

# LAS OBRAS DEL DELTA EN HOLANDA SE APROXIMAN A SU TERMINACION(\*)

Por L. G. GELPKE

y C. J. WILDE

Embajada Real de los Países Bajos en España

## Nueva victoria sobre el mar.

Ingenieros hidráulicos holandeses han obtenido una nueva victoria sobre el mar con el cierre del Brouwershavensche Gat, un brazo de mar de una anchura de 6,2 Km y una profundidad máxima de 27 m. El 1 de mayo de 1971 se hizo entrar a remolque el último cajón a válvulas en la obra de cierre norte; el 28 de mayo se ultimó el dique interceptador de corriente de bloques de hormigón atravesando la obra de cierre sur.

De los cuatro brazos de mar en la región deltaica tres están ahora cerrados. Se espera la terminación del proyecto completo hacia 1978.

## Antecedentes históricos.

El 1 de febrero de 1953, una marea viva equinoccial, furiosamente excitada por una violenta tempestad, causó estragos en la región sudoeste de Holanda. El mar abrió enormes boquetes en los diques, inundando varias islas. Se deploró la pérdida de muchas vidas humanas.

Inmediatamente después de la catástrofe, se puso en juego el material de que se disponía y se movilizaron todos los hombres para que ayudaran a recuperar los daños materiales sufridos. Un año más tarde se habían tapado todos los boquetes y las tierras estaban otra vez secas.

A veces se piensa que el desastre ocurrido dio motivo a la creación del Plan del Delta. Esto no es cierto, puesto que la idea, reactualizada con aquel suceso, germinó ya anteriormente, habiéndose cerrado previamente algunos estuarios

pequeños. Lo que sí es verdad es que aquel triste acontecimiento hizo más urgente y aceleró la ejecución del Plan del Delta.

## La Ley sobre el Delta.

El 21 de febrero de 1953 —tres semanas después del siniestro— el Gobierno holandés instituía la Comisión del Delta, encargada de estudiar las medidas pertinentes en el dominio de la infraestructura hidráulica para proteger todo el litoral holandés, particularmente la costa del sudoeste.

Un año más tarde dicha Comisión sometía el Plan del Delta, y el 5 de noviembre de 1957 la Segunda Cámara de los Estados Generales votaba la Ley sobre el Delta. Esta Ley se refiere esencialmente al cierre —por medio de diques gruesos— de cuatro brazos de mar, anchos y profundos, a saber: el Veersche Gat, el Haringvliet, el Brouwershavensche Gat y el Escalda Oriental, así como a la construcción de diques secundarios en los estuarios interinsulares: Zandkreek, Grevelingen y Volkerak. Dos bocas de salida al mar, o sea, el Nieuwe Waterweg (a) y el Escalda Occidental (b), quedarán abiertas porque dan acceso a los puertos de Rotterdam y Amberes, respectivamente. Los diques a lo largo de estas vías de agua son sobre elevados y reforzados para garantizar al máximo la seguridad.

## Algunos aspectos importantes.

El territorio deltaico holandés constituía un tal laberinto de desembocaduras fluviales, brazos de mar, ensenadas, vaguadas, bajíos e islas,

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de julio de 1972.

que un panorama orográfico aun escueto de los mismos llevaría demasiado lejos el reducido espacio de este artículo.

Lo que sí puede hacerse es nombrar los más señalados aspectos que era preciso tener en cuenta. Y éstos eran:

