

LA ORGANIZACION Y LAS INSTALACIONES DE LA "TENNESSEE VALLEY AUTHORITY"

Por JUAN LAZARO URRÁ,

Ingeniero de Caminos.

Nos da el autor una interesante impresión personal de su visita al formidable conjunto de aprovechamientos hidroeléctricos conocido con el nombre de "Tennessee Valley Authority", destacando muy notables particularidades de las mejoras que en el aspecto sanitario han proporcionado estos grandes y sucesivos embalses.

En el viaje que la última primavera realizamos a los Estados Unidos con objeto de contratar maquinaria para las Centrales que tiene en construcción la Unión Eléctrica Madrileña, aprovechamos algunos días, muchos menos de los que hubieran sido necesarios, para visitar una parte de las Centrales que pertenecen al "Tennessee Valley Authority" (T.V.A.), bien conocidas hoy, al menos de nombre, por casi todos los Ingenieros del mundo.

Por esta razón no vamos a tratar sino muy someramente de la organización de la citada entidad, dedicándonos más detalladamente a dar cuenta de las observaciones personales obtenidas en la visita. Sobre la indicada organización se han publicado varios trabajos en España, y entre ellos figura el del Ingeniero de Caminos D. Isidoro de Blas, que apareció en los números 9 y 10 de los *Informes de la construcción*, que publica el Patronato "Juan de la Cierva", del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

El aprovechamiento hidroeléctrico del río Tennessee y de sus afluentes de cabecera, no fué, en realidad, la base para establecer la organización de la "Tennessee Valley Authority". El origen fué la de crear un organismo que realizara un aprovechamiento integral de la región y llevara a cabo un amplio programa de desarrollo de la misma, tanto en el campo social como en el económico, como consecuencia de las enormes posibilidades que ofrecían las características del río juntamente con las riquezas inexploradas en la cuenca, muchas de ellas por falta de medios de comunicación adecuados. Por consiguiente, el aprovechamiento hidroeléctrico es una parte solamente del programa total, en el que entra también la posibilidad de hacer navegable el río hasta su origen para dar salida a los productos minerales, forestales y agrícolas, y sobre todo, regular la corriente, evitando las crecidas que tantas veces devastaron la comarca. Al establecer el Parlamento la Ley que creó la organización del T.V.A., impuso como condición que la energía producida se vendiera a las tarifas más convenientes para que su uso alcanzara con la mayor amplitud a todos los habitantes de la región.

El Tennessee es un afluente del Ohío, que a su vez desagua en el Mississipí, muy poco más abajo de la confluencia con aquél. Nace con tal nombre en la ciudad de Knoxville, por la reunión del Holston y del French Broad, y después de atravesar parte del Estado del mismo nombre, penetra en el de Alabama, vuelve al primero torciendo hacia el Norte, y desagua en el Ohío dentro del Estado de Kentucky. El origen de la cuenca penetra por los Estados de Virginia y Carolina del Norte, en el macizo llamado de las Smoky Mountains, con grandes bosques y abundante riqueza minera.

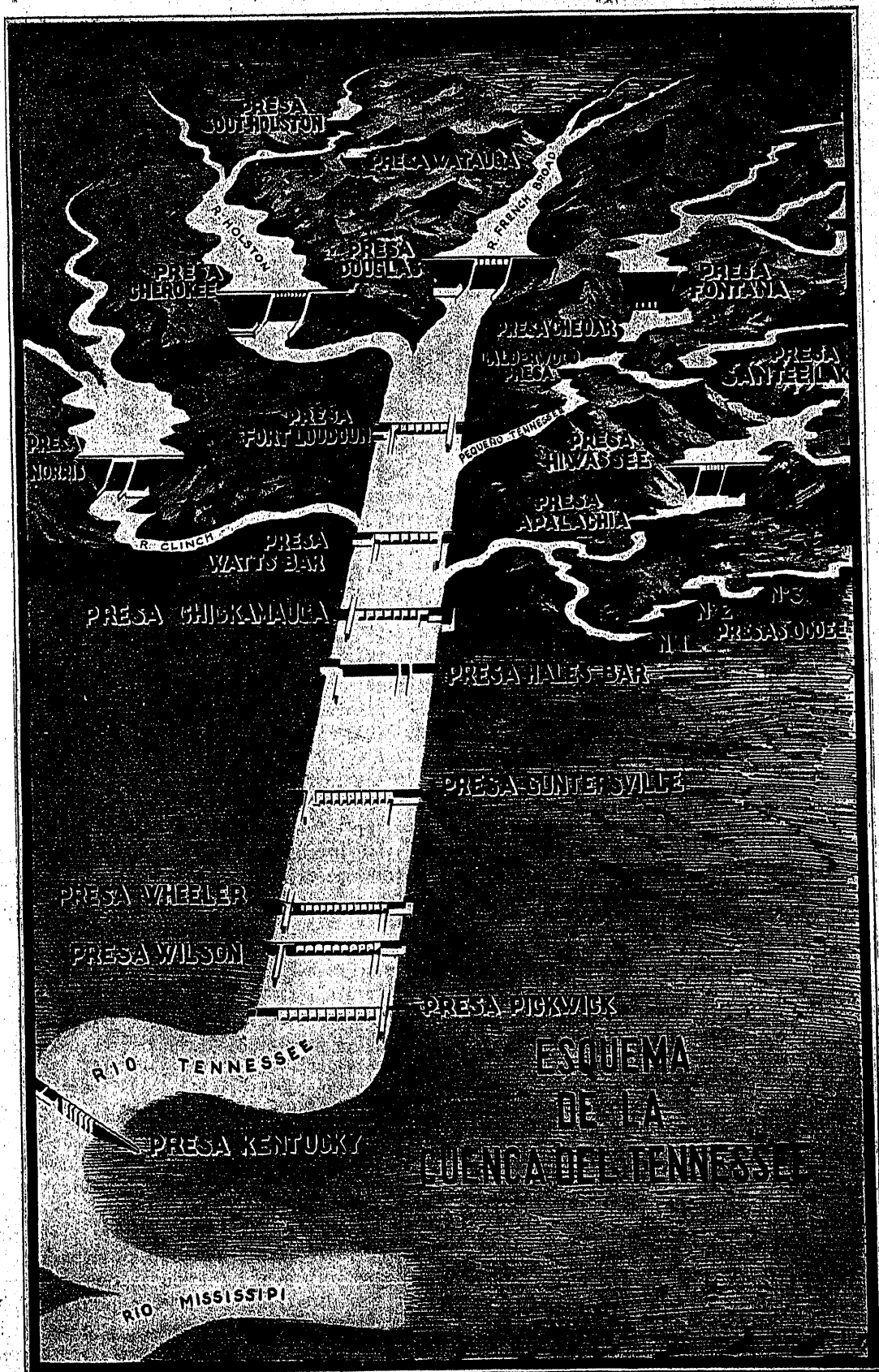
La cuenca del Tennessee es de unos 100 000 Km.², y las mayores alturas en la cabecera son del orden de los 2 000 m. Donde el río empieza con tal nombre, es decir, en Knoxville, la altura es de 244 m. sobre el nivel del mar, y en Paducah, en la confluencia con el Ohío, de 92 m.

La precipitación media anual en la cuenca del Tennessee es de 1 320 mm., que baja en años secos a 939 mm., y llega en otros a 1 600 mm. En la cabecera de la cuenca se obtienen alturas pluviométricas de 2 159 mm., y solamente en algunos sitios aislados la precipitación media baja de los 1 000 mm.

Para nosotros, los españoles, estas cifras nos producen verdadera envidia, pues si tuviéramos precipitaciones de ese orden, con casi el mismo gasto realizado, tendríamos producciones dobles en nuestros saltos.

Las precipitaciones se producen en el Tennessee con temporales del SO., lo mismo que en el centro de España, y proceden también del golfo de Méjico, aunque con un recorrido bien distinto. Asimismo, los temporales que dan la mayor parte del agua tienen lugar durante el mes de diciembre y el primer trimestre del año. En el verano y principio de otoño son de temer tormentas huracanadas, que se mueven también con dirección al NE. Producen precipitaciones muy intensas en limitadas áreas, pero no son capaces, por esta razón, de ocasionar crecidas peligrosas.

En cambio las nevadas no son importantes, y aunque en la cabecera de la cuenca pueden alcanzar



alturas de varios decímetros, se deshacen pronto.

El aprovechamiento del Tennessee se hace por medio de una serie de presas escalonadas, en número de nueve, en el río principal, y doce en los afluentes; pero, además, la entidad rectora ha llegado a un acuerdo con la Aluminium Company of America, que con anterioridad disponía de cinco saltos en el afluente llamado Pequeño Tennessee y dirige la explotación y distribución del agua en estas cinco instalaciones, con lo cual se elevan a 26 el número de las que tiene en su mano la organización.

La serie de embalses escalonados sirve para varios fines. En primer lugar, para evitar los perjuicios que antes ocasionaban las crecidas.

La ciudad de Chattanooga, sobre todo, situada algo más arriba de la mitad del curso del río principal, es una de las más afectadas. Sin la existencia de los embalses podría reproducirse la crecida de 1867, que hoy inundaría toda la parte comercial e industrial de la ciudad, con altura de agua de 7 m. La regulación del Tennessee, además, ayuda a reducir las crecidas en el Ohio y hasta en el mismo Mississippi.

