Aplicación práctica de los modelos a escala

Teniente Primero
Jorge Gutiérrez Muñoz

El espíritu de la iniciativa y creatividad se alimenta de la actividad; por eso tenemos que hacer muchas cosas, pero muchas cosas, aunque se corra el riesgo de *hacer algunas de ellas bien.*

J.G.M.

Es típica la imagen del marino tallando con su navaja un pequeño barco de madera; sin embargo, en la actualidad las maquetas de artesanía son casi exclusivamente producidas por un restringido grupo de aficionados a los que se les puede considerar historiadores más que modelistas. Poseer un modelo a escala hecho por uno mismo había representado a veces una inversión de muchos meses, incluso años de trabajo, al interesado. Ahora nos encontramos con un mercado que pone a nuestra disposición multitud de modelos de diferentes materiales (madera, plástico, metal, o una combinación de ellos), que permiten concluirlo en breves días y con un mínimo esfuerzo.

LOS MODELOS EN LA HISTORIA

Es una constante en la mayoría de los seres humanos el sentir una cierta fascinación por lo pequeño. A esta regla no han escapado las reproducciones de los diferentes objetos que han rodeado a los humanos desde hace miles de años. En efecto, ya en las tumbas de los faraones se encontraron reproducciones a escala de los objetos de uso cotidiano de la época. Podemos considerar estos juguetes milenarios como las primeras manifestaciones de lo que luego se convertirían en el modelismo.

Muchos años después encontramos, en el esplendor de la Roma

antigua, que romanos acaudalados gustaban de poseer reproducciones sorprendentemente exactas de las máquinas de guerra de la época, y lo mismo sucedió en la Edad Media y épocas posteriores. Ejemplos conocidos de esto último son los modelos reducidos que el propio Leonardo Da Vinci utilizaba para sus experimentos. Durante la romántica época de la navegación a vela, surge una fuerte corriente de afición sobre la construcción de modelos a escala de buques de guerra, de los cuales algunos sobreviven como invalorables piezas de arte en los museos europeos e incluso en nuestro Museo Naval con sede en el Callao.

LOS MODELOS EN ÉPOCAS MÁS RECIENTES

Desde la antigüedad, los hombres de ciencia solían realizar maquetas, a escala reducida, de las imágenes o construcciones que diseñaban, antes de emprender el proyecto original. Nombres con historia, como Arquímedes, La Cierva o, más recientemente, Walt Disney, y, desde luego, multitud de artesanos, inventores, técnicos y militares, famosos o desconocidos, han construido y/o utilizado modelos a escala con un fin práctico o como simple distracción.

Durante el siglo pasado y comienzos del presente, la Oficina de Patentes de Invención de EE. UU. de N.A. exigía, como requisito principal para reconocer como novedad alguna nueva máquina la presentación del modelo a escala, *funcionando*, de la misma.

En 1804, el británico Sir John Cayley había construido pequeños modelos funcionales de planeadores lanzados a mano; por los años 1845-50 otro británico, Jhon Strings Fellow, fabricó varios aeromodelos, uno de ellos, de 3 metros de envergadura, y movido por una pequeña máquina a vapor, fue el primer objeto más pesado que el aire que se elevó por encima del suelo por sí mismo.

Los primeros motores de explosión para modelismo datan de 1900-1905.

El cine, ya en forma más reciente y en su faceta más espectacular, tiene detrás de todas estas fantasías animadas *un equipo* sin el cual no serían posible *los efectos especiales*; los creadores de monstruos, ciudades, vehículos, ambientes, todo lo que el hombre es capaz de imaginar, son los profesionales de una actividad que poco a poco se ha extendido por el mundo de una forma masiva: *el modelismo*.

El modelismo abarca las diferentes actividades humanas como son: aeromodelismo, las maquetas de edificios y otras obras, y el modelismo naval.

MODELISMO NAVAL

El modelismo naval tiene tres facetas:

La primera es *la estática*, que es la que cultivan la mayoría de los

aficionados a este arte, en la cual la maqueta creada no tiene movimiento y es, en efecto, una bella pieza de artesanía.