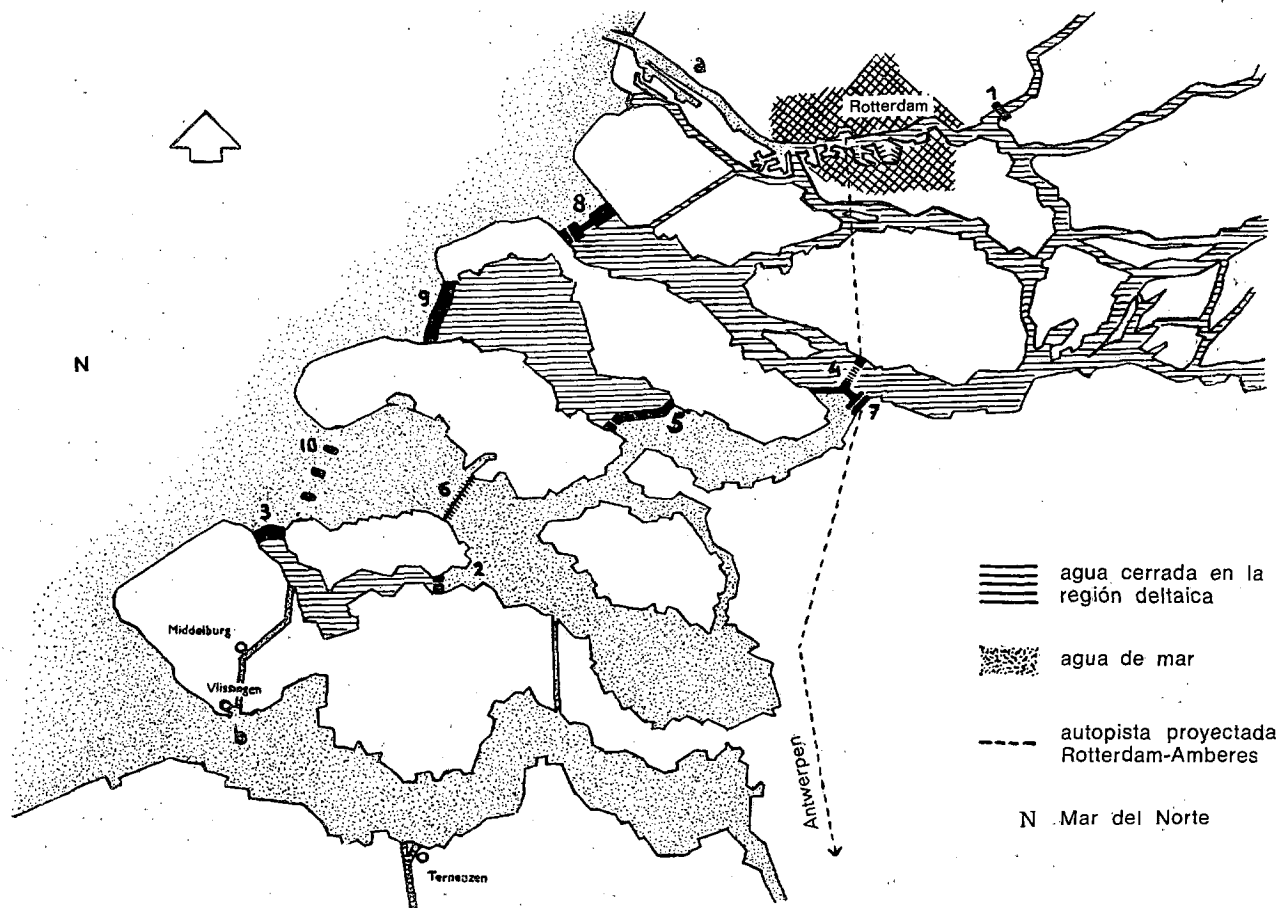
1. El movimiento de las enormes masas de agua de mar bajo las acciones de la marea y del viento.
2. El desagüe del agua de los ríos Mosa y Rin.
3. La navegación en la ruta importante Holanda-Bélgica y de Amberes hacia el Rin.

Todo ello sin menospreciar las corrientes del flujo y reflujo, ya que en sus puntos extremos registran un desnivel de 1,85 a 2,80 m. El volu-

men del flujo de los cuatro brazos de mar (esto es, la cantidad que impetuosamente entraba en cada marea ascendente) se elevaba, aforada en las desembocaduras, a 70, 260, 360 y 1.100 millones de m<sup>3</sup>, respectivamente.

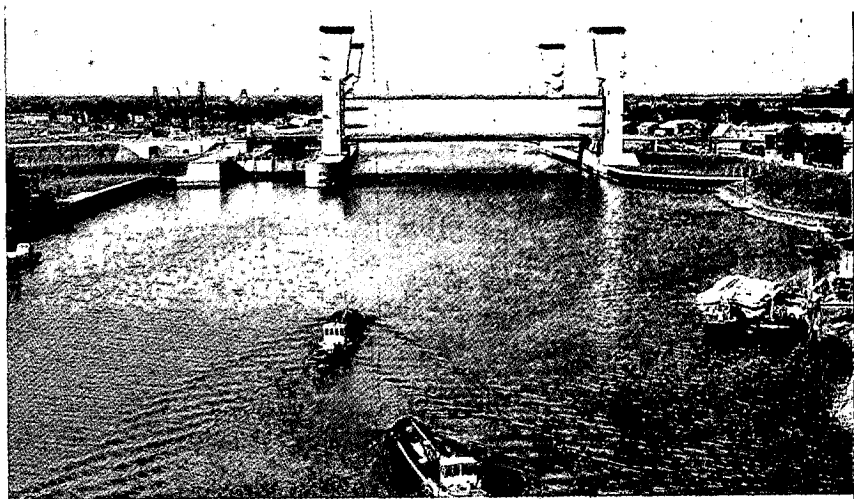
Más tierra adentro, donde los brazos de mar se conectaban entre sí, el desplazamiento de agua era mucho más escaso, y allí había una buena oportunidad de realizar una separación entre las masas de agua, lo que posibilitó el cierre, uno por uno, de los brazos de mar, sin que el agua fluyera, del uno al otro brazo.

La separación de las masas de agua, con ayuda de diques secundarios, era una absoluta necesidad, ya que de otro modo se hubieran producido surcos profundos que habrían significado una amenaza para los diques adyacentes.



