

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Las obras del canal de Panamá ⁽¹⁾

Tanto los ingenieros encargados de la dirección de los trabajos como las diversas comisiones enviadas por el Gobierno para enterarse de los progresos que se van realizando, opinan unánimemente que el canal de Panamá, la obra más estupenda que jamás se ha emprendido hasta ahora, debe quedar terminada hacia el día 1.º de Enero de 1915, de suerte que dentro del breve plazo de cuatro años y medio los vapores de más alto porte podrán ir del Océano Atlántico al Pacífico ó viceversa, sin necesidad de dar la vuelta al cabo de Hornos.

El costo total de la obra ha de exceder con mucho á la cantidad en que se estimaba al dar comienzo á los trabajos en 1906 por cuenta del Gobierno de los Estados Unidos, á causa de haberse modificado después el proyecto aumentando no sólo la anchura que el canal había de tener, sino también el tamaño de las esclusas, en vista de que la arquitectura naval produce cada día buques más grandes, tanto de guerra como de pasaje. Otra causa del aumento en los gastos es que el cálculo original se basaba en que la jornada de trabajo sería de diez horas, y el Gobierno decidió después que fuese de ocho, lo cual representa un aumento de 20 por 100 en el jornal de los mecánicos y de todos los obreros que se ocupan en los trabajos. La obra está

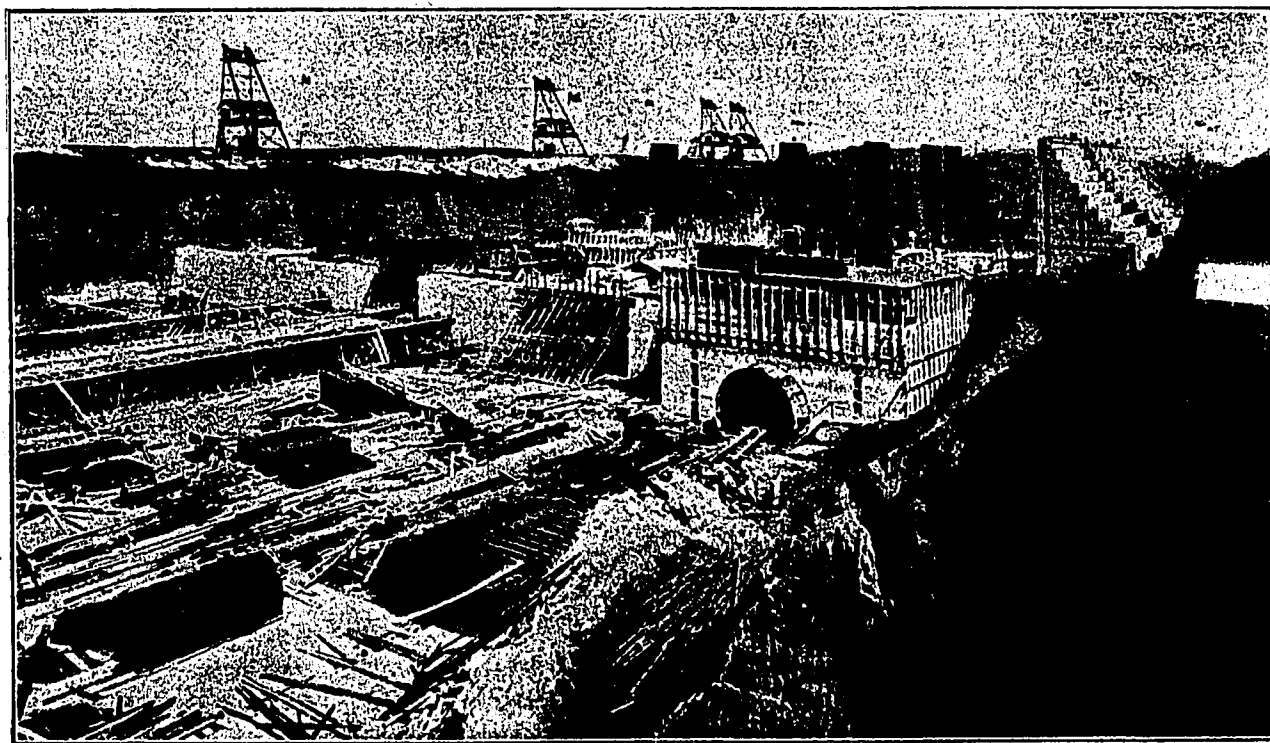


Fig. 1.ª—Vista de las presas del Gatún, en construcción.

