

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

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.

Nuevos derrumbamientos en el canal de Panamá.

Cuando todo hacía esperar que se había llegado á un estado de equilibrio en los terrenos atravesados por el canal de Panamá, un nuevo y más colosal derrumbamiento viene á entorpecer la explotación regular del mismo.

En el mes de Agosto último, desprendimientos cuyo cubo alcanza á 7.600.000 metros cúbicos han cerrado el canal á la navegación.

El informe elevado por Goethals, gobernador del canal, al Ministro de la Guerra, da una idea acabada, no sólo de este derrumbamiento, sino de todos los anteriores, tanto los ocurridos durante la construcción, como los más recientes acaecidos cuando el canal era navegable.

Dada la mucha extensión del informe de Goethals (26 Octubre 1915), nos limitaremos á extractarlo, tomándolo del *Engineering News*.

En tres tipos completamente distintos se pueden clasificar los desprendimientos ocurridos durante la construcción del canal.

Los del primer tipo son los corrientes desprendimientos acaecidos en casi todos los movimientos de tierras. Son aquellos que se producen durante la excavación, antes de haber llegado á dar á las tierras su talud natural. Fueron de relativa poca importancia en Panamá, y nunca entorpecieron la marcha de los trabajos.

En el segundo tipo están comprendidos los desprendimientos que son verdaderos lanzamientos de bancos de roca deslizándose sobre una superficie que, bajo ciertas condiciones, adquieren una gran lubricación. Generalmente, estos desprendimientos ocurren en terrenos en que existen bancos potentes de arcilla con buzamiento pronunciado hacia el canal. La excavación del terreno para abrir la trinchera quita el sostén inferior de las rocas al mismo tiempo que facilita el drenaje, haciendo que el agua de lluvia afluya á la trinchera. De este modo, los bancos de arcilla lubricada y las masas de roca que apoyan sobre ellos deslizan hacia el canal. Los derrumbamientos de esta naturaleza han sido de gran importancia en Panamá, y han entorpecido grandemente los trabajos. Los derrumbamientos en Cucaracha los coloca Goethals dentro de este tipo.

Por último, el tercer tipo de derrumbamientos verdaderamente raros y de naturaleza completamente distinta á la de los anteriores son los que los americanos llaman *breaks*.

No sólo han ocurrido en Panamá, sino también en Hudson, en una fábrica de cemento, y en Transcona, en un elevador de grano.

Parece que la principal causa de estos derrumbamientos es debida á distinto reparto de presiones del que el suelo está acostumbrado á soportar. Sin embargo, verificado el cambio en el reparto de presiones, sus efectos tardan á veces años en notarse.

De dos clases son los derrumbamientos del tercer tipo en Panamá, conocidos por el nombre de la localidad en que se verifican; son unos los de Culebra y otros los de La Pita.

En Culebra las primeras manifestaciones de los derrumbamientos fueron unas hendiduras generalmente paralelas al eje del canal con sus extremos encovados hacia el mismo. A esta hendidura seguía el hundimiento del terreno en la zona comprendida entre ella y el eje del canal, al mismo tiempo que el movimiento de toda la masa hacia la trinchera. Al movimiento de depresión en la parte alta del terreno correspondía una elevación del fondo del canal.

Al excavar las capas superiores del terreno no sólo se quitaba el apoyo á las inmediatas, sino se alteraba la distribución de las cargas, originando con esto la ruptura de las capas inferiores de terreno no muy resistente. Además estas capas aparecían con estratos verticales ó con buzamiento hacia el canal. Una vez rotos los terrenos, el resto del fenómeno se verificaba como uno de los desprendimientos agrupados en el primero ó segundo tipo, aunque la causa sea tan distinta.

Los «rompimientos» (*breaks*) en las proximidades de La Pita consistieron en una elevación del terreno seguida de una depresión del mismo. Ocurrieron tres de estos desprendimientos y fueron indudablemente debidos á la presión ejercida por el agua en el canal de derivación del Obispo. Esta causa de perturbación se ha suprimido al llevar el agua de la derivación al canal.