Mapa de la región deltaica: a) vía navegable abierta hacia las dársenas de Rotterdam; b) vía navegable abierta hacia las dársenas de Amberes; 1, presa de defensa contra los temporales en el Hollandsche Yssel; 2, dique, con esclusa de cámaras, en el Zandkreek; 3, dique atravesando el Veersche Gat; 4, puente sobre el Haringvliet; 5, el dique del Grevelingen, con esclusa de cámaras; 6, el puente de Zelanda; 7, el dique de Volkerak, con dos esclusas de cámaras de 320 x 24 m; 8, el dique del Haringvliet, con complejo de esclusas de desagüe de 1.050 m y una esclusa de cámaras para barcos de pesca; 9, dique atravesando el Brouwershavensche Gat; 10, islas funcionales en el trazado del dique futuro en el Escalda Oriental.

El dique contra los temporales en el Hollandsche Yssel. En caso de emergencia la compuerta de acero entre las torres elevadoras delanteras puede bajarse.



### El primer paso (1).

En 1958 se terminó la primera parte accesoria del Proyecto del Delta, que fue una presa móvil de defensa contra el temporal, emplazada en el río Hollandsche Yssel. Una compuerta de acero, de 80 m de largo y 11,5 m de alto, puede aquí subirse y bajarse entre dos torres elevadoras.

Normalmente la compuerta está levantada a una altura tal como para dejar navegar bajo ella la mayoría de las embarcaciones. Cuando existe amenaza de borrasca coincidente con una marea viva, se baja la compuerta con objeto de proteger contra la inundación los diques que se encuentran detrás de la presa, al lado de la cual se ha previsto una esclusa de la que pueden hacer uso los barcos en caso de emergencia.

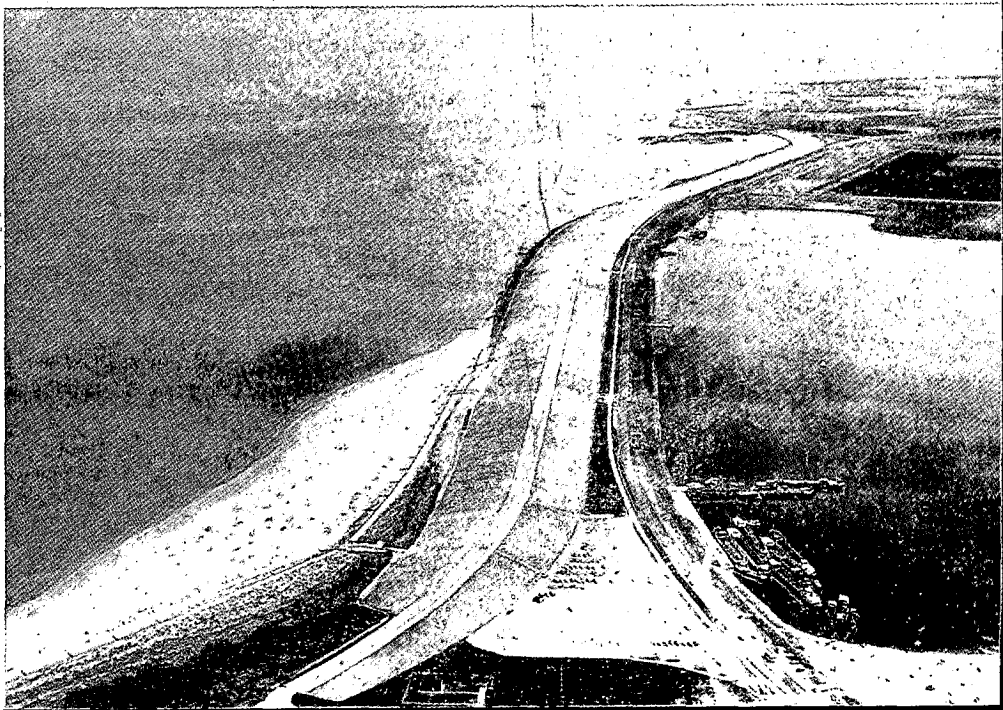
### El cierre del Veersche Gat (2 y 3).

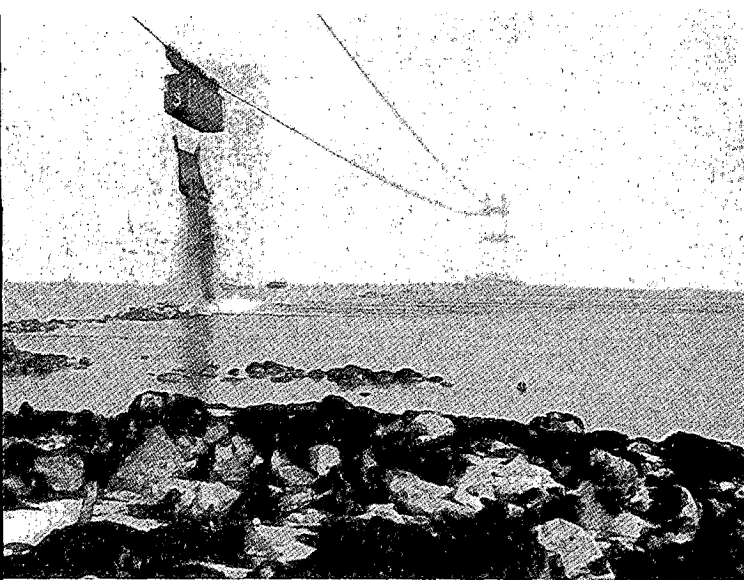
El segundo paso fue el levantamiento de un dique secundario, con esclusa de cámaras, en el Zandkreek (1960). El dique del Zandkreek fue construido con la intención de preparar el cierre del Veersche Gat, el más pequeño de los cuatro brazos de mar.

