

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

CENTRO
NACIONAL



DE INVESTIGA-
CIONES DE CAFE

VOL. I

DICIEMBRE 1947

Nº 3

CARACTERISTICA DE LAS LLUVIAS EN
UNA ZONA CAFETERA DE COLOMBIA
Y USO DE LOS DATOS PLUVIO-
GRAFICOS EN EL CALCULO DE
OBRAS DE DEFENSA DE SUELOS

P O R

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO

Ingeniero Agrónomo

CHINCHINA • CALDAS • COLOMBIA

CARACTERISTICAS DE LAS
LLUVIAS EN UNA ZONA
CAFETERA DE COLOMBIA
Y USO DE LOS DATOS PLU-
VIOGRAFICOS EN EL
CALCULO DE OBRAS DE
DEFENSA DE SUELOS

POR

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO

Ingeniero Agrónomo.

SOLICITAMOS CANJE

We solicit exchange of scientific publications

Pede-se Intercambio de publicacoes.

Wir bitten um Austausch wissenschaftlicher Arbeiten

Sollicitiamo l'intercambio.

On demande l'échange des publications scientifiques.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE
CHINCHINA, DICIEMBRE DE 1947

"Los datos metereológicos son esenciales para el desarrollo de una vigorosa agricultura, en calidad de herramientas, con las cuales tienen que trabajar los técnicos meteorólogos. Deben hacerse toda clase de esfuerzos para fomentar la acumulación de estos datos en todas las regiones, persiguiendo siempre, sobre todo los otros, objetivos prácticos."

Wilson Popenoe. Some problems of Tropical American Agriculture, 1945.

CARACTERISTICAS DE LAS LLUVIAS EN UNA ZONA CAFETERA DE COLOMBIA Y USO DE LOS DATOS PLUVIOGRAFICOS EN EL CALCULO DE OBRAS DE DEFENSA DE SUELOS

Introducción

En el Centro Nacional de Investigaciones de Café de Chinchiná, existen datos pluviográficos de 5 años continuos. Es interesante someter esas cifras a un resumen y análisis cuidadosos para aprovechar los resultados, en forma principal, en el diseño de obras de conservación de suelos. Aspiramos tan sólo a ayudar en esta forma al mejor conocimiento del clima de una importante zona cafetera, el cual puede ser aprovechado en múltiples formas. El desarrollo de una campaña de defensa y restauración de nuestros suelos, para no citar sino la fase que más nos interesa, exige el aprovechamiento de estos conocimientos básicos en forma racional y cuidadosa.

La precipitación pluvial es, sin duda, el factor climático que ejerce mayor influencia sobre la erosión de los suelos. Ella, por una parte, determina en alto grado la clase de densidad de la cubierta vegetal que, bajo condiciones naturales, obra como barrera contra el lavado de los terrenos. Además, si omitimos la erosión eólica que en nuestras regiones cafeteras no tiene importancia, y los ocasionales deslizamientos o movimientos gravitacionales que tampoco son de magnitud, toda remoción de suelo exige la presencia de agua sobre el terreno, cuyo único origen es la lluvia. De la magnitud y distribución de ella, depende el volumen de flujo que se desliza uniformemente, causando la llamada erosión laminar o en capas, o el que, concentrándose en pequeñas depresiones da origen a las cárcavas o aumenta su tamaño. De allí que el conocimiento detallado del régimen pluviométrico de una zona sea uno de los requisitos indispensables para trabajar con bases firmes y seguras en la defensa de sus suelos.

El hecho de que sólo hayan entrado en el análisis los datos de 5 años de lluvias, le resta alguna amplitud a los cálculos y hace su aplicación más restringida; las cifras finales podrán variarse dentro de diez o quince años en una cantidad que nos atrevemos a fijar, observando las modalidades de recurrencia de las lluvias en la región, menor del 15 por ciento. De todos modos, es imposible dejar que los datos existentes, sigan reposando por tres o cuatro lustros más, sin aprovecharlos dentro de sus limitaciones, máxime cuando están tomando impulso las campañas de conservación de los suelos y se comienza a sentir en forma aguda la necesidad de contar con bases de trabajo más aproximadas a nuestras condiciones ambientales que las que brindan los tratados escritos para la zona templada.

En las tablas números 1 y 2 se dan los totales de lluvia anuales y mensuales, los promedios y la variabilidad de los datos. Esa información se resume en los gráficos 1 y 2.

La dispersión de las variantes alrededor del medio, o sea la desviación standard, describe una serie de características importantes de los datos que el simple promedio dejaría ignoradas y que deben tenerse muy en cuenta al formular conclusiones.

Sin embargo, los totales y promedios de las lluvias, junto con su variabilidad, no caracterizan suficientemente el régimen pluviométrico de una región, en especial si él se examina con relación a la erosión de los suelos y drenaje de los terrenos. Tales cifras, consideradas aisladamente, tienden más bien a enmascarar las verdaderas modalidades de ese fenómeno meteorológico, ya que son las características cuantitativas de los aguaceros individuales y no los promedios mensuales o anuales las que están relacionadas con la erosión de los suelos y las inundaciones (3). (*)

El promedio mensual de lluvias puede ser el mismo, digamos doscientos milímetros, sin que ello signifique que las dos situaciones son iguales, semejantes o siquiera parecidas y sin que, por lo tanto, se puedan usar las mismas cifras para el diseño de terrazas, canales o acequias que van a funcionar en una y otra parte. En una zona, dicha cantidad puede caer en forma de veinte lloviznas de larga duración y de diez milímetros cada una, en tanto que en la otra puede resultar de dos o tres aguaceros principales de alta intensidad. En el primer caso, el suelo lavado y la escorrentía serán mínimos, pues la capacidad de absorción del suelo no alcanzará a satisfacerse, en tanto que en el segundo, esos valores serán elevados.

Por estos motivos, la unidad lógica de trabajo en esta clase de estudios, es el aguacero y no el total diario, mensual o anual, y debe obtenerse información detallada sobre los tipos de precipitaciones individuales a través de sus características específicas de intensidad, duración y frecuencia.

La intensidad es el factor pluviométrico más importante que afecta la escorrentía y la erosión de los suelos, aunque ejerce una mayor influencia sobre el segundo fenómeno. La cantidad de suelo removido y la rapidez de crecimiento de las cárcavas, dependen en gran parte, de esa característica. Cuando es reducida, ocurren movimientos de agua dentro del suelo, en tanto que, en el caso contrario, después de haberse saturado el suelo, toda el agua corre sobre el terreno, llevando en suspensión partículas de suelo.

Neal (7) encontró que la intensidad de las lluvias y la erosión, están relacionadas geoméricamente, y llegó a expresar dicha relación, estando el suelo saturado y reduciendo las otras variedades a la unidad, por la ecuación $E = K_1(I)^{1.2}$ en la cual E es el peso en libras del suelo lavado en 1/100 de acre, K_1 una constante para una pendiente dada, e I la intensidad de las lluvias en pulgadas por hora.

La duración es el complemento de la intensidad. Su asociación determina la cantidad de agua caída. Cuando el tiempo de precipitación es muy largo, puede ocurrir escorrentía y lavado del suelo, aún a intensidades muy reducidas. Al aplicar una lluvia de intensidad uniforme al suelo, el agua se infiltra al principio, durante un tiempo más o menos largo, según sean las condiciones de saturación y la intensidad de la precipitación. Después comienza la escorrentía y va aumentando progresivamente hasta alcanzar un volumen estable (7).

La frecuencia es crítica con respecto a las condiciones de los terrenos y a

(*) Los números entre paréntesis, se refieren a la bibliografía, al final.

los riegos de una sequía. Si los intervalos entre lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo, al comenzar aquellas y aumentar las probabilidades de que se originen escorrentías aún con lluvias de baja intensidad. En el caso extremo opuesto, sufre la vegetación por falta de humedad y se reduce la protección que ésta suministra al terreno. Es necesario, pues, conocer la frecuencia de ocurrencia de las lluvias y las variaciones periódicas de intensidad, para ajustar a ellas las prácticas culturales y de conservación (4).

Finalmente, la extensión y las características del área cubierta, son también de importancia. El centro del aguacero puede ser muy pequeño y causar daños diferentes aún en regiones próximas. Si toda una vertiente mal protegida se afecta, puede, inclusive, presentarse inundaciones.