La creación de los embalses permite producir una cantidad de energía eléctrica muy considerable. Se han instalado 2 500 000 Kw. en las distintas Centrales, y con ellas se alcanza la producción de cerca de 12 000 millones de Kw.-h.

Los embalses creados por las presas del río principal permiten, mediante las correspondientes esclusas, hacer navegable éste desde su origen en Knoxville, hasta su desembocadura en el Ohio y, por tanto, entrar en relación con toda la red navegable, que alcanza

a una superficie considerable del total territorio de los Estados Unidos.

La gran riqueza de toda la cuenca encuentra una excelente vía de salida a través de los lagos creados por las presas.

Desde el punto de vista sanitario, influyen los embalses en el paludismo de la región y en la calidad del agua de los lagos, puntos todos que trataremos brevemente.

En el mapa que adjuntamos (fig. 1.^a), se aprecia la extensión de la cuenca y la situación de las distintas obras, y en los perfiles de la figura 2.^a se acusan las alturas y la influencia que tienen en la regulación del río principal las presas construídas en los afluentes. Finalmente, en el cuadro de la página siguiente, traducido por el Sr. De Blas en su trabajo citado, se resumen todas las características de los embalses.

Hechas estas indicaciones sobre el conjunto de la organización, pasamos a relatar nuestra visita a las obras. El poco tiempo disponible y el objeto del viaje a los Estados Unidos, en relación con la adquisición de maquinaria, hizo que nos fijáramos especialmente en la disposición de las Centrales y de la explotación de las mismas, más que en el estudio del funcionamiento del conjunto, que, por otra parte, no tuvimos ocasión de conocer con detalle.

El viaje al Tennessee lo hicimos saliendo de Nueva York a las doce del día y llegando a Knoxville a las seis de la mañana siguiente, atravesando los Estados de Pennsylvania, Maryland y Virginia, y viendo, al pasar, los edificios de la capital federal. La distancia es más del doble de la que existe entre Madrid y La

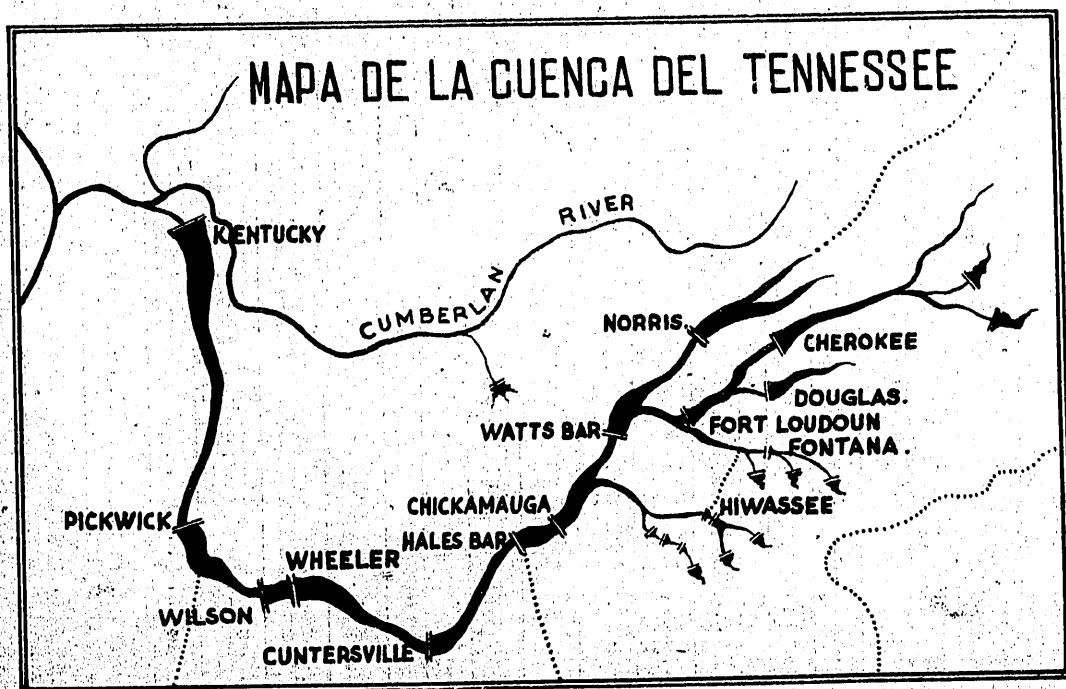


Figura 1.^a

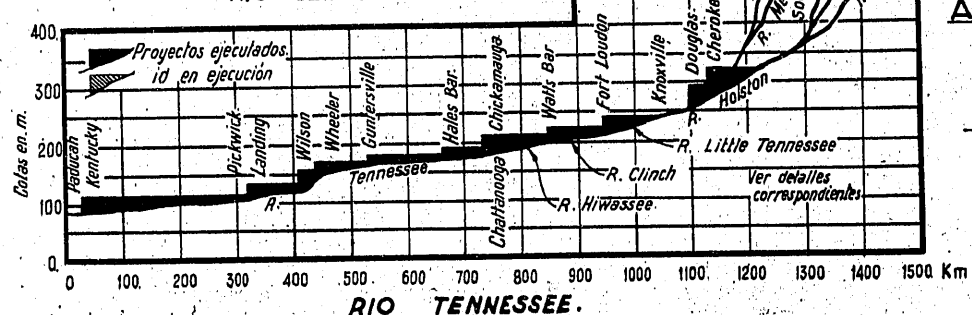
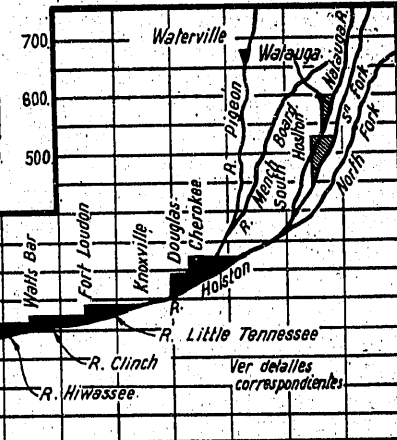
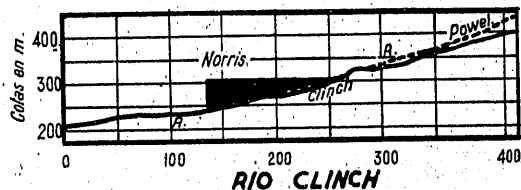
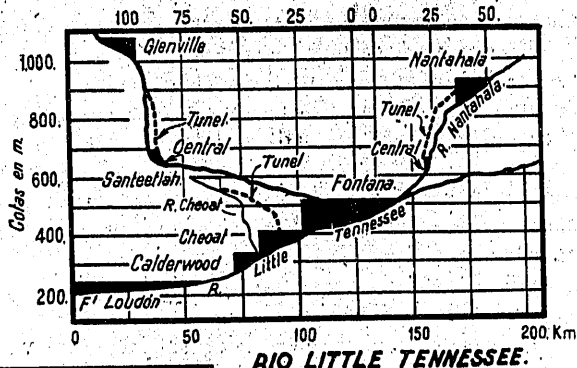
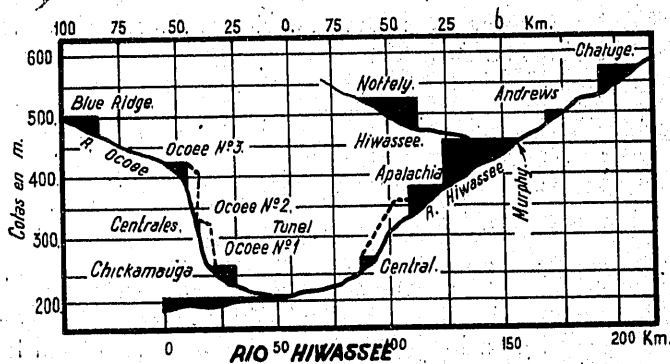


Figura 2.

RIO LITTLE TENNESSEE.