Contra los desprendimientos en Cucaracha, el único procedimiento que se pudo adoptar fué el de dejarlos caer en el canal y desde allí extraerlos, pues no dieron resultado ni los pilotajes, encachados y drenajes que se ensayaron. Las masas derrumbadas eran de arcilla y roca y semejaban los efectos de un glaciar.

Empezaron los derrumbamientos en Cucaracha, durante los trabajos de la Compañía francesa, y siguieron hasta 1912, época en que cesaron. Por este tiempo los desprendimientos dejaron al descubierto masas de roca que los geólogos aseguraron eran bastante resistentes para soportar el empuje de la arcilla y otros materiales de la colina que sobre ellos apoyaban. Las predicciones de los geólogos fueron que en esta zona los desprendimientos

tos serían de poca importancia, formados por pequeñas masas de arcilla arrastradas por la lluvia y por la acción erosiva de los demás agentes atmosféricos.

Estas predicciones se realizaron hasta el 20 de Junio de 1913 en que el soporte de rocas se rompió por cerca ó debajo del fondo del canal, y una gran masa de rocas y arcillas se precipitó en la trinchera del canal, al Sur de Gold Hill, llenándola completamente en una extensión de 488 metros, estimándose por aquel entonces que la cantidad de material que había que excavar para hacer desaparecer los desprendimientos era de metros cúbicos 1.520.000; se atacó el derrumbamiento con excavadoras mecánicas, tipo americano, es decir, con palas de vapor, instaladas en dos cortes situados á niveles distintos.

La excavación se llevó con gran actividad; en Febrero se excavaron 128.194,52 metros cúbicos por ocho palas; durante Marzo y Abril seis excavaron 154.503 y 155.274 metros cúbicos, respectivamente, pero hay que tener en cuenta que fueron meses secos, pues en la estación de las lluvias, Mayo y Junio, seis palas sólo excavaron 112.480 y 94.880 metros cúbicos, respectivamente.

Aunque se emplearon en la excavación de los desprendimientos en Cucaracha todas las palas de vapor que el frente de ataque permitía colocar, no fué posible hacer más cantidad de obra que la ya indicada; para aumentarla se pensó en las dragas que podrían trabajar las veinticuatro horas del día, en lugar de las doce horas que las palas trabajaban, teniendo en cuenta los tiempos perdidos de carga y transporte; además, que el metro cúbico excavado con draga es mucho más barato, y que los productos excavados podrían fácilmente verterse en el lago de Gatun. Por todas estas razones, las dragas parecieron más económicas en tiempo y dinero y, desde luego, se adoptaron.

Las palas de vapor trabajaron en Cucaracha desde el 20 de Enero de 1913 al 11 de Septiembre del mismo año, extrayendo un total de 866.178 metros cúbicos, ó sea un término medio de 108.272 metros cúbicos por mes. Las dragas empezaron su trabajo en 23 de Octubre de 1913 y continuaron hasta el 3 de Agosto de 1914 (fecha en que el primer barco atravesó el canal), dragando durante ese tiempo 2.042 981 metros cúbicos, ó sea un término medio de 217.542 metros cúbicos, un poco más que el doble de lo excavado por las palas de vapor.

La campaña en Cucaracha para excavar los desprendimientos duró hasta el 14 de Octubre de 1914, y en esta fecha, el total de tierras extraídas fué de 3.556.221 metros cúbicos, existiendo una diferencia en más de 1.556.221 metros cúbicos respecto á los cálculos que se hicieron cuando ocurrió el derrumbamiento.

Desde la época antes citada, no han ocurrido nuevos desprendimientos en Cucaracha, pareciendo que se ha llegado á un régimen de equilibrio.

Pasemos ahora al estudio de los derrumbamientos del tercer tipo.