Para llevar á cabo esta obra importantísima se ha tenido que luchar con dificultades numerosas, y de cuya magnitud sólo puede darse cuenta quien haya visitado el terreno ó estudiado minuciosamente, un mes tras otro, los informes que rinden los encargados de la empresa.

ahora ejecutándose de acuerdo con el presupuesto de 1908, en el que se destinaba la suma de 297.766.000 pesos para los trabajos de ingeniería, la de 27.500.000 pesos para el saneamiento y la administración civil, y 50.000.000 para el pago de los haberes de la Compañía francesa y los derechos de la República de Panamá, ó sea un total de pesos 375.166.000. Las diversas cantidades pagadas de acuerdo

(1) De la *Revista Internacional de Dun*.

con este presupuesto hasta fines de Marzo de 1910 sumaban en conjunto 196.751.998,47 pesos, dejando disponibles tan sólo 19.656.309,87 pesos de los 216.411.308,33 pesos hasta entonces aprontados, en vista de lo cual se aprontaron también en la última sesión del Congreso 37.855.000 pesos, que hacen subir la cantidad retirada ya con este objeto de las arcas del Tesoro á 248.001.468,58 pesos. De los 216.411.308,33 pesos pagados hasta fines de Marzo, 210.146.468,58 pesos fueron suministrados por el Congreso, y lo restante se deriva de ciertos cobros, rentas de agua y el aprovechamiento de los materiales y maquinaria que allí dejara la Compañía francesa.

Aun cuando el proyecto de construir un canal navegable á través del istmo de Panamá data desde hace muy cerca de cuatro siglos, pues que se habló ya de él en 1517, no cabe la menor duda de que la obra había sido completamente irrealizable hasta ahora, y puede darse por cosa cierta el que, aun cuando las Compañías francesas que la emprendieron tratando de realizar el proyecto de Lesseps hubiesen contado con los enormes recursos monetarios que á ella está dedicando el Gobierno de los Estados Unidos, no habrían podido llevarla á su fin con los medios que estaban entonces al alcance de la ingeniería, pues no obstante de ser hoy mucho mejores, y permitir hacer uso de máquinas que ejecutan el trabajo de 600 hombres cada una, y de haberse hecho grandes mejoras en los métodos para utilizar el acero y el cemento en toda clase de construcciones, ha sido preciso utilizar en escala verdaderamente colosal todos los recursos de que la ciencia dispone.

El canal francés, ó la parte de él construida, que Estados Unidos compró en Mayo de 1904, se había proyectado con una profundidad de 28 pies y anchura media de 72 pies en el fondo; pero el que ahora se está construyendo ha de tener 41 pies de profundidad y una anchura de 500 pies en toda la distancia que media entre el mar Caribe y las Presas del Gatún, distante siete millas. En el Gatún hay una serie de tres esclusas, que salvarán gradualmente un desnivel de 85 pies, para que los buques puedan navegar en una especie de mar interior que se ha de formar represando el agua de dicho río, y cuya anchura será entre 500 y 1.000 pies, de suerte que hará posible navegar á toda marcha en una distancia de 24 millas, hasta llegar á Obispo, entrando en el Corte de la Culebra, que tendrá 9 millas de largo y 300 pies de anchura en el fondo, hasta Pedro Miguel, donde una gran esclusa situada ya al otro lado de la cumbre, producirá un descenso de 30 $\frac{1}{2}$ pies para entrar en seguida en un lago de 1 $\frac{1}{2}$ millas de largo, que se extiende hasta Miraflores, y otras dos esclusas que siguen después producirán otro descenso de 54 $\frac{1}{2}$ pies, colocando los buques al nivel del Pacífico, para ir á este oceano por un canal de 500 pies de anchura y 45 de profundidad en la semimarea. Desde un oceano al otro, el canal tendrá una longitud total de 50 $\frac{1}{2}$ millas próximamente, de las cuales 40 $\frac{1}{2}$ han tenido que abrirse en la montaña. La causa de haberle dado mayor profundidad por el lado del Pacífico es que la marea sube y baja en aquel oceano mucho más que en el Atlántico, dando una diferencia de 23 pies entre bajamar y pleamar, cuando en la desembocadura del Atlántico esa diferencia es sólo de 1 $\frac{1}{2}$ pies.

Como detalle curioso también, debemos anotar la circunstancia de que la desembocadura occidental, ó sea la entrada por el lado del Atlántico, se encuentra 22 millas

más al Este que la desembocadura oriental ó terminal de Colón.

El curso que sigue el canal americano no es, como generalmente se supone, el mismo que se había adoptado en el proyecto francés, de suerte que de las 78.100.000 yardas cúbicas de excavación hechas por las Compañías francesas, sólo 30.000.000 han sido utilizadas en la obra que ahora se lleva á cabo. Entre las propiedades adquiridas por este Gobierno en la compra de las antiguas obras figura el ferro carril de Panamá, con todos sus derechos y pertenencias, incluso 43.000 acres de terreno; pero tanto las vías como el material móvil de este ferrocarril han tenido que renovarse casi en su totalidad. Entre las propiedades adquiridas en la compra figuran también otros 32.000 acres de terreno, mapas, planos, numerosos documentos y 2.150 edificios de todas clases, valorados en pesos 2.000.000; pero la Comisión americana ha tenido que renovar 1.537 de estos edificios, con un gasto de 890.000 pesos. La maquinaria y los pertrechos pertenecientes á las dos Compañías francesas se valoraron, al hacer la compra, en una cantidad variable entre 1.000.000 y 1.500.000 pesos, no obstante haber costado mucho más. Al hacer la compra se creyó que toda aquella maquinaria, abandonada por largos años á la intemperie en aquel clima tropical, no podría nunca volver á servir; pero al examinarla detenidamente después, resultó que muchos de los aparatos, especialmente los construídos en Francia y en Bélgica, eran todavía utilizables con sólo algunas reparaciones, y varios están funcionando aún hoy, como sucede, por ejemplo, con 130 locomotoras francesas, á las cuales se han añadido 160 americanas de gran tamaño, para el arrastre de los materiales en el canal, y 82 que se han puesto á circular en el ferrocarril.

