

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS

Por MARIANO PALANCAR PENELLA
Ingeniero de Caminos,

Se hace en el presente artículo una descripción y reseña de las actividades del organismo de los Estados Unidos cuyo nombre encabeza estas líneas, destacando especialmente la importancia de esa organización en el campo de las obras hidráulicas.

Vamos a dedicar este segundo trabajo de información sobre organismos norteamericanos de obras hidráulicas al U.S. Army Corps of Engineers.

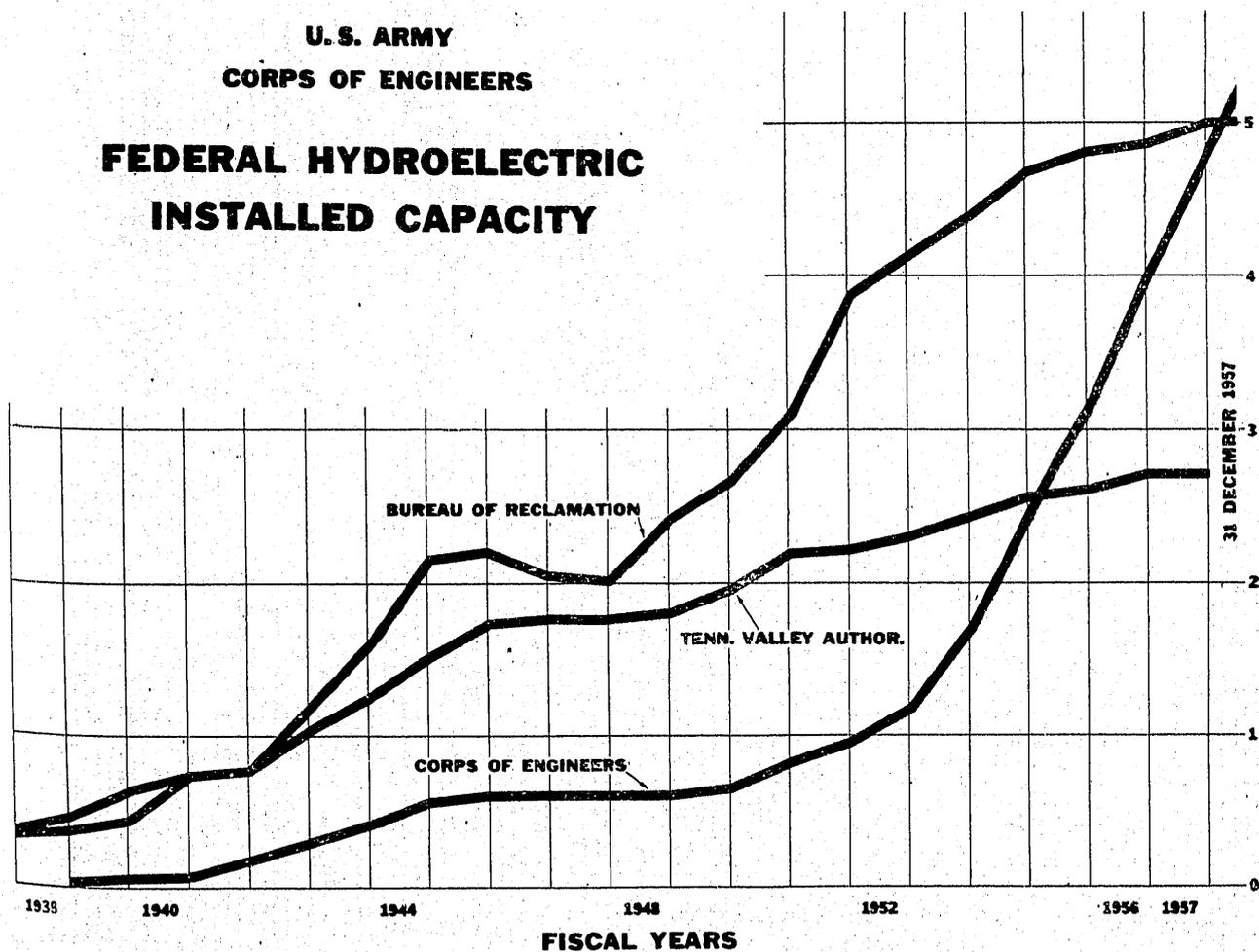
Como su nombre indica, se trata de Cuerpos de Ingenieros del Ejército, pero además de sus misiones militares, desarrollan misiones civiles de mucha importancia.