El primer rompimiento en las proximidades de Culebra, ocurrió cerca de la antigua estación del ferrocarril de Panamá, y sólo alcanzó unos 60 metros de longitud. Después, al ir aumentando la profundidad de la excavación, la longitud de la hendidura aumentó también, apareciendo otras nuevas en las orillas Este y Oeste, llegando el movimiento hasta el fondo de la trinchera excavada, ocupando una longitud de 600 metros, al Norte de Gold Hill. Como la causa de la ruptura se suponía, como antes dije, era el cambio de reparto de presiones, se creyó que se evitarían ó aminorarían, disminuyendo la altura de las orillas. Se opuso á este método la objeción de que había la exposición de excavar mucha más tierra de la que fuera necesaria, y que permitiendo á las masas de tierra y roca caer en el canal se exca-

varía el mínimo necesario y el terreno por sí tomaría la pendiente natural; prevaleció esta idea y así se operó.

Dos rompimientos ocurrieron en Culebra con intervalo corto á fines del 1910. Estos rompimientos eran seguidos de desprendimientos que interrumpían el drenaje en el canal y entorpecían mucho todos los trabajos en el mismo. El último de estos dos rompimientos hizo que se variara de plan en Enero de 1911, proyectándose y empezándose á ejecutar la reducción de altura en las orillas á uno y otro lado de Gaillard en las proximidades de Culebra. Este trabajo duró hasta Diciembre de 1913 y se excavaron 4.965.782 metros cúbicos en la orilla Este y 6.686.472 metros cúbicos en la orilla Oeste, resultando así las dos orillas abancaladas con pendientes que oscilan entre $1 \times 1,5$ y $1 \times 6,5$ en el lado Oeste y $1 \times 2,4$ á $1 \times 4,35$ en el Oeste.

El resultado de estos trabajos fué satisfactorio hasta el punto de que antes de admitir el agua las rupturas habían desaparecido, así como la elevación del fondo del canal. Al parecer se había llegado á un estado de equilibrio.

A principios de 1911 un geólogo se ocupó de los derrumbamientos en esta zona y propuso un área de máximos desprendimientos marcando las líneas que debían limitar las zonas desmontadas y las pendientes convenientes en cada caso. Son estas líneas las dibujadas de línea llena en el plano; en el mismo también se indican las líneas límite de las zonas excavadas (con trazos), y las que limitan las zonas de los derrumbamientos ocurridos (punto y cruz).

A principios de 1914 se notaron, tanto en una como en otra margen del canal pequeñas hendiduras. Estas hendiduras que aparecieron en la estación seca se atribuyeron á la exclusiva desecación del terreno, y algunas llegaron á tener gran extensión y profundidad.

Aunque no se relacionaron estas hendiduras con desprendimientos probables, para precaver todas las contingencias, las palas volvieron á trabajar hasta 1.º de Abril de 1914 en la orilla Este, y hasta 14 de Junio de 1914 en la Oeste, reduciendo la pendiente.

Hacia tiempo existía una hendidura al pie de Zion Hill, al Suroeste de Culebra. Esta colina se reputó por los geólogos como resistente y no amenazada de derrumbamientos. A pesar de esto, al excavar en su falda se extendió la excavación en pendiente hasta la hendidura ó hasta la línea marcada por los geólogos como límite máximo de posibles, aunque improbables, desprendimientos.

En la orilla Este, hacia fines de la estación seca de 1913, se encontró una hendidura al Norte de Gold Hill, paralela á la trinchera y distante de ella 390 metros. Aunque tampoco nada indicaba que pudiera ser esto las primeras manifestaciones de un derrumbamiento, se excavó aligerando la orilla y disminuyendo la pendiente de las márgenes.

Todo aparecía, por lo tanto, como en equilibrio estable antes de dejar paso al agua. Al poco de dejar entrar á ésta hubo pequeños desprendimientos en Oeste, al Norte de Gold Hill, y también en la margen opuesta; pero los materiales se desalojaron fácilmente, y todos fueron desprendimientos que caían dentro del primer tipo de la clasificación antes hecha.