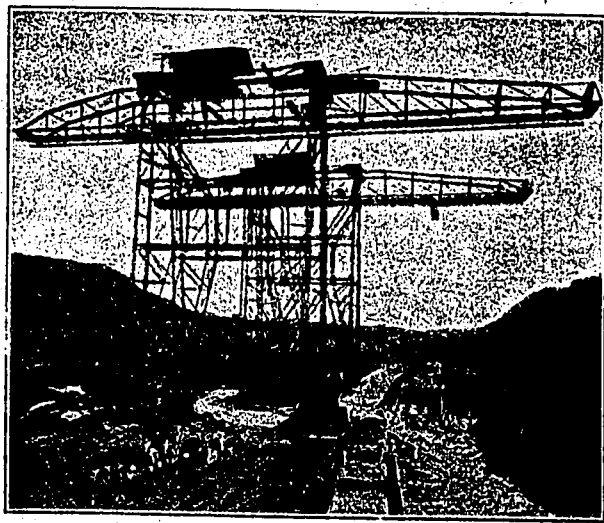


Fig. 2.^a—Grúas que trabajan en la presa de Pedro Miguel.

Desde el momento en que este país adquirió la propiedad, el Gobierno de los Estados Unidos comprendió lo peligroso que había de ser el exponer á millares de obreros al pestífero clima de aquella región, y especialmente el de Colón y Panamá en las pésimas condiciones sanitarias en que entonces se hallaban y, por consiguiente, su primer cuidado fué el de enviar una comisión bajo las ordenes del doctor W. C. Gorgas para atender al saneamiento de toda aquella zona, desecando los pantanos infestados de mosquitos, desaguando los terrenos, destruyendo toda clase de malezas, construyendo en ambas ciudades de Colón y Panamá atarjeas y cañerías de agua potable, pavimentado

sus calles y haciendo cuanto era menester desde el punto de vista sanitario para colocarlas á la altura de cualquier población moderna. La comisión encargada de estos trabajos tuvo que emprender también otras obras importantes é igualmente necesarias, entre ellas la de construir edificios cómodos y sanos para el albergue del personal obrero y almacenes para el depósito de víveres en toda la región que el canal había de cruzar, siendo también preciso atender á la administración gubernamental, establecer juzgados, escuelas, cuarteles de policía, estaciones de bomberos, hospitales, etc., lo mismo que si se hubiera tratado de fundar en un lugar enteramente desierto una populosa ciudad.

Estos trabajos preparatorios, en que hubieron de emplearse dos años y medio y enormes sumas de dinero, eran absolutamente indispensables para llevar á cabo la empresa que se trataba de acometer, pudiendo muy bien asegurarse que el fracaso de las tentativas anteriores fué debido en gran parte á no haberse tomado tales precauciones. La

MES Y AÑO	SECCION DEL ATLANTICO		SECCION CENTRAL	SECCION DEL PACIFICO		TOTAL — Yds. Cub.
	Excavadoras.	Dragas	Excavadoras	Excavadoras.	Dragas.	
	Yds. Cub.	Yds. Cub.	Yds. Cub.	Yds. Cub.	Yds. Cub.	
Total hasta 31 de Diciembre	6.412.024	10.158.740	40.240.587	2.562.831	20.505.705	94.969.387
1910						
Enero.....	125.011	510.053	1.400.408	58.709	518.036	2.712.206
Febrero.....	123.788	493.448	1.545.482	84.870	285.701	2.488.829
Marzo.....	132.007	412.325	1.094.574	47.828	402.588	3.049.322
Abril.....	109.243	190.574	1.717.622	55.586	534.322	2.601.347
Mayo.....	82.958	447.578	1.948.153	51.619	484.509	2.414.917
Junio.....	89.088	458.021	1.460.530	41.000	476.486	2.533.025
TOTAL.....	7.067.089	18.670.741	58.815.543	2.852.939	23.357.937	110.763.623

