



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

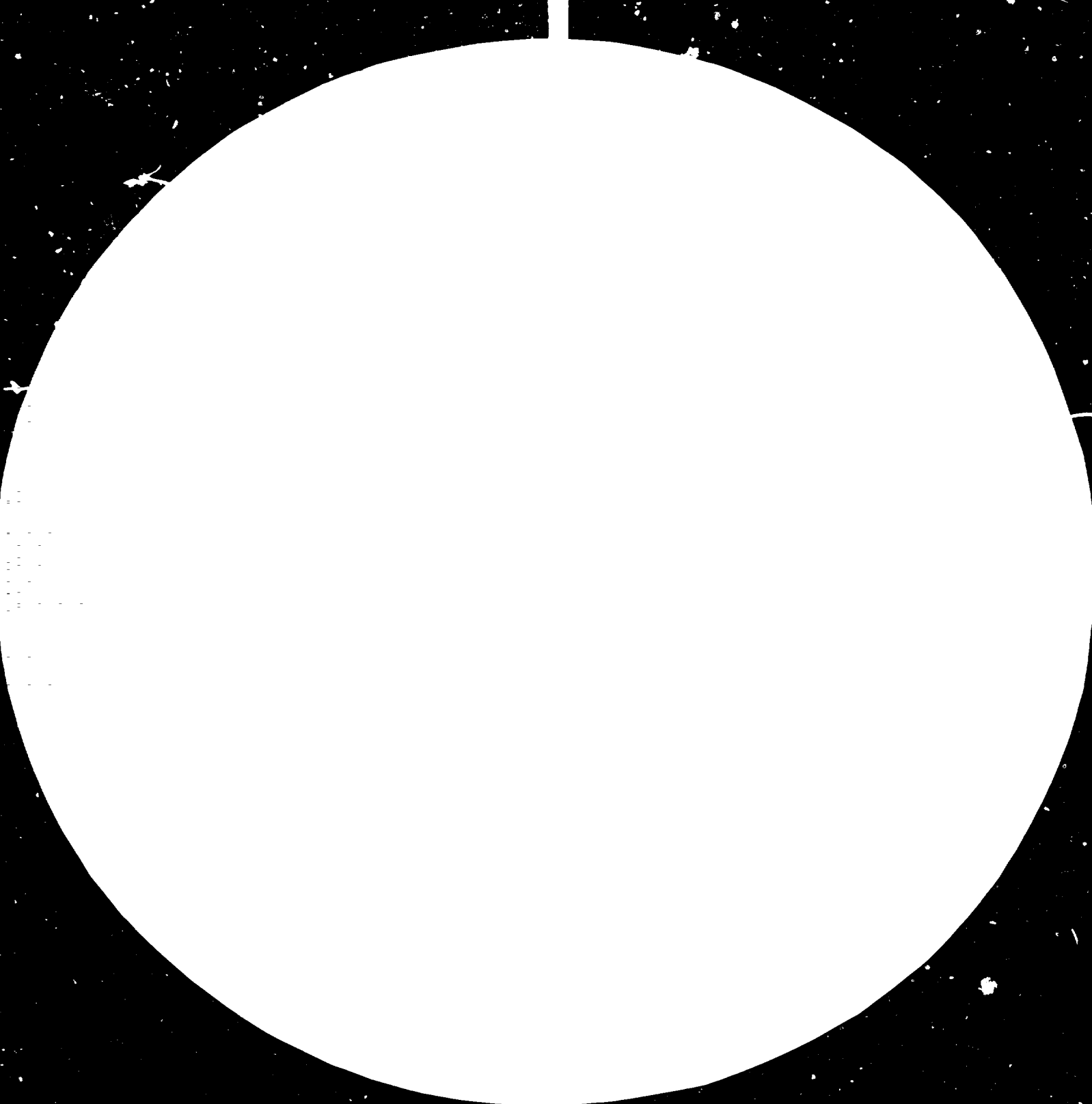
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





2.8



3.2



4.0



W. J. ...

...