En el campo militar se ocupan de todas las construcciones para el Ejército y la Aviación, tanto en

Norteamérica como en el extranjero, y de las adquisiciones de terrenos.

En el campo civil está a su cargo el desarrollo y mejora de los ríos y puertos norteamericanos, en un principio, con miras a la navegación y control de inundaciones exclusivamente, y posteriormente, a la producción de energía hidroeléctrica y otras utilidades del agua para fines municipales, agrícolas e industriales.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS FEDERAL HYDROELECTRIC INSTALLED CAPACITY



FISCAL YEARS

Gráfico núm. 1.

Aunque menos conocida que otras organizaciones gubernamentales (en E.E. UU. incluso es poco conocida su labor), es probablemente la más importante en el campo de la construcción. La potencia instalada en los aprovechamientos construídos por U.S. Army Corps of Engineers es superior a la del Bureau of Reclamation y la T.V.A.; en la investigación aplicada poseen un conjunto de laboratorios de los mejores de

Actualmente tienen en explotación y construcción 44 proyectos hidroeléctricos, situados en 19 Estados, con una potencia de 10 millones de Kw.

En el gráfico núm. 1 se compara la potencia hidroeléctrica instalada en las tres grandes organizaciones federales, cuya suma representa aproximadamente el 50 por 100 del total USA.