PERFILES DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DEL RIO TENNESSEE

PRESA E INSTALACIONES								DATOS Y COTAS DEL EMBALSE											
PROYECTO	Fecha de puesta en marcha	RIO	Altura máxima en mts.	Longitud total de construcción mts.	Capacidad máxima del aliviadero m³/s	Volumen de hormigón m³	Volumen de tierra o en construcción m³	Potencia instalada o en construcción K.W.	Capacidad máxima K.W.	Exclusa Dimensiones en mts.	Destruye más mts.	Superficie total del embalse con compuertas cerradas ha.	Volumen total del embalse con compuertas cerradas (10⁶ m³)	Embalse útil para crecidas (10⁶ m³)	Longitud de la cola en Km.	Longitud de la cola en m.	Cota máxima registrada en el embalse m.	Cota mínima prevista en el embalse m.	Cota media en el vertedero m.
Kentucky	1944	Tennessee	63	2,564	36,790	1035,900	3,106,200	160,000	160,000	54 x 183	22	105,600	7,403.5	4,946.9	3,540	296	114	108	95
Pickwick Landing	1936	id.	35	2,352	21,225	401,650	2,267,500	144,000	216,000	34 x 103	19	16,940	1,346.1	516.1	798	81	127	124	110
Lock & Dam n°1	1926	id.	6	61	-	-	-	-	-	18 x 90	25	-	-	6	4	-	-	-	-
Wilson	1923	id.	42	1,482	21,650	962,400	-	335,200	436,000	18 x 91	28	6,430	693.6	64.6	249	25	155	154	126
Wheeler	1936	id.	22	1,935	19,440	478,750	-	129,600	299,300	18 x 110	16	27,650	1,420.6	430.5	1,710	119	170	168	155
Guntersville	1939	id.	29	1,213	17,690	221,500	622,200	72,900	97,200	16 x 110	15.5	28,600	1,256.5	200.9	1,546	152	162	161	170
Hales Bar	1914	id.	25	706	16,980	-	-	51,100	99,700	10 x 61	11.5	2,430	106.6	14.6	161	64	192	191	162
Chickamauga	1940	id.	39	1,768	16,980	376,000	2015,000	81,100	108,000	16 x 110	17	15,950	669.9	406.3	1,503	95	209	206	194
Watts Bar	1942	id.	34	902	15,565	367,100	896,800	50,000	150,000	16 x 110	21.5	17,450	1,386.2	465.7	1,260	116	227	224	205
Fort Loudoun	1945	id.	37	1,277	10,755	439,600	1,563,100	64,000	128,000	16 x 110	24.5	6,250	476.7	134.6	592	66	246	246	225
Fort Loudoun Ext.	1945	Little Tennessee	30	951	2,445	49,700	1,553,800	-	-	-	-	7,100	561.2	160.3	431	53	246	246	225
Apalachia	1943	Hiwassee	46	399	4,330	342,900	-	75,000	75,000	-	-	454	72.3	44.1	50	16	359	338	256
Hiwassee	1940	id.	94	392	4,245	303,500	10,900	57,600	115,200	-	-	1,2540	440.2	449.8	290	35	465	431	376
Andrews	1924	id.	15	117	-	-	-	1,600	1,600	-	-	-	0.3	-	2	-	-	-	-
Chutage	1942	id.	44	669	1,104	16,750	1,794,600	-	-	-	-	2,693	305.6	282.6	212	21	567	567	550
Ocoee n°1	1912	Ocoee	41	256	1,273	122,300	-	10,000	16,000	-	-	769	112.6	40.6	29	11	256	249	221
Ocoee n°2	1915	id.	9	137	-	-	-	19,900	19,900	-	-	-	-	-	-	337	-	257	-
Ocoee n°3	1943	id.	34	167	2,830	64,900	62,700	27,000	27,000	-	-	245	11.6	11.6	38	11	437	431	341
Blue Ridge	1931	Toccoa	51	305	1,560	-	1,146,100	20,000	20,000	-	-	1,331	243.6	225.7	97	16	514	465	470
Nottely	1942	Nottely	36	701	1,558	13,500	1,666,700	-	-	-	-	1,735	227.4	226.9	171	32	542	500	491
Norris	1936	Clinch	61	567	6,790	766,500	158,900	100,600	100,000	-	-	16,265	3,166.1	2,615.4	1,707	Clinch/116 Powel 90	-	-	-
Calderwood	1930	Little Tennessee	70	273	7,360	-	-	121,500	121,500	-	-	218	50.0	5.1	13	331	329	266	266
Cheoah	1919	id.	70	235	5,660	-	-	76,000	98,000	-	-	260	44	6.9	16	599	595	532	532
Fontana	1944	id.	146	727	6,170	2,136,000	76,500	155,000	207,500	-	-	4,370	1,781.4	1,427.4	441	47	521	465	540
Santee/ah	1928	Cheoah	61	350	2,605	-	-	45,000	45,000	-	-	1,150	192.4	161.6	137	-	591	566	569
Nantahala	1942	Nantahala	76	318	1,670	-	1,398,300	43,200	43,200	-	-	630	169.3	154.1	-	7	916	616	612
Glenville	1941	Tuckasegee	46	274	1,565	-	350,100	21,600	21,600	-	-	992	67.7	67.2	-	7	1065	1041	693
Douglas	1943	French Broad	62	520	9,340	419,100	476,100	60,000	120,000	-	-	2,600	1,867.5	1,751	695	69	305	200	266
Marshall	1910	id.	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Greeneville	1913	Nottelucky	-	-	-	-	-	10,560	10,560	-	-	360	18.7	9.9	-	-	-	-	-
Waterville	1930	Big Pigeon	61	265	1,696	94,900	-	109,000	108,000	-	-	136	31.2	25.3	9	666	663	476	476
Cherokee	1942	Holston	53	2,050	6,150	920,900	2,477,200	60,000	120,000	-	-	12,600	1,930.7	1,817	745	95	327	299	262
South Holston	1912	S. Fork Holston	66	472	2,970	69,200	4,554,900	-	-	-	-	3,700	965.7	614	506	40	831	492	454
Wilbur	1912	Watauga	-	111	708	-	-	3,700	-	-	-	25	-	0.5	-	501	499	403	403
Watauga	1912	id.	100	274	1,755	49,900	2,701,000	-	-	-	-	2,900	633	773.3	166	27	602	555	505
Great Falls	1916	Caney Fork	28	244	4,245	-	-	37,600	37,600	-	-	9,225	67.2	60.9	193	58	248	192	200

Coruña y recorrida en casi el mismo tiempo. Después de ponernos en contacto con los ingenieros del T.V.A. por la mañana, aquella misma tarde visitamos la presa y Central de Norris, sobre el río Clinch, que afluye al Tennessee sobre el embalse de Watts Bar.

Esta presa, inaugurada el año 1936, tiene 81 m. de altura y 567 m. de longitud en la coronación. Es de planta recta, con vertedero en la misma presa, y Central adosada. La capacidad máxima del aliviadero es de 6 790 m.³/seg. Puede embalsar 3 100 millones de metros cúbicos, pero normalmente embalsa unos 300, dejando 2 800 para recibir las avenidas. El embalse tiene una longitud de 116 Km. en el río principal y 90 Km. en el Powel, afluente de aquél; su superficie es de 16 000 hectáreas (fig. 3.^a). El vertedero, de más de 100 m. de anchura, tiene tres compuertas de sector que exceden los 30 m., y dentro del perfil del mismo están alojadas las tomas que permiten obtener los caudales necesarios cuando la Central está parada. Estas tomas, en número de ocho, se cierran cada una por dos compuertas de deslizamiento colocadas en serie y accionadas por gatos hidráulicos. A las cámaras de compuertas se llega por una de las tres galerías de visita que tiene la presa, a las que se penetra por otra perpendicular al paramento y que sale por la parte de aguas abajo, junto al muro que separa el vertedero

de la Central. También se puede llegar por un ascensor desde la coronación de la presa. El cuenco amortiguador del vertedero es muy sencillo y solamente existe al final una pequeña presa de 4 m. que lo limita.

La Central está adosada a la presa en la misma forma que se ha proyectado la española de Buendía, y desagua a continuación del cuenco amortiguador. Tiene dos generadores de 56 000 KVA. cada uno, acoplados a sendas turbinas hidráulicas tipo Francis, de eje vertical, que giran a 112,5 vueltas por minuto. Cada turbina está alimentada por una tubería de 6 m. de diámetro y de unos 70 m. de longitud, protegida del lado del embalse por una amplia estructura que sirve de rejilla o coladero para detener los cuerpos sólidos y una compuerta deslizante que sirve para cerrar la entrada de agua. Es interesante hacer notar que en ninguna de las Centrales visitadas existe órgano de cierre inmediato a la turbina, y sólo hay la compuerta de paramento. La válvula de mariposa que generalmente ponemos en España en Centrales de este tipo, resulta muy cara y difícil de construir para tubos de tan enorme diámetro, y realmente no parece necesaria, bastando para llegar a trabajar en la turbina el cierre de paramento y un amplio drenaje de la filtración que seguramente existirá y será abundante por falta de un cierre más perfecto. Por otra parte, la excelente