...

...

...



12094



Distr.  
LIMITADA

ID/WG.375/13  
10 enero 1983

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

ESPAÑOL

Reunión de expertos sobre el desarrollo de  
construcciones y reparaciones navales  
pequeña escala para países de América Latina

La Habana (Cuba), 9-12 noviembre 1982

NUEVAS TÉCNICAS Y MÉTODOS ESPECÍFICOS PARA CONSTRUCCIÓN

Y PROYECTO DE BUQUES DE ACERO\*

preparado por

Eduardo Martínez-Abarca\*\*

3622

\* Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

\*\* Dr. Ing. Naval, Director SENERMAR

NUEVAS TECNICAS Y METODOS ESPECIFICOS PARA CONSTRUCCION  
Y PROYECTO DE BUQUES DE ACERO

---

Hoy en día, los conceptos de CAD/CAM, Diseño con ayuda de ordenador/  
Producción con ayuda de ordenador, son muy familiares.

Sin embargo, fue sólo hace menos de 20 años, a mediados de los años  
60, cuando comenzó la introducción de programas de ordenador para rea-  
lizar cálculos técnicos en la Construcción Naval, como consecuencia de  
la instalación de ordenadores para aplicaciones operativas de las em-  
presas.

Este período de tiempo nos permite realizar un análisis con una cierta  
perspectiva histórica. Teniendo en cuenta la situación actual y las  
tendencias en la evolución del "hardware", podemos predecir los obje-  
tivos a los que puede aspirar la industria de la Construcción Naval  
durante la próxima década y quizás hasta el final del siglo actual,  
con el uso de ordenadores.

Se pueden distinguir claramente tres pasos evolutivos en este análisis  
histórico:

- 1º paso: durante los años 60.
- 2º paso: de 1970 a 1979.
- 3º paso: Desde 1979 hasta ahora, el cual, tal y como analizaremos  
más tarde puede, en mi opinión, ser extendido hasta 1986-87.

Las características de estos pasos se pueden resumir como sigue:

PRIMER PASO:

- . Realización de programas individuales para cálculos independientes, principalmente de arquitectura naval (hidrostáticas, estabilidad, franco bordo, resistencia longitudinal, etc.).
- . Uso de ordenadores dedicados principalmente a aplicaciones comerciales.
- . Ejecución de programas en modo "Batch" exclusivamente.
- . Uso de ficheros, pero no verdaderas "bases de datos".
- . Introducción, hacia el final de la década, de máquinas de oxicorte con control numérico.

SEGUNDO PASO:

- . Como consecuencia del éxito del oxicorte con control numérico y de la necesidad, por razones prácticas, de obtener esta información con la ayuda de ordenadores, se hizo evidente que el uso de los mismos podría mejorar la productividad y también la precisión de los métodos de Construcción Naval.
- . Se introdujo el concepto de Sistema para áreas completas de ingeniería naval: Proyecto de buque, definición de formas y arquitectura naval; definición de estructura del casco, programación, programación de partes y oxicorte con control numérico; información para fabricación de tuberías; control de producción, etc.

- . Empezó a utilizarse la base de datos en cada una de estas áreas.
- . Hubo un aumento espectacular en los resultados gráficos obtenidos con la utilización de máquinas automáticas de dibujo ("plotters"), alimentadas con información producida por el ordenador.
- . Sin embargo, los ordenadores se siguieron usando básicamente para aplicaciones comerciales, aunque con una capacidad de cálculo superior.
- . El método de trabajo fue casi exclusivamente el modo "Batch".
- . La necesidad de utilizar ordenadores grandes ("main frame") en general, limitó el acceso a esta tecnología a aquellos astilleros con gran capacidad financiera.
- . Resumiendo, se reflejó la mayor influencia en la fabricación y producción del casco de acero.