No ocurrió ningún cambio aparente hasta que en 14 de Octubre de 1914, y sin manifestación alguna exterior, una parte de la margen Este descendió verticalmente 6 metros. La extensión hundida tenía una longitud de 600 metros por un ancho medio de 300 metros.

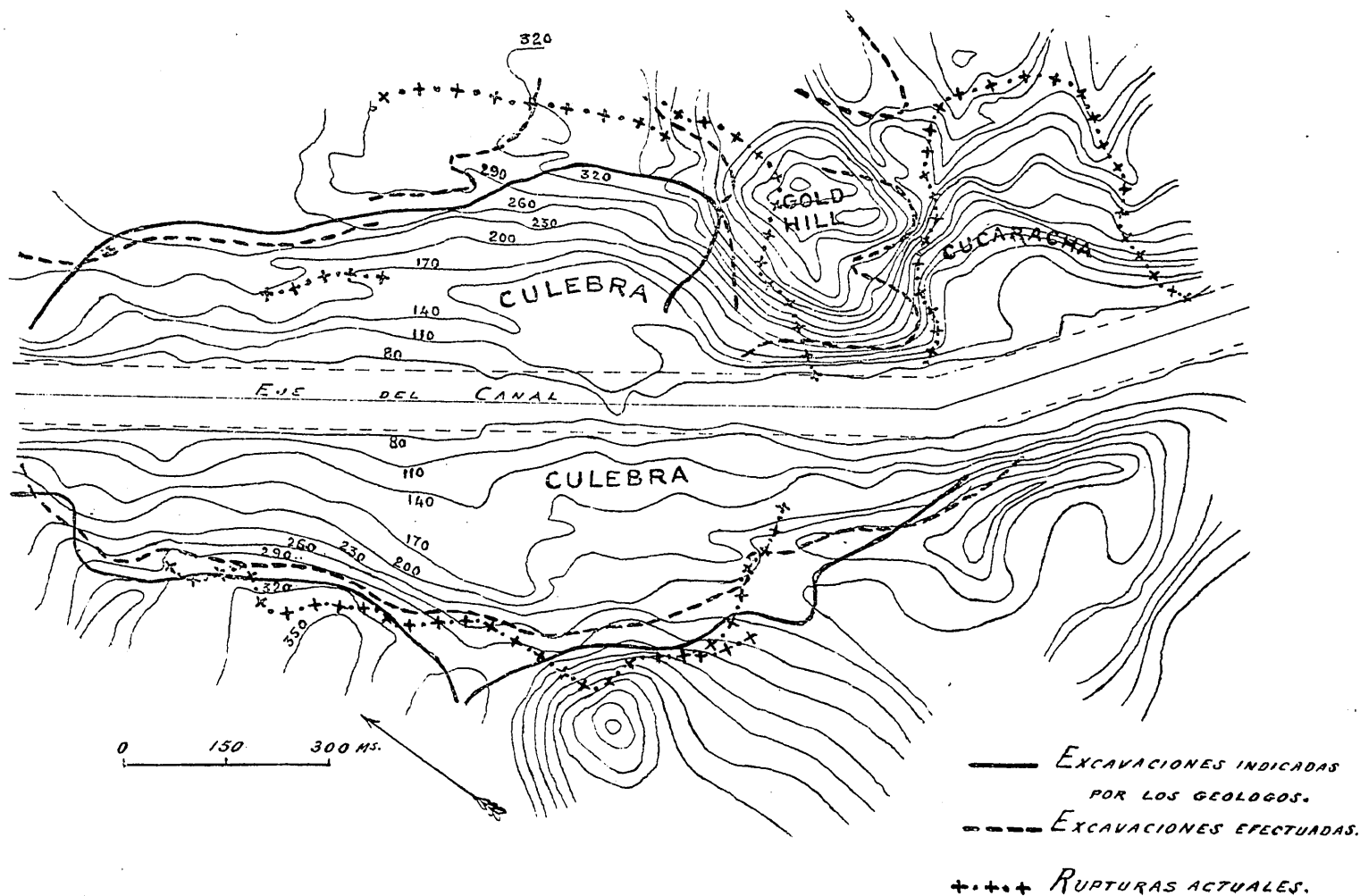
La superficie del terreno se conservó prácticamente paralela á su posición anterior y los estratos superiores no cambiaron su posición relativa, aunque en algunos sitios aparecieran rotos,