Se espera que la potencia hidroeléctrica operada

**U. S. ARMY
CORPS OF ENGINEERS
MULTIPLE-PURPOSE PROJECTS WITH POWER
ELECTRIC ENERGY PRODUCTION
CORPS PROJECTS**

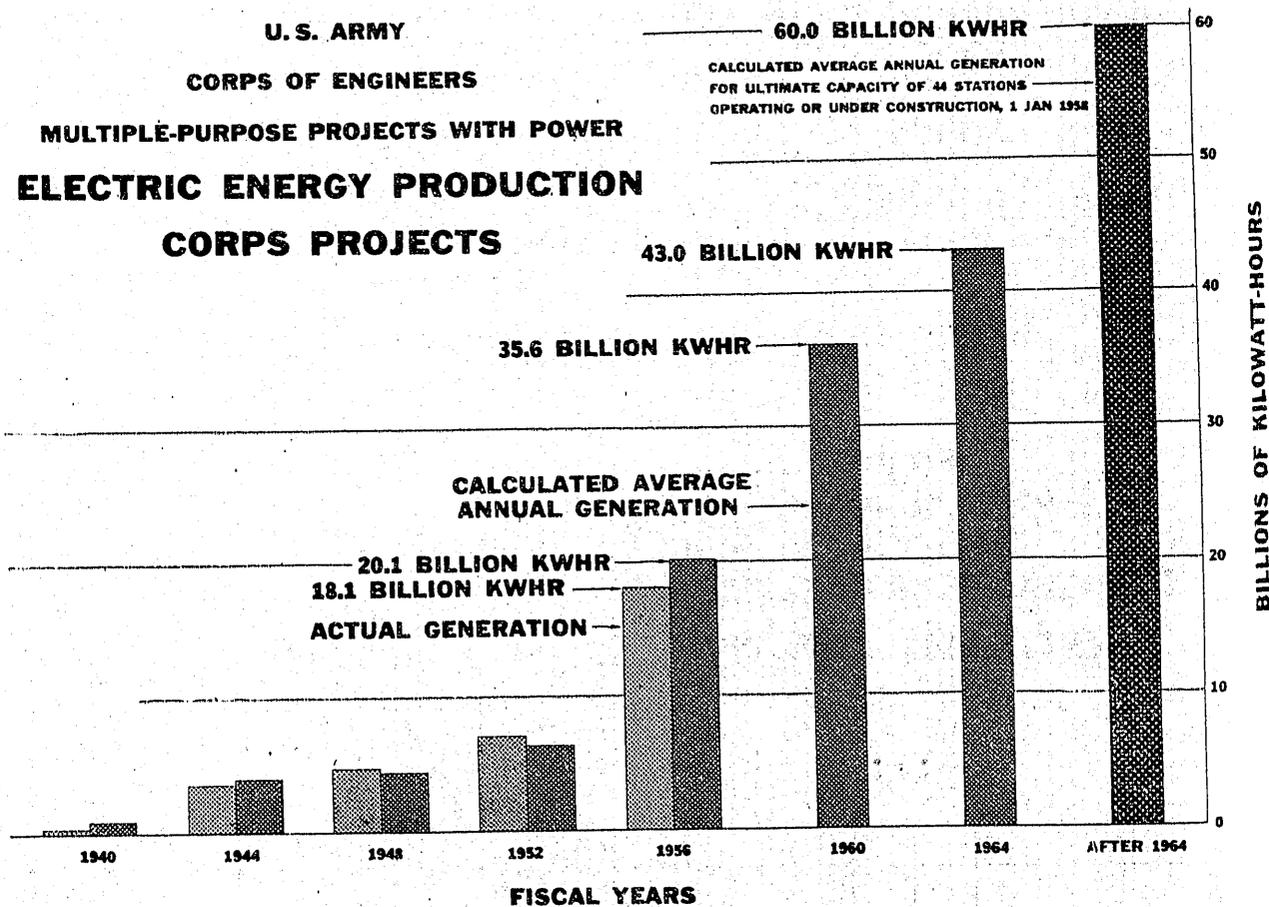


Gráfico núm. 2.

Norteamérica, y en fin, como detalle curioso, nos informaron de que son los mayores consumidores de hormigón del mundo.

U.S. Army Corps of Engineers está dividido en Divisiones, y a lo largo de nuestro viaje por los Estados Unidos de América hemos tenido ocasión de apreciar la labor de algunas de ellas enfrentadas con extraordinarios problemas de ingeniería, como el estudio en modelo reducido de toda la cuenca del río Mississippi; la bahía de San Francisco, donde se dan cita numerosos y complejos problemas, y la gigantesca obra de encauzamiento del río San Lorenzo.

A continuación vamos a hacer un rápido resumen de las actividades de este organismo, empezando por las realizaciones de tipo hidroeléctrico.

por los Corps of Engineers alcanzará en breve el 25 por 100 del total de la nación.

La producción durante el año 1957 fué de 22 600 millones de Kw-hora, que representa el 18,3 por 100 de la energía de origen hidroeléctrico producida en el país y el 4 por 100 de la energía de todas las clases. En el gráfico núm. 2 se aprecia el desarrollo previsto para la producción.

Normalmente, la energía producida es distribuida por el Departamento del Interior a través de cuatro Agencias Federales: Bonneville Power Administration, Bureau of Reclamation, Southwestern Power Administration y South Eastern Power Administration, que distribuyen el 55, 16, 11 y 18 por 100, respectivamente. La energía es vendida en barras de

