



Fotografía II — Inundaciones en Filipinas causadas por el tifón "OLGA" el 18 de mayo de 1976. (Foto: Liga de Sociedades de la Cruz Roja).

La erosión en el dique y riberas naturales constituye uno de los problemas más graves que ha de ser resuelto dentro de los trabajos de control y acondicionamiento de los ríos. Durante años se han intentado numerosos métodos en varios países para impedir la erosión de las riberas de los ríos, por ejemplo en el río Brahmaputra y en el río Amarillo. Los revestimientos, diques transversales y espolones varían considerablemente de uno a otro, y es evidente que cada río debe ser considerado hasta cierto punto como un caso particular.

Las secciones transversales del cauce y el perfil longitudinal del lecho del río pueden ser determinados mediante hipótesis fundadas en las medidas del caudal y del transporte de sedimentos. La variación a largo plazo del comportamiento de un río también debe ser tenida en cuenta cuando se planifiquen los trabajos contra la erosión y para el control de las inundaciones. A partir de ese mismo momento se debe vigilar el comportamiento del río para ver con la debida anticipación si es necesario hacer nuevas obras.

Protección contra las mareas de tempestad

Los diques costeros destinados a la protección contra las mareas de tempestad deben ser diseñados específicamente para que resistan la fuerza y altura de las aguas que cabe esperar de las mareas de tempestad, y también a la acción combinada de los vientos y olas, así como a los desbordamientos que pudieran producirse. Además, los diques costeros que se proyecten en las zonas de los deltas de los ríos deben planificarse al mismo tiempo que otros proyectos de desarrollo, tales como autopistas, obras portuarias y acondicionamiento de terrenos, con objeto de evitar toda duplicación de los gastos de inversión.

En Bangladesh, terminó en junio de 1970 un proyecto costero constituido de 3.090 km de diques, con 625 esclusas, para la protección de 648.000 hectáreas de tierras bajas situadas en la parte central del Golfo de Bengala. La inversión total del proyecto importó 200.000.000 de dólares de los Estados Unidos. Las normas que se aplicaron a los diques fueron establecidas a fin de obtener protección contra la altura normal de las mareas de tempestad. El ciclón tropical de noviembre de 1970 produjo una marea de tempestad catastrófica que destruyó completamente unos 65 km de diques, en una zona próxima a la cruzada por el centro del ciclón. Otros 390 km de diques sufrieron daños de diferente importancia*.

Ejemplo de protección contra las mareas de tempestad

En Osaka, Japón, que es una de las zonas más densamente pobladas de Asia, se ha establecido un moderno sistema de protección contra las mareas de tempestad, cuidadosamente planificado.

Osaka ha sido construida sobre los sedimentos de arcilla blanda y gravilla depositados por los ríos Yodo y Yamato. Hace unos cuarenta años apareció una notable subsidencia de la tierra causada por el excesivo bombeo de agua subterránea necesaria para la industria y acondicionamiento de aire. La subsidencia máxima total de la tierra durante el periodo comprendido entre 1936 y 1967 era de unos 280 cm en las zonas costeras, y actualmente la mayoría de la parte occidental del Osaka está más baja que el nivel del mar.

El tifón Muroto, en 1934, causó numerosos daños en Osaka, así como el tifón Jane en 1950, cuando un tercio de la ciudad fue inundado por la marea de tempestad. Como consecuencia de esta inundación se iniciaron inmediatamente los trabajos de protección contra estas mareas, que fueron terminados rápidamente. Sin embargo, la subsidencia de los terrenos motivó que los diques de protección se hundieran al mismo tiempo que la ciudad. Para proteger las vidas y propiedades de varios millones de personas resultó urgente aumentar la altura de los diques hasta alcanzar el nivel requerido para poder resistir a la marea de tempestad máxima que previamente se había experimentado.

