

El Paso, Texas,
19 de junio de 1967.

El Paso, Texas,
June 19, 1967.

ACTA NUM. 225

MINUTE NO. 225

ENCAUZAMIENTO DEL RIO TIJUANA. -----

CHANNELIZATION OF THE TIJUANA RIVER. -----

La Comisión se reunió en las oficinas de la Sección de los Estados Unidos en El Paso, Texas, a las 10:00 horas del 19 de junio de 1967, para considerar las medidas requeridas para la solución del problema de inundaciones ocasionadas por el Río Tijuana en las ciudades contiguas fronterizas de Tijuana, Baja California y de San Diego e Imperial Beach, California.

The Commission met in the offices of the United States Section at El Paso, Texas, at 10:00 a.m. on June 19, 1967, to consider the measures required for solution of the flood problem caused by the Tijuana River in the adjoining border cities of San Diego and Imperial Beach, California and Tijuana, Baja California.

La Comisión estudió el Artículo 16, del Tratado de Aguas de 1944, relativo al Río Tijuana, que contiene, entre otras, las disposiciones de que se sometan a la aprobación de los dos Gobiernos los proyectos para el control de sus avenidas y de que los dos Gobiernos, cada uno por conducto de sus respectivas Secciones de la Comisión, construyan las obras que propongan y aprueben ambos Gobiernos.

The Commission reviewed Article 16 of the 1944 Water Treaty relating to the Tijuana River, which provides among other matters that the Commission shall submit flood control plans to the two Governments for their approval, and that the two Governments through their respective Sections of the Commission shall construct such of the proposed works as are approved by the two Governments.

La Comisión consideró el "Informe Mancomunado de los Ingenieros Principales sobre las Obras Internacionales Necesarias en México y en los Estados Unidos para el Control de Avenidas del Río Tijuana en ambos Países", presentado por los Ingenieros Principales Norberto Sánchez G. y William E. Walker el 13 de junio de 1967, cuyos textos en español y en inglés se acompañan a la presente Acta y forman parte de ella.

The Commission considered the "Joint Report of the Principal Engineers on the International Works Needed in the United States and México for Tijuana River Flood Control in both Countries", submitted by Principal Engineers William E. Walker and Norberto Sánchez G. under date of June 13, 1967. The English and Spanish texts of that Report are attached hereto and form a part hereof.

La Comisión estuvo de acuerdo con las conclusiones a que llegaron los Ingenieros Principales en su Informe Mancomunado, de que las avenidas del Río Tijuana constituyen un serio problema de inundaciones para los dos países y que, en vista de que el río es internacional, una solución del problema de inundaciones, satisfactoria para ambos, requiere la coordinación del diseño, de la construcción, de la operación y del mantenimiento, por conducto de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, de obras en los dos países, que ejecuten conjuntamente los dos Gobiernos como una obra internacional.

The Commission concurred in the conclusions reached by the Principal Engineers in their Joint Report, to the effect that the Tijuana River constitutes a serious flood problem for both countries and that, since that river is international in character, a mutually satisfactory solution of the flood problem requires coordinated design, construction, operation and maintenance, through the International Boundary and Water Commission, of works in the two countries carried out jointly by the two Governments as an international project.

(Continúa de la hoja 1)

(Continued from Sheet No. 1)

La Comisión convino en que el plan general de ingeniería recomendado por los Ingenieros Principales, proporciona las medidas más eficaces para la solución del problema y está de acuerdo en que son factibles desde los puntos de vista de ingeniería y económico en cada país. Está de acuerdo, además, en que se lleven a cabo la planeación detallada y el diseño en los dos países tan pronto como sea práctico. Queda entendido sin embargo, que no se puede recomendar que se ejecute la construcción sino hasta que cada uno de los dos Gobiernos haya hecho los arreglos necesarios de financiamiento para cubrir el costo de las obras situadas en su territorio.

The Commission concurred in the general engineering plan recommended by the Principal Engineers, as providing the most effective measures for solution of the problem, and agrees that such measures are feasible from engineering and economic points of view in each country. The Commission further agrees that detailed planning and design in the two countries be carried out as soon as practical. It is understood, however, that execution of construction cannot be recommended until each of the two Governments has made the necessary financial arrangements to cover the cost of the works located in its territory.

Por lo tanto, la Comisión adoptó la siguiente resolución, sujeta a la aprobación de los dos Gobiernos:

The Commission thereupon adopted the following resolution subject to the approval of the two Governments:

1. Se recomienda que los dos Gobiernos aprueben la construcción de un proyecto internacional para el control de las avenidas del Río Tijuana del tipo de las que se describe en el Informe Mancomunado de los Ingenieros Principales, que forma parte de esta Acta, con la reserva que se establece en el párrafo 4 de esta resolución.
2. Se aprueba el Informe Mancomunado de los Ingenieros Principales, que forma parte de esta Acta, con la reserva que se establece en el párrafo 4 de esta resolución.
3. Se recomienda que, tan pronto como sea práctico, los dos Gobiernos con vengan en las especificaciones para la preparación del diseño, y que, conforme a esas especificaciones, cada Gobierno se encargue de preparar y terminar los planos y diseños de detalle de las obras en su país.