TABLE I MULTIPLE-PURPOSE PROJECTS WITH POWER

31 DECEMBER 1957

PROJECTS	RIVER	INITIAL OPERATION FISCAL YEAR	INSTALLED AS OF 31 DEC 1957 KILOWATTS	CAPACITY CURRENTLY UNDER CONSTR. KILOWATTS	ULTIMATE INSTALLATION KILOWATTS
IN OPERATION					
1. Bonneville, Ore. & Wash.	Columbia	1938	518,400		518,400
2. Ft. Peck, Mont.	Missouri	1944	85,000	80,000	165,000
3. Norfork, Ark. & Mo.	North Fork	1944	70,000		140,000
4. Denison, Okla. & Tex.	Red	1945	70,000		175,000
5. Dale Hollow, Tenn.	Obey	1949	54,000		54,000
6. Allatoona, Ga.	Etowah	1950	74,000		110,000
7. Narrows, Ark.	Little Missouri	1950	17,000		25,500
8. Center Hill, Tenn.	Caney Fork	1951	135,000		135,000
9. Wolf Creek, Ky.	Cumberland	1952	270,000		270,000
10. St. Marys, Mich.	St. Marys	1952	18,400		18,400
11. Bull Shoals, Ark. & Mo.	White	1953	160,000	80,000	320,000
12. John H. Kerr, N.C. & Va.	Roanoke	1953	204,000		204,000
13. Clark Hill, Ga. & S.C.	Savannah	1953	280,000		280,000
14. Ft. Gibson, Okla.	Grand	1953	45,000		67,500
15. Whitney, Tex.	Brazos	1954	30,000		30,000
16. Detroit, Ore.	North Santiam	1954	118,000		118,000
17. Philpott, Va.	Smith	1954	14,000		14,000
18. McNary, Ore. & Wash.	Columbia	1954	980,000		980,000
19. Tenkiller Ferry, Okla.	Illinois	1954	34,000		34,000
20. Ft. Randall, S. Dak.	Missouri	1954	320,000		320,000
21. Lookout Point, Ore.	Middle Fork, Willamette	1955	135,000		135,000
22. Albeni Falls, Idaho	Fend Oreille	1955	42,600		42,600
23. Chief Joseph, Wash.	Columbia	1956	768,000	256,000	1,280,000
24. Blakely Mountain, Ark.	Ouachita	1956	75,000		75,000
25. Garrison, N.D.	Missouri	1956	240,000	160,000	400,000
26. Gavins Point, Neb. & S. Dak.	Missouri	1957	100,000		100,000
27. Jim Woodruff, Fla. & Ga.	Apalachicola	1957	30,000		30,000
28. Old Hickory, Tenn.	Cumberland	1957	100,000		100,000
29. The Dalles, Ore. & Wash.	Columbia	1957	183,000	936,000	1,275,000
30. Buford, Ga.	Chattahoochee	1957	86,000		86,000
UNDER CONSTRUCTION					
31. Cheatham, Tenn.	Cumberland	1958		36,000	36,000
32. Table Rock, Ark. & Mo.	White	1959		200,000	200,000
33. Cougar, Ore.	South Fork, McKenzie	1961		25,000	25,000
34. Hartwell, Ga. & S.C.	Savannah	1962		264,000	330,000
35. Hills Creek, Ore.	Middle Fork Willamette	1962		30,000	30,000
36. Oahe, N. Dak. & S. Dak.	Missouri	1962		595,000	595,000
37. Ice Harbor, Wash.	Snake	1962		270,000	270,000
38. Creers Ferry, Ark.	Little Red	1962		96,000	96,000
39. Ft. Gaines, Ala. & Ga.	Chattahoochee	1962		130,000	130,000
40. McGee Bend, Tex.	Angelina	1962		45,000	45,000
41. Barkley, Ky. & Tenn.	Cumberland	1963		130,000	130,000
42. Dardanelle, Ark.	Arkansas	1964		120,000	120,000
43. Eufaula, Okla.	Canadian	1964		90,000	90,000
44. John Day, Ore. & Wash.	Columbia	After 64		1,200,000	2,000,000
TOTALS			5,256,400	4,743,000	11,572,400
TOTAL IN OPERATION AND UNDER CONSTRUCTION			9,999,400		

central y las líneas de transporte son propiedad de los compradores o de las agencias distribuidoras.

La disposición general de las instalaciones de todos los proyectos responden a tres modelos-tipo:

1. Presa de hormigón tipo gravedad, con central adosada de pie de presa. Disposición utilizada en 20 de los proyectos. Puede servir de modelo el Center Hill Project.

