaría antes las posibilidades de la demanda, tan restringida actualmente. Aunque esto sea así, hay que postular que sobrevivirán los mejor preparados y que, por otra parte, debe producirse un desplazamiento claro de la mano de obra hacia los servicios y hacia industrias innovadoras, como son las que se derivan de la propia Tecnología de la Información.

He podido apreciar, en países que quieren mantener una capacidad determinada en construcción naval, que, aún disponiendo de un nivel tecnológico muy apreciable, quieren pertrecharse con las armas más modernas para mejorar su posición.

3.6 La innovación futura.

Ya he indicado que los Sistemas CAD/CAM van a tener en el futuro una enorme influencia en los Astilleros.

Uno de los grandes objetivos del futuro es conseguir la aplicación de los Sistemas CAD/CAM a todas las fases productivas y organizativas del Astillero. Esto será posible en un plazo medio, cuando los Sistemas faciliten toda la información necesaria, es decir, cuando se disponga de Sistemas que hemos empezado a llamar de la "segunda generación". A este aspecto de la innovación futura me referiré más concretamente en otra oportunidad.

En este Apartado quiero comentar específicamente algunas características de otra de las innovaciones que más está dando que hablar en la producción de Astilleros. Me refiero a la robotización.

En la época "dorada" de la construcción naval, en la que tantos buques grandes y repetitivos se construían, se desarrolló el uso de máquinas automáticas de control numérico que llevaban a cabo una misión específica y particular. En la actualidad, la diversidad del mercado exige una flexibilidad de adaptación en todos los órdenes, que afecta claramente a la producción.

La respuesta a esta automatización flexible es la robotización, sacando provecho de los últimos desarrollos en tecnología electrónica y apoyándose en la información que los Sistemas CAD/CAM puede aportar. No voy a profundizar en el tema que requiere por sí mismo una atención singular. Sólo comentaré algunos de los aspectos más destacados.

La robotización nos llega a la construcción naval cuando ya se ha impuesto en otras industrias más permeables a esta innovación. En efecto la construcción naval no es precisamente una industria que se preste a su implantación de forma fácil.

Los principales inconvenientes que la robotización encuentra para su adopción en los Astilleros, son:

Los Sistemas CAD/CAM tienen un papel muy importante en esta innovación tecnológica.

4. LA INNOVACION EN LOS EQUIPOS INFORMATICOS

Sin embargo, la robotización puede resolver problemas tales como:

Algunos de estos aspectos están claramente relacionados entre sí e, incluso, han sido ya aludidos precedentemente.

Es evidente que las primeras ventajas mencionadas de mejora de condiciones de trabajo son aceptadas sin discusiones.

Lo que resulta más difícil de encajar hoy día es la consecuencia de la mejora de la productividad y volvemos a incidir en un aspecto ya comentado.

En efecto, uno de los problemas más candentes en casi todo el mundo en el Sector, y sin duda el más grave, es el exceso de mano de obra disponible para la demanda prevista. No parece fácil, por tanto aceptar una nueva tecnología que puede agravar aún más este problema. Sin embargo, quiero hacer algunas consideraciones en favor de la asimilación de estas nuevas tecnologías:

–La implantación de robots en construcción naval será un proceso suficientemente largo (varias décadas) como para que los efectos de la crisis no sean tan angustiosos como hoy día.

–Esa misma lentitud de introducción debe permitir el progresivo desplazamiento de plantillas hacia otros trabajos.

En este sentido, en los Estados Unidos se ha previsto, que por cada puesto de trabajo que se pierde por la utilización de robots, se generan dos nuevos puestos de trabajo en esta industria.

–El aumento de productividad favorece la competitividad, facilitando la consecución de nuevos trabajos. No tenemos más remedio que competir con las mejores armas disponibles, si queremos seguir en la lucha.

Comentaré ahora las disposiciones que es preciso adoptar para favorecer la inclusión de la robotización.

–Por parte del personal de los Astilleros es necesario estar dispuestos a su incorporación sin rechazos sistemáticos.

– Por parte de las empresas es preciso prever las inversiones que este proceso exige.

–Por parte de los fabricantes de "software" es imprescindible preparar los Sistemas para el manejo de robots, tratando de unificar códigos de utilización de programas de mando.

–Por parte de los diseñadores es conveniente tener presentes algunas directrices básicas, que facilitan posteriormente la utilización de robots. Entre otras pueden destacarse las siguientes: estandarización con un máximo de geometría repetitiva, eliminación de uniones complicadas, minimización de espacios cerrados y facilidad de acceso.

En algunos países se está experimentando y utilizando ya la robótica en mayor o menor escala en construcción naval.

Tal es el caso de Japón, Gran Bretaña, Estados Unidos y Alemania, por citar algunos. Mucho es el camino que hay que recorrer todavía, pero parece un proceso irreversible.