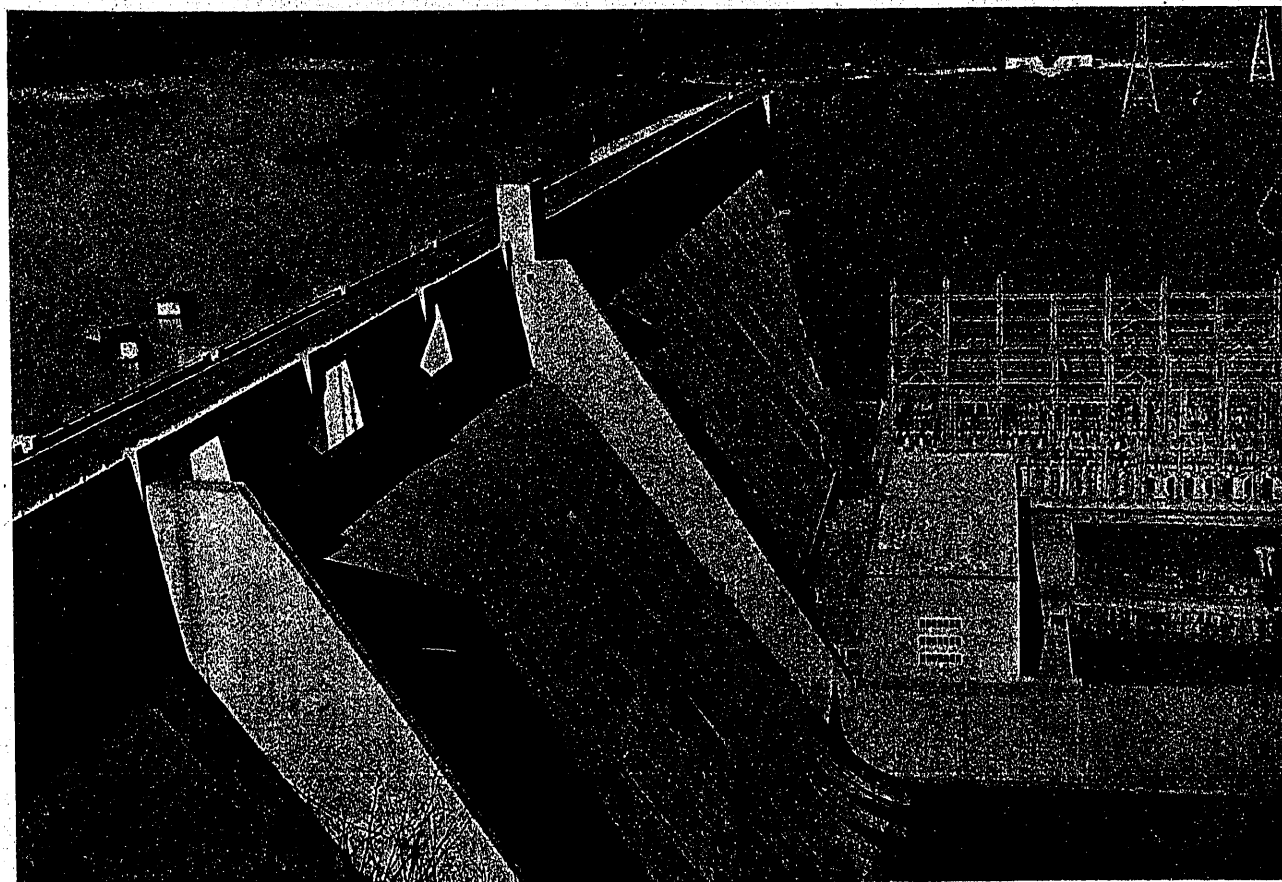


Fig. 3.^a — Presa y central de Norris.

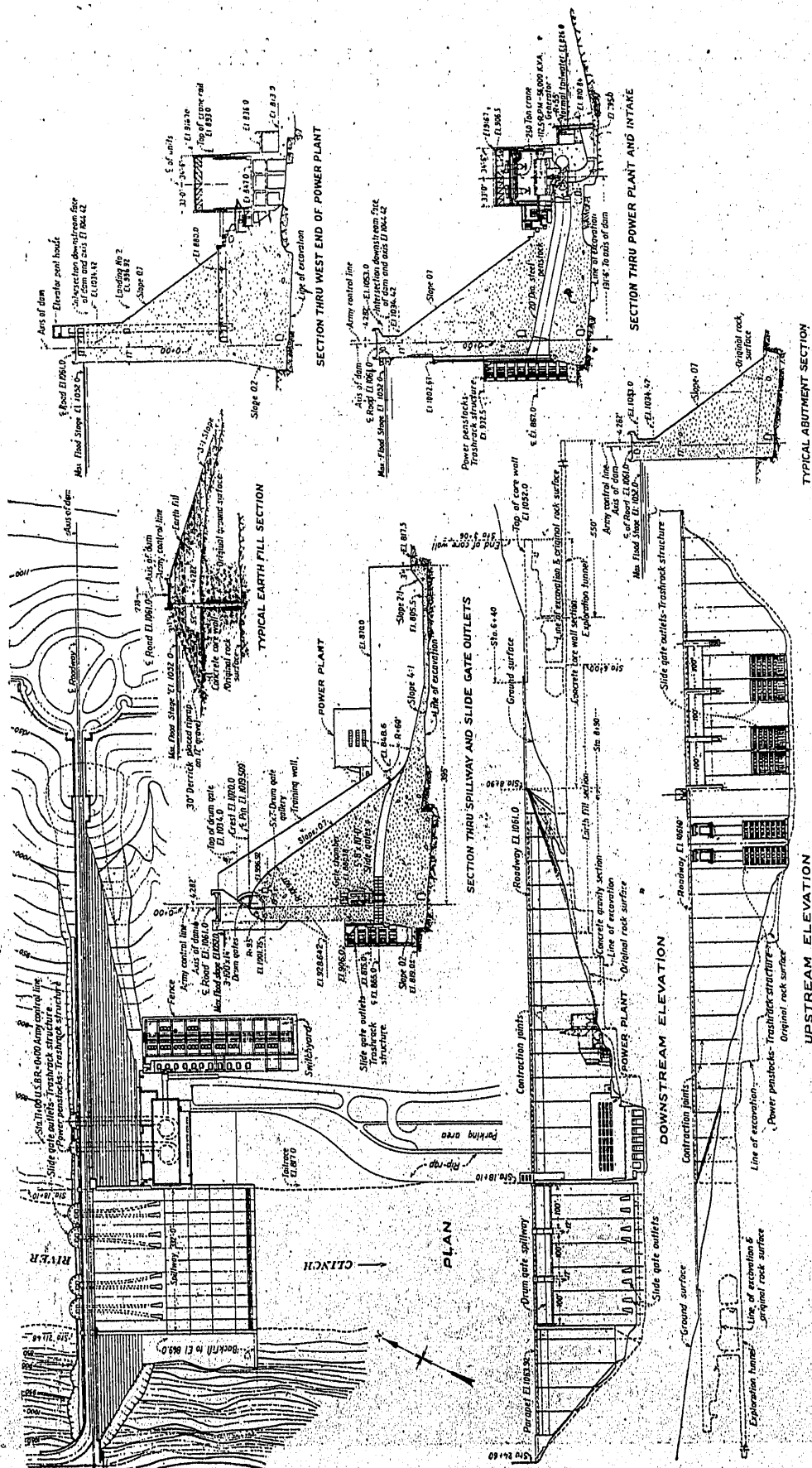


Figura 4.

calidad de la maquinaria americana hace que sea muy poco frecuente la necesidad de parar una máquina, y probablemente puede hacerse cuando el embalse está bajo, incluso, inmovilizando la Central un cierto plazo. Hay que tener en cuenta que su enorme potencia no es más que aproximadamente el 5 por 100 del total sistema.

La Central es de arquitectura sumamente sencilla, pero de aspecto agradable. En el interior se ha dejado a la vista el hormigón de la estructura, ejecutado muy cuidadosamente, con moldes muy perfectos y

muy bien colocado el hormigón para que refluya la pasta al exterior y no se vea nunca el árido grueso. Los generadores tienen una envoltura azul oscuro, con gruesas barandillas pintadas de aluminio, lo que, unido a una escrupulosa limpieza, dan a la Central un aspecto espléndido. Todas las Centrales del sistema tienen a la entrada un hall de recepción para los visitantes. En Norris está especialmente cuidado y en una de sus paredes existe un gran cuadro con una perspectiva y corte de la presa y la Central, para que los visitantes se den perfecta cuenta de la instalación.