1. It is recommended that the two Governments approve the construction, operation and maintenance of an international flood control project for the Tijuana River of the type described in the Joint Report of the Principal Engineers which is made a part of the present Minute, with the reservation contained in paragraph 4 of this resolution.
2. The Joint Report of the Principal Engineers made a part of the present Minute is approved, with the reservation provided for in paragraph 4 of this resolution.
3. It is recommended that as soon as practical the two Governments jointly undertake to formulate and reach accord upon the specifications for preparation of the design, and that pursuant to such specifications, each Government undertake to prepare and complete the detailed plans and designs for the works in its country.

(Continúa en la hoja 3)

(Continued on Sheet No. 3)

(Continúa de la hoja 2)

(Continued from Sheet No. 2)

4. Queda entendido que los trabajos de construcción no se podrán emprender sino hasta que cada uno de los dos Gobiernos haya hecho los arreglos de financiamiento necesarios para cubrir el costo de las obras ubicadas en su territorio. -----
5. Queda entendido y convenido, además, que esta Acta requiere la aprobación específica de los dos Gobiernos. -----

4. It is understood that construction work cannot be undertaken until --- each of the two Governments has --- made the necessary financing arrangements to cover the cost of the works located in its territory. ---
5. It is further understood and agreed that this Minute requires the specific approval of the two Governments. -----

Se levantó la sesión.

The meeting then adjourned.

Comisionado de México

Commissioner of the United States

Comisionado de los Estados Unidos

Commissioner of México

Secretario de la Sección de México

Secretary of the United States Section

Secretario de la Sección de los Estados Unidos

Secretary of the Mexican Section

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

Ciudad Juárez, Chih.,
13 de junio de 1967.

INFORME MANCOMUNADO DE LOS INGENIEROS PRINCIPALES SOBRE
LAS OBRAS INTERNACIONALES NECESARIAS EN MEXICO Y EN LOS ESTADOS UNIDOS
PARA EL CONTROL DE AVENIDAS DEL RIO TIJUANA EN AMBOS PAISES.

A los Honorables Comisionados,
Comisión Internacional de Límites y Aguas
entre México y los Estados Unidos,
Ciudad Juárez, Chihuahua y El Paso, Texas.

Señores:

De acuerdo con sus instrucciones, respetuosamente sometemos a su consideración este informe sobre el problema de inundaciones a lo largo del Río Tijuana en México y en los Estados Unidos y el plan general que recomendamos para su solución.

El Tratado de Aguas de 1944 provee, con respecto al Río Tijuana, que la Comisión estudiará, investigará y someterá a los dos Gobiernos para su aprobación: Proyectos de almacenamiento y control de avenidas a fin de fomentar y desarrollar los usos domésticos, de irrigación y demás usos factibles de las aguas de este sistema; estimaciones de los costos de las obras propuestas y de la forma en que la construcción de dichas obras o los costos de las mismas deberán ser divididos entre los dos Gobiernos; y recomendaciones respecto de las partes de las obras que deberán ser operadas y mantenidas por la Comisión y por cada Sección.

El Acta 182, de la Comisión, de fecha 23 de septiembre de 1946, subsecuentemente aprobada por los dos Gobiernos, da instrucciones a los Ingenieros Consultores de las dos Secciones para que unidos continúen o emprendan estudios e investigaciones sobre el Río Tijuana que incluyan

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(2)

vasos de almacenamiento adicionales para el control de avenidas y para conservar el agua de años de abundancia para su uso en años de escasez y construcción de bordos a ambos lados de la corriente para la protección de los desarrollos existentes a lo largo del propio Río Tijuana desde la Presa Rodríguez hasta el Océano Pacífico.

Necesidad de protección contra inundaciones.

En 1946, cuando se aprobó el Acta 182, la ciudad de Tijuana, Baja California, tenía 12 000 habitantes y la de San Ysidro, California, cerca de 1 400 y había como 500 habitantes a lo largo del Río Tijuana, en los Estados Unidos y ya se había visto la necesidad de emprender estudios mancomunados de protección contra inundaciones.

En la actualidad la ciudad de Tijuana, Baja California, tiene cerca de 275 000 habitantes. El área ribereña en los Estados Unidos fue anexada en 1956 a la ciudad de San Diego con una población de 700 000. Para proporcionar áreas para el desarrollo urbano ulterior se necesita urgentemente el cauce de avenidas del Río Tijuana en los dos países. Es necesaria la protección contra inundaciones del cauce de avenidas antes de poder proceder a los desarrollos.

Recientemente, en noviembre de 1965 y diciembre de 1966, avenidas relativamente pequeñas causaron la pérdida de dos vidas y daños apreciables a la propiedad; opinamos que es urgente un proyecto internacional de protección contra inundaciones del Río Tijuana para proteger vidas humanas, evitar daños a propiedades en cada país y facilitar la expansión muy necesaria del desarrollo urbano.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(3)

El Río Tijuana.