El Veersche Gat mismo fue cerrado en 1961 con ayuda de siete cajones de válvulas.

Los cajones de válvulas son unos pesados elementos de hormigón huecos que tienen aberturas en las paredes laterales, donde unos elementos de madera detienen el agua. Son transportados a flote al lugar del cierre y sumergidos allí en la prolongación de unos con respecto a los otros, abriendo unas compuertas de fondo incorporadas. Si todo va bien, los cajones descansan entonces sobre un umbral de piedra de

El dique, de diez años de antigüedad, a través del Veersche Gat. A la izquierda, el Mar del Norte; a la derecha, el Veerse Meer, un lago que ya se ha convertido en un Eldorado para los aficionados al deporte náutico.



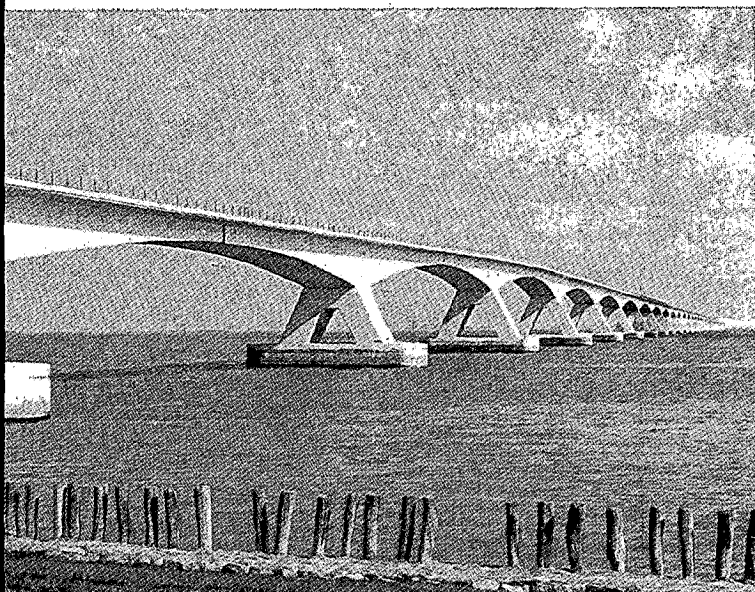


Un experimento en el cierre del dique del Grevelingen. Vagonetas de tipo "góndolas", tripuladas, suspendidas de un teleférico de cables, llevaban redes con cantos rodados de balasto vertido sobre la brecha de cierre y dejaban su contenido en el agua hasta que se formaba un dique interceptor de la corriente. En la parte posterior de este muro de contención se elevó el cuerpo de dique propiamente dicho. En cierres posteriores se utilizaron bloques de hormigón de  $1 \times 1 \times 1,10$  m, en lugar de canto rodado de balasto vertido irregularmente.

cantera de balasto vertida y grava previamente aplicado bajo agua.

Después de retirar los elementos de madera, el agua de mar puede aún correr a través de los cajones, de suerte que la velocidad de la corriente en la parte restante de la brecha de cierre es mantenida dentro de límites razonables. Cuando también el último cajón ha sido localizado, se bajan, en un momento favorable,

El puente de Zelandia, de 5 Km de longitud, sobre el Escalda Oriental. Este puente, financiado por una empresa privada, será probablemente cedido al Estado oportunamente.



las compuertas de acero alojadas en los cajones. Así quedan bloqueadas las corrientes de marea, de forma que se puede dar comienzo, en agua tranquila, a la elevación de un dique de arena, que se reviste con canto rodado, hormigón asfáltico y bloques de hormigón o escoria de cobre. Los cajones, que han hecho su servicio, son enterrados totalmente debajo de la arena.

Sobre el dique del Zandkreek y el dique a través del Veersche Gat se han construido rutas de tráfico, de modo que, por de pronto, una de las islas de la región deltaica ha sido liberada de su aislamiento.

#### El puente sobre el Haringvliet (4).

Para la apertura de una segunda isla se construyó un puente sobre el Haringvliet, terminado en 1964, y momentáneamente explotado con carácter de puente de peaje. Este puente empalma con un dique de arena, que se levantó como primera parte del dique (secundario) en el Volkerak.

#### El dique del Grevelingen (5).

El paso siguiente fue la ultimación, en 1965, del dique (secundario) en Grevelingen, que era necesario para hacer una separación entre las masas de agua del Brouwershavensche Gat y el Escalda Oriental.