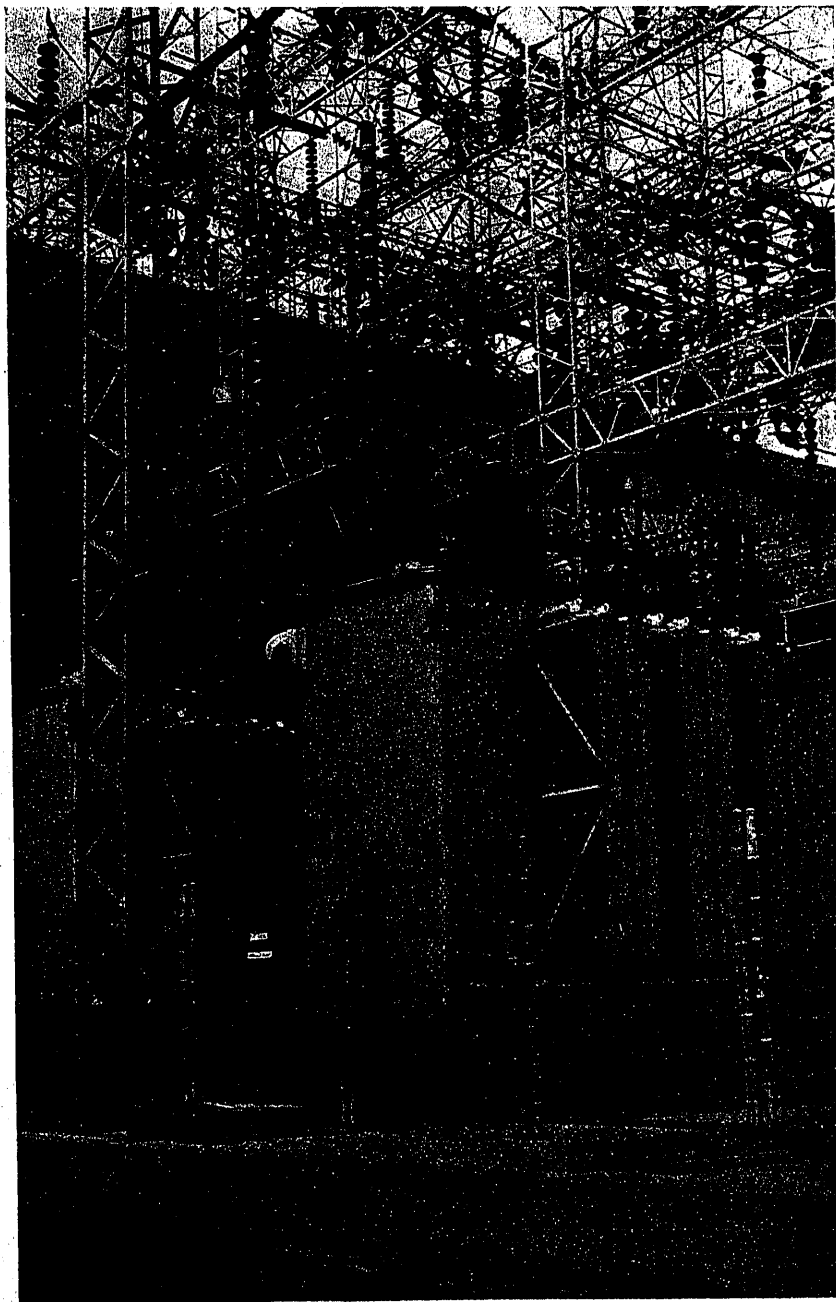


Fig. 5.^a — Central de Norris. Parque de alta tensión.

Es de notar que, en general, en los Estados Unidos le gusta a la gente visitar las instalaciones industriales, y en éstas se dan toda clase de facilidades para ello; en las fábricas de Ford, en Detroit, existe un piso intermedio con balcón corrido a lo largo de todas las naves de montaje, para que los miles de visitantes puedan enterarse de todo, sin molestar a los que trabajan. En el caso del T.V.A., todavía se nota más esta afición, por la gran propaganda que de estas obras se ha hecho, "construídas para el pueblo de los Estados Unidos", como reza el cartel que con grandes letras aparece por todos lados, y porque, además, están situadas en parajes de belleza natural fácilmente accesibles a la gran cantidad de ciudadanos que disponen de automóvil. En la figura 4.^a aparecen los planos de esta obra.

El parque de alta tensión está inmediato a la Central (fig. 5.^a), y en él existe una estructura metálica tan complicada y en la que verdaderamente se ha derrochado de tal modo el hierro, que casi es imposible darse cuenta del esquema, y nos deja admirados a los que nos pasamos la vida firmando los catorce ejemplares para pedir hierros a la DOEIS. El material de alta tensión tiene la característica robustez del material americano: seccionadores de 3 m. de largo, interruptores de gran volumen de aceite y transformadores monofásicos amplísimos.

La sala de mandos está situada de forma que no se ve la Central ni la instalación exterior, y en alguna de las Centrales visitadas ni siquiera tiene ventanas, estando la iluminación y la ventilación confiadas a la luz fluorescente y al acondicionamiento de aire. Para que la puedan ver los visitantes sin molestar a los que trabajan, está separada del paso de las visitas por una enorme luna de una pieza. Es interesante hacer notar que no se ve ninguna vivienda en las proximidades de las Centrales visitadas. En cambio, delante de todas ellas existe un amplio parque para estacionar automóviles. Todos los operarios, al terminar su turno, toman el coche de su propiedad y se van al pueblo donde viven, situado frecuentemente a varias millas de la Central.

La visita a la Central de Fontana nos obligó a emplear un día entero desde Knoxville, y fué, sin duda, una de las visitas más interesantes.

La presa de Fontana está situada sobre el Pequeño Tennessee, en el Estado de Carolina del Norte. Se terminó en 1944 y tiene 146 m. de altura, 727 m. de longitud en la coronación, un volumen de hormigón de 2 136 800 m.³ y una capacidad de evacuación de crecidas de 6 170 m.³. La cola del embalse tiene 47 kilómetros, y su capacidad, 1 781 millones de metros cúbicos, de los cuales se destinan 1 400 al almacenamiento de avenidas (fig. 6.^a). Las condiciones topográficas han permitido disponer el aliviadero en la margen izquierda, separado de la presa por medio de dos pozos inclinados que acometen a la primitiva galería de derivación del río. Este aliviadero está provisto de compuertas de sector. Existe otro aliviadero

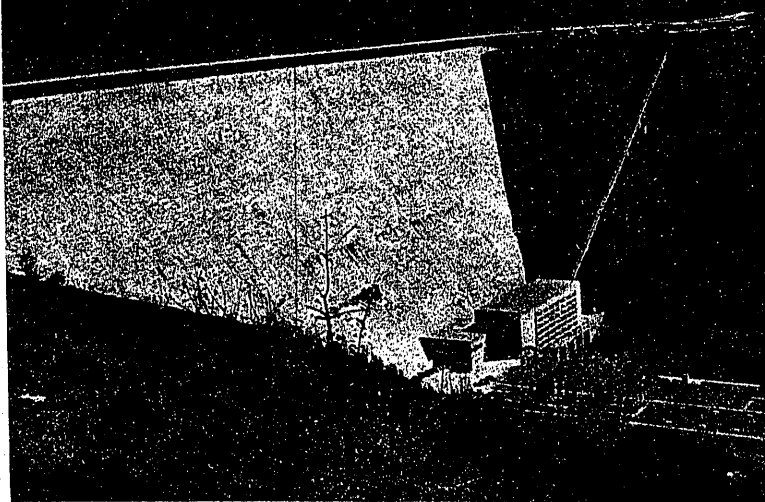


Fig. 7.^a — Presa y central de Fontana.

de socorro más alejado de la presa de labio fijo a la altura de máximo embalse, y que también desagüa por una galería sobre un barranco de la ladera izquierda (fig. 7.^a). La presa dispone de una toma inferior a unos 120 m. bajo la coronación, para desaguar cuando la Central esté parada. Está cerrada por una válvula de compuerta accionada hidráulicamente, y más abajo por otra tipo Howell Bunger, que ahora se usa mucho en los Estados Unidos, porque permite disipar la energía del chorro, sin daño para las construcciones inmediatas.

La Central está adosada a la presa, lo mismo que en Norris, y tiene dos grupos de 75 000 KVA. (figura 8.^a) y sitio para otro de la misma capacidad. Tampoco hay aquí válvula a la entrada de estas enormes turbinas, capaces de desarrollar 91 500 CV. a embalse lleno, y la Central es de construcción y disposición análoga a la de Norris y con una decoración un tanto extraña, a base de pintura rosácea, de los generadores.

El parque de alta tensión, situado en la margen derecha, tiene una estructura más sencilla que la de Norris. Me llamó la atención que no hubiera disposición alguna para meter los grandes transformadores

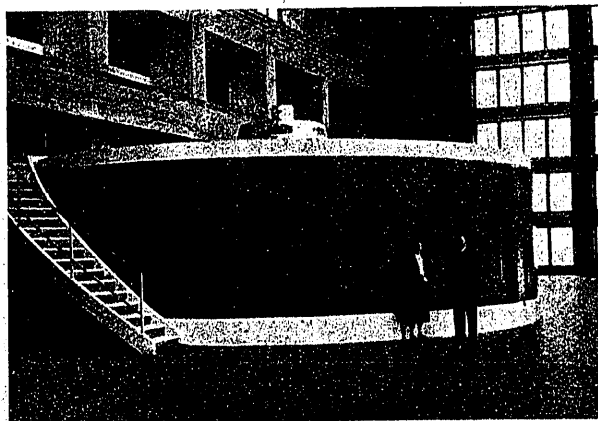


Fig. 8.^a — Central de Fontana. Alternador de 75 000 KVA.



Fig. 9.ª — Poblado de Fontana.

en la Central y desmontarlos, aprovechando la potente grúa con dos ganchos de 250 Tn. que ésta posee. Ni siquiera existe una puerta por donde pudieran pasar. Mi asombro no tuvo límites cuando me dijeron que, en primer lugar, los transformadores no tienen por qué averiarse, y que, si llega este caso, los llevan a la presa de Wilson, donde tienen taller apropiado para tales reparaciones. La presa de Wilson está a 500 kilómetros de Fontana. Es como si un transformador de 100 Tn. lo mandáramos a reparar de Madrid a Barcelona en una sola pieza, sin desarmarle.

En Fontana tuvimos ocasión de visitar el poblado (fig. 9.ª) que sirvió para la construcción, y donde ahora habita el personal de la explotación. Se aprovechó el núcleo de una pequeña aldea, que se completó con varias edificaciones más o menos provisionales, hasta constituir una población grande con todos los servicios urbanos que en nuestro país sólo encontramos, y no completos, en las poblaciones importantes. El poblado está a 20 Km. de la presa y, desde luego, no se ve desde la obra. Ahora, gran parte de las edificaciones sobran, y como está en un sitio agradable, a más de 700 m. de altura sobre el nivel del mar, con bosques y el gran embalse próximos, se ha convertido en un lugar de veraneo. Aún en el mes de marzo en que lo visitamos, y cuando todavía se veía en los altos alguna mancha de nieve, había bastante gente y pudimos almorzar perfectamente, sin aviso previo, en la "Cafetería" del poblado. Encima mismo de la presa, y dominando por un lado, el embalse, y por el otro y en el fondo, la Central, está en construcción un amplio edificio de recreo, con comedores, salas de baile, etc., para los turistas que frecuentan la región, y que los ingenieros nos enseñaron

casi con más detalle y entusiasmo que la Central y la presa.