* Walter G. Schultz, "Introduction to irrigation and related institutional arrangements in the Ganges-Brahmaputra-Megna delta". *Report of Eighth Congress on Irrigation and Drainage, 1972.*

PRINCIPALES OBRAS DE PREVENCIÓN DE MAREAS DE TEMPESTAD
DE TEMPESTAD

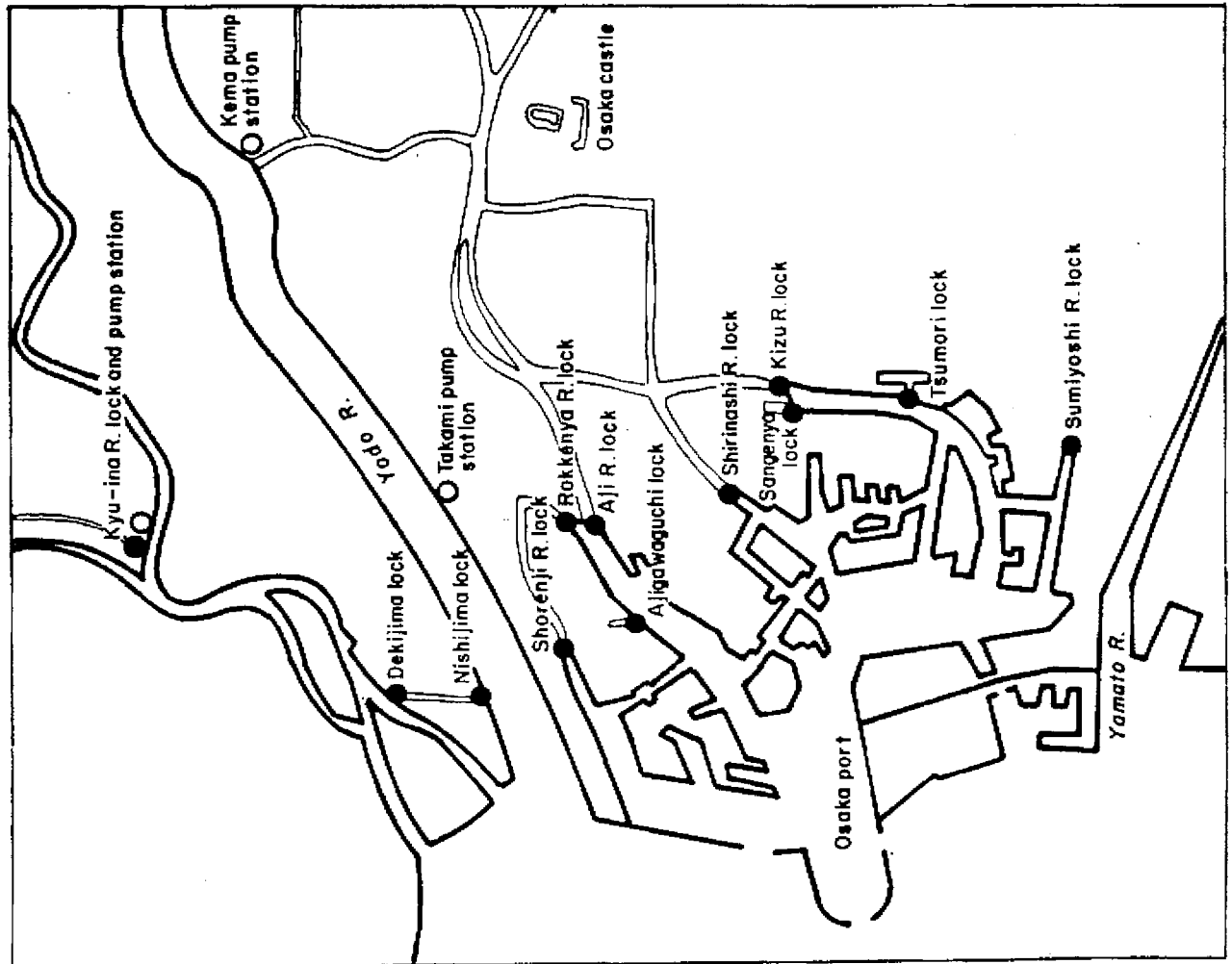
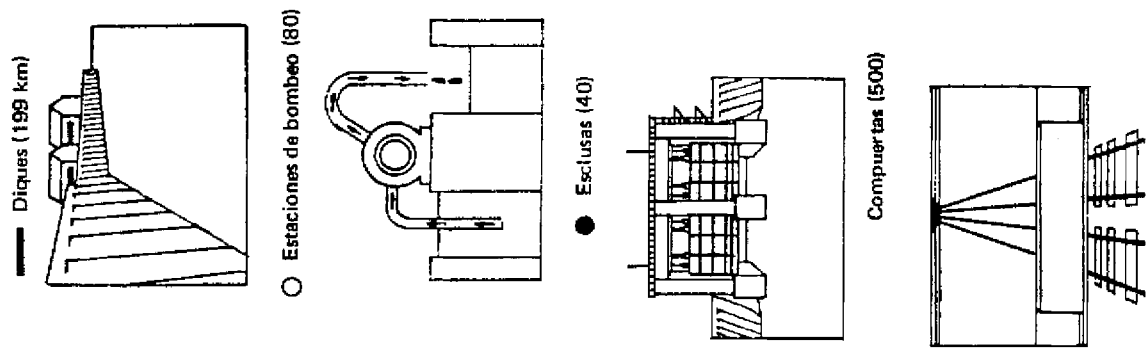