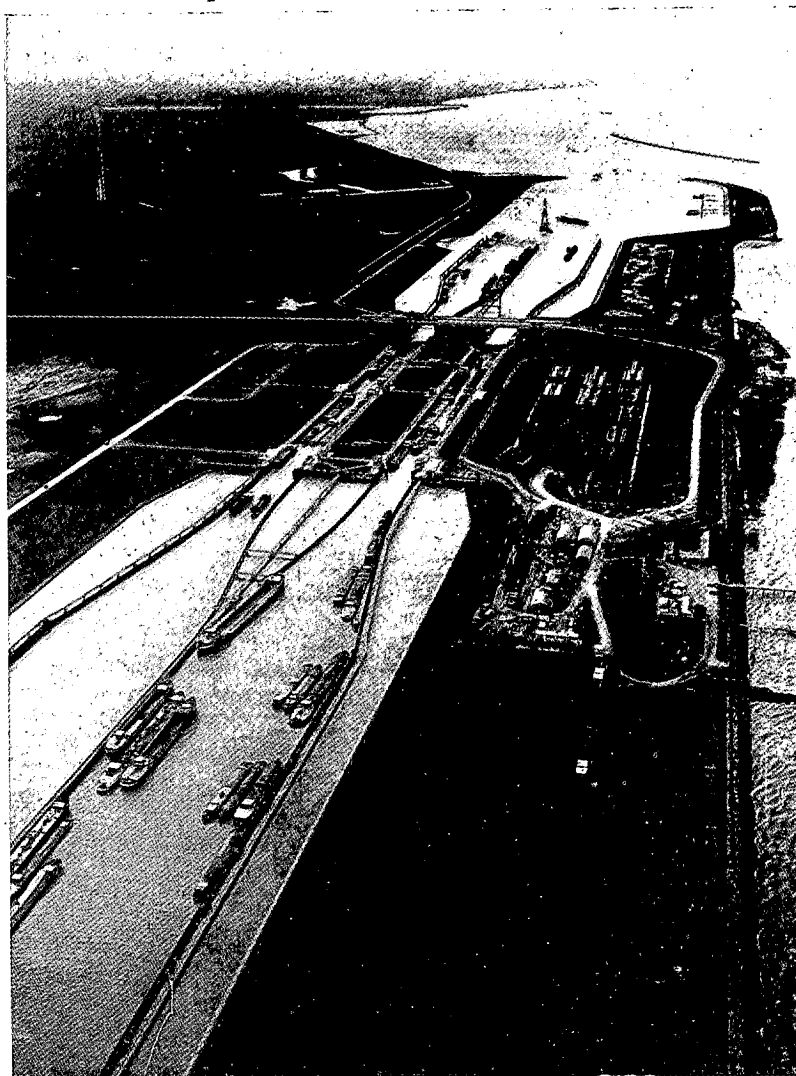
En el levantamiento de este dique, al que se incorporó asimismo una esclusa de cámaras, se hizo uso de un nuevo método que consistía en el cierre gradual con ayuda de un teleférico de cables. Unas vagonetas de tipo "góndolas", tripuladas, llevaban redes con canto rodado de balasto sobre la brecha de cierre y vertían su contenido en el agua hasta que se formaba un dique interceptor de la corriente. En la espalda de este muro de contención se elevó un dique de arena y sobre el lomo de éste se construyó una amplia carretera.

#### El puente de Zelandia (6).

Como último eslabón de la primera conexión norte-sur a través de la región deltaica, una empresa privada construyó un puente sobre el Escalda Oriental: el puente de Zelandia.

Este puente, finalizado en 1965 y, al igual que el tendido sobre el Haringvliet, se explota como puente de peaje, mide una longitud de 5 Km y con ella es el más largo de Europa.

Las esclusas en el Volkerak, poco después de su terminación en 1967. A la derecha de las esclusas se percibe una excavación de cimentación con cajones, usados más adelante para el cierre del Volkerak.