En el Muskingum Climatic Research Center, Ohio, se llevan a cabo en la actualidad trabajos con pluviógrafos situados muy próximos y la información hasta hoy obtenida ha clarificado en mucho la morfología de las precipitaciones individuales. En general, puede afirmarse que lluvias de larga duración son de baja intensidad y cubren una extensa área, en tanto que las lluvias intensas, ofrecen una condición más localizada y duran corto tiempo. Además, en tanto que la magnitud e intensidad de un aguacero guarda una relación directa con su frecuencia, promedio de ocurrencia, parece que la lluvia total anual de una región es independiente del número o magnitud de las precipitaciones fuertes que pueden ocurrir en determinado lapso y que esta cifra, lo mismo que los promedios anuales o mensuales, aunque dan una indicación válida del volumen total de escorrentía, no guarda relación con el peso de suelo erosionado, pues mucha escorrentía puede tener una intensidad menor que la crítica (1). Este amplio campo de investigación ha permanecido en Colombia hasta el presente, virgen.

Aunque en el estado actual de desarrollo de las ciencias, es imposible para el hombre mantener bajo control el fenómeno de las lluvias o modificar sus características morfológicas, sí pueden ellas estudiarse con la extensión necesaria para conocerlas a cabalidad y con esta base protegerse de sus efectos perjudiciales. En el país hay pocas estaciones pluviográficas, y ellas tienen una tradición muy corta de funcionamiento, pero el estudio de los datos existentes en la forma como adelante explicaremos, por incompletos que sean, pueden sacarse valiosas conclusiones de gran utilidad.

Método de análisis

Todos los datos existentes se dispusieron en cuadros iguales al cuadro N^o 1. Para tal objeto se usaron directamente las fajas pluviográficas, en donde quedan dibujadas las modalidades de cada aguacero. La forma de llenar dichos cuadros, es la siguiente: en la columna 1 se anota las horas en que comenzó y terminó la lluvia. En la columna 2, la precipitación total. En la columna 3, la hora en que comenzó la lluvia excesiva. En la columna 4, al cantidad de milímetros de agua caídos antes de iniciarse la precipitación excesiva. En las columnas 5 y 6, se anota lo siguiente: en la fila titulada: "Prec. obs.", los valores de la lluvia caída en el tiempo anotado en los encabezamientos (5, 10, 15, etc., minutos). En la fila titulada "incremento", los valores resultantes de restar del valor superior el inmediatamente inferior y en la fila titulada "Máx. precipitación", las cantidades máximas de lluvia que caen, en forma continua o discontinua, en el tiempo anotado en los encabezamientos. Todos estos datos se originan directamente, como antes dijimos, en las hojas de registro pluviográfico. Además, es necesario advertir que las anotaciones en las columnas de ex-

cesiva precipitación (5 y 6) comienzan al alcanzar la lluvia una intensidad de 0,5 m.m. en 5 minutos y se continúan, sin que interese que esa intensidad disminuya, hasta el final del aguacero (10).

El procedimiento se comprende mejor, examinando el cuadro en el cual se resume la lluvia caída el 15 de diciembre de 1943.

Con los datos básicos dispuestos en tal forma, se elaboró la tabla N^o 3 "Máxima precipitación, en milímetros, en el tiempo expresado en los encabezamientos"; en ella se examinan los cien mayores aguaceros (veinte para cada año) caídos en Chinchiná durante el tiempo estudiado. De allí se extrajo la información necesaria para la hechura de la Tabla N^o 4 "Mayores intensidades en milímetros por hora", en la cual sólo ingresan los 20 mayores aguaceros caídos, previa reducción de todas las cifras a la medida uniforme de milímetros por hora, lo cual exige el multiplicar las cantidades originales por 12, 6, 4, 3, etc., según el tiempo anotado en el respectivo encabezamiento. De allí se seleccionan las "cinco mayores intensidades en milímetros por hora", las cuales constituyen la tabla N^o 5. Al examinar esta tabla, se nota que a los cinco minutos ocurrió una intensidad media mayor que todas las demás ocurridas al cabo del mismo tiempo en los demás aguaceros. Esta es la intensidad con posibilidad de presentarse una vez cada cinco años, o sea de "frecuencia 5 años". Lo mismo sucede con las intensidades al cabo de diez, quince, veinte, etc., minutos. Un aguacero ideal, formado con estas intensidades máximas, es el "aguacero de frecuencia cinco años", y en él quedan comprendidas las máximas intensidades medias que se presentan una vez cada cinco años. Del mismo modo se forman los aguaceros de frecuencia 4, 3, 2 y un año, los cuales pueden expresarse gráficamente, tomando como abscisas los tiempos en minutos o en horas y como ordenadas las intensidades correspondientes en milímetros por hora. Estas son las curvas finales que pueden ser usadas con facilidad y consultarse para diseñar toda clase de obras que tengan que ver con la escorrentía (9). Nos hemos abstenido de ejecutar cualquier interpretación analítica de los datos entre otras cosas, por considerar que, como estos fenómenos naturales no están sujetos a una variación matemática, es peligroso someterlos a artificiosos cálculos que puedan llevar a generalizaciones erradas, máxime cuando se trabaja, como en este caso, con observaciones de pocos años.

Uso de los datos

Algunos autores definen la escorrentía como la diferencia entre la cantidad de lluvia y la evaporación. Esta definición, como todas las demasiado elementales y sintéticas, es algo confusa. Sería más adecuado decir que escorrentía es aquella porción de las lluvias que no absorben los estratos profundos, no utiliza la vegetación ni se pierde por evaporación y fluye hacia los ríos en forma de corriente superficial (1).

El tiempo de concentración de la escorrentía, que equivale al gastado por una partícula de agua en desplazarse desde el punto más remoto de la vertiente hasta el punto de salida, determina el instante en el cual ocurre la descarga máxima y por lo tanto la lluvia crítica para la vertiente considerada.

El tiempo de concentración varía con las características de los suelos, topografía, vegetación y forma y tamaño de la vertiente. Con estos valores críticos debe trabajarse al calcular terrazas, acequias de ladera, zanjas de desviación, zanjas de drenaje, etc., para asegurarle a las estructuras una capacidad tal que les permita desalojar las máximas cantidades de agua que pueden llegar a ellas durante el tiempo de vida que previamente se les ha calculado.

Las cantidades promedias de escorrentía no pueden usarse como base se-

gura para calcular la capacidad necesaria de un canal de drenaje o una terraza, porque la estructura fallaría y el agua se desbordaría durante los aguaceros que produjeran cantidades de escorrentía mayores que el promedio. La cantidad máxima de escorrentía para la cual tiene que diseñarse el canal, ocurre al caer lluvias de alta intensidad sobre un terreno saturado y cuando el campo está sin vegetación. De modo que estos canales se diseñan, generalmente, en forma tal que sean capaces de transportar la escorrentía de las lluvias de máxima intensidad, que pueden ocurrir durante un período de cinco años. Si se calculan para máximas intensidades en períodos más cortos, se presentan frecuentes desbordamientos que se traducen en mal funcionamiento, costosos gastos en reparaciones y aún pérdida total del trabajo ejecutado; si se calculan para las máximas intensidades que pueden ocurrir en períodos de veinte o veinticinco años, el costo es excesivo.

Naturalmente, la capacidad máxima de esos canales no se utilizará durante la mayor parte del año, cuando la escorrentía es inferior aún al mismo promedio, pero sí la estructura no es capaz de transportar las proporciones más altas de escorrentía fallará precisamente en la época en que con más urgencia se necesita para retardar la pérdida de suelo (5). Por tales motivos, es necesario trabajar con las máximas intensidades de lluvia en un tiempo igual al tiempo de concentración y para un período de cinco años, o sea con los valores que, para Chinchiná, se dan en los gráficos.

La escorrentía crítica se calcula usando la fórmula elaborada por Ramser (8) con base en gran número de datos experimentales y que puede expresarse así:

$$Q = CIA \quad (\text{f. 1.})$$

siendo la Q la cantidad crítica de escorrentía en metros cúbicos por segundo,

C el coeficiente de escorrentía o sea la relación entre las cantidades de escorrentía y lluvia.

I la intensidad de las lluvias en metros cúbicos por segundo y por hectárea, y

A el área de la vertiente en hectáreas.