La segunda es *la dinámica*. Comprende modelos navegables, llegando a ser de realismo extremo, maniobrando con un sonido casi real, y hallarse dotados de múltiples funciones similares a las del modelo real. Los modelos navegables pueden mimetizar cualquier embarcación, tanto de vela como de motor, incluyendo aquí los sumergibles.

La tercera es *la de competencia*, y es la más fascinante por el desafío que implica. Los modelos de competición se dividen según su propulsión, que pueden ser a vela, o mediante motores de explosión o motores eléctricos, en los que embarcaciones de aproximadamente un metro de eslora giran alrededor de balizas a velocidades que se acercan a los 100 km./hora, sin tocar el agua con apenas otra parte del casco que no sea la hélice.

EL MODELO EN LA CIENCIA

Cuando el hombre empieza a construir máquinas utiliza una reproducción a escala de sus inventos. Este ha sido durante mucho tiempo el motivo único de las maquetas.

La *simulación de un sistema* (sinónimo de modelo) se usa cuando se desea observar la sucesión de eventos interrelacionados o cuando existe una interrelación entre el sistema y fuerzas externas. Ejemplo de estos problemas son las interacciones hombre-máquina, los modelos financieros y los sistemas físicos y químicos. En este último grupo podemos citar su aplicación en las válvulas de control automático en tuberías. El modelo se hace con elementos que representan los atributos del sistema de control, la válvula, el sistema de tuberías y el fluido. Tal modelo, cuando se ha probado y verificado, puede indicar cuándo ocurrirán los golpes de ariete en la tubería o cuándo la acción de la válvula es demasiado rápida, también puede emplearse para demostrar las condiciones de presión y temperatura del fluido cuando esté sujeto a control por la válvula.

MODELO vs. PROTOTIPO

Hay veces en que, por razones económicas o de otra índole, se desea determinar el comportamiento de una estructura o máquina probando otra estructura o máquina; esto es lo que se llama modelo de pruebas. El equipo que se va a probar es el modelo y el equipo cuyo comportamiento se desea predecir recibe el nombre de prototipo. Un modelo puede ser más pequeño, del mismo tamaño o incluso mayor que el prototipo. Mediante experimentos sobre modelos de astronaves, cohetes, misiles, tuberías, barcos, canales, turbinas, bombas y muchas otras estructuras y máquinas, se han logrado economías importantes que justifican con creces los gastos

para diseñar, construir y probar el modelo. En algunos casos, el modelo y el prototipo pueden ser la misma pieza del equipo; por ejemplo, la calibración en laboratorio de un medidor de flujo con agua para predecir su comportamiento con otros líquidos.

REQUISITOS DE SIMILITUD

Para una similitud completa entre un modelo y un prototipo es necesario que existan similitudes geométricas, cinemáticas y dinámicas.

La similitud geométrica existe entre ellos cuando las razones de todas las correspondientes dimensiones son iguales. Estas razones suelen expresarse como sigue:

Longitud: L razón = L modelo / L prototipo

Area : L^{oo} razón = L^{oo} modelo / L^{oo} prototipo

Volumen : L^{ooo} razón = L^{ooo} modelo / L^{ooo} prototipo

La similitud cinemática existe cuando entre un modelo y su prototipo hay similitud geométrica de sus líneas de corriente o de flujo.

La similitud dinámica existe cuando modelo y prototipo ya tienen similitudes geométricas y cinemáticas y cuando las razones de todas las fuerzas son las mismas.

Afortunadamente, en la mayor parte de los problemas de ingeniería no todas las ocho fuerzas están implicadas, ya que algunas quizá no están actuando, o porque sus magnitudes no son dignas de tomarse en consideración, o porque se oponen unas a otras, compensándose entre sí. En cada aplicación de similitud es fundamental conocer bien los fenómenos de fluidos que están presentes para eliminar lo que no tiene importancia, lo carente de sentido, o las fuerzas compensadas cuando el fenómeno es tan complejo que no sea fácil analizarlo, o es desconocido. Sólo mediante la verificación experimental con el prototipo de los resultados obtenidos según el modelo se podrá determinar cuáles fuerzas son las que deben considerarse en pruebas posteriores.