2. Presa de tierra con central aguas abajo. La toma se sitúa en el interior del embalse y las tuberías de presión atraviesan la presa o el terreno adyacente

hasta la central, que se sitúa inmediatamente aguas abajo de la presa. Suelen proyectarse chimeneas de equilibrio cerca de la central. Puede servir de modelo de esta disposición, empleada en 10 casos, el Garrison Project.

3. Presa de hormigón con central incorporada; disposición utilizada en los saltos de baja altura, sin embalse. Adoptada en 16 casos, a los que sirve de ejemplo el Dalles Project.

Terminamos este escueto resumen de las realizaciones hidroeléctricas de los Corps of Engineers con

unas cifras elocuentes: el coste de los proyectos en explotación y en construcción se estima en 4 300 millones de dólares, de los que se cargan a energía 2 900 millones

En la tabla I se relacionan los aprovechamientos hidroeléctricos en explotación y construcción.

Vamos a ocuparnos ahora de las actividades que los Corps of Engineers desarrollan en el campo de la investigación aplicada.

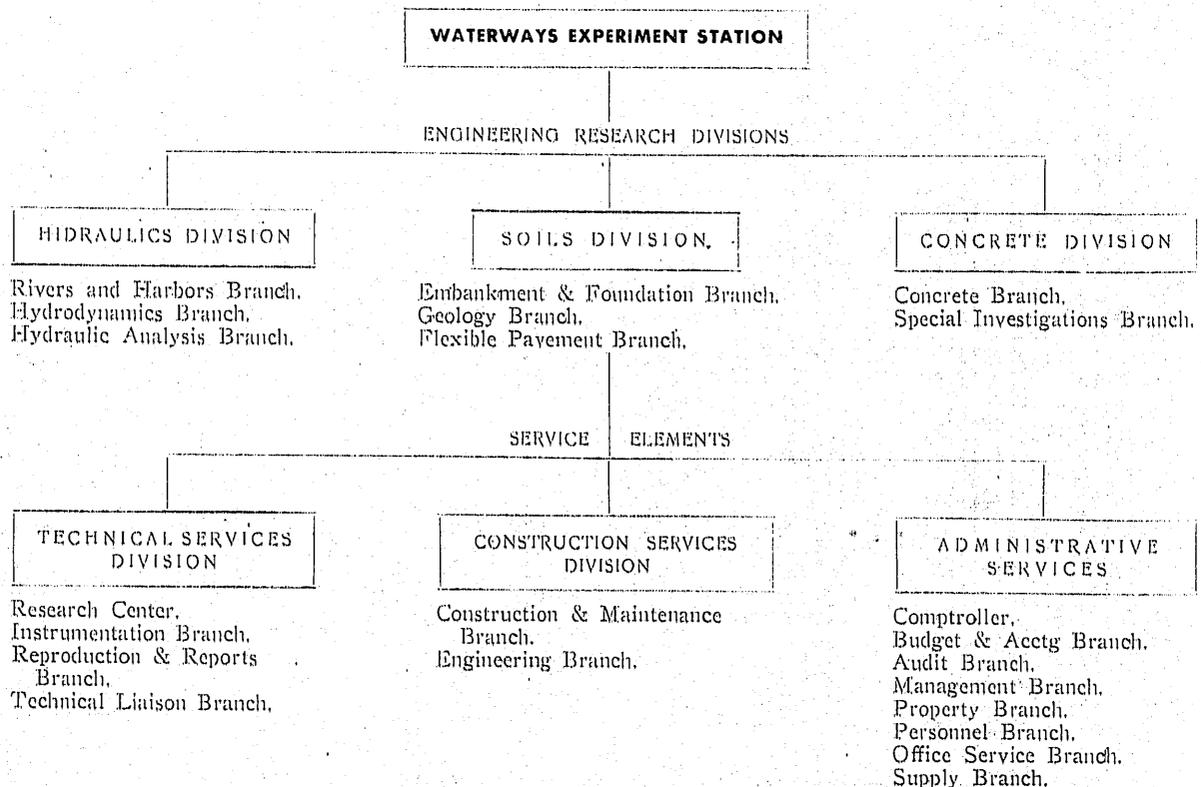
Aunque tienen una serie de laboratorios diseñados por el país, indudablemente los más importantes son los agrupados en la Waterways Experiment Station, que visitamos en nuestro viaje.