Otros dos saltos, éstos de baja altura, tuvimos ocasión de visitar. El salto de Fort Loudoun (figs. 10 y 11) es el primero que existe en el Tennessee a partir de su origen en Knoxville. Su remanso llega a esta ciudad y alcanza la confluencia de los dos ríos que forman aquél. Situado ya en el río principal, está afecto a la navegación, por lo cual la presa tiene la correspondiente esclusa. La presa tiene 37 m. de altura y 1280 m. de coronación, con un volumen de hormigón de 440 000 m.³ y 1 365 000 m.³ de terraplén en el espigón, que la prolonga por la margen izquierda, al otro lado de la esclusa de navegación. Tiene un embalse de cerca de 500 millones de m.³, de los cuales 135 sirven para recibir crecidas. La presa de fábrica es vertedero, con 14 compuertas de sector, que se manejan con dos cabrestantes móviles que pueden acoplarse a la compuerta que se trate de maniobrar y son capaces para evacuar crecidas de 11 000 m.³.

Adosada a la presa y en su misma línea está la Central, que tiene cuatro grupos de 32 000 KVA. (fig. 12), y de los que hay ahora montados dos y se trabajaba en el tercero. La característica de ésta y otras varias Centrales del Tennessee es la de tener el edificio sumamente bajo y desde luego sin altura suficiente para poder desmontar las máquinas que, como siempre, son de eje vertical. Para hacerlo viene por encima de la terraza una enorme grúa de pórtico, que empieza por levantar y retirar una gran tapa que hay sobre el grupo. Entonces penetran en la Central los ganchos de la grúa y trasladan las piezas, si es preciso, al pozo de montaje, situado a un extremo de la Central. Confieso que no me gustó el procedimiento, pues no sé qué harán cuando haya que trabajar en un

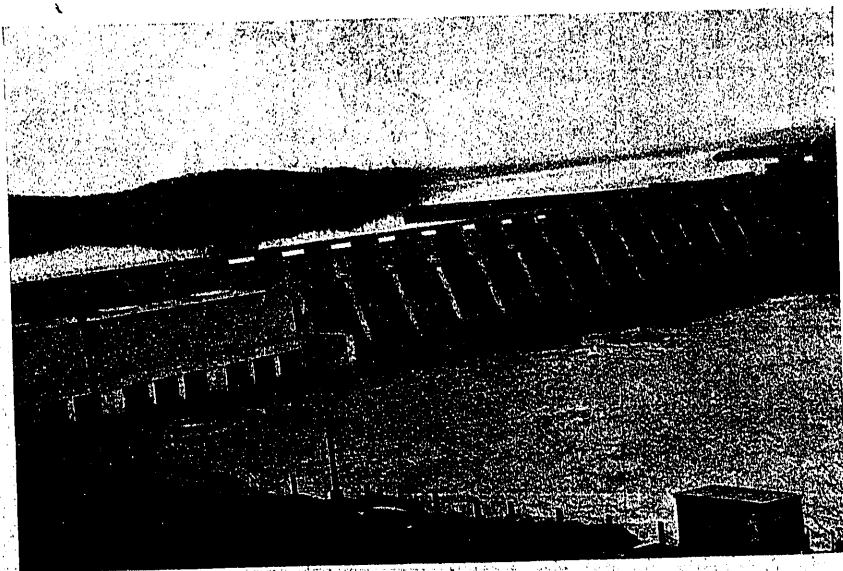


Fig. 10. — Presa de Fort Loudoun.

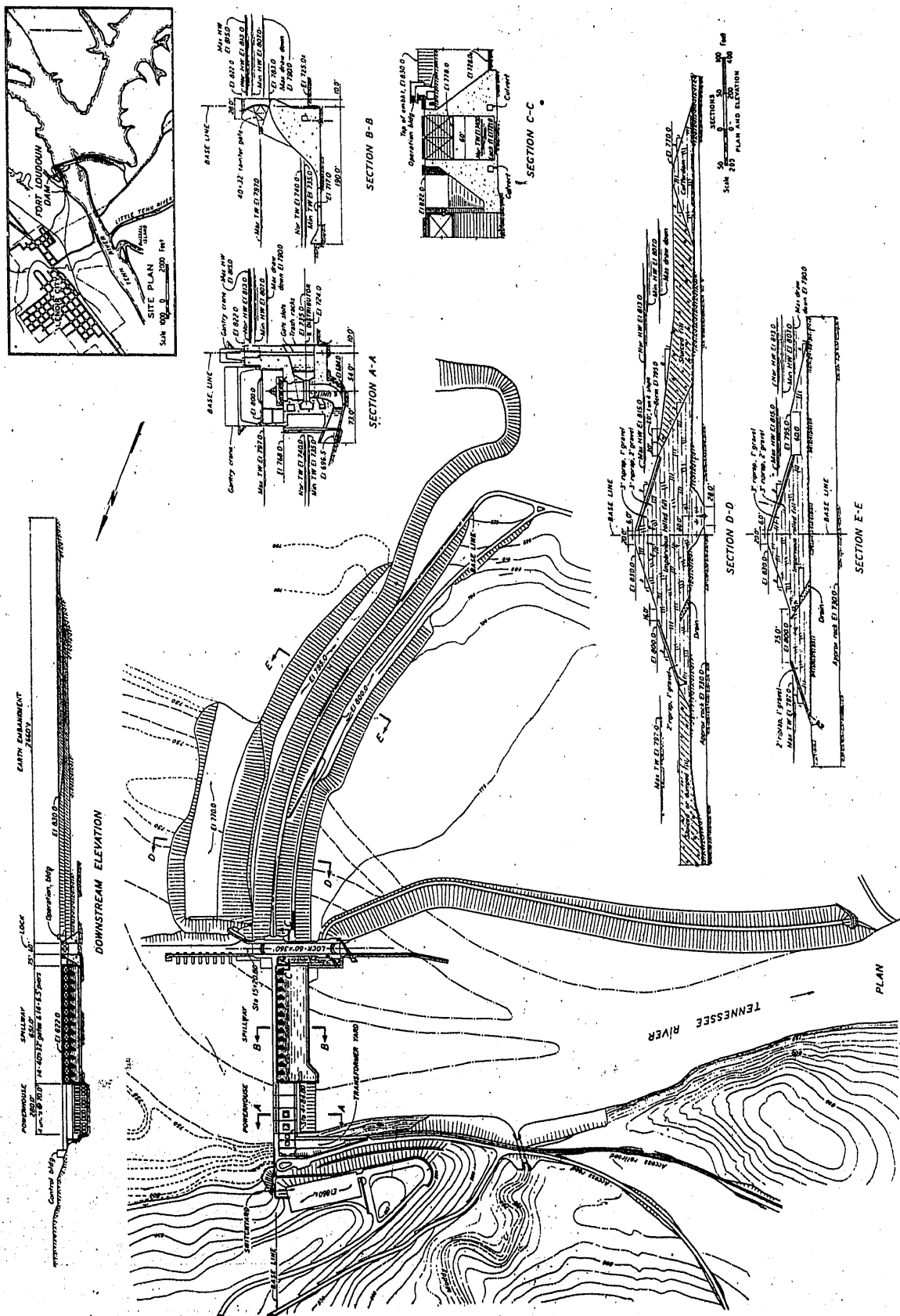


Figura II.

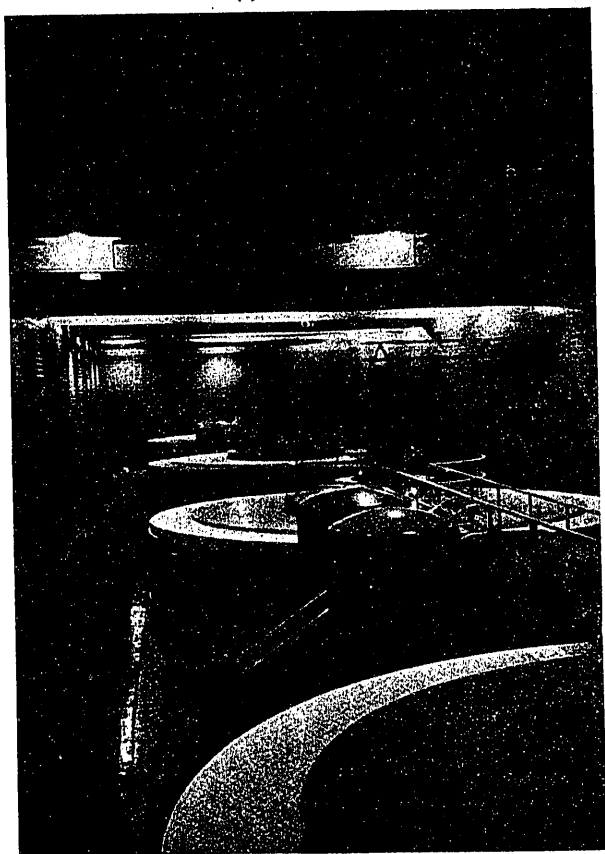


Fig. 12. — Central de Fort Loudoun.

generador con mal tiempo. La razón para emplearlo es que parece se obtiene un edificio mucho más barato, que tiene cierto aspecto de cueva, ya que no hay ventanas; es posible que en América resulte, en efecto, la solución más económica; aquí creo que no sería lo mismo, por el enorme coste que tendría la pesada grúa de pórtico que sirve la Central.