La cuenca de captación del Río Tijuana y sus afluentes es de forma casi triangular y varía en anchura desde 3.2 kilómetros (2 millas), cerca del Océano Pacífico, hasta alrededor de 105 kilómetros (65 millas) medidos a lo largo del parteaguas del este, que está situado como a 97 kilómetros (60 millas) al oriente de la costa. El área total de la cuenca es aproximadamente de 4 426 kilómetros cuadrados (1 700 millas cuadradas), de los cuales aproximadamente 3 126 kilómetros cuadrados (1 200 millas cuadradas), 70%, están en México y aproximadamente 1 300 kilómetros cuadrados (500 millas cuadradas), 30%, están en los Estados Unidos. Los dos tributarios principales, el Río del Alamar (Cottonwood), que nace en los Estados Unidos, y el Río de las Palmas, que nace en México, se unen como a 8 kilómetros (5 millas) al sur de la frontera internacional y como a 17.7 kilómetros (11 millas) aguas arriba del Océano Pacífico para formar el Río Tijuana.

El cauce de avenidas del Río Tijuana, en México, desde el puente del ferrocarril hasta la frontera internacional es de 4.3 kilómetros (2.7 millas) de longitud, aproximadamente, con una anchura media de un kilómetro (0.6 millas) y en esta distancia abarca como 430 hectáreas (1 080 acres) en el corazón de la ciudad de Tijuana, Baja California; en los Estados Unidos el cauce de avenidas es de cerca de 9.7 kilómetros (6 millas) de longitud desde la línea divisoria al Océano Pacífico y tiene, en promedio, como 2.1 kilómetros (1.3 millas) de anchura y abarca casi 2 100 hectáreas (5 200 acres) que ahora forman parte de las ciuda-

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(4)

des de San Diego e Imperial Beach, California. Avenidas ordinarias inundan gran parte del cauce de avenidas y avenidas extraordinarias cubrirían todo el cauce. Hay arroyos tributarios en cada país que descargan en el otro país a través de la línea divisoria internacional.

En la cuenca del Río Tijuana hay tres presas construídas pero la capacidad total de cada una está diseñada y operada únicamente para almacenamiento y ninguna parte de su capacidad está destinada para el control de avenidas, se describen como sigue:

<u>Presa</u>	<u>Localización</u>	<u>Año terminación</u>	<u>Capacidad</u>		<u>Cuenca total</u>	
			10^3 m^3	A-P	Km^2	mi^2
Rodríguez	Río de las Palmas México	1936	138 000	111 900	2 533	976
Morena	Arr. Cottonwood EE. UU.	1910	62 000	50 200	296	114
Barrett	Arr. Cottonwood EE. UU.	1921	55 000	44 800	640	247

Se han estudiado otros dos sitios de presas: el sitio Marrón, sobre el Río del Alamar (Cottonwood), localizado inmediatamente aguas abajo de la línea divisoria internacional con una cuenca de 1 265 kilómetros cuadrados (488 millas cuadradas) y el sitio de Cancio, sobre el Río de las Palmas, aguas arriba de la Presa Rodríguez con una cuenca de 1 490 kilómetros cuadrados (575 millas cuadradas). Durante los últimos 20 años, los escurrimientos del Río de las Palmas y del Río del Alamar han sido insignificantes por lo que ha sido diferido el estudio de dichas obras como vasos de almacenamiento.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(5)

Avenida de diseño.

Aunque las presas existentes en la cuenca del Río Tijuana son vasos de almacenamiento y no tienen capacidad asignada para control de avenidas, creemos que para avenidas ordinarias generalmente podrían controlar el 85% del área de sus cuencas; en estas condiciones el área no controlada sería de 1 732 kilómetros cuadrados (669 millas cuadradas) y con la curva envolvente de las avenidas máximas observadas en el sur de California se obtendría una avenida máxima con cresta de 3 150 metros cúbicos (111 000 pies cúbicos) por segundo.

Los mismos datos observados en relación con las avenidas máximas en el sur de California muestran que si se construyeran las presas de Marrón y Cancio, éstas, junto con las presas existentes, no reducirían materialmente la cresta de la avenida máxima que se podría presentar.

Puesto que bajo las suposiciones anteriores relativas al control de las presas existentes, las avenidas máximas, ya sea con y sin las presas Marrón y Cancio, son prácticamente las mismas, no puede justificarse la construcción de estas obras como estructuras reguladoras de avenidas.

Hemos supuesto que las presas de almacenamiento existentes controlan en parte las avenidas, pero en el caso que se presente una tormenta de la magnitud de las avenidas máximas que se han presentado en el sur de California, los vasos de almacenamiento se podrían llenar por completo al principio de la avenida, y en este caso la avenida tendría un gasto máximo de 3 820 metros cúbicos (135 000 pies cúbicos) por segundo.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(6)

Sugerimos que el plan más adecuado para la protección contra inundaciones del Río Tijuana en los dos países sería la construcción de un cauce de avenidas para conducir con seguridad la avenida máxima que razonablemente pueda esperarse a través de las ciudades de Tijuana, San Diego e Imperial Beach.

Solución que se propone.

Proponemos que se canalice el Río Tijuana mediante un canal revestido de concreto que principie en el puente del ferrocarril, se extienda hacia el noroeste a través de la ciudad de Tijuana, Baja California, hasta la línea divisoria internacional y con una longitud de 4.3 kilómetros (2.7 millas); de allí que el alineamiento dé vuelta hacia el oeste siguiendo un curso cercano a la línea divisoria, en territorio de los Estados Unidos, para descargar en el Océano Pacífico y con una longitud de 9.7 kilómetros (6 millas), véase plano anexo.