### Las obras en el Volkerak.

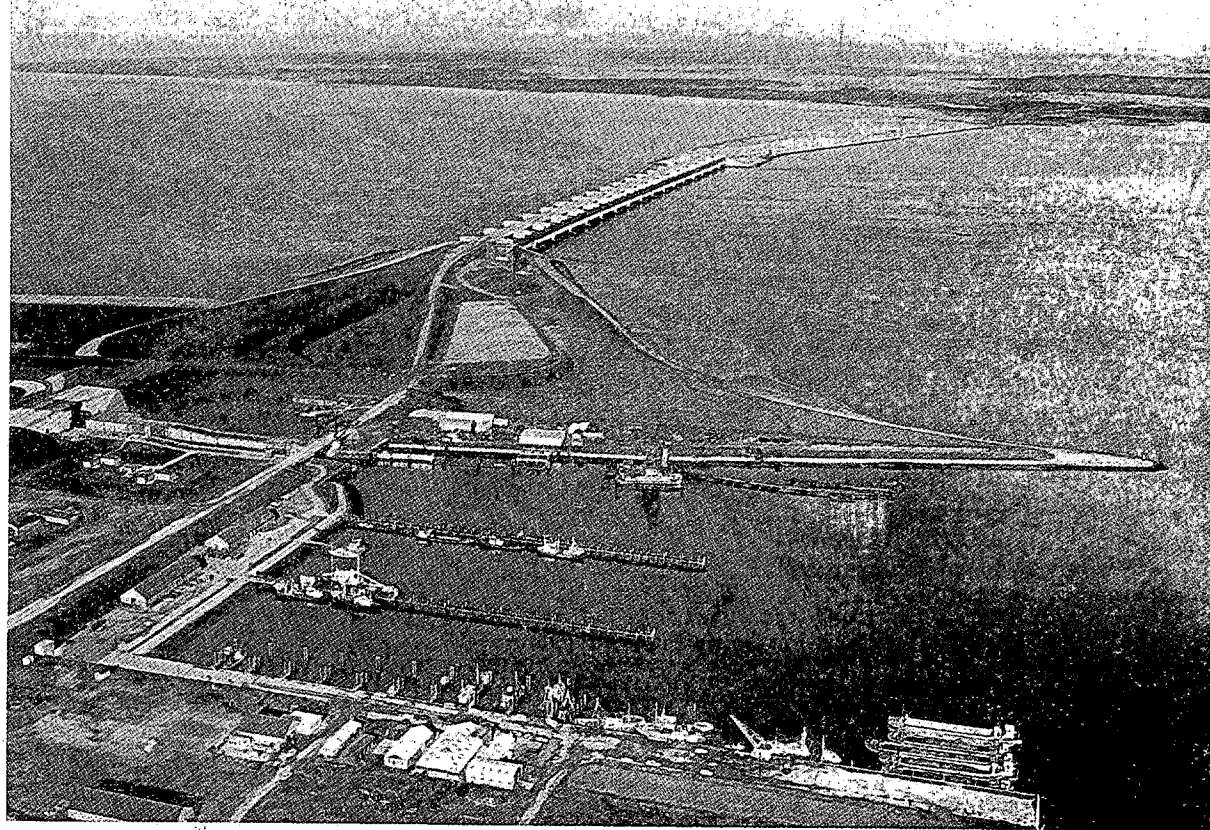
Para la preparación del cierre del Haringvliet resultaba indispensable asentar en el Volkerak un dique secundario. Sin embargo, el agua de este estuario es un elemento imprescindible para la vía navegable surcada por un gran número de barcos en un constante ir y venir de Holanda a Bélgica y de Amberes hacia el Rin. Por esto debía construirse primero un complejo de esclusas para el movimiento fluvial de embarcaciones, idóneo para los convoyes empujados, con dos esclusas de cámaras de 320 por 24 metros.

Las esclusas quedaron listas en 1967. El Volkerak mismo fue cerrado en 1969 con ayuda de 12 cajones a válvulas.

Sobre el dique del Volkerak y las esclusas se está construyendo una ancha ruta de tráfico, que formará un eslabón importante en el tránsito vial por carretera entre Rotterdam y Amberes.

### El cierre del Haringvliet (8).

El cierre del brazo de mar Haringvliet, en 1970 fue, de hecho, un jalón en la historia de las obras del Delta. No precisamente por la anchura de este estuario, aunque es de 4,5 Km, sino más bien porque en el dique del Haringvliet se agregó un complejo de esclusas de desagüe para la evacuación del agua de los ríos Mosa y Rin. El complejo, que se levantó en medio del



Las esclusas de desagüe en el Haringvliet, poco después del cierre de este brazo de mar (1970). Las esclusas de desagüe, por lo común cerradas, pueden oponer resistencia a los temporales más violentos en el Mar del Norte (arriba a la izquierda de la foto). En el reflujo las esclusas pueden abrirse para dejar refluir hacia el mar grandísimas cantidades de agua del Rin y del Mosa. En primer término, el puerto y la esclusa de cámaras para barcos de pesca.

Haringvliet, en una excavación de fundación especialmente abierta con este fin, mide una longitud de 1.050 m y su capacidad de paso asciende a 21.000 m<sup>3</sup> de agua por segundo. Se han tardado once años en construirlo.

El dique en el Haringvliet incluye también una esclusa de cámaras a fin de permitir a las flotas pequeñas de la región deltaica la salida al mar del Norte.

La brecha de cierre en el dique del Haringvliet fue obturada con ayuda de 93.000 bloques de hormigón de dos toneladas y media, los que, colgados de las "góndolas" de un teleférico de cables, eran llevados arriba de la brecha y vertidos desde cierta altura en aquel lugar. Sobre el dique y las esclusas se situará una autopista de cuatro carriles y un camino paralelos para el resto del tráfico.