#### TERCER PASO:

- . Alrededor de 1979 aconteció un suceso que, en mi opinión, fue decisivo para la definición de esta tercera fase, en la cual nos encontramos ahora.

Se trata de la aparición en el mercado de los mini-ordenadores, de 32 bits, ofreciendo características particularmente interesantes para los cálculos técnicos. Al mismo tiempo, se podrían destacar

tres aspectos muy importantes de la situación. El primero se debió a los considerables avances de la industria electrónica durante la segunda mitad de los años 70. Estos mini-ordenadores ofrecen una capacidad de cálculo equivalente a la de los "main frame" y permiten el manejo fácil y flexible de los grandes programas de ordenador, requeridos por la industria de Construcción Naval. Como es conocido, la compra y gastos de mantenimiento de estos mini-ordenadores son claramente inferiores a los del tipo "main frame".

El segundo aspecto fue que los mini-ordenadores se podían utilizar en modo "dedicado", ofreciendo configuraciones que hacen práctico su uso exclusivo para programas técnicos. De esta forma, se introdujo en los astilleros la idea de la descentralización informática.

El tercero, y no menos importante aspecto, fue que estos mini-ordenadores y sus sistemas operativos fueron proyectados para procesar en modo interactivo y con terminales gráficos interactivos.

Desde esa fecha, los sistemas de CAD/CAM existentes para proyecto y producción de buques, empezaron a adaptarse para usarse en los más importantes mini-ordenadores y se han desarrollado nuevos programas para obtener las máximas ventajas de su uso.

Con esto, hemos llegado a la situación actual, en la que se puede decir que los sistemas CAD/CAM para proyecto y producción de buques han llegado a ser sistemas realmente integrados. Su desarrollo continúa y continuará para obtener un mayor grado de integración en las áreas que cubre, las cuales sin embargo, son las mismas descritas en la primera y segunda fases históricas de los años 60 y 70. Los sis-



temas actuales desarrollados durante estos tres pasos históricos constituyen lo que podríamos llamar la primera generación de sistemas CAD/CAM para Construcción Naval.

Una breve descripción de uno de estos sistemas, el Sistema FORAN, nos permite tener una idea más precisa del estado actual en el que nos encontramos y del que podemos extrapolar una predicción para el futuro.

#### EL SISTEMA FORAN

El Sistema FORAN es un sistema integrado para proyecto y producción con ayuda de ordenador, para la industria de la Construcción Naval.

Está compuesto por dos fases, conectadas a través de una base de datos: La fase de proyecto, que fundamentalmente define las líneas del buque, y la fase de producción, que cubre varias etapas de fabricación. Cada fase consiste en una serie de módulos compuestos por un conjunto de programas de ordenador. Cada módulo desarrolla una función específica, utilizando sus propios datos y los de los módulos anteriores contenidos en la base de datos. Los distintos módulos pueden procesarse en la secuencia lógica más apropiada para cada caso, desde el punto de vista del proyectista. La Versión 10 del Sistema FORAN se ha organizado para ser utilizada en modo interactivo, con todas las ventajas de la capacidad de los mini-ordenadores y de los terminales interactivos.

El Sistema FORAN se ha desarrollado, se mantiene y se sigue desarrollando por Sener, Sistemas Marinos, S.A., Madrid, (España). Se utiliza en

ordenadores de la serie VAX de DIGITAL, en ordenadores de la serie 50 de PRIME y en ordenadores ECLIPSE de la serie MV de Data General.

El Sistema FORAN se ha utilizado extensamente durante muchos años por grandes astilleros, en más de 14 países del mundo.

Uno de los rasgos principales del Sistema FORAN es la facultad de generar interactivamente las formas del casco intrínsecamente corregidas, utilizando una definición analítica original de las líneas, partiendo de los datos convencionales de proyecto de cada buque.