La plantilla del encauzamiento debería tener una pendiente constante en toda su longitud excepto en los extremos del canal donde sería necesaria la variación de la pendiente para ajustarse a las necesidades de ingeniería del proyecto.

La sección del canal tendría una plantilla de 70.00 metros (230 pies) de anchura aproximadamente y taludes de 1.5:1; la anchura de la plantilla podría aumentar hasta 95 metros (310 pies) en la desembocadura por razones de ingeniería. La sección debería tener una capacidad de 3 150 metros cúbicos (111 000 pies cúbicos) por segundo calculada con un coeficiente de rugosidad de $n = 0.015$ y un bordo libre de 1.15

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(7)

metros (3.78 pies) o bien, la sección podría tener una capacidad de 3 820 metros cúbicos (135 000 pies cúbicos) por segundo calculada con un coeficiente de rugosidad de $n = 0.014$ y un bordo libre de 0.76 metros (2.5 pies); creemos que dentro de los bordos libres antes indicados podrían quedar alojadas las ondas del agua que pudieran producirse como consecuencia de la corriente y de las pilas de los puentes y del alineamiento de la canalización; en el caso de que estudios posteriores muestren que los bordos libres propuestos son insuficientes, éstos podrían aumentarse lo que fuera necesario.

La sección del canal debería proveerse de un cauce piloto de capacidad suficiente para los escurrimientos ordinarios y de un sistema de drenaje inferior para el control de las subpresiones.

El encauzamiento debería proveerse de estructuras adecuadas de entrada al principio de la obra y las que se requieran para los arroyos tributarios y otros drenajes; debería proveerse de una estructura de transición en el extremo inferior para proteger el canal contra erosiones debidas a las descargas al océano. Un camino de mantenimiento debería proveerse a lo largo de cada bordo.

Distribución de trabajos y costos.

Los beneficios para cada país, del proyecto propuesto, resultarían directamente de la parte de las obras que se construya en ese país y parecería que una división equitativa de trabajos sería que cada país pagara los costos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la parte de las obras que quede localizada en su propio territorio.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(8)

Con base en los datos de campo y estudios preliminares se prepararon estimaciones de costos para cada Sección de la Comisión.

Costos estimados de construcción que incluyen ingeniería, diseño, derechos de vía y relocalizaciones:

	<u>Moneda Mexicana</u>	<u>Moneda de los EE.UU.</u>
Obras en México	\$ 130'000 000	\$ 10'400 000
Obras en los Estados Unidos	<u>192'500 000</u>	<u>15'400 000</u>
Costo total - Proyecto Internacional	\$ 322'500 000	\$ 25'800 000

Costo anual estimado de operación y mantenimiento de las obras:

En México	\$ 138 750	\$ 11 100
En los Estados Unidos	212 500	17 000

Recomendaciones

Recomendamos:

1.- Que el plan de construir el encauzamiento del Río Tijuana, desde el puente del ferrocarril hasta el Océano Pacífico, descrito en este informe, sea adoptado por la Comisión como obra internacional de control de avenidas del Río Tijuana.

2.- Que cada país ejecute lo más pronto que sea práctico, a sus expensas, el diseño de la parte de la obra que quede localizada en su propio territorio, con la coordinación y supervisión de la Comisión.


3.- Que cada país ejecute simultáneamente, lo más pronto que sea práctico, a sus expensas, la construcción de la parte de la obra que quede localizada en su propio territorio, con la coordinación y supervisión de la Comisión.


COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(9)

4.- Que cada país ejecute a sus expensas, las operación y mantenimiento de la parte de la obra que quede localizada en su propio territorio, bajo la supervisión de la Comisión.

Con todo respeto,


Norberto Sánchez G.
Ingeniero Principal
Sección Mexicana


W. E. Walker
Ingeniero Principal
Sección de los Estados Unidos

INTERNATIONAL BOUNDARY AND WATER COMMISSION
UNITED STATES AND MEXICO

El Paso, Texas
June 13, 1967

JOINT REPORT OF THE PRINCIPAL ENGINEERS
ON THE INTERNATIONAL WORKS NEEDED IN THE UNITED STATES AND MEXICO
FOR TIJUANA RIVER FLOOD CONTROL IN BOTH COUNTRIES

The Honorable Commissioners,
International Boundary and Water Commission,
United States and Mexico,
El Paso, Texas, and Ciudad Juárez, Chihuahua.

Sirs:

In pursuance of your instructions, we respectfully submit for your consideration this report on the flood problem along the Tijuana River in the United States and in Mexico, and the general plan which we recommend for its solution.

The 1944 Water Treaty provides, with respect to the Tijuana River, that the Commission shall study, investigate, and submit to the two Governments for their approval: Plans for storage and flood control to promote and develop domestic, irrigation, and other feasible uses of the waters of this system; an estimate of the cost of the proposed works and the manner in which the construction of such works or the cost thereof should be divided between the two Governments; and recommendations regarding the parts of the works to be operated and maintained by the Commission and by each Section.

Minute No. 182 of the Commission dated September 23, 1946, subsequently approved by the two Governments instructed the Consulting Engineers of the two Sections jointly to continue or to undertake studies and investigations concerning the Tijuana River to include additional storage reservoirs for flood control and for the conservation of water in years of abundance for use during years of scarcity, and the construction of levees on both sides of the stream for the protection of existing developments along the Tijuana River proper from Rodríguez Dam to the Pacific Ocean.