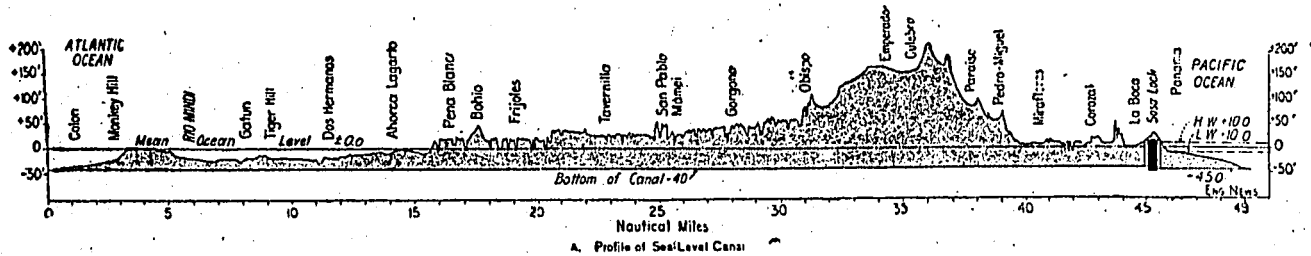


Fig. 3.^a

tabla que insertamos á continuación, y que indica la cantidad de materiales excavados desde que el Gobierno americano tomó posesión, el 4 de Mayo de 1904, prueba la importancia de estas medidas.

	Yardas cúbicas.	Promedio mensual.
Mayo 4 á Diciembre 31 de 1904.....	243.472	30.344
Enero 1 á Diciembre 31 de 1905	1.799.227	149.936
Enero 1 á Diciembre 31 de 1906	4.948.497	412.375
Enero 1 á Diciembre 31 de 1907	15.765.290	1.313.774
Enero 1 á Diciembre 31 de 1908	37.116.735	3.093.061
Enero 1 á Diciembre 31 de 1909	35.096.166	2.924.680
Enero 1 á Junio 30 de 1910.....	15.794.236	2.632.373

La tabla siguiente indica la cantidad de materiales extraídos por medio de excavadoras y dragas de vapor hasta

La cantidad total de materiales que ha de ser preciso excavar para terminar el canal, de acuerdo con el nuevo plan, se estima en 204.574.594 yardas cúbicas. Descontando de esto la cantidad excavada por las Compañías francesas antes del 4 de Mayo de 1904, ó sean 29.908.000 yardas cúbicas, todavía quedaban para la empresa americana 174.666.594 yardas, y si de éstas se descuentan las excavadas hasta el 1.º de Julio de 1910, todavía faltaban en aquella fecha 63.902.971 yardas, y suponiendo que los trabajos continúen al mismo paso que fueron en los seis primeros meses de este año, con un promedio de 2.632.373 yardas mensuales, aún hay obra para veinticuatro meses y un tercio. La excavación es, sin embargo, más y más difícil á medida que los trabajos adelantan, porque cuanto más se profundizan los tajos tanto más roca viva se en-

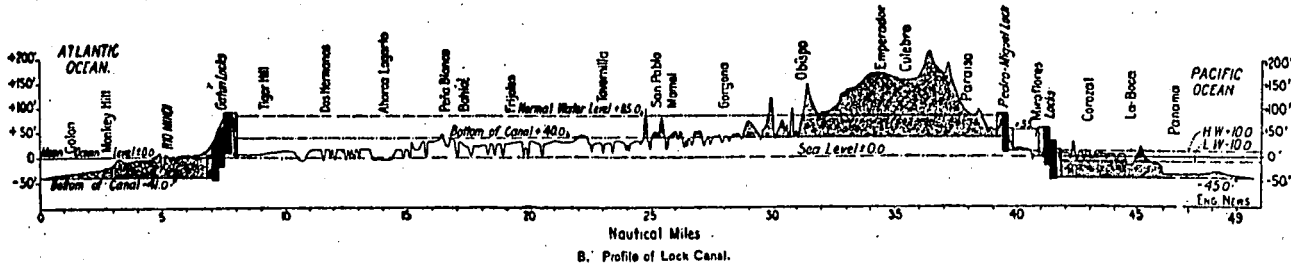


Fig. 4.^a

el día 30 de Junio de 1910 en cada una de las tres secciones en que, para los fines administrativos, se divide el canal, incluyéndose en la Central el Corte de la Culebra:

cuentra, y, por consiguiente, es de suponer que de ahora en adelante la obra vaya algo más despacio. En 1905 hubo de suscitarse una larga controversia so-

bre si debía construirse un canal de esclusas ó al nivel del mar en toda su longitud. Después de muchas discusiones y numerosos exámenes periciales, el Presidente recomendó que se hiciera con una altura máxima de 85 pies y el 26 de Junio de 1906, el Congreso ordenó que se construyera así.