Otro rasgo importante es la organización de la base de datos. Es una base de datos relacional con multi-acceso en la cual se almacenan, tanto los datos tridimensionales de la geometría y líneas del buque, como la topología de la estructura de acero. Se puede pedir información a diferentes niveles de jerarquía y los programas de utilidad pueden ajustarse a los requerimientos del usuario.

#### FASE DE PROYECTO

La Fase de Proyecto, que define las líneas del buque, incluye las siguientes funciones:

- . Generación interactiva de las formas del casco.
- . Arquitectura Naval.
- . Proyecto Básico.
- . Proyecto Definitivo.

Los módulos de la Fase de Proyecto, son:

- . Cálculo de potencia, hélice, codaste y timón.
- . Identificación y generación de formas.
- . Definición de cubiertas, amuradas y doble fondo.
- . Cálculo de estabilidad transversal, franco bordo y capacidades.
- . Condiciones de carga, resistencia longitudinal.
- . Cartilla de trazado.
- . Caja de cuadernas ("body"), y dibujos de roda y codaste.
- . Corregido generalizado.

#### FASE DE PRODUCCION

La Fase de Producción del Sistema FORAN cubre los siguientes pasos de fabricación:

- . Definición de la geometría y topología de la estructura del casco.
- . Planos de clasificación de acero.
- . Pedido de materiales de acero.
- . Información y planos del proyecto constructivo.
- . Datos para talleres de acero, control numérico para oxicorte, datos para planificación y control de producción de talleres de acero.

Los módulos de la Fase de Producción son:

- . Standards para materiales y métodos de producción.
- . Standards de escotaduras.
- . Perfiles.

- . Desarrollo del forro.
- . Cubiertas.
- . Mamparos.
- . Planos de forro y perfiles.
- . Planos de planchas de cubiertas y perfiles.
- . Planos de mamparos.
- . Definición de secciones estructurales.
- . Definición de partes.
- . Anidado ("nesting") interactivo.

Las flechas en el diagrama muestran los módulos que introducen nueva información en la base de datos y aquéllos que únicamente utilizan la información acopiada para generar nuevas salidas gráficas y numéricas.