mientras que los estratos inferiores habían sido desplazados horizontalmente por compresión hacia el canal. Quedó, por lo tanto, parte del canal invadido por estos estratos inferiores, y en Agosto de 1915 estaban extrayéndolos las dragas cuando se inició el movimiento de la margen Oeste.

En Junio de 1914 se había encontrado una hendidura en la ladera de Zion Hill. Se practicaron reconocimientos y no se notó ninguna señal de derrumbamiento, hasta que, al aparecer los derrumbamientos en la margen opuesta, en ésta se inició una ruptura gradual y continua.

El derrumbamiento de 14 de Octubre de 1914 dejó en tal estado la superficie del terreno, que era imposible la instalación

vista de los movimientos del terreno y de las dificultades encontradas para romper la masa por la parte central, no ha parecido prudente hacer nuevas predicciones de tiempo hasta que en la masa derrumbada se abra un canal que se esté seguro de poder mantener abierto. Para esto las dragas están trabajando, queriendo obtener un canal mucho más ancho que el antiguo para poder mantenerlo libre más fácilmente. En 6 de Octubre la longitud obstruida era de 390 metros; esta longitud se redujo hasta 210 metros, pero debido á los continuos movimientos ha sido imposible romper completamente la obstrucción, quedando alrededor de 30 metros por excavar. Cuando esto esté realizado, los desprendimientos situados más bajo serán fácilmente extraídos y



de palas de vapor que pudieran excavar aquella masa; era preciso esperar que descendiera á la trinchera del canal para poder ir extrayéndola lentamente á medida de su entrada en el mismo.

Análogo procedimiento es necesario emplear para extraer los derrumbamientos de Agosto de 1915.

Es difícil calcular el volumen de tierra que comprende este derrumbamiento (se ha visto anteriormente el error cometido al estimar el de Cucaracha), pero se puede promediar en unos 7.600.000 metros cúbicos. No todo este volumen está en la trinchera del canal; si así fuera, podía considerarse éste cerrado por muchos meses, pero tan sólo hay en la trinchera del canal unos 320.000 metros cúbicos.

Todos los esfuerzos se dirigen á dejar un canal navegable y primeramente se calculó podría estar abierto de nuevo para la navegación en Noviembre de 1915, creyendo que las dragas podrían fácilmente extraer aquel volumen en este tiempo; pero en

con más probabilidades de acierto que anteriormente se podrá dar la fecha en que el canal será practicable.

El canal de Panamá, como antes el Simplón y como toda obra que se aparte de lo corriente, tiene reservadas, en lo que á la geología se refiere, sorpresas imposibles de evitar por entrar en juego fuerzas y una serie de circunstancias que no hay modo de llevar al laboratorio, único medio de poder entrever lo que podrá pasar. Estas grandes obras son los únicos medios de estudio, medios que cuestan muy caros por los errores cometidos y que sólo servirán para, por analogía, aplicarlos en otras obras de dimensiones é importancia parecidas: al rebasarlas estará el problema planteado de nuevo y casi se caminará á ciegas.

No se puede decir que en Panamá se escatimó el dinero y no se siguieron las indicaciones de los geólogos, y, sin embargo, ¡cuántas veces se equivocaron totalmente!

R. M. SEARRET.