

Foto No. F-17

Avenida del 25 de mayo de 1965. Obsérvese la marca dejada por el paso de la avenida en el talud del deslizamiento de Llano Grande, frente al bastión izquierdo del destruido puente. Compárese la altura de la marca con los niveles en pies del pozo del telémetro y de la parte superior del bastión. (Foto I.C.E. del 25 de mayo de 1965.)

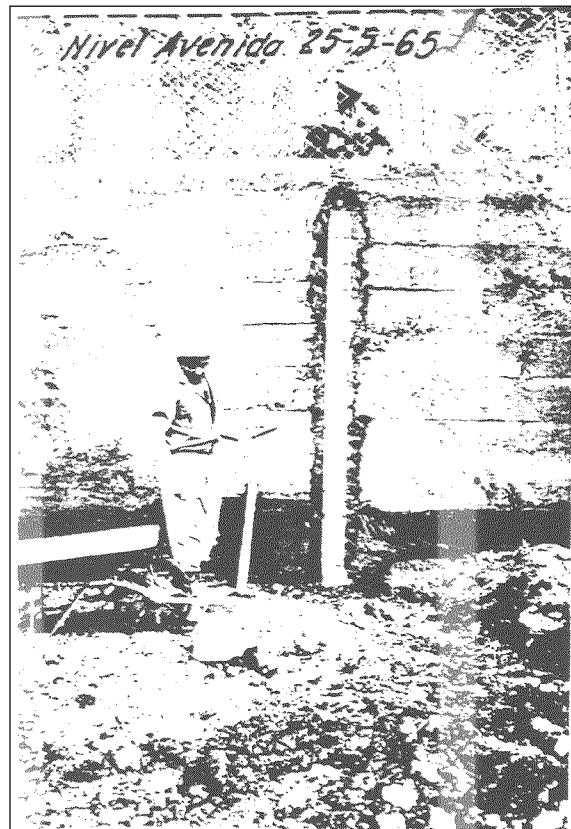


Foto No. F-18

En esta foto (tomada 5 días antes de la destrucción de las presas), se indica con una línea a trazos en el borde superior, el nivel alcanzado por la avenida del 25 de mayo de 1965, sobre la presa No. 1 del deslizamiento de Llano Grande. Compárese con la foto F-13. (Foto I.C.E. del 20 de mayo de 1965.)

6.- ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PRESAS DURANTE LAS AVENIDAS DEL 25 Y DEL 26 DE MAYO DE 1965.

Con base en las observaciones realizadas por ingenieros de la Oficina de Defensa Civil (25) quienes tuvieron oportunidad de estar presentes en Llano Grande, durante las avenidas del 25 y 26 de mayo de 1965, se dan seguidamente las conclusiones respecto al comportamiento de las presas de gaviones ante esas avenidas:

- 1) Que el relleno aguas arriba de las presas, especialmente el que había sido formado por avenidas anteriores, debido a la turbulencia y velocidad de estas crecientes, se integraba a la masa lodosa, dejando desprotegido en esta forma el paramento aguas arriba de las presas. Eliminada esta protección, el paramento quedaba expuesto a los impactos directos de las enormes piedras y al poder erosivo de los sólidos transportados por la avenida.
- 2) Al quedar integrado el relleno al flujo de la avenida, el líquido buscaba el camino más corto hacia el lecho del río, produciendo en esta forma lavados en el fondo de la presa, en las partes más débiles de la fundación.
- 3) Una vez destruida la losa de protección algunos gaviones se desintegraron por erosión, pero otros fueron arrancados en bloque, lo que revela que el sistema de amarras entre gavión y gavión, no -

(25) Murillo M. Ing. Miguel A. y Montes de Oca, Ing. José F.: Informe al Ing. Arturo Zúñiga O., Jefe de Ingeniería de Campo de la Oficina de Defensa Civil, sobre el comportamiento de las presas de Llano Grande, durante las avenidas de mayo de 1965, (San José, Costa Rica, 14 de junio de 1965).

fue lo suficientemente fuerte como para garantizar que la presa trabajaba como una unidad.

- 4) Los sólidos transportados por las avenidas, especialmente las grandes piedras, ejercen una intensa acción erosiva, por impacto y roce sobre las losas del vertedero. Desde luego en el caso de Llano Grande, su acción fue casi instantánea, pues las losas estaban recién coladas (en promedio tenían únicamente 3 días de coladas). El espesor de estas losas difería entre presa y presa y variaba entre 10 y 30 cm. Algunas eran reforzadas con acero No. 4, en otras, se usó la misma malla de los gaviones superiores como refuerzo. No se pudo observar ninguna diferencia en el comportamiento de los diversos tipos de losa, puesto todas fueron destruidas en pocos minutos.
- 5) La altura de caída del fluido desde las presas (6 metros), unido a la alta densidad, turbulencia y energía del mismo, provocaron una socavación considerable al pie de algunas presas, especialmente en la No. 4, la cual había sido cimentada sobre material de arrastre.

7.- CONCLUSIONES

- 1) La formación de un relleno dentro del cauce del río, al pie del talud inestable, parece haber contribuido a estabilizar temporalmente el deslizamiento de Llano Grande, ya que su movimiento, en los tres puntos de medición, prácticamente se detuvo entre el 8 y el 25 de mayo de 1965, tal como se aprecia en la lámina B-2 - (Anexo B).

- 2) Las avenidas del Río Reventado que se han presentado entre mayo de 1963 y la fecha de escribir este informe (julio de 1965), y que tienden a continuar por algún tiempo, se caracterizan por la gran cantidad de sólidos que transportan, los cuales varían desde tamaños de arcillas, hasta piedras de 5 metros de diámetro. Estos sólidos, en tramos altas pendientes, contribuyen a acelerar el flujo, tal como se discute en el Anexo E. Esta masa en movimiento adquiere entonces un tremendo poder destructivo gracias a la erosión que pueden causar las partículas moviéndose a altas velocidades, y al impacto de las grandes piedras. Se considera que cualquier tipo de estructura que se coloque al final de la Cuenca Superior, o al final de las sub-cuencas de Retes y Reventado, quedará necesariamente expuesta al paso de estas grandes masas de alto poder destructivo.
- 3) El tremendo poder erosivo de la masa se manifestó con graves carácteres al pie de las presas de Llano Grande, produciendo socavación en algunas de ellas, que no estaban fundadas en roca. De lo anterior se concluye que la socavación al pie es el problema más serio de considerar en las presas de control, y que en otros tramos menos estables del río las mismas no deben tener más de 3 metros de altura, para reducir en lo posible la energía cinética de la masa que se precipita de la presa.
- 4) Como durante las grandes avenidas, el relleno tiende a incorporarse al flujo de las mismas, se concluye que las presas deben diseñarse previendo esa eventualidad. Por lo tanto, será necesario considerar la presa sometida a una presión total producida

por un líquido más pesado que el agua. La densidad de este líquido no deberá ser menor de 1.5, ya que ese fue el promedio de las muestras obtenidas en el puesto 2, durante algunas de las avenidas del año 1964.