

XIII. CONCLUSION

XIII.1. REPASO DEL CONTENIDO

A lo largo de este libro hemos recorrido una serie de temas que establecen una sólida base para estudios más avanzados sobre Hidráulica (o Hidrodinámica) Marítima. Recapitulemos.

Después de introducir el tema en el capítulo I, procedimos, en el capítulo II, a plantear las ecuaciones gobernantes del fenómeno en una forma conveniente para nuestros propósitos posteriores. Al introducir la idea de un potencial de velocidades llegamos a la conclusión de que la ecuación a resolver era sumamente sencilla (y lineal). Sin embargo, al complementar con las condiciones de frontera, normalmente consideradas como un pequeño detalle, encontramos que en este caso gobiernan al fenómeno y de hecho le imparten la mayor parte de la complejidad al tema. Así, en el capítulo III linealizamos de una forma racional las ecuaciones gobernantes y buscamos soluciones razonables en términos de la experiencia que tenemos al observar la superficie del mar. Llegamos a expresiones de la llamada *teoría lineal de oleaje* o teoría de Stokes de 1^{er} orden. Con ellas obtuvimos expresiones explícitas que nos permiten describir los campos de presiones, desplazamientos, velocidades y aceleraciones. En el capítulo IV aprovechamos para practicar con nuestros nuevos conocimientos sobre la más simple de las teorías de oleaje aplicándola a problemas típicos que se encuentran en un laboratorio de hidráulica marítima, tanto de generación como de medición de oleaje. Simultáneamente permitimos que, aquellos que tienen acceso a uno de estos laboratorios, puedan comprobar la teoría y conceptos que se tratan más adelante. Después procedimos, en el capítulo V, a explorar el problema de cómo se mueve la *energía de oleaje* llegando a lagunas conclusiones aparentemente poco intuitivas (como que la energía de oleaje no necesariamente se mueve a la misma velocidad que las olas en sí). Luego, en el capítulo VI nos adentramos en lo que sucede en la capa de fluido que se encuentra directamente sobre el fondo, tratando la llamada *capa límite*

oscilatoria. No solamente esto, sino que exploramos lo que el oleaje le hace al fondo móvil y a su vez lo que este fondo (fijo o móvil) le hace al oleaje.

Con lo anterior concluimos un paquete relativamente teórico y procedimos a tratar algunos de los temas que dominan cursos de *Ingeniería Marítima y Costera*, pero ahora bien armados con conceptos teóricos fundamentales. En el capítulo VII vimos lo que le sucedía al oleaje al pasar a zonas con diferente profundidad, inclusive hasta llegar a la costa, mientras que en el capítulo VIII estudiamos lo que le sucede al oleaje al interaccionar con diversas configuraciones de costas y de obras hechas por el hombre. En contraste, en el capítulo IX vimos los efectos del oleaje sobre las estructuras que el hombre hace, a través de las fuerzas que sobre ellas ejerce.

En el capítulo X regresamos a aspectos más teóricos, primero para explotar la principal ventaja de la teoría lineal de oleaje, la de superposición. Así aprendimos a aplicar la teoría previamente vista a condiciones más realistas del oleaje irregular. En el capítulo XI regresamos a nuestras ecuaciones gobernantes y definimos un mecanismo por el cual soluciones de mayor orden pueden ser obtenidas sucesivamente, aplicando éste en forma amplia para obtener la teoría de Stokes de 2^o orden. Después exploramos superficialmente otras teorías de oleaje.

Finalmente, en el capítulo XII, regresamos nuevamente a aspectos muy prácticos como lo es la generación del oleaje por viento, tema en el que nos tuvimos que introducir brevemente inclusive a la mecánica de fluidos del aire. Aprovechamos este capítulo para ejemplificar con uno de los fenómenos que frecuentemente producen las *condiciones de diseño* en latitudes bajas y medias, el de los ciclones tropicales.

XIII.2. TEMAS RELEGADOS

Obviamente, dado el carácter de fundamental (o introductorio) del presente texto, el número de temas relegados para su estudio en otras

publicaciones es enorme. Pero es necesario recalcar algunos de ellos por su importancia.

Es claro que nos hemos restringido a lo que podría llamarse *mecánica de oleaje*. Pero aún dentro de este tema aparece uno de importancia: el nivel del mar sobre el que el oleaje estudiado se mueve. Aunque lo hemos considerado como una especie de *constante conocida*, nada hay más lejos de la realidad. Por un lado no es de ninguna manera constante y por otro se requieren de sofisticados conocimientos y herramientas para poder conocer su valor. Su variación esta gobernada tanto por la *marea astronómica* como por la *marea de tormenta* e inclusive es modulado por el oleaje costero. Sin embargo, para tratar honestamente este tema, se hace necesario introducir una serie de conceptos como la fuerza de Coriolis y el potencial de mareas, que el autor no consideró como del nivel fundamental o introductorio que caracteriza al resto del texto. Es por ello que este tema se relega a otras publicaciones (por ejemplo Pugh, 1987).

Otros temas de importancia que se han relegado son el de las teorías de oleaje de mayor orden (por ejemplo la de Stokes de 5^o orden se utiliza rutinariamente en la industria de las plataformas marinas petroleras, Graff, 1981 y Sarpakaya e Isaacson, 1981) y el de transporte de sedimentos y/o erosión costera. Con respecto a este último se refiere al lector a Sleath (1984). Muchos otros temas extremadamente interesantes se tratan, desde el enfoque de matemáticas aplicadas, en Mei (19??). La modelación numérica de los fenómenos marítimos/costeros es también apasionante y de aplicación rutinaria hoy en día (por ejemplo, Spaulding, 1989 y Heaps, 1987). Esto sin contar con la modelación del transporte de contaminantes en el ambiente marino. Evidentemente, el panorama es inmenso.

Al concluir, el autor desea que el lector haya adquirido al menos la herramienta fundamental para poder emprender estudios sobre cualquiera de estos otros temas. Si no he podido presentar las *respuestas correctas*, al menos espero haber conducido al lector a que pueda plantear las *preguntas correctas*.