Esta fórmula, al reducir la intensidad de las lluvias de metros cúbicos por segundo y por la hectárea a milímetros de lluvia por hora, queda así:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (\text{f. 2.})$$

De este modo, puede usarse directamente con los datos que hemos determinado. El mismo Ramser (8) sugirió los valores de C que se dan a continuación:

TABLA N° 6. Valores de "C" para distintas clases de vertiente

Clase de vertiente	Valor de C.
a) Ondulada (5 a 10 por ciento de pendiente)	
Con cultivo limpio	0.60
Con pasto	0.36
Con bosque	0.18
b) Montañosa (10 a 30 por ciento de pendiente)	
Con cultivo limpio	0.72
Con pastos	0.42
Con bosques	0.21

En la zona cafetera de Caldas pueden usarse valores de C. variables entre 0.40 y 0.75, de acuerdo con las condiciones de los cafetales y los otros cultivos. El café, aunque constituye un cultivo denso, siempre está sembrado en fuertes pendientes y, a pesar de la relativa permeabilidad de los suelos de esta región, es mejor trabajar con un amplio margen de seguridad. El valor mínimo (0.40) debe usarse en el cálculo de canales y terrazas para cafetales de buenas condiciones de mantenimiento y el valor máximo (0.75) para canales de desviación que vayan a servir área muy pendientes con escasa cubierta vegetal. Las circunstancias y el buen criterio del técnico fijarán el valor de C más aconsejable, dentro de estos límites, para cada caso.

Sobra decir que la experimentación es la llamada a fijar la cuantía exacta del coeficiente de escorrentía y no dudamos que muy pronto tendremos datos más valaderos que estos cálculos nuestros.

Para determinar la intensidad que debe usarse, es indispensable calcular el tiempo de concentración. El tiempo de concentración, en términos generales, puede considerarse como función directa del tamaño de la vertiente. Es un valor que, como algunos otros utilizados en este trabajo, debe determinarse en forma experimental. Sin embargo, mientras estas averiguaciones se verifican, las siguientes cifras tomadas de Ayres (2), pueden ser de gran utilidad.

TABLA Nº 7. Tiempo de concentración, de acuerdo con el tamaño de la vertiente.

Tamaño de la vertiente.—Tiempo de concentración	
(hect.)	(minutos)
0.5	1.4
1.5	3.5
2.0	3.5
4.0	4.0
8.0	4.8
15.0	8.0
20.0	12.0
40.0	17.0
80.0	23.0

Estas cifras, según advierte Ayres, representan tiempos mínimos de concentración para canales con una pendiente del 5%. Como las variables del suelo, cubierta vegetal y en parte pendiente prevaeciente, han sido tenidas en cuenta al asignarle valores al coeficiente C, los intervalos que representan los diversos tiempos de concentración se usan únicamente para seleccionar la cantidad apropiada de lluvias máximas (intensidades en un tiempo dado), para un determinado conjunto de condiciones. Naturalmente que cualquier aumento en el tiempo de concentración no sólo ofrece mejor oportunidad de absorción del agua por el terreno, sino que también reduce automáticamente la cantidad de lluvia que produce escorrentía crítica y por lo tanto reduce también la cantidad de escorrentía. Esto se ve claramente examinando las curvas de intensidades. Casi todas las prácticas de conservación de agua y suelo no persiguen otra cosa que ampliar el tiempo de concentración, creando obstáculos al libre flujo del agua, de modo que al reducirse su velocidad, demore más tiempo en llegar al desagüe.

Como no se cuenta con datos de intensidades de lluvia en tiempos menores a cinco minutos (los cuales son muy difíciles de obtener) y es muy frecuente el tener que trabajar con vertientes menores de ocho hectáreas, se ha diseñado

el gráfico 5, en el cual, sencillamente, se aumentó en un 10 por ciento el valor de la lluvia crítica en cinco minutos, por cada minuto de disminución en el tiempo de concentración. Volvemos a insistir sobre el carácter tentativo de estos valores, sujetos a ser cambiados un poco por los resultados experimentales.

Una vez determinada la escorrentía crítica, el problema se reduce a diseñar una estructura con capacidad suficiente para hacerse cargo de esa cantidad de agua. La forma de dicho canal debe ser trapezoidal (figura 1). En tal caso, si llamamos "z" a la pendiente de los lados (e/D), el área de la sección transversal será:

$$2 = D (b + zD) \quad (f. 3)$$

En la figura 1 se especifica la correspondencia de cada letra.

Si $x = D/b$, el radio hidráulico (a/p) en términos de los símbolos anteriores, puede expresarse así:

$$r = \frac{1 + zx}{1 + 2x\sqrt{1 + z^2}} \cdot D = cD \quad (f. 4)$$

En la tabla N° 8 se dan los valores de correspondientes a distintos valores de D/b y de z. Basta multiplicarlos por D para obtener el valor del radio hidráulico (6).

Para el diseño del canal, pueden usarse las fórmulas de Manning:

$$V = \frac{1.486}{n} r^{2/3} s^{1/2} \quad (f. 5)$$

$$Q = \frac{1.486}{n} ar^{2/3} s^{1/2} \quad (f. 6)$$

en las cuales:

V = velocidad media del agua en metros por segundo

r = radio hidráulico medio de metros

s = pendiente del canal en metros por metro

a = área de la sección transversal del canal en metros cuadrados

n = coeficiente cuyo valor depende de las condiciones del canal.

Los valores de "n" que mejor se adaptan a nuestras condiciones, son los siguientes: (6)

TABLA N° 9. Valores de "n" para distintas condiciones

Canales y zanjas	Condiciones de las paredes:		
	Buenas n	Regulares n	Malas n
Uniformes	0.020	0.0225	0.025
En roca, lisos y uniformes	0.030	0.033	0.035
Con lecho pedregoso, toredes de tierra en- yerbados	0.030	0.035	0.040
Corrientes naturales			
1 — Limpio, buenas condiciones	0.0275	0.030	0.033
2 — Con algo de hierba y piedra	0.033	0.035	0.040

En la tabla N° 10 se dan las potencias $2/3$ de los números de 0 a 10.0.

En la tabla N° 11 la raíz cuadrada, o sea la potencia $1/2$ de números decimales. Con ayuda de estas tablas, el cálculo de la fórmula de Manning, es fácil.

La velocidad del agua en el canal, debe estar comprendida dentro de límites seguros, para evitar erosión en las paredes. Los siguientes valores máximos, pueden considerarse seguros (2):

TABLA N° 12. Valores máximos seguros de la velocidad media:

	Velocidad media m/seg.
Arena suelta, muy fina	0.30 a 0.45
Suelo arenoso, grueso o fino	0.45 a 0.60
Suelo arenoso promedio	0.60 a 0.75
Suelo franco arenoso	0.75 a 0.85
Suelo franco, suelo aluvial, suelo volcánico	0.85 a 0.90
Suelo franco-arcilloso	0.90 a 1.10
Suelo arcilloso, pesado	1.20 a 1.50
Roca dura	3.00 a 4.50

Aplicación

Un ejemplo numérico ayudará a comprender el uso racional de las fórmulas Ramser y Nanning en conexión con los datos que ofrecemos en este estudio: Supongamos que se desee construir un canal de desviación de 100 metros de longitud para hacerse cargo de las aguas provenientes de una hectárea de terreno con 50% de pendiente y muy poca vegetación, localizada en el Quindío.

Los datos y cálculos, son los siguientes:

Tiempo de servicio para el cual va a prospectarse la obra = 5 años.

Tiempo de concentración (Tabla N° 7) = 2 minutos.

Coefficiente de escorrentía (C) (Tabla N° 6) = 0.75.

Intensidad de las lluvias con la cual debe trabajarse (Gráfico N° 5) = 175.5 milímetros por hora.

Area servida = una hectárea.

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0.75 \times 175.5 \times 1}{360}$$

= 0.365 metros cúbicos por segundo = 365 litros por segundo.

Diseño del canal

$$a) \text{ Primera tentativa } V = \frac{1.486}{n} r^{2/3} s^{1/2} \quad (f. 5)$$

Coefficiente "n" (Tabla N° 9) = 0.035.

Pendiente (s) = 0.01.

Pendiente de los lados del canal = 2 : 1.

b) (Figura 1) l = metro.

D (Figura 1) = 0.30 metros.

z (Figura 1) = 2.

Area de la sección transversal (según f. 3) = $0.30 (1 + 2 \times 0.30) = 0.48$ metros cuadrados.

D/b = 0.3.

Radio hidráulico (Tabla N° 8) = $0.683 \times 0.3 = 0.21$.

$r^{2/3}$ (Tabla N° 10) = 0.353.