Figura 8 -- Proyecto de prevención de mareas de tempestad en Osaka, Japón

El actual proyecto de prevención contra las mareas de tempestad consiste en la construcción de diques, compuertas, estaciones de bombeo y en elevar los puentes hundidos por la subsidencia del terreno. Las amplias esclusas que ahora protegen a Osaka de las mareas de tempestad causadas por los tifones fueron construidas entre 1965 y 1970. Estas esclusas fueron proyectadas y construidas como medida alternativa a la elevación de la altura de los diques existentes, por razones de coste y tiempo, y también para reducir al mínimo los efectos en el tráfico y aspecto urbano. Este proyecto se indica en la Figura 8 en la que los círculos negros indican las esclusas más amplias.

Embalses de detención para el control de las inundaciones

La protección contra las inundaciones puede realizarse disponiendo de embalses que retrasen o aplacen la excesiva escorrentía, con objeto de reducir la altura de la inundación corriente abajo. En general, esto puede conseguirse construyendo presas en la corriente principal, en sus afluentes y en algunos casos construyendo embalses de retardo en medio de los ríos. Estos embalses, cuando funcionan correctamente y en combinación con eficaces sistemas de predicción de inundaciones, constituyen la estructura más segura para controlar las inundaciones.

La construcción de una presa de embalse de gran capacidad requiere un emplazamiento favorable y la inversión de fondos muy considerables. En las zonas habitadas, la construcción de una presa podría interrumpir la vida social y económica de la población. El reasentamiento de la población, especialmente de los agricultores, resulta casi siempre difícil en unos países donde el índice demográfico es elevado. En consecuencia, lo que se suele hacer es realizar proyectos polivalentes, siendo el control de las inundaciones uno de los objetivos, tratando al mismo tiempo de hacer buen uso de los pocos emplazamientos que una cuenca fluvial ofrece para hacer un embalse. En la mayoría de los proyectos polivalentes de desarrollo de recursos hídricos existen aparentes conflictos entre el deseo de mantener el embalse vacío para hacer frente a las aguas imprevistas de las inundaciones y la necesidad de almacenar agua para la producción de energía hidroeléctrica, riego, navegación, etc. Cuando existen varios embalses de control de inundaciones en una cuenca fluvial, su funcionamiento debe estar regulado cuidadosamente de modo que el efecto acumulativo que produce al dejar salir las aguas de las inundaciones no cree situaciones peligrosas corriente abajo.

Muchos embalses, incluso si se matienen debidamente mediante un acondicionamiento de la vertiente y trabajos de control contra la erosión, se van llenando continuamente de sedimentos lo cual reduce su capacidad y afecta al comportamiento de la parte baja del río. A pesar de sus limitaciones físicas, económicas y sociales, se han construido, y se construirán sin duda en el futuro, muchas presas y embalses para el control de inundaciones, ya que el agua almacenada durante la estación lluviosa puede ser utilizada con eficacia en la estación seca para hacer frente a numerosas necesidades.