Consultando los dibujos que acompañan, y que muestran el perfil del canal, se notará desde luego la gran cantidad de trabajo que con esto se ahorra en la excavación. En el dibujo de arriba, la parte sombreada indica la cantidad de material que habría sido preciso excavar para hacer todo el canal á nivel del mar, y con 45 pies de fondo desde un extremo á otro. En el dibujo de abajo, la parte sombreada indica la parte que aún falta por excavar, de acuerdo con el plan finalmente adaptado, para la construcción de un canal de 85 pies de altura, con las presas antes mencionadas, fondo de 41 pies bajo el nivel del mar en el Atlántico y de 45 pies por el lado del Pacífico. La diferencia entre el costo de estas dos obras se ha calculado en no menos de 200.000.000 de pesos, aun sin contar que la construcción de un canal á nivel del mar habría llevado seis años más que el finalmente adoptado, y aun después de construido habría exigido gastos mucho mayores para su conservación, sería menos seguro para los buques y estaría más expuesto á interrupciones en la navegación. Sin embargo del tiempo que necesariamente se ha de perder en las esclusas, el viaje á través del Istmo ha de ser más rápido en el canal de esta clase que en el de nivel, porque en el lago del Gatún los buques han de poder navegará toda marcha en una distancia de 24 millas, ganando en ella todo el tiempo que se pierda en las demás partes.

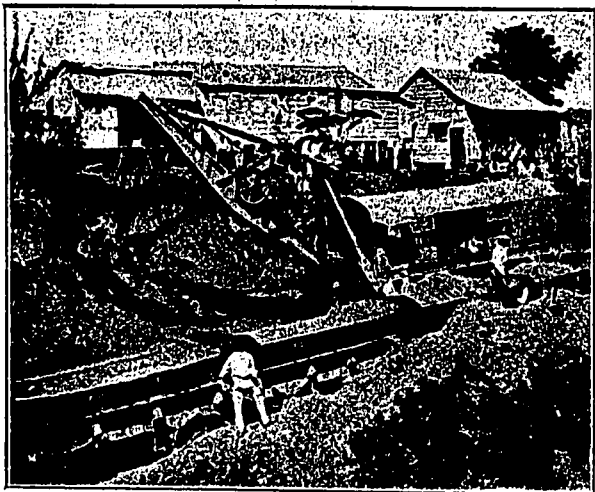


Fig. 5.^a—Una excavadora de vapor.

Como ya hemos dicho, 12 de las 50 millas que el canal tiene de longitud se encuentran al nivel del mar, pues por el lado del Atlántico se está dragando una distancia de 4 $\frac{1}{2}$ millas desde el Caribe, á contar desde una milla más afuera de la Isla de Manzanillo en que está la ciudad de Colón, cruzando la Bahía de Limón, y siguiendo después el canal al mismo nivel hasta Gatún, distante 7 $\frac{1}{2}$ millas del punto de partida, donde se encuentra la primera presa. En esa parte hubo de abandonarse la obra hecha por los franceses, quienes dragaron el pantano en dirección á Cristóbal, situado detrás de Colón. En Gatún se está construyendo una gran presa á través de todo el valle por donde pasa el río Chagres, con una longitud de 9.000

pies y un espesor de 2.000 pies en la base. Su altura, sin embargo, no es extraordinaria, pues que sólo alcanza á 30 pies sobre el nivel del agua, que, regulado con los vertederos, estará á 85 pies sobre el del mar. Á la altura de ese nivel, el espesor de la muralla será de 398 pies, y en su parte de arriba 100 pies. Tiene esta presa una parte central ó ánima impermeable compuesta de tierra y arena que se van echando con las dragas entre murallas de piedra y cemento, reforzadas por ambos lados con grandes pilas de la piedra que se va sacando de las excavaciones. En un informe rendido en Agosto de 1909 por el Sr. H. H. Rousseau, miembro de la Comisión del Canal del Istmo, al Congreso Comercial del Trans-Misipipi, se hacen de esta presa los siguientes comentarios: «Debido principalmente á su tamaño, la Presa del Gatún ha recibido en los Estados mucha más atención que en realidad merece. Su construcción no presenta ningún problema difícil ni complicado, ya que antes de ahora se han construido con buen resultado en este mismo país otras muchas presas destinadas á resistir presiones considerablemente mayores sin atraer ni la centésima parte de la atención que ésta. Tanto los planos de la obra como los terrenos en que se ha de hacer han sido examinados por nuestros más distinguidos especialistas en esta rama de la ingeniería, quienes opinan unánimemente y sin reserva que la obra, no solamente es factible, sino absolutamente segura. Tanto el área que la presa ha de ocupar como los terrenos contiguos se han sondeado y examinado más minuciosamente quizás que en ninguna otra obra de su especie.»

El vertedero que ha de desaguar el río Chagres y sus vertientes en la estación de lluvias es un claro de 1.200 pies de largo y 300 pies de ancho abierto en una peña situada casi al centro de la presa, estando la parte inferior de la abertura sólo á 10 pies sobre el nivel del mar. En la actualidad toda el agua que el Chagres lleva pasa por esta abertura, que, á su tiempo, se cerrará con un muro de hormigón provisto de compuertas y de la maquinaria correspondiente para regular el nivel del agua en el lago que la presa ha de formar.