Need for Flood Protection.

In 1946, when Minute No. 182 was approved, the city of Tijuana, Baja California, had a population of 12,000 and San Ysidro, California, nearly 1,400, and there were about 500 inhabitants along the Tijuana River in the United States, and it was recognized that there was a need to undertake joint flood protection studies.

At present, the city of Tijuana, Baja California, has nearly 275,000 population. The riparian area in the United States was annexed in 1956 to the city of San Diego with a population of 700,000. To provide areas for further urban development, the floodplain of the Tijuana River in the two countries is urgently needed. Protection of the floodplain against overflow is necessary before developments can proceed.

Recently, in November 1965 and December 1966, relatively small floods caused the loss of two lives and appreciable property damage. We believe that an international flood protection project for the Tijuana River is urgent, so as to safeguard human lives, to prevent damage to the properties of each country, and to provide for much needed expansion of urban development.

The Tijuana River.

The Tijuana River and tributary drainage basin is almost triangular in shape and varies in width from 2 miles (3.2 kilometers) near the Pacific Ocean to nearly 65 miles (105 kilometers) measured along the eastern divide situated at about 60 miles (97 kilometers) east of the coast. The total area of the basin is approximately 1,700 square miles (4,426 square kilometers), of which approximately 1,200 square miles (3,126 square kilometers), 70 percent, lie in Mexico and approximately 500 square miles (1,300 square kilometers), 30 percent, in the United States. The two principal tributaries, Cottonwood Creek (Rio del Alamar), which rises in the United States, and the Rio Las Palmas, which rises in Mexico, join about 5 miles (8 kilometers) south of the

international boundary and about 11 miles (17.7 kilometers) upstream from the Pacific Ocean to form the Tijuana River.

The floodplain of the Tijuana River in Mexico from the railroad bridge to the international boundary is approximately 2.7 miles (4.3 kilometers) in length, with an average width of 0.6 miles (1 kilometer), and in this distance embraces about 1,080 acres (430 hectares) in the heart of the city of Tijuana, Baja California. In the United States, the floodplain is nearly 6 miles (9.7 kilometers) in length from the boundary to the Pacific Ocean, averages about 1.3 miles (2.1 kilometers) in width, and embraces almost 5,200 acres (2,100 hectares) which now form a part of the cities of San Diego and Imperial Beach, California. Ordinary floods spread over a large part of the floodplain, and unusual floods would cover the entire plain. There are tributary arroyos in each country that discharge across the international boundary into the other country.

Three dams have been constructed in the Tijuana River basin, but the total capacity of each is designed and operated only for conservation, and no part of their capacity is allocated to flood control. They are described as follows:

<u>Dam</u>	<u>Location</u>	<u>Yr. Completed</u>	<u>Capacity</u>		<u>Total Drainage Basin</u>	
			<u>Cubic Meters Thousands</u>	<u>Acre-Ft.</u>	<u>Sq.Km.</u>	<u>Sq.Mi.</u>
Rodríguez	Río Las Palmas Mexico	1936	138,000	111,900	2,533	976
Morona	Cottonwood Creek U.S.	1910	62,000	50,200	296	114
Barrett	Cottonwood Creek U.S.	1921	55,000	44,800	640	247

Two other damsites have been studied: Marron site on Cottonwood Creek (Rio del Alamar), located immediately downstream from the international boundary, with a drainage basin of 488 square miles (1,265 square kilometers), and

Cancio site on the Río Las Palmas, upstream from Rodríguez Dam, with a drainage basin of 575 square miles (1,490 square kilometers). During the last 20 years the flows of the Las Palmas River and Río del Alamar have been insignificant, as a consequence of which the study of such works as storage reservoirs has been deferred.

Design Flood.

Although the existing dams in the Tijuana River basin are conservation reservoirs and have no capacity allotted for flood control, we believe that for the ordinary floods they could generally control 85 percent of the area of their drainage basins; in these conditions, the uncontrolled area would be 669 square miles (1,732 square kilometers) and with the enveloping curve of maximum floods observed in Southern California there would result a maximum flood peak of 111,000 cubic feet (3,150 cubic meters) per second.

The same observed data with respect to maximum floods in Southern California show that, if the Marrón and Cancio Dams should be constructed, these together with the existing dams would not materially reduce the maximum peak flood which may be expected.

Since, under the above assumptions regarding control by existing dams, the maximum floods either with or without Marrón and Cancio Dams are practically the same, the construction of these works as flood regulating structures cannot be justified.

We have assumed that the existing storage dams partly control floods, but in the event of a storm of the dimensions of maximum floods that have occurred in Southern California, the reservoirs could be completely filled at the beginning of the flood and, in this circumstance, the flood would have a maximum flow of 135,000 cubic feet (3,820 cubic meters) per second.

We suggest that the plan most adequate for flood protection on the Tijuana River in both countries would be the construction of a flood channel to safely

convey the maximum flood that can reasonably be expected through the cities of Tijuana, San Diego, and Imperial Beach.

Proposed Solution.