Uno de los puntos que discutimos con los ingenieros americanos es el referente a la ventilación de los alternadores. Los dos sistemas que pueden emplearse, siempre a base de ventilación forzada, son el de circuito abierto, tomando aire frío del exterior y arrojando el caliente por chimeneas apropiadas, o bien la circulación del aire en circuito cerrado, refrigerándolo por medio de unos haces tubulares recorridos por agua, solución ésta más cara pero más perfecta, según todos los ingenieros con quienes hablamos. Yo siempre miré con alguna prevención el procedimiento, sobre todo para Centrales, en que el agua es incrustante como en la nuestra de Bolarque, y lo que sí puedo decir es que las únicas máquinas que ví en reparación lo estaban precisamente para limpiar los refrigerantes. Sin embargo, he de reconocer que hoy todas las casas constructoras del mundo aconsejan el procedimiento, que va a ser ensayado en las Centrales de Entrepeñas y Buendía, no obstante la mala calidad del agua en las mismas.

Visitamos finalmente la presa de Douglas, en el río French Broad, inmediatamente aguas arriba de la anterior. Tiene la misma disposición, aunque mayor altura, pues alcanza los 62 m., con 520 m. de coronación y aliviadero para 9 000 m.³/seg. Su embalse es de 1 800 millones de m.³, con 70 Km. de longitud. Aunque la disposición del vertedero es la misma que en Fort Loudoun, se distingue de aquélla en que, además, dispone de tomas profundas, cerradas con compuertas de deslizamiento, de accionamiento hidráulico, que se manejan desde una galería interior.

La Central tendrá cuatro grupos, con una potencia total de 112 000 Kw. La figura 13 representa el cabrestante móvil para levantar las compuertas, y la 14, la gran grúa de pórtico. Ambos elementos son iguales a los de Fort Loudoun. La figura 15 es una vista de la presa, cuyas secciones figuran en la 16.

Las otras Centrales del río principal se parecen mucho a las dos últimamente descritas. La de Watts Bar, con presa de 34 m. y vertedero de 15 500 m.³/segundo, tiene, con cinco grupos, una potencia instalada de 150 000 Kw., pero además, inmediata a la misma, existe una térmica de 240 000 Kw. La Wilson, construida en 1925 y por tanto una de las más antiguas del sistema, tiene 42 m. de altura, 1 480 m. de coronación, vertedero para 21 600 m.³/seg. y embalse de 700 millones de m.³. La Central, 18 grupos, que suman una potencia total de 436 000 Kw., algunos de ellos con el generador instalado a la intemperie.

Finalmente, la presa de Kentucky, situada casi en la confluencia con el Ohio, tiene 63 m. de altura, 2 564 m. de coronación, aliviadero para 37 000 m.³/segundo, un volumen de hormigón de 1 050 000 m.³, un malecón de tierras de 3 100 000 m.³ y un embalse de 7 400 m.³, de los cuales son útiles para absorber crecidas cerca de 5 000; la longitud del embalse es de 300 Km., y su perímetro de más de 3 500 Km., cifras todas que nos resultan astronómicas a los ingenieros españoles.

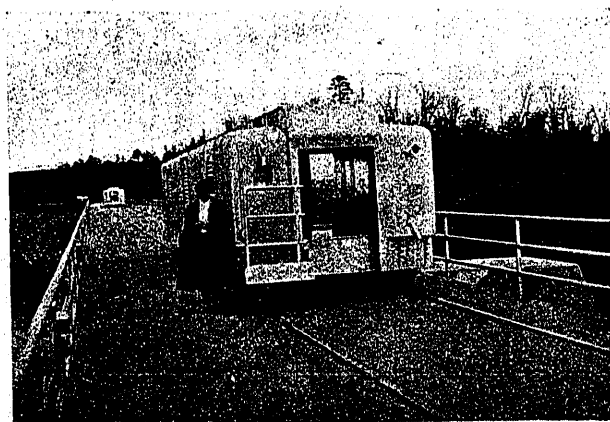


Fig. 13. — Presa de Douglas. Cabrestante móvil para levantar las compuertas.

Aspecto sanitario.

Los embalses sucesivos del Tennessee tienen, como se ha dicho, varios objetos. Sirven para facilitar la navegación hasta Knoxville, constituyendo una vía fluvial nueva de más de 500 Km., que facilita el comercio de la región extraordinariamente. Realizan el importantísimo papel de regularizar las crecidas y de producir una enorme cantidad de energía. Influyen también en el aspecto sanitario por el desarrollo del paludismo y por su influencia en la calidad del agua del río. Antes de construir las obras existía ya paludismo endémico en la región. Ha sido, pues, del mayor interés aprovechar los embalses para luchar contra tan terrible plaga. Uno de los procedimientos más eficaces de lucha contra los *anopheles* propagadores del paludismo es la variación del nivel de los embalses. Los huevos y las larvas, que necesitan agua en reposo, se mueven con la agitación o quedan en seco. Se procura, pues, llenar hasta la máxima cota y en tiempo conveniente los embalses, que luego se bajan a su nivel normal. Se ha hecho también mucho trabajo de desarraigar la vegetación y de regularizar los taludes en las márgenes del embalse, para que no crezca vegetación que permita queden zonas de agua con poco movimiento, muy aptas para el desarrollo del mosquito. Aparte de ello, se emplean productos para destruir las larvas, que se echan pulverizados desde embarcaciones o aviones.

La influencia de los embalses sobre la calidad del agua se ha podido comprobar especialmente en la del abastecimiento de Knoxville, cuya instalación de filtración, llamada de Williams Creek, tiene la toma de agua en el embalse de Fort Loudoun, 5 Km. más abajo de la confluencia de los Holston y French

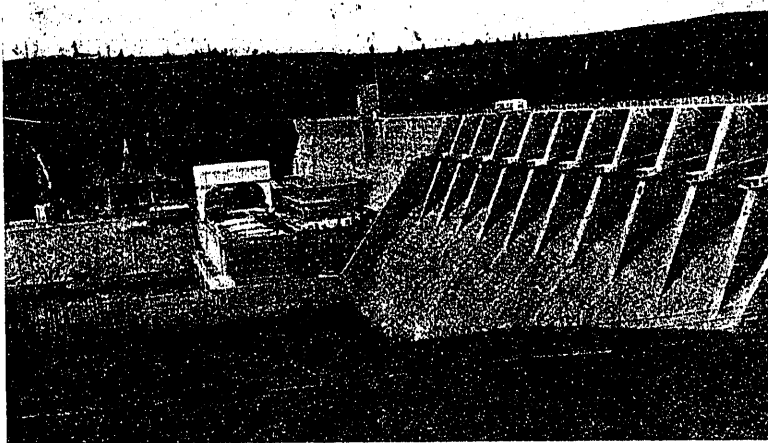


Fig. 15.— Presa de Douglas.

Broad, que, como hemos dicho repetidas veces, forman el Tennessee a partir de su confluencia. Inmediatamente aguas arriba existen la presa de Cherokee en el primero, y de Douglas, en el segundo, cuyos embalses influyen en la calidad del agua, que se toma para el abastecimiento de Knoxville.

La oficina de la instalación de Williams Creek poseía buen número de datos relativos a la calidad del agua antes de la construcción de los embalses, que han permitido cotejarlos con los de la actualidad. En esta instalación se trata el agua mediante coagulación con sulfato de aluminio, filtración rápida y cloración por el sistema del punto crítico (*break point*), empleando hoy en casi todas las instalaciones americanas.

Los resultados de los análisis son muy interesantes y muestran que el almacenamiento influye en la temperatura, turbiedad y color del agua y, sobre todo, en su pureza bacteriológica. También origina una economía importante en el gasto de sulfato de aluminio y de cloro en la instalación de depuración.

Análisis anteriores a la construcción de los embalses, realizados en los años 1936 y 1937, permiten distinguir la distinta calidad del agua de los dos ríos. El Holston tiene más contenido mineral y el French Broad tiene agua más turbia y de más color. Así, la dureza del primero llega a veces hasta 330 p. p. m. (partes por millón), o sea 33° franceses, mientras que el término medio en el segundo es de 45 p. p. m., con un máximo de 66; es un agua desde este punto de vista casi como la de Lozoya. El color, que no pasa en el primer río de 50, llega a 200 en el segundo, y la turbiedad varía de 500 a 1500 máxima y 70 a 260 media.