$S^{1/2}$ (Tabla N° 11) = 0.1.

Velocidad (según f. 5) = 1.5 metros por segundo.

Velocidad máxima segura (Tabla N° 12) = 1.0 metros por segundo.

En este canal el agua tendría demasiada velocidad.

b) Segunda tentativa:

Pendiente (s) = 0.005.

b (Figura 1) = 1.50.

D (Figura 1) = 0.25.

z (Figura 1) = 2.

Area de la sección transversal (según f. 3) = 0.5 metros cuadrados.

$D/b = 0.17$.

Radio hidráulico (Tabla N° 8) = $0.761 \times 0.25 = 0.19$.

$r^{2/3}$ (Tabla N° 10) = 0.331.

$S^{1/2}$ (Tabla N° 11) = 0.07071.

Velocidad (según f. 5) = 0.98 metros por segundo.

Velocidad máxima segura (Tabla N° 12) = 1.0 metros por segundo.

Q (según f. 6) = 490 litros por segundo.

Este segundo canal tiene la suficiente capacidad y está dentro de los límites de seguridad requeridos. Sería, pues, el apropiado para construir en este caso.

Los canales de desviación, como el calculado anteriormente, usados en forma apropiada, son valiosos auxiliares en el manejo del agua de escorrentía y por lo tanto en la protección del suelo. Ellos, sin embargo, tienen que diseñarse específicamente para cada situación. A pesar de nuestros esfuerzos por elaborar algunas tablas de fácil consulta que simplificaran aún más su diseño, con base en los datos presentados en este estudio, no ha sido posible desarrollarlas completamente. Sin embargo, con la información suministrada y el indispensable complemento del buen criterio y la experiencia del técnico, no se presenta ninguna dificultad.

Con otras estructuras, tales como acequias de ladera y terrazas, que por estar sujetas a intervalos verticales fijos sirven áreas predeterminadas, es más sencilla la estandarización.

La acequia de ladera es sencillamente una zanja pequeña, con pendiente variable desde 0.008 hasta 0.02, en el cual fluye el agua con una velocidad menor de un metro por segundo.

El área transversal del canal y la pendiente varían de acuerdo con la superficie que va a servir y la escorrentía crítica. El área efectiva mínima del canal es de 0.010 metros cuadrados. Su construcción no se aconseja, por el momento, sino en terrenos con pendientes menor del 30%. Es conveniente combinarla en todas las ocasiones posibles con barreras vegetativas. El intervalo vertical varía, de acuerdo con la pendiente, desde 0.80 hasta 1.80 metros.

Se construye generalmente con arado y herramientas de mano, colocando la tierra removida en la parte inferior de la línea de la zanja, para que la escorrentía pueda entrar por la parte superior. Los trabajos de mantenimiento deben ser frecuentes y ejecutarse a mano.

En la figura 2 se ve la forma de acequia de ladera, para la cual son aplicables las tablas que más adelante se dan. (Tablas Nos. 13 y 14.)

Estas tablas se calcularon, con base en los siguientes datos:

a) Una lluvia crítica de 135 milímetros por hora, o sea la lluvia máxima en cinco minutos, que tiene probabilidades de caer en Chinchiná, una vez cada cinco años.

b) Un coeficiente de escorrentía de 0.70.

c) Un canal de sección transversal trapezoidal con pendiente de los lados de 1 a 1 y anchura de fondo de 30 centímetros.

Consideramos que se ha dejado un margen suficiente de seguridad para trabajar con confianza, siempre que no se traspasen los límites de longitud que para cada pendiente se dan.

Los datos que deben conocerse antes de usar las tablas, son dos: la pendiente del terreno y la longitud de la acequia que quiere construirse.

Luego se procede así:

- 1 — Divídase la longitud de la zanja por 100.
- 2 — Multiplíquese el Q correspondiente (columna 6 de la tabla 13) por el valor obtenido en la operación 1.
- 3 — Búsquese en la tabla 14 el valor de Q que más se acerque al obtenido en la operación 2.
- 4 — Léase en la misma línea horizontal la pendiente que debe tener la acequia, (s) la velocidad del agua, (V) la profundidad efectiva (D).
- 5 — Agréguese a esta profundidad efectiva 10 centímetros para encontrar la profundidad total que debe dársele a la acequia. **Ejemplo:** Se necesita construir una acequia de ladera de 270 metros de longitud en un terreno con 30% de pendiente.

¿Cuáles deben ser la pendiente y la profundidad de la acequia?

- 1 Longitud de la zanja = $\frac{270}{100} = 2.7$.
- 2 Para 30% Q = 15.0 (Tabla 13, columna 6).
 $15.6 \times 2.7 = 42.3$.
- 3 Valor de Q que más se acerca al obtenido en la operación 2 = 51.0 (Tabla 14, columna 7).
- 4 En la misma línea se lee: Pendiente (s) = 0.008 o sea 0.8 metros en 100 mts.; velocidad (v) = 0.73 metros por segundo; profundidad efectiva (D) = 0.15 metros.
- 5 Profundidad total que debe dársele a la acequia = $0.15 + 0.10 = 0.25$ mts.

T A B L A N º 1

TOTALES DE LLUVIAS MENSUALES Y ANUALES

Chinchiná — Caldas — 1942 — 1946

*M e s e s	A Ñ O S					Promedios mensuales
	1942	1943	1944	1945	1946	
Enero	33.7	258.7	146.3	134.9	176.1	149.9
Febrero	115.9	202.2	171.3	151.1	209.4	169.9
Marzo	225.8	209.7	164.3	132.1	133.6	173.1
Abril	254.9	291.1	216.5	358.7	320.1	288.3
Mayo	274.3	291.0	364.0	338.7	290.6	311.7
Junio	243.5	168.3	303.1	122.5	50.7	177.6
Julio	79.0	102.5	219.6	75.5	126.3	120.6
Agosto	110.8	140.1	139.3	169.6	25.0	116.9
Septiembre	172.0	112.4	204.6	154.9	82.8	145.3
Octubre	345.0	269.8	491.1	298.8	188.3	318.6
Noviembre	373.6	210.9	203.9	339.1	337.0	292.9
Diciembre	230.2	151.0	153.2	229.6	158.3	184.5
Totales	2458.7	2407.7	2777.2	2505.5	2098.2	

PROMEDIO DE LLUVIA ANUAL = 2449.3 milímetros.

T A B L A N° 2

VARIABILIDAD DE LAS LLUVIAS

1942 — 1946

Chinchiná - Caldas

Meses	LL. M.	O.	C. V. %	O. M.
Enero	149.9	81.0	54.0	36.1
Febrero	169.0	38.4	22.9	17.1
Marzo	173.1	43.3	25.0	19.3
Abril	288.3	56.0	19.4	25.0
Mayo	311.7	38.3	12.4	17.1
Junio	177.6	99.7	56.1	44.5
Julio	120.6	59.2	49.1	26.4
Agosto	116.9	55.5	47.5	24.8
Septiembre	145.3	48.3	33.1	21.5
Octubre	318.6	112.0	35.4	50.0
Noviembre	292.9	79.5	27.1	35.5
Diciembre	184.5	41.4	22.4	18.5

LL. M. = Lluvia promedio en milímetros.

O. = Desviación standard.

C. V. = Coeficiente de variación.

O. M. = Error standard.

"MAXIMA PRECIPITACION EN MILIMETROS, EN EL TIEMPO EXPRESADO EN LOS ENCABEZAMIENTOS"