MODELOS EN LAS CONSTRUCCIONES NAVALES

Arrastrando modelos de barcos con varias velocidades, en pozas especialmente diseñadas para experimentos, obtenemos la resistencia total del modelo, para lo cual los números de Froude[1] del modelo son iguales que los del barco real (Figura 1).

Combinando los conceptos de hidrodinámica en modelos se logra

1 Números de Froude (hidrodinámica), son la combinación de datos de resistencia de presión y de formación de olas.

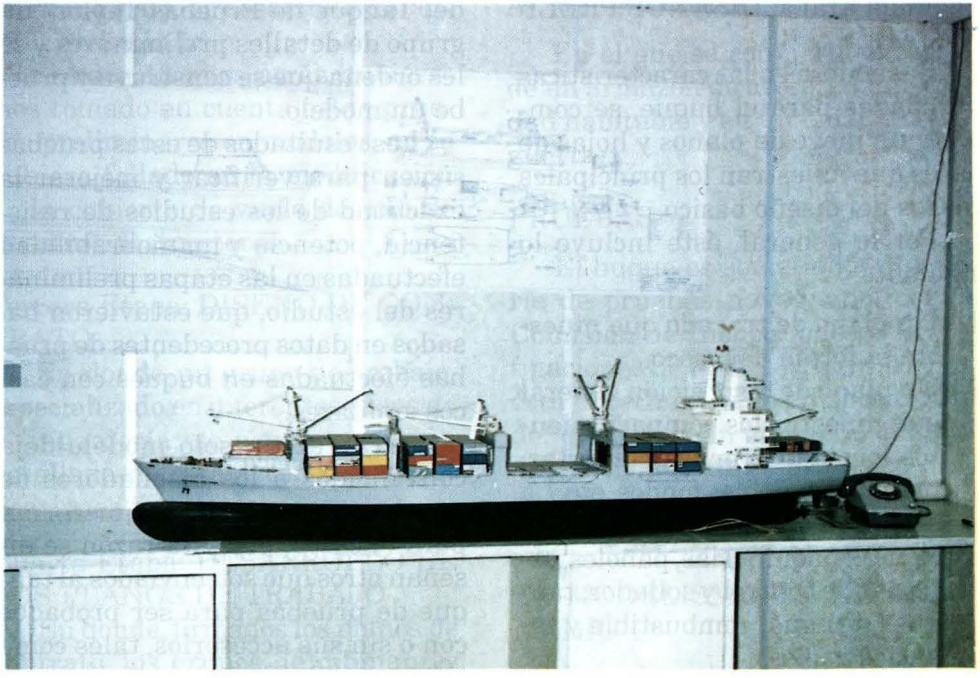


Figura 1

obtener en otros datos la potencia efectiva total para impulsar el barco en estudio.

El procedimiento en el diseño de los buques de guerra, de modo general, en la U.S. Navy, se efectúa en cuatro etapas distintas. Cada una de ellas establece ciertas características que no podrán después ser alteradas sin variar el diseño e incidir en demoras. En cada una de las etapas sucesivas se aumenta el número de detalles que se incluye en los planos, como veremos más adelante.

Primera Etapa: CONCEPCION

a.- Misión.
b.- Función.
c.- Características aproximadas del casco.
d.- Armamento.
e.- Municiones.
f.- Requisitos para comunicaciones y electrónica.
g.- Características de máquinas y de propulsión.
h.- Protección.
i.- Características del puesto de mando, del buque y del control de artillería.
j.- Dotación, dormitorios y comedores.
k.- Suministros y pañoles.
l.- Cualquier requisito especial, como por ejemplo: características de aviación, talleres, embarcaciones menores, etc.

Segunda Etapa: DISEÑOS PRELIMINARES

Basándose en las características aprobadas para el buque, se completa un juego de planos y hojas de datos que muestran los principales rasgos del diseño básico.