We propose that the Tijuana River be channelized in a concrete-lined canal to begin at the railroad bridge, extending to the northwest through the city of Tijuana, Baja California, to the International boundary and having a length of 2.7 miles (4.3 kilometers); the alignment thence to veer westward following for a distance of 6 miles (9.7 kilometers) a course near the boundary, in United States territory, to discharge into the Pacific Ocean, reference attached plan.

The invert of the channel should have a constant grade throughout its entire length, except at the ends of the channel where variation in gradient would be necessary to adjust to the engineering needs of the project.

The channel cross section would have a bottom width of approximately 230 feet (70 meters) and 1.5:1 slopes. For engineering reasons, the bottom width could increase to 310 feet (95 meters) at the mouth. The cross section should provide capacity for 111,000 cubic feet (3,150 cubic meters) per second computed with a coefficient of roughness of $n = 0.015$ and a freeboard of 3.78 feet (1.15 meters), or the cross section could provide for a capacity of 135,000 cubic feet (3,820 cubic meters) per second calculated with a coefficient of roughness of $n = 0.014$ and a freeboard of 2.5 feet (0.76 meters), we believe that the waves of water that might be produced as a consequence of the current and of the bridge piling and alignment of the channel could be accommodated within the freeboards above indicated, and in case later studies show that the proposed freeboards are insufficient, they could be increased as may be found necessary.

The cross section of the channel should be provided with a pilot channel with sufficient capacity for ordinary flows and with a system of underdrainage for the control of uplift.

The channel should be provided with adequate intake structures at its entrance, and those which may be required for the tributary arroyos and other drainage; it should be provided with a transition structure at the lower end to protect the channel from erosion due to discharges to the ocean. A maintenance road should be provided along each levee.

Division of Work and Costs.

The benefits to each country of the proposed project would directly result from the portion of the works constructed in that country, and it would appear that a fair division of the works would be for each country to pay the costs of the design, construction, operation and maintenance of the part of the project located in its territory.

On the basis of field data and preliminary studies, estimates of costs for each Section of the Commission were prepared.

Estimated construction costs include engineering, design, rights-of-way, and relocations:

	<u>Mexican Currency</u>	<u>United States Currency</u>
Works in Mexico	\$130,000,000	\$10,400,000
Works in United States	<u>192,500,000</u>	<u>15,400,000</u>
Total Cost - International Project	\$322,500,000	\$25,800,000
Estimated annual cost of operation and maintenance of the works:		
In Mexico	\$138,750	\$11,100
In United States	212,500	17,000

Recommendations.

We recommend:

1. That the plan to construct the channelization of the Tijuana River from the railroad bridge to the Pacific Ocean, which is described in this report, be adopted by the Commission as an international flood control project on the Tijuana River.

2. That each country at its own expense, and as soon as practicable, execute the design of the part of the project located in its own territory, with coordination and supervision by the Commission.
3. That each country at its expense, and as soon as practicable, simultaneously execute construction of the part of the project which is located in its own territory, with coordination and supervision by the Commission.
4. That each country at its expense perform the operation and maintenance of the part of the project which is located in its own territory, under the Commission's supervision.

Respectfully,

W. E. Walker

W. E. Walker
Principal Engineer
United States Section

N. Sánchez G.

Norberto Sánchez G.
Principal Engineer
Mexican Section

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

Ciudad Juárez, Chih.,
13 de junio de 1967.

INFORME MANCOMUNADO DE LOS INGENIEROS PRINCIPALES SOBRE
LAS OBRAS INTERNACIONALES NECESARIAS EN MEXICO Y EN LOS ESTADOS UNIDOS
PARA EL CONTROL DE AVENIDAS DEL RIO TIJUANA EN AMBOS PAISES.

A los Honorables Comisionados,
Comisión Internacional de Límites y Aguas
entre México y los Estados Unidos,
Ciudad Juárez, Chihuahua y El Paso, Texas.

Señores:

De acuerdo con sus instrucciones, respetuosamente sometemos a su consideración este informe sobre el problema de inundaciones a lo largo del Río Tijuana en México y en los Estados Unidos y el plan general que recomendamos para su solución.

El Tratado de Aguas de 1944 provee, con respecto al Río Tijuana, que la Comisión estudiará, investigará y someterá a los dos Gobiernos para su aprobación: Proyectos de almacenamiento y control de avenidas a fin de fomentar y desarrollar los usos domésticos, de irrigación y demás usos factibles de las aguas de este sistema; estimaciones de los costos de las obras propuestas y de la forma en que la construcción de dichas obras o los costos de las mismas deberán ser divididos entre los dos Gobiernos; y recomendaciones respecto de las partes de las obras que deberán ser operadas y mantenidas por la Comisión y por cada Sección.

El Acta 182, de la Comisión, de fecha 23 de septiembre de 1946, subsecuentemente aprobada por los dos Gobiernos, da instrucciones a los Ingenieros Consultores de las dos Secciones para que unidos continúen o emprendan estudios e investigaciones sobre el Río Tijuana que incluyan

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(2)

vasos de almacenamiento adicionales para el control de avenidas y para conservar el agua de años de abundancia para su uso en años de escasez y construcción de bordos a ambos lados de la corriente para la protección de los desarrollos existentes a lo largo del propio Río Tijuana desde la Presa Rodríguez hasta el Océano Pacífico.

Necesidad de protección contra inundaciones.