Las presas del Gatún, que están ahora en construcción, con todas las excavaciones ya casi terminadas, formarán una serie de tres esclusas, que salvarán en conjunto un desnivel de 85 pies. Las dimensiones serán iguales en todas las esclusas, con 1.000 pies de longitud y 110 pies de anchura utilizable, para que quepan fácilmente en ellas los mayores buques de guerra ó mercantes. Los muros laterales de estas esclusas se están haciendo de hormigón con un espesor de 36 pies desde la base hasta la altura de 50 pies, y adelgazando después gradualmente hasta el espesor de 8 pies en la parte de arriba, mientras que las paredes divisorias tendrán 60 pies de anchura y 81 próximamente de alto. Las compuertas de las presas serán de acero y tendrán 7 pies de grueso, 65 de largo y de 47 á 82 pies de alto, siendo su peso de 300 á 600 toneladas cada una. En las diversas presas del canal se han de necesitar 92 de estas compuertas, cuyo peso será en conjunto de unas 57.000 toneladas, mientras que la cantidad de hormigón que se ha de necesitar en la construcción de las presas se estima en unas 4.500.000 yardas cúbicas, que llevarán casi el mismo número de barriles de cemento.

Como la experiencia ha demostrado que casi todos los percances que ocurren al pasar los buques por las compuertas de las esclusas provienen de la mala interpreta-

ción de las señales que se cambian entre el piloto y el maquinista cuando los buques navegan por su propia fuerza, se ha propuesto que en este canal todas las naves pasen las esclusas á remolque, tiradas por locomotoras eléctricas, y con las hélices paradas.

Las aguas retenidas por las presas del Gatún, cuando estén terminadas, formarán un lago que ha de anegar 16½ millas cuadradas de terreno, y cuyo nivel se podrá subir, en la estación de lluvias, por medio de las compuertas del vertedero, hasta una altura de 87 pies sobre el nivel del mar, para que su caudal pueda mermar hasta 5 ¼ pies en la estación seca, sin que la profundidad del agua sea menos en el Corte de la Culebra que al nivel del mar por el lado del Atlántico.

bién algunos derrumbamientos de tierra á causa de las fuertes lluvias y se estima que estos derrumbamientos han de representar un aumento de 2.000.000 de yardas cúbicas en la cantidad de la excavación, pero dada la magnitud de la obra, la proporción es relativamente pequeña y no aumentará el costo en más de 1 por 100.

Cada máquina excavadora va precedida de una batería de 4 á 12 máquinas perforadoras que barren la roca para quebrantarla, en lo cual se gastan alrededor de 1.000.000 de libras de dinamita cada mes. Las perforadoras neumáticas se surten de aire comprimido por medio de una cañería de hierro de 10 pulgadas de diámetro interior que se extiende á toda la longitud del corte por una distancia de 9 ¼ millas. La mayor cantidad de material excavado con