Una idea de la importancia de este centro la da su presupuesto, que en el año 1958 fué de 5 858 000 dólares. Trabajan como empresa particular, cobrando

sus trabajos lo mismo al Ejército que a las Agencias Federales y ocasionalmente a empresas particulares y Gobiernos extranjeros. Su misión no se reduce al estudio y resolución de problemas concretos, sino que desarrollan también una labor de carácter más general, encaminada a establecer criterios o normas de proyecto.

En Vicksburg, Mississippi, están las oficinas centrales del centro y las divisiones de Hidráulica y Suelos y Pavimentos flexibles, ocupando una extensión de 200 Ha., y en Jackson, capital del Estado, está la división de Flormigón y el modelo reducido de la cuenca del río Mississippi, que ocupan 330 Ha.

La organización del centro se muestra en el siguiente esquema:



El Director, Coronel Andrew P. Rollins, que nos recibió muy amablemente con unas palabras en español, es prácticamente el único militar del centro, aunque, en ocasiones, existan algunos oficiales y soldados asignados a investigaciones específicas. El resto de la plantilla, hasta 750 personas, lo constituye personal civil, entre los que destacan Ingenieros especializados en distintos campos.

La división de Hidráulica realiza toda clase de estudios relacionados con la materia, habiendo desarrollado desde su principio varios centenares de estudios en modelo reducido, y aunque la mayoría

corresponden a proyectos concretos, cada vez se presta mayor atención a la investigación dedicada a establecer criterios generales para el proyecto de los diferentes tipos de estructuras hidráulicas.

Realizamos una rápida visita a las instalaciones, pasando por la Sección de Prototipos, que realiza estudios sobre obras a escala natural; la Sección de Cálculo electrónico, equipada con maquinaria I.B.M., cuyo alquiler mensual asciende a 5 000 dólares; el Calibration Laboratory, cuya misión estriba en manejar todos los aparatos de medición, toma de datos, etcétera, con máquinas electrónicas para la toma au-

tomática de datos en procesos rápidos (cavitaciones, presiones del subsuelo, presiones en compuertas, etcétera), datos que quedan registrados en bandas especiales; en fin, un verdadero alarde de instalaciones y una organización perfecta.

En el Laboratorio de Puertos vimos varios modelos de puertos americanos, y hablando con el Director, surgió el nombre de Tribarren, a quien creían portugués. Ellos llegan, por métodos empíricos a conclusiones concordantes con las teorías de Tribarren.

La División de Suelos desarrolla trabajos de dos tipos: por una parte, estudios geológicos y análisis de terrenos, ensayos, cálculo y proyecto de cimientos y estructuras de tierra y trabajos de investigación sobre mecánica del suelo, y por otra parte, el desarrollo de criterios y métodos para proyectar y construir pavimentos flexibles para vehículos de todas clases; también se estudia la capacidad de los suelos naturales para resistir el paso de vehículos militares de distinto tipo.

En Jackson, a unos 70 Km. de Vicksburg, visitamos la División de Hormigón y el modelo reducido de la cuenca del Mississipi. El Laboratorio de Hormigón, con un presupuesto de 500 000 dólares en 1958, desarrolla una intensa labor polarizada actualmente hacia la protección del hormigón contra agentes químicos y climatológicos.

Nos informan de que en sus obras emplean, generalmente, aireantes, y que respecto a plastificadores, realizaron un programa de investigación muy amplio, conviniendo en que el retraso del fraguado se traduce en mayor asentamiento y densidad, pero no los utilizan normalmente, aunque se admiten en sus especificaciones.

El laboratorio tiene un extenso parque, donde realizan construcciones de hormigón en diferentes condiciones y luego toman muestras con rozadoras para someterlas a toda clase de pruebas.