La informática progresa a velocidad vertiginosa. Por lo que hablar de innovaciones en sus equipos conlleva el riesgo de quedarse obsoleto en breve. No voy a

hablar, por tanto, aquí, de la innovación que supuso la aparición de los mini-ordenadores de 64 y 128 bits, a la que, por otra parte, ya me he referido.

Me voy a referir solamente a algunos aspectos muy parciales:

– La aparición de las pantallas "raster" de alta resolución con un potente microprocesador incorporado puede ser una solución alternativa, al menos parcialmente, para abaratar el coste de los equipos. En la actualidad las pantallas "raster" standard no tienen una resolución suficientemente satisfactoria, por lo que la solución ideal podría ser mixta, reservando las pantallas de mayor resolución al estudio de formas, por ejemplo. De todos modos se está progresando mucho en este campo y, con frecuencia, aparecen nuevos tipos y modelos.

– Los "plotters" electrostáticos representan también una alternativa muy interesante a los clásicos de mesa o tambor, con sus indudables ventajas de rapidez.

– El concepto de "red local de comunicación" (LAN, local área network) terminará imponiéndose, disipando definitivamente las dudas y discusiones entre ordenadores centrales tipo "main frame" y los mini-ordenadores descentralizados. Esto obligará a una nueva organización general del proceso de datos. En definitiva, se trata por este procedimiento de la potenciación mutua y racional de recursos.

5. LOS SISTEMAS CAD/CAM DEL FUTURO

He mencionado al principio que hay en el mercado una serie de Sistemas CAD/CAM, más o menos completos que constituyen el conjunto de la "primera generación". A estos Sistemas específicamente navales hay que unir Sistemas parciales que resuelven temas específicos, como el de dibujo de tuberías en isométricas, cálculo directo de la estructura resistente, etc.

Un nuevo paquete de programas para modelización gráfica o tridimensional con un uso generalizado, ha aparecido también en el mercado. Aunque estos programas no resuelvan los problemas puramente navales, su grado de elaboración es alto y resultan también atractivos para los Astilleros.

Cuando todos estos aspectos puedan integrarse y completarse, habremos llegado a los Sistemas CAD/CAM de la "segunda generación" que están naciendo ya.

Estos nuevos Sistemas deben completar la secuencia lógica de definición del buque a la que antes aludí. Hay que llegar a tratar el armamento del buque, como actualmente se está tratando ya el casco.

Está claro que el armamento es mucho más complejo, por su definición plural. De todos modos es presumible que la aportación de un Sistema CAD/CAM completo ayude de forma decisiva a la productividad total del Astillero.

Estos nuevos Sistemas exigirán una revisión profunda de la organización del Astillero, para conseguir de él los mayores beneficios y, al mismo tiempo, tendrán que apoyarse en los nuevos equipos de "hardware", probablemente con costos más asequibles que los actuales.

La base de un Sistema de la "segunda generación" será la visión del conjunto del buque, como resultado de su

modelización tridimensional total.

Los nuevos Sistemas estarán construidos sobre los actualmente existentes, en la medida en que éstos sean portables y capaces de adaptarse eficazmente al "hardware futuro".

Unas facetas muy importantes en los nuevos Sistemas deberán ser las de gestión de acopios totales, estimaciones de cantidades de materiales a granel, control de pesos y centros de gravedad, gestión de avance de obra y, por supuesto, delineación total del buque.

No obstante, será la capacidad de innovación de la propia industria de la construcción naval y la reacción de los propios Astilleros ante esta nueva tecnología, lo que configure definitivamente las características del "software" del CAD/CAM de la "segunda generación".

6. CONCLUSIONES

Estamos asistiendo a una revolución industrial de una importancia similar, probablemente, a las originadas por el vapor o la electricidad. Es la derivada de la micro-electrónica y de la informática. La innovación tecnológica que estas materias suponen es profunda y su aceptación y aprovechamiento son indispensables.

La gravísima crisis de la construcción naval que estamos padeciendo recomienda todavía más, el estudio cuidadoso de todas las oportunidades que permitan pertrecharse con armas que aporten mejoras en la calidad y competitividad del producto. Este es el caso de los Sistemas CAD/CAM, como creo que he podido evidenciar a lo largo de esta ya larga exposición.

En resumen, se puede concluir que los Sistemas CAD/CAM tienen un cometido muy interesante que cumplir, para satisfacer la creciente necesidad de innovación tecnológica en los Astilleros.

Como comentario podemos añadir que el SIMAC es el primer astillero, en esta parte del Pacífico, que ha ingresado a los Sistemas CAD/CAM en el año próximo pasado. Esto significa un gran paso hacia el futuro.