N.º de Orden	Fecha	TIEMPO EN MINUTOS												H O R A S						
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24	
1 9 4 2																				
1	Enero	27	5.2	9.9	11.7	12.5	12.7	12.8												
2	Febrero	16	8.0	12.5	16.5	18.5	20.0	21.0	21.7	22.2	22.7	23.6								
3	Marzo	21	1.0	20.8	29.5	34.5	36.4	37.9	39.2	40.4	41.4	42.2	42.6	44.4	45.0	46.2				
4	"	9	8.0	14.0	18.0	21.5	23.5	25.2	26.3	26.9	22.1	27.3	27.5	31.5	35.0	38.2				
5	Abril	10	7.0	11.0	14.5	16.5	18.0	19.3	20.4	21.4	21.6	21.8	22.1	22.6	22.9	23.0				
6	"	22	5.0	9.6	11.6	13.6	15.1	16.2	17.3	18.3	19.3	19.7	21.0	22.3	22.7	23.6	24.2			
7	"	23	8.0	13.0	17.0	20.5	23.5	24.7	25.7	26.2	26.6	26.9	27.5	28.2	28.7					
8	Mayo	10	5.2	10.4	15.3	16.9	18.1	19.0	19.6	20.0	20.1	20.2	20.7							
9	"	17	7.2	12.2	15.0	17.5	18.7	19.6	20.2	20.6	20.7	20.8								
10	"	30	5.0	8.5	11.4	14.1	16.6	19.1	21.1	22.4	23.5	24.6	25.9	27.0	27.5	27.7	28.3	29.5		
11	Junio	4	7.0	12.0	15.1	17.8	20.3	22.0	24.0	25.6	27.2	27.7	28.4	28.9	30.9	32.9	36.9	44.9	50.9	64.9
12	"	20	5.1	9.6	13.6	17.1	20.6	22.8	24.3	25.0	25.5	25.8	26.3	26.8	27.8	28.8	31.8	40.8	43.1	43.3
13	"	21	7.0	13.0	17.2	20.2	23.2	26.2	28.4	29.9	30.8	31.3	31.9	38.0	41.5	44.9				
14	Octubre	7	8.8	15.1	19.9	24.2	28.2	32.0	35.0	37.8	39.1	40.3	42.6	46.9	48.9	50.5	52.2	52.2	56.4	
15	"	19	5.0	10.0	15.0	20.0	24.0	27.0	28.4	29.6	30.4	31.0	31.2	32.4	33.5	34.0	37.0			
16	"	24	6.5	11.7	14.9	17.7	20.0	20.3	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.8	20.8			
17	"	30	6.0	9.0	11.5	13.2	14.8	16.3	17.7	19.0	20.3	21.3	23.0	25.5	27.5	29.0	32.4	38.4		
18	Nov.	26	3.5	6.7	9.2	11.0	12.7	13.7	14.0	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	15.0	15.2		
19	"	29	3.0	6.0	8.5	10.9	12.6	14.3	15.8	17.3	18.6	19.6	22.3	24.4	25.6	25.8				
20	Dic.	24	5.4	10.4	12.0	12.4	12.6	12.7	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7	14.1	14.5	14.9	15.4	18.0		

Tabla Nº 3. (Continuación)

"MAXIMA PRECIPITACION EN MILIMETROS, EN EL TIEMPO EXPRESADO EN LOS ENCABEZAMIENTOS"

Nº de Orden	Fecha	TIEMPO EN MINUTOS												H O R A S						
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24	
1 9 4 3																				
21	Enero	10	7.0	14.0	19.5	24.7	29.7	31.8	32.9	33.5	33.8	34.1	35.4	37.6	39.5	40.6	48.2			
22	"	24	8.2	14.2	18.5	22.5	26.0	29.1	32.1	34.4	36.5	38.0	40.2	42.9	44.4	44.9	46.3	48.0	48.2	49.6
23	Febrero	21	5.0	10.0	14.0	18.0	21.0	23.8	26.0	28.1	30.1	30.3	30.5	30.7	31.1	31.2				
24	Marzo	20	3.0	5.7	8.4	11.1	13.7	16.2	18.7	21.2	23.7	26.1	30.8	36.0	37.4	37.9				
25	"	25	6.3	11.3	15.3	18.5	21.0	22.0	22.4	22.6	22.7	22.8	22.9	23.1	23.3	23.5	24.5	32.3		
26	Abril	2	3.7	5.2	8.7	10.2	11.9	12.7	13.3	15.9	14.5	15.1	16.0	17.2	18.4	19.4	20.2	21.2		
27	"	8	7.2	13.8	17.3	19.6	21.1	21.6	22.1	22.3	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.2			
28	"	14	9.5	13.3	16.9	20.5	24.1	27.6	30.6	32.1	33.5	34.5	35.8	37.4	38.8	39.5	39.7	44.0		
29	"	23	3.6	6.6	9.5	12.0	14.8	15.7	16.1	16.4	16.7	16.9	17.1	17.3	17.5	17.7	18.5	20.0	23.6	23.8
30	Mayo	3	4.0	7.8	9.8	11.6	13.3	14.8	16.3	17.6	18.8	19.4	20.0	25.6	29.4	33.1	35.3	45.3		
31	"	4	5.2	9.7	14.1	17.1	19.9	22.4	24.4	25.8	26.7	27.2	28.4	29.0	29.2	29.3	35.4	52.4		
32	"	16	7.7	12.4	13.7	14.2	14.6	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6	15.8	16.2	16.5	16.8	18.0	20.9	29.4	
33	Julio	3	8.0	14.0	18.0	21.8	24.8	27.5	29.3	31.1	32.9	34.7	36.8	41.5	44.3	46.6	55.1			
34	Agosto	21	5.0	9.0	12.2	14.7	16.7	17.8	18.8	19.2	19.3	19.4	19.5	19.7	19.9	20.1	20.7			
35	Sept.	29	3.5	6.5	8.5	9.5	10.4	11.2	11.8	12.4	12.9	13.1	14.3	15.8	16.5	17.0	23.6	25.6		
36	Octubre	22	5.5	10.8	14.5	17.8	20.8	23.3	25.7	27.9	28.9	29.5	33.0	41.3	43.5	44.8	46.0			
37	"	25	6.2	11.2	15.2	19.2	22.2	25.2	26.1	26.2	26.2	26.2	26.2	31.7	32.0					
38	Nov.	4	7.3	12.3	16.6	20.4	22.1	22.7	22.9	23.1	23.5	23.6	23.7	23.9						
39	"	12	6.8	13.0	18.3	21.6	24.6	27.2	29.7	30.3	30.6	30.7	30.9	31.4	31.8	32.1	35.1	40.7		
40	Dic.	15	5.2	10.2	13.7	17.1	19.8	22.4	24.6	25.6	26.6	27.6	28.7	29.0						

Tabla N° 3. (Continuación)

"MAXIMA PRECIPITACION EN MILIMETROS, EN EL TIEMPO EXPRESADO EN LOS ENCABEZAMIENTOS"

N° de Orden	Fecha	TIEMPO EN MINUTOS												H O R A S						
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24	
1 9 4 4																				
41	Febrero	10	9.2	15.7	20.7	25.1	25.4	25.7	26.0	26.2	26.4	26.6	26.9	27.0	31.2	35.4	43.0	47.1		
42	Abril	22	7.2	10.7	13.7	16.2	18.5	20.7	22.1	23.2	24.2	25.2	26.1	28.9	30.7	32.1	39.2	48.2		
43	Mayo	4	7.0	12.5	16.8	20.8	23.8	26.3	29.5	31.7	32.8	34.6	35.5	39.8	42.7	44.8	46.1	47.9	53.9	59.7
44	"	5	6.7	13.2	19.2	25.0	30.0	34.7	38.7	41.7	43.7	45.7	46.7	49.4	51.1	52.3	55.3	57.1		
45	Junio	17	9.5	15.2	20.7	25.7	30.1	34.1	37.4	40.4	41.6	42.8	44.3	46.8	46.9	47.0	47.1	48.8		
46	"	21	9.5	13.0	16.3	18.8	21.3	22.7	23.7	24.2	24.7	25.1	25.5	25.9	27.2	28.4	28.7	35.8		
47	Julio	14	5.8	11.3	14.0	14.3	14.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9	16.4	16.8	19.8	97.2		
48	"	15	7.0	14.0	21.0	28.0	34.2	39.7	44.7	48.9	53.0	57.0	64.2	74.0	83.8	91.2	97.2			
49	"	25	8.0	13.8	18.4	22.0	24.5	26.6	27.9	29.2	29.7	29.8	30.0	30.2	30.4	31.2				
50	Agosto	8	5.5	10.0	13.2	16.2	18.7	20.2	21.5	21.7	21.9	22.1	22.5	23.0	23.5	24.0	26.0	29.0	31.5	
51	Sept.	11	5.4	9.1	12.5	14.2	15.8	17.3	18.4	19.4	20.0	22.2	20.3	21.5	22.1					
52	"	24	6.4	10.1	13.8	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6	15.8	16.0	16.4	16.8	17.2	20.0				
53	Octubre	4	6.4	11.4	15.8	19.8	23.8	27.3	29.3	31.3	32.3	32.8	33.3	34.5						
54	"	6	5.2	9.3	12.6	15.6	17.6	19.2	19.8	20.4	21.0	21.5	21.5	21.5	21.5					
55	"	9	8.4	9.6	10.6	11.4	12.1	12.8	13.1	13.4	13.6	13.8	14.0							
56	"	11	11.2	18.4	23.4	27.1	28.6	29.4	30.0	30.4	30.6	30.8	31.0	31.3	31.6	31.9	32.5	33.0	40.0	55.9
57	"	15	5.5	9.7	13.3	16.3	19.3	21.8	24.3	25.8	26.8	27.8	28.8	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.8
58	"	20	5.5	8.5	11.5	13.8	16.3	18.8	20.8	22.8	24.8	26.8	30.8	37.0	38.9	40.8	42.9	44.7		
59	Nvbre.	11	6.5	11.9	15.4	18.9	22.3	24.8	26.8	28.3	29.8	30.5	30.8	31.3	31.7	32.1	33.4	33.4		
60	"	17	4.5	7.0	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.0	20.0	21.0	23.0	24.1	24.5	24.9	25.1			