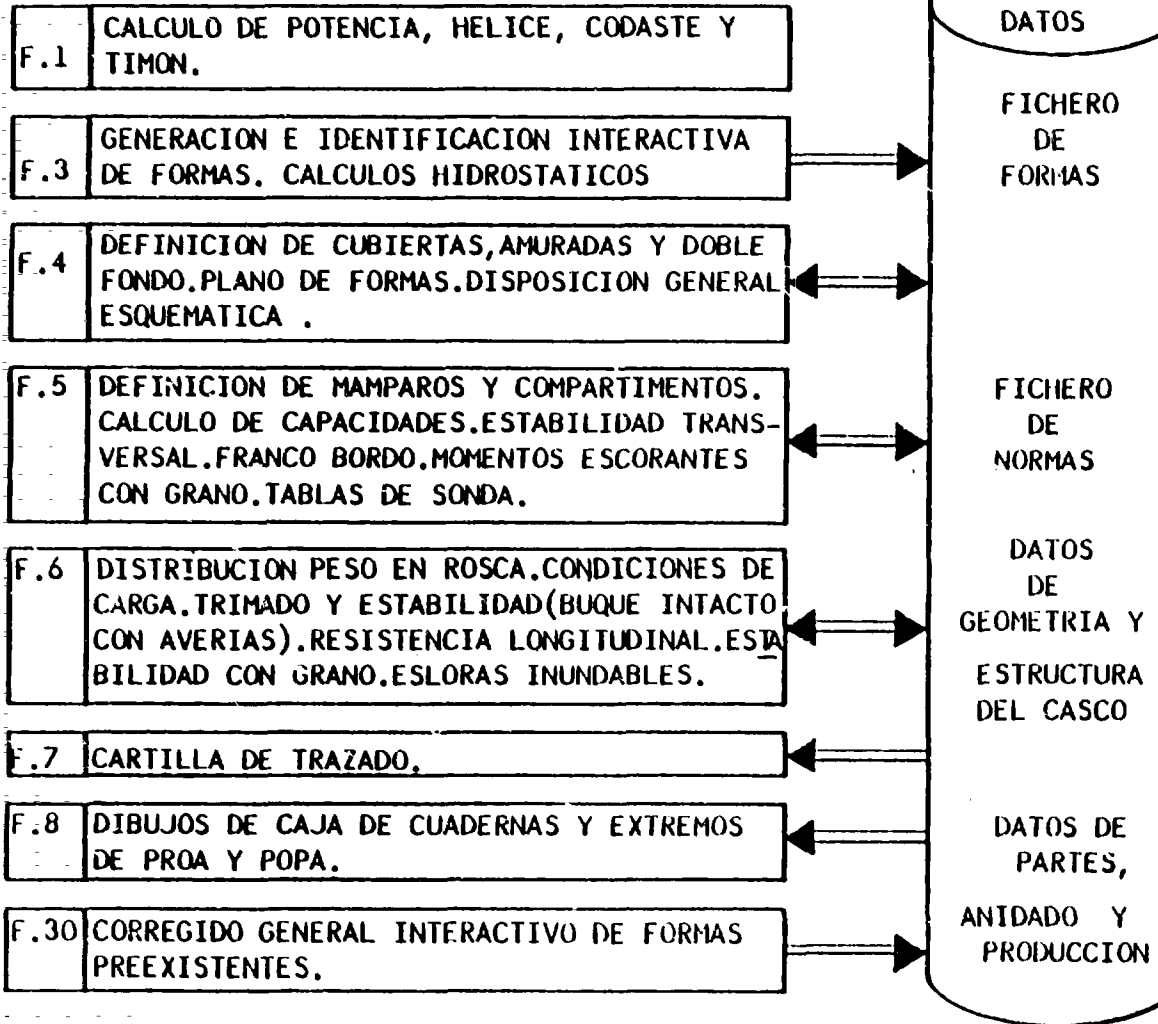
#### NUEVOS DESARROLLOS

El rápido avance y el alto grado de perfeccionamiento obtenidos en los Sistemas de la primera generación, durante este tercer paso, desde 1979 hasta ahora, se deben principalmente a las posibilidades ofrecidas por el nuevo "hardware", como son los mini-ordenadores y los terminales interactivos.

Todavía se están desarrollando algunos de estos avances; por ejemplo, la producción y tratamiento completo de los planos con ayuda de ordenador.

Al mismo tiempo, se están desarrollando otros Sistemas para Construcción Naval, con un grado de integración similar al obtenido en los Sis-

FASE DE PROYECTO



FASE DE PRODUCCION

←	NORMAS DE MATERIALES Y METODOS DE PRODUCCION.	F.9
↔	PERFILES, DEFINICION DE PERFILES COMERCIALES Y FABRICADOS DE LONGITUDINALES DE FORRO, LONGITUDINALES DE CUBIERTAS, CUADERNAS Y BAOS.	F.10
↔	FORRO, DEFINICION DE PANELES Y DESARROLLO PLANCHAS FORRO, CAMAS DE BLOQUES.	F.11
↔	PLANCHAS DE CUBIERTA.	F.12
↔	PLANCHAS DE MAMPAROS Y REFUERZOS	F.13
↔	GEOMETRIA DE SECCIONES INTERNAS	F.14
↔	PLANOS GENERALES DE ACERO.	F.21; F.22; F.23
↔	DEFINICION DE PARTES INTERACTIVA	F.44
↔	ANIDADO INTERACTIVO E INFORMACION PARA CONTROL NUMERICO DE CORTE.	F.54
↔	SALIDAS GRAFICAS INTERACTIVAS PARA PLANOS CONSTRUCTIVOS DE ACERO E INFORMACION PRODUCCION (ACTUALMENTE EN DESARROLLO)	F.25

temas de proyecto y producción del casco de acero. Este es el caso de los sistemas de tuberías, por ejemplo.