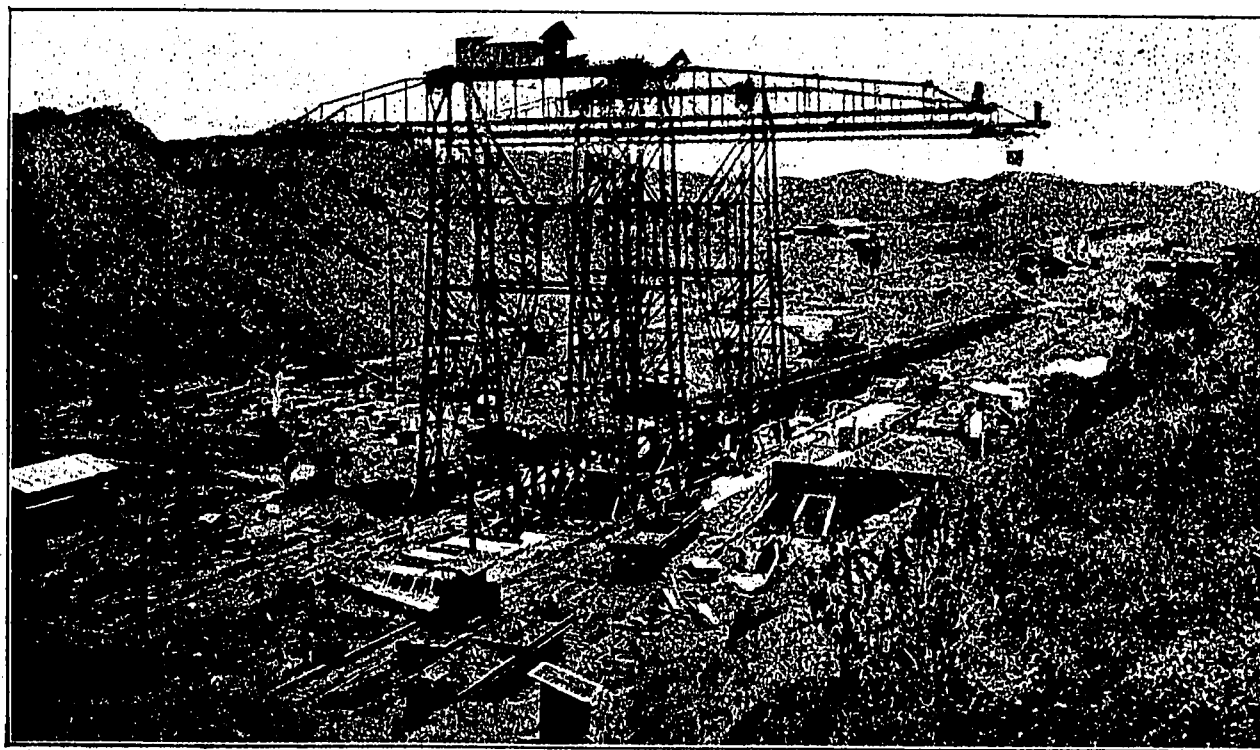


Fig. 6.ª—Vista de las obras de las esclusas de Pedro Miguel.

En las primeras 16 millas de distancia de la presa del Gatún, el lago navegable que con ella se formará ha de tener una anchura de 1.000 pies; en las cuatro millas siguientes la anchura será de 800 pies, y en las últimas cuatro millas, 500 pies con profundidad mínima de 45 pies.

Desde Obispo á Pedro Miguel, el canal cruza lo que pudiera llamarse la espina dorsal del continente, siendo la parte comprendida entre estos dos puntos en la que han tenido que hacerse casi todas las excavaciones en seco que la obra demanda. Casi todos los trabajos ejecutados allí por los franceses han sido aprovechados por los americanos, pero ensanchando y profundizando mucho más el corte, y allí es también donde la obra se está hoy activando con más vigor, pues en esa sola parte trabajan continuamente entre 50 y 60 de las 100 excavadoras de vapor que hay en todo el canal. Los cucharones de estas excavadoras tienen de 2 ¼ á 5 yardas cúbicas de capacidad y pueden alzar grandes masas de piedra lo mismo que la tierra. Para evitar las inundaciones del canal principal ha sido necesario abrir á sus lados otros auxiliares en qué recoger el agua de las lluvias y llevarla á los ríos, lo cual representa un trabajo muy considerable, pues que uno solo de esos canales de resguardo ha exigido más de 1.000.000 de yardas cúbicas de excavación. De vez en cuando han ocurrido tam-

una sola máquina en ocho horas consecutivas es 3.941 yardas cúbicas, equivalentes al trabajo de 600 hombres, y la excavada también con una sola máquina en los días útiles de un mes asciende á 58.483 yardas cúbicas. En Empire hay grandes talleres con 600 obreros que se dedican exclusivamente á las reparaciones de la maquinaria, pero como siempre se tienen á mano piezas de repuesto, son muy raras las ocasiones en que hay que llevar á los talleres una excavadora completa para componerla.

El material que se va excavando se carga en vagones de madera planos, de los cuales hay en uso 1.800, con que se hacen trenes de 16 á 19 vagones. La capacidad de cada vagón es de 18 á 20 yardas cúbicas, dando un promedio de 350 yardas para cada tren, y cada excavadora viene á cargar de tres á cuatro trenes al día. La descarga se verifica automáticamente por medio de un arado de acero tirado por cables, y que, pasando sobre los vagones, barre y derrama todo el contenido del tren en cinco minutos. Además de estos vagones, hay también en servicio 1.100 volquetes de acero, y algunos de los 650 que dejaron los franceses.

En el informe antes citado, el Sr. Rousseau dice que «la parte del trabajo en que se necesita mayor número de obreros es la de cambiar de un lugar á otro la vía para los

trenes. Solamente en el Corte de la Culebra hay 50 millas de esa vía, y en toda la sección central hay 194 millas, sin contar la parte utilizable del ferrocarril, y para comodidad de los trabajos hay que cambiar de lugar, por término medio, una milla cada día. En los descargaderos se utiliza con este objeto una máquina especial llamada «Cambiadora de vías», que hace el trabajo de 500 obreros, pues consiste en una grúa montada en una plataforma de acero portátil, con que se alza una sección de vía para colocarla en otro lugar, distante hasta 8 ó 9 pies, aunque generalmente se mueve sólo cuatro ó cinco pies cada vez.»

En Pedro Miguel, la extremidad del Corte de la Culebra, correspondiente al lado del Pacífico, tendrá una sola esclusa, que salvará un desnivel de 30 pies, y que está ahora en vías de construcción, mientras que una presa de tierra de 1.700 pies de largo une la esclusa á la colina occidental para contener por aquel lado las aguas del lago del Gatún. Por debajo de dicha esclusa habrá también un lago formado por las presas que unen los muros de las esclusas de Miraflores á las colinas laterales. La presa del lado occidental será de tierra, y de unos 2.700 pies de largo, mientras que la oriental, hecha de hormigón, tendrá 500 pies de largo, y ha de servir de vertedero para las aguas del lago. En Miraflores habrá dos esclusas, que salvarán un desnivel de 27 $\frac{1}{2}$ pies cada una, poniendo los buques que bajen por aquel lado al nivel del Pacífico.