Tabla N° 3. (Continuación)
 "MAXIMA PRECIPITACION EN MILIMETROS, EN EL TIEMPO EXPRESADO EN LOS ENCABEZAMIENTOS"

N° de Orden	Fecha	TIEMPO EN MINUTOS												H O R A S					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24
1 9 4 5																			
61	Enero	7	4.0	7.5	11.0	14.2	17.4	19.4	20.9	21.8	22.7	23.6	25.0	26.4	27.2	27.5	30.2		
62	"	8	4.4	8.4	11.4	14.0	16.6	19.0	21.4	23.8	26.2	28.5	31.9	35.1	38.2	39.7	41.9		
63	Febrero	4	7.2	12.2	16.2	19.4	22.4	25.4	28.4	30.4	31.7	32.8	33.8	33.8	33.3	43.8	44.3		
64	"	23	5.7	10.7	15.4	19.6	23.5	26.5	29.0	31.3	32.8	33.8	38.5	38.2	39.3	39.9	40.4		
65	Abril	29	4.5	9.0	13.4	17.1	20.4	23.7	27.0	29.5	32.0	34.0	38.8	47.0	47.8	48.2	51.7	58.4	
66	Mayo	2	2.2	4.3	6.3	8.1	9.9	11.6	13.3	15.0	16.7	18.2	20.9	24.9	26.6				
67	Junio	15	5.8	10.6	15.3	19.3	22.3	25.0	27.6	30.2	32.8	35.3	38.3	43.4	44.8				
68	Julio	18	6.5	10.0	13.0	15.0	16.6	18.1	19.4	20.4	20.9	21.1							
69	Agosto	2	7.3	12.1	14.9	17.7	20.4	21.5	22.5	23.1	23.6	23.9	24.2	24.4	24.6				
70	"	14	4.5	8.5	12.5	15.8	18.4	20.8	22.4	23.8	25.1	26.3	27.8	32.3	37.8				
71	Sep.	27	4.0	7.8	11.5	14.0	15.5	17.0	18.5	20.0	21.5	22.5	24.1	27.7	35.0	38.7	50.2	51.5	
72	Octubre	3	3.0	5.5	8.0	10.0	11.4	12.4	13.4	14.3	15.1	15.9	16.9	20.0	21.3	22.1			
73	"	9	4.0	7.0	10.0	12.4	14.7	16.7	18.7	20.0	21.1	22.2	23.4	24.3	24.7	24.9			
74	"	13	6.2	12.2	15.7	19.2	21.2	23.2	24.6	25.6	26.6	27.1	27.2	29.2	30.7	31.2	33.2		
75	"	22	4.0	8.0	11.5	16.0	18.0	20.5	22.0	23.5	24.6	25.1	25.8	27.1	27.3	27.4	31.2		
76	Novbre.	3	5.0	9.5	14.0	17.7	20.0	21.5	22.8	23.7	24.0	24.2	24.4	24.6					
77	"	7	4.0	7.8	11.6	15.1	18.1	20.5	22.1	23.6	24.6	25.2	26.3	26.4					
78	"	23	8.0	15.1	15.8	21.8	23.6	25.3	26.0	26.6	27.0	27.4	28.1	28.8	29.1	29.4			
79	"	25	8.5	15.0	18.1	19.6	21.0	22.3	23.4	24.4	25.4	25.7	26.3	26.9					
80	Dbre.	31	4.7	7.7	10.4	12.9	15.1	17.1	18.7	20.0	21.0	21.6	23.9	27.9	31.6	32.6	36.9	43.4	

Tabla N° 3. (Continuación)

"MAXIMA PRECIPITACION EN MILIMETROS, EN EL TIEMPO EXPRESADO EN LOS ENCABEZAMIENTOS"

N° de Orden	Fecha	TIEMPO EN MINUTOS												H O R A S						
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24	
1 9 4 6																				
81	Enero	3	5.0	9.7	14.4	18.9	22.4	25.7	27.9	29.3	30.2	31.0	31.9	44.7	47.5	49.5	52.3	53.0		
82	"	19	4.8	9.3	12.8	15.3	17.0	18.5	19.7	20.9	22.0	22.9	24.4	25.3	26.1	26.7	32.0	36.4		
83	Febrero	2	4.7	8.7	11.2	13.2	15.1	16.8	18.0	18.4	18.5	18.6	18.8	28.6	31.1	31.9	32.1			
84	"	14	9.1	16.3	20.8	24.3	26.5	28.2	29.7	31.2	32.2	33.1	33.8	38.1	39.1	39.8	44.0	55.8		
85	Marzo	18	3.5	6.8	9.8	11.8	13.6	15.4	16.4	17.1	17.5	17.8	20.9	22.7	24.1	25.3				
86	"	21	4.5	7.7	9.0	10.0	11.0	12.0	12.9	13.5	14.1	14.4	16.4	17.3	17.5	17.5				
87	Abril	2	5.5	9.0	12.5	15.2	17.2	19.2	20.7	22.0	22.8	23.6	24.2	24.6	26.7					
88	"	5	5.2	7.6	9.1	10.6	12.0	13.0	14.0	14.8	15.4	15.7	16.0							
89	"	13	4.6	8.6	11.6	14.1	16.6	18.6	20.1	21.6	22.6	23.1	24.1	25.1	26.2	27.4				
90	"	24	6.2	11.2	15.1	17.6	19.0	20.3	21.4	22.1	22.5	24.5	26.5	29.0	32.0					
91	Mayo	12	6.0	10.5	13.9	16.9	19.6	21.9	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0	24.1	24.2	24.3	30.3	37.7	40.6	
92	"	19	5.8	9.3	12.3	14.4	15.9	16.9	17.8	18.0										
93	"	20	7.2	13.4	18.8	23.8	28.8	32.5	36.2	39.0	41.5	44.0	47.2	48.7						
94	Julio	19	7.3	7.9	8.0	8.1														
95	"	23	7.3	13.3	19.2	24.8	29.3	33.8	37.4	39.4	41.4	43.4	47.2	52.0	52.5	52.6	52.8			
96	Sept.	25	4.6	8.5	12.5	16.5	20.2	23.9	26.8	28.3	29.3	29.8	32.7	35.8						
97	Octubre	2	4.5	8.0	10.5	13.0	15.0	16.5	17.6	18.6	19.1	19.5	21.2	21.5	21.7	21.9	22.1	23.0	36.9	
98	"	22	5.3	9.1	12.1	14.4	16.6	18.6	20.5	22.3	23.8	24.8	25.6	26.9	28.4	29.0	29.5			
99	Nov.	28	5.0	9.0	12.5	15.5	18.0	20.4	22.7	24.9	26.9	28.8	31.6	34.7	35.5	36.1	56.4	56.8		
100	Dicb.	19	7.7	13.2	18.4	23.4	28.1	32.2	34.6	36.8	39.0	41.1	45.1	48.7	50.2	51.5				

"MAYORES INTENSIDADES EN MILIMETROS POR HORA"