#### **El cierre del Brouwershavensche Gat (9).**

Como así ocurre siempre en la ejecución de las obras del Delta, en este caso también los

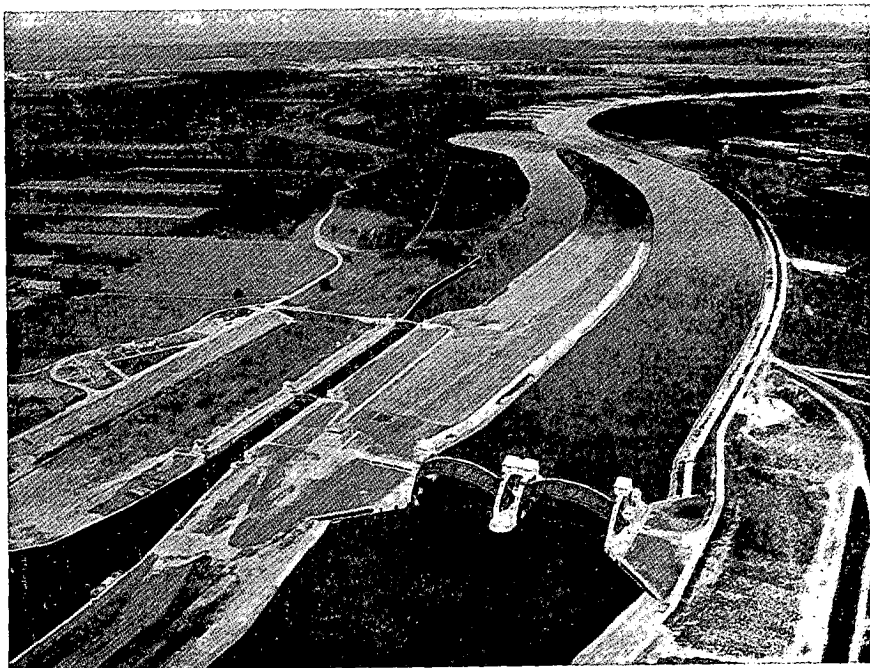
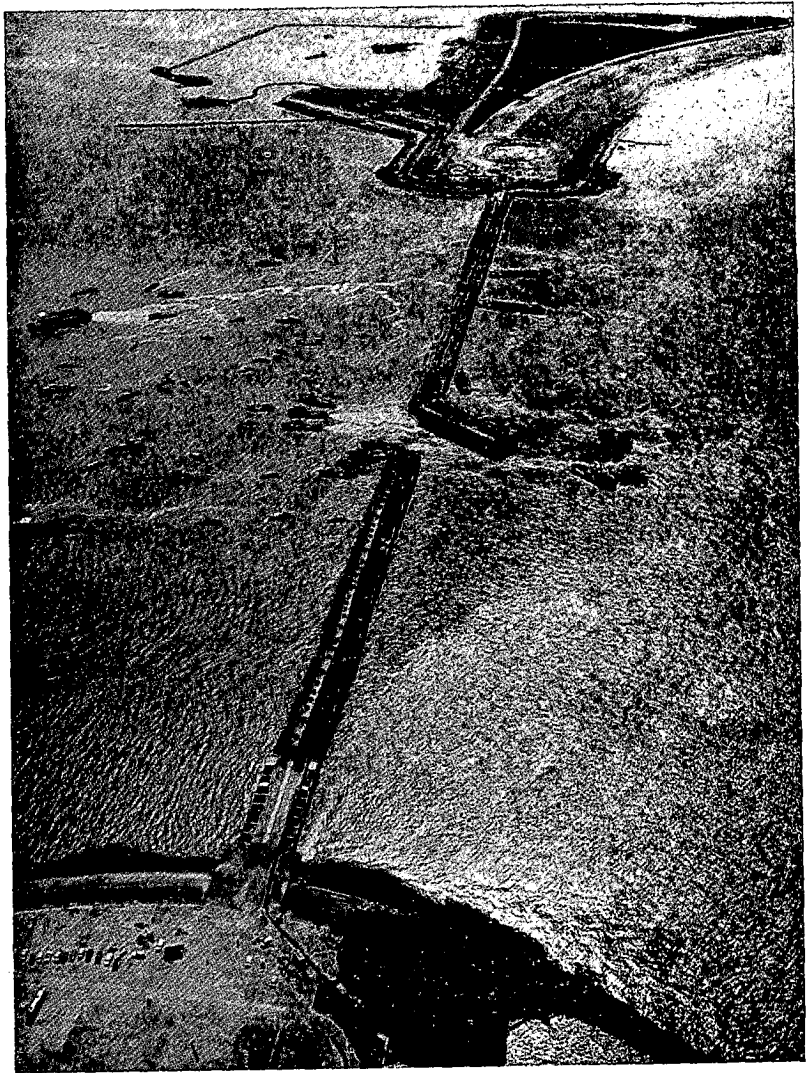
ingenieros hidráulicos holandeses se empeñaron en seguir un método que influyera lo menos posible, en el lugar del cierre, el perfil de la corriente pasante o efluente. Esto explica el que se empezara la construcción de un tramo de dique, con puerto de trabajo anexo, sobre algunos bajos, en medio del agua.