Hase calculado que de toda la excavación necesaria para abrir el canal, de acuerdo con el plan actual, yardas cúbicas 73.000.000, serán en agua, es decir, de dragado. En las dos secciones que se encuentran al nivel del mar están trabajando 12 ó 14 dragas que sacan un promedio de 1.000.000 de yardas cúbicas de material cada mes. La roca del fondo en que las dragas trabajan se quebranta por medio de arietes de gran potencia para poder sacarla con cubos de cucharón ó bivalvos. En la sección del Pacífico se han estado excavando unas 11.500.000 yardas cúbicas de tierra por medio de fuertes chorros de agua y bombas centrífugas que la sacan en forma de lodo á razón de 30.000 galones por minuto. Las tablas anteriores indican la velocidad de trabajo de las dragas y lo que aún falta por hacer.

Los grabados que acompañan á esta reseña y que, junto con una gran parte de los datos en que ella se basa, debemos á la exquisita amabilidad de la Comisión del Canal del Istmo, darán quizás mejor idea que las palabras, de la magnitud de la empresa, de las dificultades con que en ella se ha tenido que luchar y de los adelantos realizados. El personal que en la actualidad hay en el Istmo de Panamá, trabajando para la Comisión del Canal y en el Ferrocarril viene á ser de 45.000 individuos, representando el personal americano unos 5.000 de todas categorías.

BIBLIOGRAFÍA

Estática gráfica de los sistemas del espacio, por B. Mayor, profesor de la Escuela de Ingenieros y de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lausanne.—Un volumen y un atlas.—F. Rouge, Lausanne y Gautier Villars, París, editores. Precio: 8 francos.

Tenemos el gusto de publicar la noticia bibliográfica que sobre la notable obra del eminente profesor de la Universidad de Lausanne, B. Mayor, insertó en el *Bulletin*

Technique de la Suisse Romande M. Nikolski, Ingeniero del Instituto Constantino de Moscou y de la Escuela de Ingenieros de Lausanne.

El Sr. Nikolski ha tenido la bondad de poner á nuestra disposición el manuscrito de dicha noticia bibliográfica, que ofrece un interés especial por ser trabajo de la persona que tuvo la gran fortuna de haber sido alumno particular del Sr. Mayor y de haber estudiado á fondo esta ciencia, completamente nueva, bajo la dirección de aquel ilustre maestro.

He aquí la citada noticia bibliográfica:

«El Sr. Mayor acaba de publicar su obra magistral sobre la *Estática gráfica de los sistemas del espacio*. Esta ciencia, completamente nueva, que él creó en todos sus detalles, se halla expuesta en dicha obra con el rigor, la claridad y la elegancia que son propios del espíritu creador, original y profundo del autor.

«La gran novedad de la materia tratada nos hace muy difícil la tarea de hacer resaltar su excepcional importancia, no solamente bajo el punto de vista del arte del ingeniero, sino también bajo el punto de vista de la Geometría pura.

«Por esta razón nos permitimos reproducir en esta noticia bibliográfica conceptos que figuran en la misma obra.

«Antes de los trabajos del Sr. Mayor, las tentativas hechas por diferentes sabios con objeto de extender al espacio los métodos generales de la Estática gráfica, no condujeron á resultados generales utilizables prácticamente. Examinando las causas de esta falta de éxito, reconoció el autor que era preciso crear un nuevo método de representación plana del espacio que conviniese á la naturaleza especial de los elementos geométricos que desempeñan un papel preponderante en la teoría de los sistemas de fuerzas. Estos elementos se derivan todos de la línea recta y comparten con ella este carácter dualístico que tan claramente distingue las concepciones de la Geometría de la recta.

«En una serie de notas insertadas en las *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* demostró el autor que era posible, no solamente determinar *a priori* el procedimiento más sencillo de todos los que satisficieran á aquella condición, sino también que su procedimiento permitía resolver con gran facilidad los problemas que en la Estática gráfica de tres dimensiones deben considerarse como fundamentales.

«Después de un primer capítulo de nociones preliminares, absolutamente indispensables para comprender lo que sigue, expone el autor en el capítulo II, y de una manera elemental, el método de representación antes citado. En una nota sobre las representaciones planas de los cuerpos engendrados por rectas, colocada al final de la obra, pero que hace relación á nociones más elevadas, resume el autor las consideraciones que le han permitido determinar *a priori* su procedimiento.

«Este procedimiento refiere los elementos del espacio al plano sobre el cual quieren representarse y á un complejo lineal, llamado *complejo director*, invariable una vez elegido. Esta representación, expuesta con toda generalidad para hacer resaltar claramente sus caracteres dualísticos, conduce á operaciones más sencillas que las que resultan de la aplicación de los métodos ordinarios de la Geometría descriptiva. Es fácil convencerse de ello examinando los