Simultáneamente, están apareciendo en el mercado paquetes de "software", generalmente disponibles para mini-ordenadores. Estos paquetes cubren áreas completas, tales como modelación gráfica o tridimensional, y su uso general va a ser muy atractivo para los constructores navales.

Sin embargo, hay algunos aspectos de estos perfeccionamientos y nuevos desarrollos, que no alcanzan todavía sus objetivos finales. Esto se debe a la falta de un "hardware" apropiado a un precio que permita su generalización a la mayoría de los astilleros.

En esta situación encontramos, por ejemplo, los terminales gráficos interactivos y las estaciones de trabajo en las que son usados. Parece que la introducción de las pantallas "raster" de alta resolución con un poderoso microprocesador incorporado y con un coste sustancialmente más bajo que el actual, podría ser una solución en un próximo futuro. Lo mismo ocurre con las máquinas de dibujo, y en este caso los "plotters" electrostáticos podrían ser la mejor solución.

Pero a pesar de todo esto, el aspecto más importante en la situación actual es que los Sistemas CAD/CAM, que cubren las diferentes áreas de Construcción Naval, han sido producidos de manera no preconcebida. No existe un sistema general integrado con una base de datos en la que se maneje el buque en su conjunto y en la que se resuelvan las interferencias entre las diferentes áreas.

El resultado es que las diferentes posibilidades del "hardware" y del

"software" en el desarrollo, conducen a una cierta confusión y además la organización industrial de los astilleros no ha llegado al punto de máximo aprovechamiento de los ordenadores.

Desde mi punto de vista, el mejoramiento de la organización industrial, junto con la disponibilidad de un "hardware" económico finalizará esta tercera etapa y dará paso a los sistemas de la "segunda generación".

Podemos analizar brevemente estos tres conceptos:

- Organización industrial en la Construcción Naval.
- Consideraciones profesionales, sociales y laborales.
- Nuevo "hardware" y "software" de comunicaciones en un futuro próximo.

La organización industrial de la Construcción Naval es importante porque el flujo de materiales para la construcción del buque está precedido por el flujo de una gran cantidad y variedad de información. La producción y utilización de esta información varía según el astillero, como ocurre con las aplicaciones en las que los Sistemas CAD/CAM se han usado, con la elaboración de esta información y con las áreas de trabajo.

Naturalmente, hasta ahora se han aplicado las técnicas CAD/CAM a aquellas áreas de trabajo que, en general, eran las más fáciles de resolver, como por ejemplo cálculos de arquitectura naval, definición completa de la estructura del casco de acero, definición de las partes internas, control numérico para oxicorte, información para elaboración de tuberías, etc.

- Incidentalmente, algunas de estas áreas de trabajo se abrieron a un rá-



vido progreso de la productividad, tanto en la elaboración de la información, como en el proceso de construcción. Este es el caso de los Sistemas CAD/CAM para la construcción del casco de acero, como hemos visto en la descripción del Sistema FORAN.

En realidad, podemos decir que la única área de trabajo en la que se ha producido un cambio en la organización industrial y los métodos de trabajo, como consecuencia de Sistemas CAD/CAM, es en la construcción del casco de acero, siendo claramente el control numérico para oxicotar una nueva tecnología.

Sin embargo, parece que se ha llegado al límite de la posible mejora de la productividad en esta área, en la mayor parte de los astilleros avanzados del mundo.

Pienso que, en la presente situación, es una opinión general que el desarrollo de la productividad no será realmente efectiva, a menos que se eleve el nivel de producción del barco completo. En algunos casos es típica la situación de muchos astilleros en los que las tuberías y el equipo constituyen un cuello de botella real.