N.º de Orden	TIEMPO EN MINUTOS										H O R A S							
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24
1	132.0	125.0	116.0	103.2	87.4	75.8	67.2	60.5	55.3	50.6	42.6	35.2	29.3	25.3	17.4	8.7	4.35	2.70
2	106.0	90.0	79.7	72.7	67.6	64.0	60.0	56.7	52.1	48.4	42.6	33.3	27.0	22.6	15.4	7.7	3.84	2.45
3	96.0	84.0	72.0	64.5	57.6	54.0	48.6	45.0	41.0	37.6	31.9	28.5	24.9	22.5	12.7	6.4	3.72	2.35
4	96.0	78.0	69.0	61.5	56.5	52.4	48.6	44.4	40.5	37.2	31.2	24.3	21.0	18.0	10.8	6.4	3.60	2.08
5	114.0	85.1	78.0	74.0	71.2	68.6	56.4	51.5	48.6	45.6	40.2	32.2	26.6	23.3	18.4	9.2	4.59	2.70
6	99.0	84.0	74.0	67.4	62.5	58.2	55.0	50.2	45.0	41.6	36.8	31.2	26.5	22.5	16.1	8.7	4.37	2.60
7	96.0	84.0	73.1	65.5	59.5	55.2	52.5	48.0	44.6	41.4	35.8	31.0	26.1	22.4	15.4	8.0	4.01	2.20
8	86.0	82.7	72.0	64.9	59.1	55.0	50.9	46.5	43.8	40.9	35.4	28.2	23.7	20.3	15.3	7.7	4.01	2.06
9	135.0	110.1	93.6	84.0	82.0	79.4	76.6	73.4	70.7	68.5	64.2	55.5	50.2	45.6	32.4	16.2	8.10	4.60
10	114.0	94.2	84.0	81.2	72.2	69.4	66.4	62.5	58.4	54.9	46.7	37.1	33.0	26.2	18.4	9.5	4.75	2.80
11	114.0	91.2	83.0	77.0	72.0	68.2	64.1	60.5	55.5	51.4	44.3	35.2	29.7	22.4	14.3	8.1	4.50	2.70
12	111.0	84.0	83.0	75.1	68.6	57.2	51.5	47.5	43.9	41.5	35.5	29.8	23.3	20.4	14.3	8.0	4.07	2.50
13	116.0	90.5	79.0	72.1	61.0	53.0	49.7	47.0	43.7	42.4	38.8	35.2	26.7	24.1	17.2	9.7	4.85	2.47
14	101.0	90.0	75.4	65.5	56.6	50.8	48.6	45.6	43.7	40.8	38.3	32.6	26.8	21.9	14.7	7.5	3.74	2.14
15	100.0	88.2	72.5	58.7	55.9	50.6	47.4	45.3	42.7	40.5	35.5	29.5	26.0	19.9	13.9	7.4	3.70	1.87
16	96.0	73.1	64.9	58.7	53.7	50.0	46.4	44.3	42.7	39.4	33.8	28.6	23.6	19.8	13.4	6.9	3.50	1.80
17	110.0	97.7	83.2	74.5	70.4	66.6	64.1	59.1	55.3	52.8	47.2	39.0	31.4	26.2	18.8	9.5	4.74	2.40
18	92.6	80.5	76.8	72.9	69.1	64.0	62.0	58.5	55.2	52.0	47.2	36.8	30.1	25.7	17.6	9.3	4.65	2.40
19	87.0	79.9	75.2	71.5	67.5	64.4	59.2	55.1	52.0	49.2	45.1	36.5	28.4	24.7	17.4	8.8	4.40	2.40
20	87.0	79.2	73.6	56.8	63.5	51.4	51.0	46.8	42.9	39.7	33.8	33.6	23.8	19.8	13.7	8.8	4.38	2.37

"CINCO MAYORES INTENSIDADES EN MILIMETROS POR HORA"

(Orden decreciente)

N.º de Orden	TIEMPO EN MINUTOS										H O R A S							
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	3	6	12	24
1	135.0	125.0	116.0	103.2	87.4	79.4	76.6	73.4	70.7	68.5	64.2	55.5	50.2	45.6	32.4	16.2	8.10	4.60
2	132.0	110.1	93.6	84.0	82.0	75.8	67.2	62.5	58.4	54.9	47.2	39.0	33.0	26.2	18.8	9.7	4.85	2.87
3	116.0	97.7	84.0	81.2	72.2	69.4	66.4	62.0	55.5	52.8	47.2	37.1	31.4	26.2	18.4	9.5	4.75	2.70
4	114.0	94.2	83.2	77.0	72.0	68.2	64.1	60.0	55.3	52.0	46.7	36.6	30.1	25.7	18.4	9.5	4.74	2.70
5	114.0	90.5	63.0	75.1	71.7	66.6	64.1	59.2	55.3	51.4	45.1	36.5	29.3	25.3	17.6	9.3	4.59	2.70

PARA DETERMINAR EL RADIO HIDRAULICO, r, DE CANALES TRAPEZOIDALES CON PENDIENTES DE LOS LADOS VARIABLES (6)

Siendo: $\frac{\text{Profundidad del agua}}{\text{anchura del fondo del canal}} = \frac{D}{b}$ y c = valor tabulado

$$r = cD$$

D — b	Pendientes de los lados del canal, relación de horizontal a vertical			
	1—1	2—1	3—1	4—1
.00	1.000	1.000	1.000	1.000
.01	.982	.976	.969	.961
.02	.965	.955	.941	.927
.03	.949	.935	.916	.898
.04	.934	.916	.894	.872
.05	.920	.899	.874	.850
.06	.906	.883	.856	.830
.07	.893	.868	.839	.812
.08	.881	.854	.823	.795
.09	.869	.841	.809	.781
.10	.858	.829	.797	.767
.11	.847	.818	.784	.755
.12	.836	.807	.773	.744
.13	.826	.797	.763	.734
.14	.817	.787	.753	.724
.15	.807	.778	.744	.715
.16	.799	.769	.736	.707
.17	.790	.761	.728	.700
.18	.782	.753	.720	.693
.19	.774	.746	.713	.686
.20	.766	.739	.706	.679
.21	.759	.732	.700	.674
.22	.752	.726	.694	.668
.23	.745	.720	.688	.663
.24	.739	.714	.683	.658
.25	.732	.708	.678	.653
.26	.726	.703	.673	.649
.27	.720	.698	.668	.645
.28	.714	.693	.664	.641
.29	.709	.688	.660	.637
.30	.703	.683	.656	.633
.31	.698	.679	.652	.630
.32	.693	.675	.648	.627
.33	.688	.671	.645	.624
.34	.683	.667	.641	.621

Tabla N° 8 (Continuación)

D	Pendientes de los lados del canal, relación de horizontal a vertical			
	b	1—1	2—1	3—1
.35	.678	.663	.638	.618
.36	.674	.659	.635	.615
.37	.669	.655	.632	.612
.38	.665	.652	.629	.610
.39	.661	.649	.626	.607
.40	.657	.645	.623	.605
.41	.653	.642	.621	.603
.42	.649	.639	.618	.600
.43	.645	.636	.616	.598
.44	.641	.633	.613	.596
.45	.638	.631	.611	.594
.46	.635	.628	.609	.592
.47	.631	.625	.607	.591
.48	.628	.623	.605	.589
.49	.625	.620	.603	.587
.50	.621	.618	.601	.586
.51	.618	.616	.599	.584
.52	.615	.613	.597	.583
.53	.612	.611	.595	.581
.54	.610	.609	.594	.580
.55	.607	.607	.592	.578
.56	.604	.605	.590	.577
.57	.601	.603	.589	.576
.58	.598	.601	.587	.574
.59	.595	.599	.586	.573
.60	.593	.597	.584	.572
.61	.591	.596	.583	.571
.62	.588	.594	.581	.569
.63	.586	.592	.580	.568
.64	.584	.590	.579	.567
.65	.581	.589	.577	.566
.66	.579	.587	.576	.565
.67	.577	.586	.575	.564
.68	.575	.584	.574	.563
.69	.573	.583	.573	.562
.70	.571	.581	.571	.561
.71	.569	.580	.570	.560
.72	.567	.578	.569	.559
.73	.565	.577	.568	.558
.74	.563	.576	.567	.558
.75	.561	.574	.566	.557
.76	.559	.573	.565	.556
.77	.557	.572	.564	.555
.78	.555	.570	.563	.554
.79	.554	.569	.562	.554

Tabla N° 8 (Continuación)