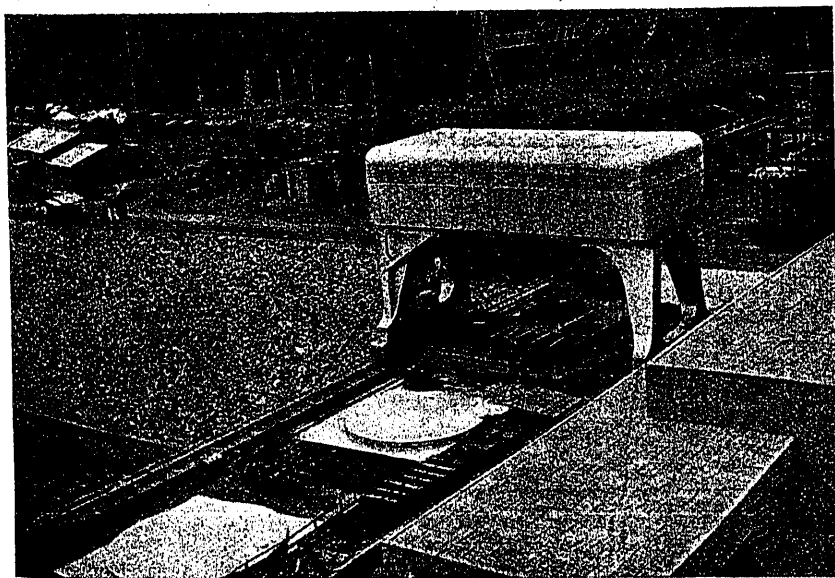


Fig. 14.— Central de Douglas. Grúa de pórtico y tapas de los generadores.

Resumen de los cambios en las características del agua, como consecuencia del almacenamiento en los embalses.

MEDIDAS	VALORES ANUALES MEDIOS		VARIACIÓN		Probables causas de la variación	Efectos de la variación
	1935-39	1943-47	Absoluta	Por ciento		
Temperatura °C	18° (a)	15°	(a) — 3 (a)	— 6,5 (a)	Almacenamiento.	Mejora para beber y refrigeración. Más gasto para calentar el agua.
Turbiedad (p. p. m.)	159	62	— 97	— 61	Almacenamiento y protección del suelo.	Economía de sulfato de aluminio.
Color (p. p. m.)	22	14	— 8	— 36	Almacenamiento, reducción de aguas residuales de molinos de pasta para papel.	Economía de sulfato de aluminio y menos color en el agua depurada.
Alcalinidad (p. p. m.)	65	69	+ 4	+ 6,2	Variación natural según la cantidad de lluvia y la escorrentía.	No tiene importancia si no influye en la dureza.
Dureza (p. p. m.)	93	101	+ 8	+ 8,6	Aumento de actividad industrial en la cuenca y variación natural por la lluvia y la escorrentía.	Aumento del gasto de jabón, de corrección de dureza y de coste de producción de vapor.
Organismos del grupo coli (número más probable por 100 cm. ³)	1,050 (b)	210 (b)	— 840 (b)	— 80 (b)	Almacenamiento.	Amplia mejora en las condiciones sanitarias del agua a la entrada de la estación, que indica el escaso efecto en dicho punto de la contaminación por aguas residuales.
Dosis de sulfato de aluminio (p. p. m.)	34	30,2	— 3,8	— 11	Almacenamiento y disminución de aguas residuales de los molinos de pasta para papel.	Economía en el coste del sulfato de aluminio para tratamiento del agua.
Dosis de cloro (p. p. m.)	5,90 (c)	3,28	— 2,62 (c)	— 44 (c)	Idem id.	Idem id.
Coste de productos químicos (dollars)	34,200 (d)	28,000	— 6,200 (d)	— 18 (d)	Idem id.	Economía obtenida en la purificación del agua.

NOTAS. — (a) Resultados referidos al agua purificada; no a la que entra en la estación de depuración.
 (b) Cifras medias que se obtienen en más del 50 % de las observaciones diarias.
 (c) Valores supuestos si se hubiera usado la cloración por el punto crítico, antes y después del almacenamiento.
 (d) Valores supuestos sobre la base de que en los dos periodos hubiera habido el mismo tipo de tratamiento del agua, se hubiera tratado la misma cantidad y hubiera sido el mismo el coste unitario de los productos químicos.

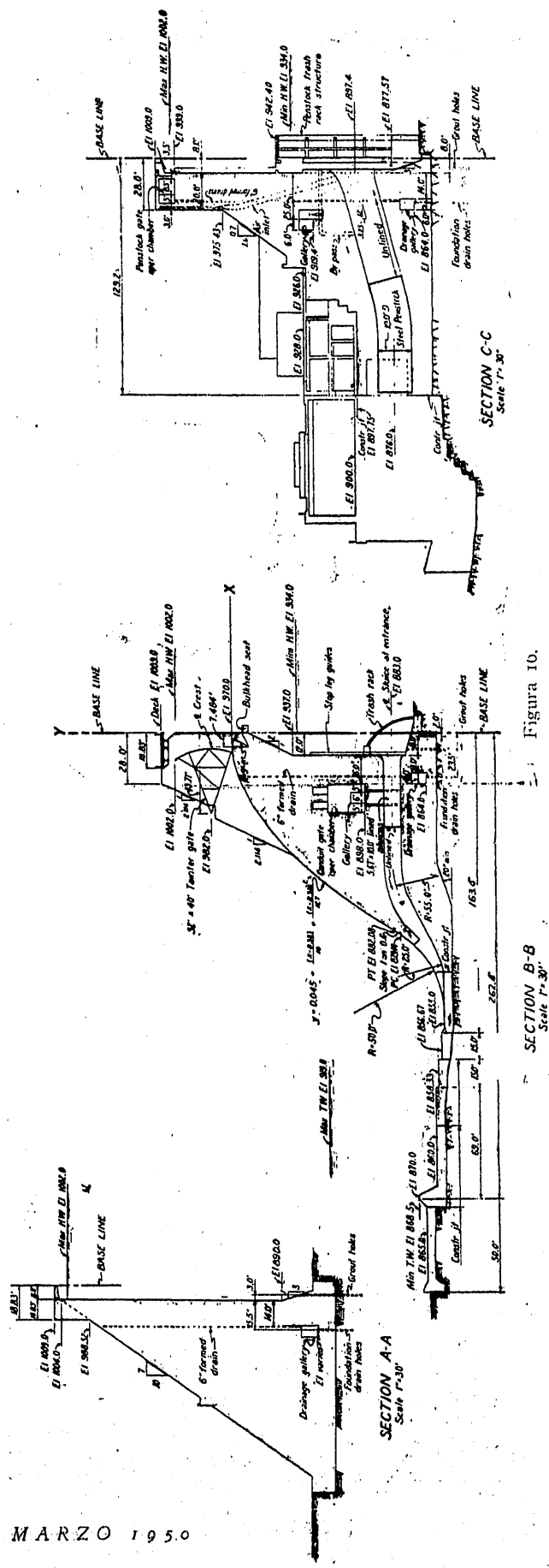


Figura 10.

Después de la construcción de las presas y durante los años 1945 y 1946, se han hecho sistemáticamente análisis en los dos ríos, tomando las muestras en las tuberías de carga de las Centrales de Cherokee y de Douglas. Además, en el primero y durante el mismo tiempo, se han tomado también aguas arriba del embalse. La turbiedad del French Broad no ha pasado de 340 p. p. m., contra 1 500 a que llegó antes del embalse. Esto no es solamente durante períodos de crecidas; las cifras medias de los períodos considerados fueron 46 contra 260. No influyó gran cosa el embalse en la corrección del color, que hasta parece ligeramente aumentado, aunque después de la mezcla del agua de los dos ríos se note en la instalación de Knoxville reducción apreciable. Hay que tener en cuenta también que tal vez no son completamente comparables los resultados de los análisis hechos con diferencia de diez años, tal vez con técnica algo diferente y con posibles variaciones ocurridas en la cuenca.

Por eso son mucho más interesantes los datos del Holston, tomados a la entrada y salida del embalse en la misma época. La temperatura media entre ambos puntos varió de 16,8 a 15°; el color máximo, de 120 a 60, y medio, de 24 a 17; la turbiedad máxima, de 520 a 110, y media, de 41 a 19; todo ello en p. p. m. y la presencia de los miembros del grupo coli, que nos da idea de la calidad bacteriana del agua expresada en número más probable de organismos en 100 cm.³, es, como término medio, de 3 470 antes del embalse y de 103 aguas abajo del mismo, con máximos de 24 000 y 1 600, respectivamente.

Asimismo, la demanda bioquímica de oxígeno cambia de 2,58 a 1,14 por término medio, con máximos de 7,47 a 2,45, respectivamente. Estas cifras prueban la enorme ventaja del almacenamiento en la mejora de la calidad bacteriológica del agua.

La Estación de depuración ha hecho unos resúmenes de los datos que afectan la calidad del agua a la entrada de la misma, y que corresponden, los primeros, al período 1935-39, y los segundos, a 1943 al 47, y sobre la base de un consumo casi igual de agua en las dos épocas. Los resultados se resumen en el anterior cuadro, que demuestran una mejora en casi todas las características del agua, una economía en productos químicos y, sobre todo, confirman los datos anteriores respecto de la calidad bacteriológica.

A los lectores no muy familiarizados con la técnica sanitaria, tal vez les resulte poco clara la expresión de los resultados de la colimetría, por el "número más probable de organismos del grupo coli en 100 cm.³" y también lo de "break point chlorination", que yo traduzco "cloración por el punto crítico", por lo que les prometo aclarar estas ideas en un próximo artículo.