En 1946, cuando se aprobó el Acta 182, la ciudad de Tijuana, Baja California, tenía 12 000 habitantes y la de San Ysidro, California, cerca de 1 400 y había como 500 habitantes a lo largo del Río Tijuana, en los Estados Unidos y ya se había visto la necesidad de emprender estudios mancomunados de protección contra inundaciones.

En la actualidad la ciudad de Tijuana, Baja California, tiene cerca de 275 000 habitantes. El área ribereña en los Estados Unidos fue anexada en 1956 a la ciudad de San Diego con una población de 700 000. Para proporcionar áreas para el desarrollo urbano ulterior se necesita urgentemente el cauce de avenidas del Río Tijuana en los dos países. Es necesaria la protección contra inundaciones del cauce de avenidas antes de poder proceder a los desarrollos.

Recientemente, en noviembre de 1965 y diciembre de 1966, avenidas relativamente pequeñas causaron la pérdida de dos vidas y daños apreciables a la propiedad; opinamos que es urgente un proyecto internacional de protección contra inundaciones del Río Tijuana para proteger vidas humanas, evitar daños a propiedades en cada país y facilitar la expansión muy necesaria del desarrollo urbano.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(3)

El Río Tijuana.

La cuenca de captación del Río Tijuana y sus afluentes es de forma casi triangular y varía en anchura desde 3.2 kilómetros (2 millas), cerca del Océano Pacífico, hasta alrededor de 105 kilómetros (65 millas) medidos a lo largo del parteaguas del este, que está situado como a 97 kilómetros (60 millas) al oriente de la costa. El área total de la cuenca es aproximadamente de 4 426 kilómetros cuadrados (1 700 millas cuadradas), de los cuales aproximadamente 3 126 kilómetros cuadrados (1 200 millas cuadradas), 70%, están en México y aproximadamente 1 300 kilómetros cuadrados (500 millas cuadradas), 30%, están en los Estados Unidos. Los dos tributarios principales, el Río del Alamar (Cottonwood), que nace en los Estados Unidos, y el Río de las Palmas, que nace en México, se unen como a 8 kilómetros (5 millas) al sur de la frontera internacional y como a 17.7 kilómetros (11 millas) aguas arriba del Océano Pacífico para formar el Río Tijuana.

El cauce de avenidas del Río Tijuana, en México, desde el puente del ferrocarril hasta la frontera internacional es de 4.3 kilómetros (2.7 millas) de longitud, aproximadamente, con una anchura media de un kilómetro (0.6 millas) y en esta distancia abarca como 430 hectáreas (1 080 acres) en el corazón de la ciudad de Tijuana, Baja California; en los Estados Unidos el cauce de avenidas es de cerca de 9.7 kilómetros (6 millas) de longitud desde la línea divisoria al Océano Pacífico y tiene, en promedio, como 2.1 kilómetros (1.3 millas) de anchura y abarca casi 2 100 hectáreas (5 200 acres) que ahora forman parte de las ciuda-

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(4)

des de San Diego e Imperial Beach, California. Avenidas ordinarias inundan gran parte del cauce de avenidas y avenidas extraordinarias cubrirían todo el cauce. Hay arroyos tributarios en cada país que descargan en el otro país a través de la línea divisoria internacional.

En la cuenca del Río Tijuana hay tres presas construídas pero la capacidad total de cada una está diseñada y operada únicamente para almacenamiento y ninguna parte de su capacidad está destinada para el control de avenidas, se describen como sigue:

<u>Presa</u>	<u>Localización</u>	<u>Año</u> <u>terminación</u>	<u>Capacidad</u>		<u>Cuenca total</u>	
			10^3 m^3	A-P	Km^2	mi^2
Rodríguez	Río de las Palmas México	1936	138 000	111 900	2 533	976
Morena	Arr. Cottonwood EE. UU.	1910	62 000	50 200	296	114
Barrett	Arr. Cottonwood EE. UU.	1921	55 000	44 800	640	247

Se han estudiado otros dos sitios de presas: el sitio Marrón, sobre el Río del Alamar (Cottonwood), localizado inmediatamente aguas abajo de la línea divisoria internacional con una cuenca de 1 265 kilómetros cuadrados (488 millas cuadradas) y el sitio de Cancio, sobre el Río de las Palmas, aguas arriba de la Presa Rodríguez con una cuenca de 1 490 kilómetros cuadrados (575 millas cuadradas). Durante los últimos 20 años, los escurrimientos del Río de las Palmas y del Río del Alamar han sido insignificantes por lo que ha sido diferido el estudio de dichas obras como vasos de almacenamiento.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(5)

Avenida de diseño.

Aunque las presas existentes en la cuenca del Río Tijuana son vasos de almacenamiento y no tienen capacidad asignada para control de avenidas, creemos que para avenidas ordinarias generalmente podrían controlar el 85% del área de sus cuencas; en estas condiciones el área no controlada sería de 1 732 kilómetros cuadrados (669 millas cuadradas) y con la curva envolvente de las avenidas máximas observadas en el sur de California se obtendría una avenida máxima con cresta de 3 150 metros cúbicos (111 000 pies cúbicos) por segundo.

Los mismos datos observados en relación con las avenidas máximas en el sur de California muestran que si se construyeran las presas de Marrón y Cancio, éstas, junto con las presas existentes, no reducirían materialmente la cresta de la avenida máxima que se podría presentar.