Restaron a la sazón dos brechas de cierre: una al sur y otra al norte de la sección del dique terminada. La brecha de cierre sur fue cerrada mediante un teleférico de cables y 150.000 bloques de hormigón, la brecha de cierre norte utilizando 12 cajones de válvulas.

Las dos operaciones se habían atemperado de tal forma una a otra que la velocidad de la corriente en las brechas de cierre aumentó casi igualmente.

Como ya se ha dicho, el último cajón fue introducido a remolque el 1 de mayo de 1971. Dos días más tarde se bajaban las compuertas de acero de los cajones y pudo iniciarse seguidamente la elevación del tramo de dique correspondiente.

Cierre de la sección norte del Brouwershavensche Gat con ayuda de doce cajones de válvulas (1 de mayo de 1971). A la derecha, el Mar del Norte. Arriba, a la derecha, el tramo de dique levantado sobre dos bajos. Arriba de éste, la brecha de cierre sur, la cual, en la prolongación del dique, se cerró con ayuda de un teleférico de cables y 150.000 bloques de hormigón.



Una de las tres presas en el Bajo Rin, que se construyeron para poder dirigir más agua dulce hacia el centro y el norte de Holanda. A la izquierda de la presa, esclusa anexa para la navegación.

Tras la finalización del dique interceptor de corriente en la brecha de cierre sur, lo que tuvo lugar el 28 de mayo, debían rellenarse primero aún los espacios huecos entre los bloques de hormigón con una mezcla de arena, grava y asfalto. A continuación podía empezarse allí también el terraplenado a chorro del cuerpo de arena.

Sobre el dique se realizará una autopista de seis vías y un camino para el tráfico turístico. Una y otro podrán ponerse en servicio en otoño de 1972.

### **El cierre del Escalda Oriental (10).**

Sólo falta ahora por cerrar el Escalda Oriental, que tiene, sin embargo, un caudal del orden de 1.100 millones de m<sup>3</sup>, una anchura de 9 kilómetros aproximadamente y una profundidad máxima de 34 metros.

Para preparar el cierre se construyeron antes dos puertos de trabajo, uno en la orilla norte y otro en la orilla sur. Hecho esto se inició la construcción de tres islas funcionales en el trazado del dique de cierre. De ellas se han terminado dos, la tercera está en proceso.

Aquí no quedarán finalmente más que tres brechas de cierre, cuyo sistema de obturación se encuentra aún en estudio. Se piensa no solamente en los métodos tradicionales, sino también en el lanzamiento de bloques de hormigón desde helicópteros, lo que resultaría mucho más barato que el uso de un teleférico de cables.

La ultimación del proyecto, junto con la esclusa de desagüe, es esperada hacia 1978.

### **Los costos.**

Los costos totales del Proyecto del Delta se calculan en 3.500 millones de florines, lo que supone un 3 por 100 del producto nacional bruto holandés en 1970. Esta cifra parecerá fabulosa, pero no debe olvidarse que las obras se extienden sobre un período de veinticinco años.

### **Ventajas.**

En contrapartida de los gastos se recogen ventajas importantes:

- Una mayor seguridad en toda el área sudoeste de Holanda.
- Disminución de los costos de manteni-

miento de diques por el acortamiento de la franja costera en poco menos de 700 kilómetros.

- Disminución de la salificación.
- Apertura de una constelación de islas.
- Rápidas conexiones de tráfico sobre los diques.
- La creación de zonas únicas detrás de los diques para practicar el deporte acuático.
- Nuevas posibilidades de recreación para centenares de miles de personas procedentes de la "Ciudad Anular Holanda" (la aglomeración suburbana del oeste de Holanda).
- Un régimen mejor de agua dulce para abastecer a casi toda Holanda.
- Una modesta ganancia de tierras al mar.

### **Régimen de agua dulce.**

Hasta hace poco la mayor parte del agua del Rin y el Mosa fluía inútilmente a través del Haringvliet hacia el mar. Las esclusas de desagüe en el Haringvliet posibilitan detener esta agua, forzándola a seguir otro cauce a lo largo de las dársenas del puerto de Rotterdam. El agua salina, que se había ya enseñoreado allí decenas de kilómetros tierra adentro, es por consiguiente repelida.

Los lagos que quedan detrás de los diques de cierre serán llenados poco a poco con agua dulce, la cual, en tiempo de sequía, puede dejarse entrar para que bañe las regiones agrícolas circundantes.

Una parte del agua del Rin, que otrora se utilizaba para combatir la salificación en las proximidades de Rotterdam, puede ahora ser dirigida hacia el centro y norte de Holanda para mantener allí a nivel la reserva de agua dulce. A este fin se han construido en el bajo Rin tres presas con esclusas de cámaras.

### **Desventajas.**

Desde luego que la ejecución de las obras del Delta trae también consigo desventajas, en particular para la pesca marítima y la ostrimiticultura (cría de ostras y mejillones). En la Ley sobre el Delta se han forjado, no obstante, cláusulas que abren el camino a indemnizaciones de perjuicios cualesquiera, por lo menos de índole material.