Por lo general, éste incluye lo siguiente:

1.- Un plano de trazado que muestra la forma del casco.
2.- Un plano de disposición general que muestra los compartimientos formados por las cubiertas, mamparos, dobles fondos, etc. La situación del armamento, municiones, maquinarias, pañoles, espacios de control y sollados, tanques de agua, combustible y espacios vacíos.
3.- Un plano estructural.
4.- Un estudio de la resistencia longitudinal.
5.- Curvas de estabilidad estática.
6.- Curvas de alcance de las inundaciones.
7.- Un grupo de hojas conteniendo un sumario de los 56 grupos de pesos, así como pliegos de estabilidad y asientos para las condiciones típicas de carga.

Inmediatamente después que en el periodo de diseño preliminar se ha llegado a un acuerdo razonablemente firme sobre las dimensiones del buque, la forma del casco y la velocidad, se le da a los encargados del Tanque de Pruebas Taylor[2] un grupo de detalles preliminares y se les ordena que se construya y pruebe un modelo.

Los resultados de estas pruebas sirven para verificar y mejorar la exactitud de los estudios de resistencia, potencia y maniobrabilidad efectuadas en las etapas preliminares del estudio, que estuvieron basados en datos procedentes de pruebas efectuadas en buques con cascos similares.

Rara vez un solo modelo deja convencidos a los diseñadores de que han logrado la mejor forma para el casco; por esta razón se diseñan otros que son enviados al tanque de pruebas para ser probados con o sin sus accesorios, tales como timón, quilla de balance, eje y arbotantes. Después de esto se ejecutan pruebas de autopropulsión con objeto de determinar el mejor juego de hélices y comprobar el caballaje necesario en el eje para mover el buque a su velocidad máxima y de crucero. Debido a que en años recientes la maniobrabilidad ha adquirido gran importancia, se prueban diseños avanzados de timones, en los modelos, para determinar cuál es el que más ventajas ofrece en las características de gobierno y giro. El programa de tanque de pruebas, por lo tanto con frecuencia, abarca varios modelos y pruebas que toman más tiempo del

2 Tanque de Pruebas Taylor: piscina especialmente diseñada para efectuar pruebas hidrodinámicas, científicamente controladas, de los modelos de buques a escala.

asignado para el desarrollo del diseño preliminar.

Si hace 18 años atrás hubiéramos tomado en cuenta estas pruebas preliminares en modelos, no se hubiera fallado en la modificación de la cubierta de vuelo de uno de nuestros destructores.

Tercera Etapa: DISEÑO DE CONTRATO

En donde un grupo de trabajo, especializado en diferentes áreas de la ingeniería, se ocupa en forma detallada de establecer las especificaciones finales del contrato.

Cuarta Etapa: DESARROLLO DE LOS PLANOS DE TRABAJO

En donde, firmados los planos de contrato, los grupos de dibujantes del fabricante desarrollan los miles de planos de trabajo detallados basándose en la información que aparece en el contrato.

CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE

Con la finalidad de evitar discrepancias en las escalas de las líneas de los planos, al llevarlos a su tamaño normal, se construye un modelo de madera (por lo general 1/4" = 1 pie) para ayudar a la Sala de Gálibos[3] en la preparación de los planos y, en particular, el plan del desarrollo del forro del casco.

ALISTAMIENTO

En el que se convierte el casco, de un armazón de acero, en una ciudad habitable y en una máquina de guerra.

PRUEBAS

El buque es sometido a una serie de pruebas navegando, por la Comisión de Inspecciones e Investigaciones de la U.S. Navy, para que ésta determine si las disposiciones del contrato han sido o no cumplidas satisfactoriamente. Poco después de aceptado, el buque entra en servicio.

EL MODELISMO EN NUESTRO MEDIO

Actualmente encontramos que la Fuerza Aérea Peruana es la más fuerte impulsora del modelismo en el campo del aeromodelismo tanto estático como dinámico; por lo mismo que efectúa competencias de aeromodelos funcionales (que vuelan de verdad) en el Aéreo Club de Collique y en Las Palmas, compitiendo en ellas civiles e incluso cadetes FAP. Los últimos tienen como parte de sus materias de estudio *los aeromodelos*, los cuales son adquiridos en forma de Kits listos para ensamblar y volar.