Puesto que bajo las suposiciones anteriores relativas al control de las presas existentes, las avenidas máximas, ya sea con y sin las presas Marrón y Cancio, son prácticamente las mismas, no puede justificarse la construcción de estas obras como estructuras reguladoras de avenidas.

Hemos supuesto que las presas de almacenamiento existentes controlan en parte las avenidas, pero en el caso que se presente una tormenta de la magnitud de las avenidas máximas que se han presentado en el sur de California, los vasos de almacenamiento se podrían llenar por completo al principio de la avenida, y en este caso la avenida tendría un gasto máximo de 3 820 metros cúbicos (135 000 pies cúbicos) por segundo.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(6)

Sugerimos que el plan más adecuado para la protección contra inundaciones del Río Tijuana en los dos países sería la construcción de un cauce de avenidas para conducir con seguridad la avenida máxima que razonablemente pueda esperarse a través de las ciudades de Tijuana, San Diego e Imperial Beach.

Solución que se propone.

Proponemos que se canalice el Río Tijuana mediante un canal revestido de concreto que principie en el puente del ferrocarril, se extienda hacia el noroeste a través de la ciudad de Tijuana, Baja California, hasta la línea divisoria internacional y con una longitud de 4.3 kilómetros (2.7 millas); de allí que el alineamiento dé vuelta hacia el oeste siguiendo un curso cercano a la línea divisoria, en territorio de los Estados Unidos, para descargar en el Océano Pacífico y con una longitud de 9.7 kilómetros (6 millas), véase plano anexo.

La plantilla del encauzamiento debería tener una pendiente constante en toda su longitud excepto en los extremos del canal donde sería necesaria la variación de la pendiente para ajustarse a las necesidades de ingeniería del proyecto.

La sección del canal tendría una plantilla de 70.00 metros (230 pies) de anchura aproximadamente y taludes de 1.5:1; la anchura de la plantilla podría aumentar hasta 95 metros (310 pies) en la desembocadura por razones de ingeniería. La sección debería tener una capacidad de 3 150 metros cúbicos (111 000 pies cúbicos) por segundo calculada con un coeficiente de rugosidad de $n = 0.015$ y un bordo libre de 1.15

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(7)

metros (3.78 pies) o bien, la sección podría tener una capacidad de 3 820 metros cúbicos (135 000 pies cúbicos) por segundo calculada con 2.5 pies); creemos que dentro de los bordos libres antes indicados podrían quedar alojadas las ondas del agua que pudieran producirse como consecuencia de la corriente y de las pilas de los puentes y del alineamiento de la canalización; en el caso de que estudios posteriores muestren que los bordos libres propuestos son insuficientes, éstos podrían aumentarse lo que fuera necesario.

La sección del canal debería proveerse de un cauce piloto de capacidad suficiente para los escurrimientos ordinarios y de un sistema de drenaje inferior para el control de las subpresiones.

El encauzamiento debería proveerse de estructuras adecuadas de entrada al principio de la obra y las que se requieran para los arroyos tributarios y otros drenajes; debería proveerse de una estructura de transición en el extremo inferior para proteger el canal contra erosiones debidas a las descargas al océano. Un camino de mantenimiento debería proveerse a lo largo de cada bordo.

Distribución de trabajos y costos.

Los beneficios para cada país, del proyecto propuesto, resultarían directamente de la parte de las obras que se construya en ese país y parecería que una división equitativa de trabajos sería que cada país pagara los costos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la parte de las obras que quede localizada en su propio territorio.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(8)

Con base en los datos de campo y estudios preliminares se prepararon estimaciones de costos para cada Sección de la Comisión.

Costos estimados de construcción que incluyen ingeniería, diseño, derechos de vía y relocalizaciones:

	<u>Moneda Mexicana</u>	<u>Moneda de los EE.UU.</u>
Obras en México	\$ 130'000 000	\$ 10'400 000
Obras en los Estados Unidos	<u>192'500 000</u>	<u>15'400 000</u>
Costo total - Proyecto Internacional	\$ 322'500 000	\$ 25'800 000

Costo anual estimado de operación y mantenimiento de las obras:

En México	\$ 138 750	\$ 11 100
En los Estados Unidos	212 500	17 000

Recomendaciones

Recomendamos:

1.- Que el plan de construir el encauzamiento del Río Tijuana, desde el puente del ferrocarril hasta el Océano Pacífico, descrito en este informe, sea adoptado por la Comisión como obra internacional de control de avenidas del Río Tijuana.

2.- Que cada país ejecute lo más pronto que sea práctico, a sus expensas, el diseño de la parte de la obra que quede localizada en su propio territorio, con la coordinación y supervisión de la Comisión.


3.- Que cada país ejecute simultáneamente, lo más pronto que sea práctico, a sus expensas, la construcción de la parte de la obra que quede localizada en su propio territorio, con la coordinación y supervisión de la Comisión.


COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(9)

4.- Que cada país ejecute a sus expensas, las operación y mantenimiento de la parte de la obra que quede localizada en su propio territorio, bajo la supervisión de la Comisión.

Con todo respeto,


Norberto Sánchez G.
Ingeniero Principal
Sección Mexicana


W. E. Walker
Ingeniero Principal
Sección de los Estados Unidos