Es también frecuente que principalmente en los astilleros medianos y pequeños, la organización de la producción y la necesidad de mejorar la productividad, produzca problemas laborales y sociales, debido a la cualificación de los trabajadores. Como consecuencia, la producción requiere información cada vez más compleja y la productividad del conjunto mejora menos que lo esperado, cuando se decide la utilización en algunas áreas de las técnicas de CAD/CAM.

Hasta ahora, los grados de ayuda que el uso de ordenadores aporta a actividades diferentes como elaboración de acero, construcción del casco, tuberías, armamento, planificación y control de la producción, control de costes, y a la obtención de todo el volumen de planos y documentos requeridos por estas actividades, se sitúan a niveles muy diferentes entre sí.

Sin embargo, se empieza a disponer de sistemas CAD/CAM para todas estas actividades, y en un plazo relativamente próximo, quizás 2 ó 3 años, el único problema técnico pendiente será el de la integración de todos estos sistemas, de forma que, las mejoras individuales de productividad, sean una mejora en el conjunto.

Esta integración será uno de los puntos básicos de los sistemas de la "segunda generación".

La actividad profesional y las consideraciones socio-laborales están cambiando de una forma drástica, sobre todo en los países industrializados.

En muchos de ellos se observa que resulta poco atractivo trabajar en las industrias de Construcción Naval, sobre todo en las actividades - que implican condiciones de trabajo más duras. Al mismo tiempo, la culificación de las nuevas generaciones está siendo más alta por término medio y ello repercute en esta falta de atractivo. En parte por esta consideración y en parte por el aumento de productividad y de precisión en la construcción, la introducción de robots, en el más amplio sentido de la palabra, en Construcción Naval parece que será muy importante en un próximo futuro a pesar de que en estos momentos ofrece dificultades más serias que en otras industrias.

Los Sistemas de CAD/CAM de "segunda generación" deberán tener en cuenta estos aspectos y sobre todo ser capaces de producir los datos necesarios para la programación de los robots.

Finalmente, en lo que al "hardware" en sí mismo se refiere, es evidente que su continua mejora técnica y las reducciones de coste permiten asegurar que en un próximo futuro el "hardware" satisfará cualquier necesidad, tanto de cálculo como de comunicaciones, que se pueda presentar en la Construcción Naval. Las discusiones sobre ordenadores centrales - frente a mini-ordenadores, centralización o descentralizaciones de la capacidad de cálculo y organización en general del proceso de datos, serán resueltas con la disponibilidad del nuevo "hardware" asequible a la mayoría de las empresas y la popularización de conceptos como el de "área local de comunicación" (LAN, local area network) y la popularización de los periféricos adecuados. En tal situación el problema para las empresas de Construcción Naval 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 estas necesidades.

Estos sistemas de la "segunda generación" podrán ser construídos sobre parte de los actualmente existentes, en la medida en que estos sean portables y capaces de adaptarse eficientemente al uso del "hardware" futuro. No obstante, será la capacidad de innovación de la propia industria de Construcción Naval y la reacción de los propios astilleros ante esta demanda de nueva tecnología, lo que configure las características del "software" del CAD/CAM de la "segunda generación".

Como se indica anteriormente y, teniendo en cuenta la evolución de los factores analizados, se puede estimar que a partir de 1986 puede empe-

zar a configurarse claramente y empezar a utilizarse en algunos astilleros avanzados lo que estamos llamando Sistemas de CAD/CAM de la "segunda generación".

Como resumen de cuanto antecede, se puede decir que los Sistemas CAD/CAM tienen un futuro muy interesante, debiendo responder a la creciente demanda de tecnificación de los astilleros de todo tipo y tamaño. Esta respuesta, basada en el progreso y abaratamiento del "hardware", permitirá utilizar los más sofisticados sistemas totales apoyados en el adecuado equipo informático en los astilleros muy desarrollados, o bien aquellos otros constituidos por paquetes compactos de "software" manejados en pequeños ordenadores orientados, con coste conjunto reducido y de sencilla utilización, que facilita el acceso a esta tecnología a los astilleros medianos e incluso pequeños.