A continuación visitamos el Mississipi Bassin Model, un modelo reducido de la cuenca del río Mississipi, que ocupa 100 Ha. de extensión y se recorre en coche. Para orientarnos, estudiamos previamente una maqueta de este modelo "reducido".

La cuenca del río Mississipi tiene una superficie que representa el 41 por 100 del total del país, y en ella tienen lugar inundaciones gigantescas, cuyos daños se valoran en centenares de millones de dólares. Esto hizo concebir la idea del modelo para el estudio de crecidas y defensas contra inundaciones. Este trabajo, el único pagado directamente por el Gobierno, se empezó durante la guerra con prisioneros del ejército de Rommel y tiene un presupuesto de 15 millones de dólares, debiendo quedar terminado dentro de pocos años.

Las escalas son: 1 : 2 000, en horizontales; 1 : 100, en verticales, y la de tiempos, 13 segundos del modelo: 1 hora en la realidad.

Vimos alguna zona funcionando y nos impresionó el número de aparatos automáticos de control y me-

didada, cuyas lecturas se recogen en cinco estaciones que corresponden a cinco puestos de observación distribuidos en varios estados norteamericanos.

Realmente es una obra fantástica en su género, que ha demostrado ya su eficacia. En la gran crecida del Missouri del año 1952 estuvo funcionando veinticuatro horas diarias y suministró inestimables datos sobre las alturas de defensas necesarias, ahorrando millones de dólares.

En la Waterways Experiment Station nos facilitaron una lista de sus publicaciones técnicas, que por su extensión no podemos dar aquí, pero puede consultarse en la biblioteca de la Confederación del Duero.

No obstante, queremos hacer un ligero comentario sobre las publicaciones más interesantes. La fundamental está constituida por los *Hydraulic Design Criteria*, una publicación editada en hojas intercambiables, para tenerla al día con el envío de suplementos y destinada a proporcionar unos criterios para proyectos hidráulicos, siendo su objetivo, como se manifiesta en sus primeras páginas, "obtener una adecuada capacidad hidráulica, economía de construcción y funcionamiento seguro y satisfactorio".

Existen cientos de suscripciones extendidas por todo el mundo, y sólo en EE. UU. hay más de 200. En España, las primeras suscripciones han sido las nuestras; el precio es de 3,25 dólares.

Se puede consultar esta publicación en la biblioteca de la Confederación del Duero.

Es también interesante el *Handbook for Concrete and Cement*, manual del hormigón, que también tienen al día mediante una suscripción de 1 dólar anual.

Citaremos finalmente un manual para cálculo de presas de tierra, *Earth Dam Book*.

Como último comentario a esta visita a la Waterways Experiment Station, queremos citar un dato curioso que pone de manifiesto el interés que el ciudadano americano presta a las instituciones de carácter público; según nos informaron, este centro de investigación aplicada es visitado por 100 000 personas al año, de las que se calcula que un 70 por 100 corresponde a público no especialista.

A lo largo de nuestro viaje tuvimos ocasión de establecer nuevamente contacto con los técnicos del Army Corps of Engineers en San Francisco de California, sede de la Jefatura de la South Pacific Division, donde nos atendieron cordialmente a pesar de estar ocupados en la lucha contra las inundaciones que aquellos días asolaban California.

Visitamos las instalaciones del San Francisco Bay Model, un modelo reducido realizado con técnica análoga al de la cuenca del Mississipi. Tiene un presupuesto de 2 500 000 dólares y es dirigido por el Army Corps of Engineers, que coordina a todos los organismos interesados.