Los terrenos pantanosos y lagos, que con frecuencia existen en las zonas aluviales, pueden ser utilizados como embalses para retardar las inundaciones y pueden así servir para fines análogos a los de los embalses destinados al control de inundaciones. Como la profundidad disponible para el embalse de las aguas en este caso no excede habitualmente de unos 60 cm, el área de la cuenca tiene que ser grande para que este método pueda contribuir con eficacia a la prevención de las inundaciones. Fuera de la estación de inundaciones, estos terrenos pueden ser utilizados para el cultivo, fines de recreo o, algunas veces, para estacionar el agua que pueda ulteriormente transvasarse al sistema habitual de suministro de la región.

Acondicionamiento del cauce de los ríos y diversificación de las inundaciones

Se puede acondicionar el cauce del río mondándolo, rectificándolo, ampliándolo y profundizándolo para disminuir la longitud del río y mejorar su capacidad. Los trabajos destinados a incrementar el desnivel del cauce o reducir la fricción en el lecho y riberas del río, mediante la eliminación de bancos de arena, así como el suavizar el contorno de las riberas y ampliar el cauce natural mediante dragado y eliminación de obstrucciones o meandros, contribuyen todos ellos a aumentar la velocidad de las aguas del río y, por consiguiente, a reducir el nivel de las inundaciones.

La diversificación del cauce de inundación constituye un medio para hacer que las aguas que exceden de la capacidad de los cauces principales lleguen a otros cauces auxiliares o de emergencia. Este sistema puede ser utilizado para controlar las inundaciones inhabituales que se producen alrededor de las ciudades y las riberas bajas de un río situado en las proximidades del mar. La diversificación del exceso de agua de un río a otro sólo puede hacerse si el flujo de la lluvia puede ser dirigido con seguridad hasta el segundo río. En las zonas de los deltas de los ríos también es posible diversificar las aguas de las inundaciones y llevarlas directamente al mar.

Tal y como ocurre con los diques o terraplenes, los proyectos referentes al acondicionamiento del cauce y diversificación de las inundaciones deben ser considerados como parte del programa de control de inundaciones de toda la cuenca de un río y, por lo tanto, han de ser proyectados y revisados de modo que los beneficios que se logren en un lugar no se vean anulados por los daños causados en otro.

Ordenación de las vertientes

Mediante la debida ordenación de las vertientes se reduce el daño causado por las inundaciones en las pequeñas corrientes, cuando se trata de inundaciones de poca importancia, siempre y cuando se ejerza algún grado de control antes de que el agua llegue al cauce del río y durante el ciclo de escorrentía. Las medidas de ordenación de las vertientes pueden clasificarse en dos grupos: el primero trata de mejorar la capa vegetal constituida por los cultivos, terrenos de pasto y bosques. Para ello se toman medidas tales como la rotación del tipo de cultivo, el cultivo de pastos, el cultivo de árboles y repoblación forestal. El efecto de estas medidas es incrementar la capacidad de infiltración de agua que tiene el suelo; en el segundo grupo se incluyen los trabajos de ingeniería tales como la disposición de los terrenos de cultivo en forma escalonada, construcción de terraplenes a lo largo de las líneas de igual cota, los cultivos a lo largo de estas mismas líneas, las nuevas plantaciones, la labor profunda de arado, la construcción de presas para el análisis de sedimentos, las estructuras de desagüe, los diques transversales y de contención y otras obras análogas tendientes a impedir la erosión de las laderas de las montañas y los desprendimientos de tierras y conseguir además reducir los sedimentos en suspensión de las corrientes.

Los desprendimientos de tierras en las zonas montañosas, o los corrimientos de tierras en las laderas inclinadas de las montañas, pueden ser la causa de graves pérdidas de vidas y de enormes daños a la propiedad durante los períodos de fuertes lluvias. Como ejemplo reciente citaremos la pérdida de más de 80 vidas humanas durante los corrimientos de tierras que se produjeron en Hong Kong en junio de 1972.

La amenaza de los desprendimientos de tierras puede ser controlada mediante movimientos de tierras, drenajes superficial y subterráneo, intercepción del agua subterránea, clavado de estacas e instalación de muros de contención. Estas medidas requieren no solamente gastos directos en trabajos de construcción, sino que también, en algunos casos, exigen la compra de terrenos o la prohibición de su utilización para otros fines.