Fue en una ocasión en el año de 1981 en que el autor de estas pági-

3 Sala de Gálibos: En un astillero, es un cuarto sumamente grande, con un piso nivelado debidamente uniformado en el que se trazan las líneas del buque con lápiz o punzón de trazar en tamaño natural o sea en escala 1:1



Figura 2. B.I.C. Humboldt. *Modelo a escala en 1:100.*

nas, siendo cadete de tercer año en la Escuela Naval, fue invitado a una demostración de aeromodelismo por cadetes de la Escuela de Oficiales de la FAP. La satisfacción de mis camaradas al ver mi asombro por ver volar sus modelos fue explotado al máximo por ellos, llegando los mismos, incluso, a insinuar que nosotros, los cadetes navales no éramos capaces de construir estos pequeños ingenios. Herido en mi orgullo, les aclaré que lo que ellos hacían era, pues, armar Kits, que no es lo mismo que diseñar y construir uno; heridos, a su vez, en su vanidad me propusieron, apuesta de por medio, que en el plazo de tres meses yo les invitara a la Escuela Naval a presenciar una demostración de un modelo a escala, y navegando, de algún buque construido en nuestros astilleros. Ellos eran seis y yo uno, y estaba en juego mi propina de seis meses; pero sin titubear acepté.

Al cabo de dos meses terminé el modelo a escala en 1:100 a control remoto hiloguiado del B.I.C. *Humboldt* (Figura 2), y, por supuesto, invité a mis camaradas de la FAP a verlo navegar en la piscina de la Escuela Naval... Con mucha satisfacción vi su asombro al ver que se podía dirigir a voluntad su navegación, para adelante, hacia

atrás, realizar evoluciones e incluso prender sus luces interiores. No les quedó sino cumplir como caballeros, sin fallar ninguno, en pagar su apuesta. La explicación de los detalles de la construcción no viene al caso, pero puedo manifestar que me costó muchas desveladas e intenso estudio, ya que era la primera vez que en nuestro medio se realizaba un trabajo de este grado de dificultad, y, sobre todo, que tuve que construirlo íntegramente (incluso el control remoto), ya que no disponía de mucho dinero para importar y adquirir las diferentes partes que se requerían. Pero la tradición naval obliga.

El modelismo naval en nuestro medio, lamentablemente, está relegado a un muy pequeño grupo de entusiastas practicantes que, en forma independiente, se esmeran en cultivar este arte.

Como corolario, quisiera hacer mención que el modelismo no sólo es un arte, sino una herramienta muy poderosa de investigación y desarrollo tecnológico; nos ayuda a alcanzar logros en forma tangible a nuestra imaginación y a un mínimo costo. Los poderosos programas de computación, como son los *de realidad virtual* nos ahorran tiempo y ayudan a visualizar el comportamiento de los diseños de futuras máquinas o vehículos, pero cuestan cientos de miles de dólares, lujo que por ahora no podemos darnos. Sin embargo veámoslo así: Si los programas exitosos APOLO, de exploración de la Luna, y del Transbordador espacial de los Estados Unidos siguen trabajando con modelos a escala, qué nos impide a nosotros el diseño de nuevas naves que den solución a nuestros problemas ancestrales de transporte en forma rápida y eficiente. Sólo tomar la decisión de aceptar el reto por riesgosa que sea la empresa; tenemos calidad profesional y nos sobra ingenio, y, después de todo, *la tradición naval obliga.*

BIBLIOGRAFIA

- MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico - Capítulos 3, 11, 13.
- NAVAL SHIPS. Fundamentals of construction and stability. 1980.
- BAUMEISTER. Model teorics and practice. 1991.
- ESCUELA NAVAL DEL PERU. Revista Orto 1982.
- POPULAR MECHANIC. Julio 1990.



Los buzos están obligados a leer las instrucciones referentes al trabajo específico de las computadoras, éstas ayudan a evitar virtuales riesgos del buceo, se debe tener siempre presente que el instrumento no es el que toma las decisiones.