En la bahía de San Francisco se plantean pro-

blemas de gran importancia y difícil estudio, como son los siguientes:

a) La navegación requiere costosos dragados, cuyo importe asciende a dos millones de dólares anuales.

b) El área metropolitana de San Francisco tiene una población de 3 millones de habitantes, que se espera duplicar en los próximos treinta años, con las consiguientes dificultades de abastecimiento y saneamiento.

c) En la bahía desembocan los ríos Sacramento y San Joaquín, procedente el primero del Norte de California, donde se calcula caen el 70 por 100 de las precipitaciones de todo el Estado, y el segundo, en cambio, del Sur, con déficit de agua, existiendo realizaciones y proyectos muy ambiciosos para transportar el agua del Norte al Sur de California, atravesando la zona de la bahía.

d) Existen, además, peligros de inundaciones y problemas de salinidad por el influjo de las aguas marinas, contra las que se lucha por diferentes medios.

Todo esto justifica el proyecto de este costoso modelo reducido, cuyas características principales son:

Escala horizontales:	1:1 000.
» verticales:	1:100.
» velocidades:	1:10.
» tiempos:	1 minuto: 1 h. 40'
	14,9' = 1 día lunar (ciclo marca)
» caudales:	1:1 000 000.

Los estudios sobre el modelo se completan con otros en la misma bahía donde, por ejemplo, se hacen ensayos sobre sedimentación de limos, irradiando éstos y siguiendo la pista con un detector.

Desde San Francisco, la bella ciudad de California, llena de vida y de alegría, volamos a la región de los Grandes Lagos; para visitar las fabulosas obras de encauzamiento del río San Lorenzo, que realizan canadienses y norteamericanos unidos, en la Saint Lawrence Seaway Development Corporation, que utiliza a los Corps of Engineers como su agencia para el proyecto y construcción.

Estas obras, que justificarían un solo artículo a ellas dedicado, son bastante conocidas por su reciente y solemne inauguración, por lo que nos limitaremos a dar unas cifras globales.

El encauzamiento del San Lorenzo comprende obras muy complejas y diversas: dragados, presas, esclusas, aprovechamientos hidroeléctricos, variantes de vías de comunicación, etc., y su objetivo funda-

mental es mejorar los pequeños canales de navegación canadienses, que constituían el único acceso desde el mar a los Grandes Lagos, de los cuales el superior está a 200 m. sobre el nivel del mar.

El canal de navegación tendrá asegurada una profundidad de 9 m. y una anchura de 150, y las esclusas tienen 290 m. de longitud, 27 de anchura y elevación máxima de 16.

El tonelaje transportado anualmente, que fué de 10 millones de toneladas en 1957, se estima alcanzará los 52 millones de Tm. anuales en el período 1965-1970.

La fase hidroeléctrica del proyecto es llevada a cabo por la Power Authority del Estado de Nueva York, y la Hydro Electric Power Commission of Ontario.

El coste de las instalaciones hidroeléctricas se cifra en 600 millones de dólares.

En la gigantesca central de San Lorenzo, mitad canadiense y mitad norteamericana, se instalarán 32 unidades con una potencia total de casi 2 millones de kilowatios.

La energía se genera a 13 800 V., elevándose a 115 y 230 KV. para el transporte.

* * *

De este rápido bosquejo de actividades del U.S. Army Corps of Engineers podemos deducir la importancia que esta organización tiene en el campo de las obras hidráulicas, a pesar de lo cual no es muy conocida.

La impresión más acusada en nuestra visita a las distintas dependencias de esta gran organización gubernamental, y lo mismo podríamos decir de la Tennessee Valley Authority o el Bureau of Reclamation, es la de una perfecta organización y clara eficacia. Independientemente de las magnitudes o cifras manejadas que podríamos considerar una cuestión de escala, encontramos en estos organismos, en comparación con los nuestros, un mejor y más eficaz funcionamiento.

Y si pretendemos analizar el hecho, no encontramos grandes soluciones ni hombres geniales que lo expliquen, sino una elemental aplicación de principios de sentido común, pero llevados a rajatabla si se consideran necesarios, y la suma de muchos deberes cumplidos en los diferentes elementos que integran la comunidad.

Para mí ha sido la mayor lección de este viaje observar los efectos de la organización y el magnífico sentido de la responsabilidad que, en general, tiene el pueblo americano.