D	Pendientes de los lados del canal, relación de horizontal a vertical			
	b	1—1	2—1	3—1
.80	.552	.568	.561	.553
.81	.550	.567	.560	.552
.82	.548	.566	.559	.551
.83	.547	.565	.558	.551
.84	.545	.563	.558	.550
.85	.544	.562	.557	.549
.86	.542	.561	.556	.549
.87	.540	.560	.555	.548
.88	.539	.559	.554	.547
.89	.537	.558	.554	.547
.90	.536	.557	.553	.546
.91	.534	.556	.552	.546
.92	.533	.555	.551	.545
.93	.532	.554	.551	.544
.94	.530	.553	.550	.544
.95	.529	.553	.549	.543
.96	.528	.552	.549	.543
.97	.526	.551	.548	.542
.98	.525	.550	.547	.542
.99	.524	.549	.547	.541
1.00	.522	.548	.546	.541

T A B L A N° 10

POTENCIA DE DOS TERCIOS ($\frac{2}{3}$) DE LOS NUMEROS

Número	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.000	.046	.074	.097	.117	.136	.153	.170	.186	.201
.1	.215	.229	.243	.256	.269	.282	.295	.307	.319	.331
.2	.342	.353	.364	.375	.386	.397	.407	.418	.428	.438
.3	.448	.458	.468	.477	.487	.497	.506	.515	.525	.534
.4	.543	.552	.561	.570	.578	.587	.596	.604	.613	.622
.5	.630	.638	.647	.655	.663	.671	.679	.687	.695	.703
.6	.711	.719	.727	.735	.743	.750	.758	.765	.773	.781
.7	.788	.796	.803	.811	.818	.825	.832	.840	.847	.855
.8	.862	.869	.876	.883	.890	.897	.904	.911	.918	.925
.9	.932	.939	.946	.953	.960	.966	.973	.980	.987	.993
1.0	1.000	1.007	1.013	1.020	1.027	1.033	1.040	1.046	1.053	1.059
1.1	1.065	1.072	1.078	1.085	1.091	1.097	1.104	1.110	1.117	1.123
1.2	1.129	1.136	1.142	1.148	1.154	1.160	1.167	1.173	1.179	1.185
1.3	1.191	1.197	1.203	1.209	1.215	1.221	1.227	1.233	1.239	1.245
1.4	1.251	1.257	1.263	1.269	1.275	1.281	1.287	1.293	1.299	1.305

Número	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
1.5	1.310	1.316	1.322	1.328	1.334	1.339	1.345	1.351	1.357	1.362
1.6	1.368	1.374	1.379	1.385	1.391	1.396	1.402	1.408	1.413	1.419
1.7	1.424	1.430	1.436	1.441	1.447	1.452	1.458	1.463	1.469	1.474
1.8	1.480	1.485	1.491	1.496	1.502	1.507	1.513	1.518	1.523	1.529
1.9	1.534	1.539	1.545	1.550	1.556	1.561	1.566	1.571	1.577	1.582
2.0	1.587	1.593	1.598	1.603	1.608	1.613	1.619	1.624	1.629	1.634
2.1	1.639	1.645	1.650	1.655	1.660	1.665	1.671	1.676	1.681	1.686
2.2	1.691	1.697	1.702	1.707	1.712	1.717	1.722	1.727	1.732	1.737
2.3	1.742	1.747	1.752	1.757	1.762	1.767	1.772	1.777	1.782	1.787
2.4	1.792	1.797	1.802	1.807	1.812	1.817	1.822	1.827	1.832	1.837
2.5	1.842	1.847	1.852	1.857	1.862	1.867	1.871	1.876	1.881	1.886
2.6	1.891	1.896	1.900	1.905	1.910	1.915	1.920	1.925	1.929	1.934
2.7	1.939	1.944	1.949	1.953	1.958	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982
2.8	1.987	1.992	1.996	2.001	2.006	2.010	2.015	2.020	2.024	2.029
2.9	2.034	2.038	2.043	2.048	2.052	2.057	2.062	2.066	2.071	2.075
3.0	2.080	2.085	2.089	2.094	2.099	2.103	2.108	2.112	2.117	2.122
3.1	2.126	2.131	2.135	2.140	2.144	2.149	2.153	2.158	2.163	2.167
3.2	2.172	2.176	2.180	2.185	2.190	2.194	2.199	2.203	2.208	2.212
3.3	2.217	2.221	2.226	2.230	2.234	2.239	2.243	2.248	2.252	2.257
3.4	2.261	2.265	2.270	2.274	2.279	2.283	2.288	2.292	2.296	2.301
3.5	2.305	2.310	2.314	2.318	2.323	2.327	2.331	2.336	2.340	2.345
3.6	2.349	2.353	2.358	2.362	2.366	2.371	2.375	2.379	2.384	2.388
3.7	2.392	2.397	2.401	2.405	2.409	2.414	2.418	2.422	2.427	2.431
3.8	2.435	2.439	2.444	2.448	2.452	2.457	2.461	2.465	2.469	2.474
3.9	2.478	2.482	2.486	2.490	2.495	2.499	2.503	2.507	2.511	2.516
4.0	2.520	2.524	2.528	2.532	2.537	2.541	2.545	2.549	2.553	2.558
4.1	2.562	2.566	2.570	2.574	2.579	2.583	2.587	2.591	2.595	2.599
4.2	2.603	2.607	2.611	2.616	2.620	2.624	2.628	2.632	2.636	2.640
4.3	2.644	2.648	2.653	2.657	2.661	2.665	2.669	2.673	2.677	2.681
4.4	2.685	2.689	2.693	2.698	2.702	2.706	2.710	2.714	2.718	2.722
4.5	2.726	2.730	2.734	2.738	2.742	2.746	2.750	2.754	2.758	2.762
4.6	2.766	2.770	2.774	2.778	2.782	2.786	2.790	2.794	2.798	2.802
4.7	2.806	2.810	2.814	2.818	2.822	2.826	2.830	2.834	2.838	2.842
4.8	2.846	2.850	2.854	2.858	2.862	2.865	2.869	2.873	2.877	2.881
4.9	2.885	2.889	2.893	2.897	2.901	2.904	2.908	2.912	2.916	2.920
5.0	2.924	2.928	2.932	2.936	2.940	2.944	2.947	2.951	2.955	2.959
5.1	2.963	2.967	2.971	2.975	2.979	2.982	2.986	2.990	2.994	2.998
5.2	3.001	3.005	3.009	3.013	3.017	3.021	3.024	3.028	3.032	3.036
5.3	3.040	3.044	3.047	3.051	3.055	3.059	3.063	3.067	3.070	3.074
5.4	3.076	3.082	3.086	3.089	3.093	3.097	3.101	3.105	3.108	3.112
5.5	3.116	3.120	3.123	3.127	3.131	3.135	3.138	3.142	3.146	3.150
5.6	3.154	3.157	3.161	3.165	3.169	3.172	3.176	3.180	3.184	3.187
5.7	3.191	3.195	3.198	3.202	3.206	3.210	3.213	3.217	3.221	3.224
5.8	3.228	3.232	3.236	3.239	3.243	3.247	3.250	3.254	3.258	3.261
5.9	3.265	3.269	3.273	3.276	3.280	3.284	3.287	3.291	3.295	3.298

Número	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
6.0	3.302	3.306	3.309	3.313	3.317	3.320	3.324	3.328	3.331	3.335
6.1	3.339	3.342	3.346	3.350	3.353	3.357	3.360	3.364	3.368	3.371
6.2	3.375	3.379	3.382	3.386	3.389	3.393	3.397	3.400	3.404	3.408
6.3	3.411	3.415	3.418	3.422	3.426	3.429	3.433	3.436	3.440	3.444
6.4	3.447	3.451	3.454	3.458	3.461	3.465	3.469	3.472	3.476	3.479
6.5	3.483	3.486	3.490	3.494	3.497	3.501	3.504	3.508	3.511	3.515
6.6	3.519	3.522	3.526	3.529	3.533	3.536	3.540	3.543	3.547	3.550
6.7	3.554	3.558	3.561	3.565	3.568	3.572	3.575	3.579	3.582	3.586
6.8	3.589	3.593	3.596	3.600	3.603	3.607	3.610	3.614	3.617	3.621
6.9	3.624	3.628	3.631	3.635	3.638	3.642	3.645	3.649	3.652	3.656
7.0	3.659	3.663	3.666	3.670	3.673	3.677	3.680	3.684	3.687	3.691
7.1	3.694	3.698	3.701	3.705	3.708	3.712	3.715	3.718	3.722	3.725
7.2	3.729	3.732	3.736	3.739	3.742	3.746	3.749	3.753	3.756	3.760
7.3	3.763	3.767	3.770	3.773	3.777	3.780	3.784	3.787	3.791	3.794
7.4	3.797	3.801	3.804	3.808	3.811	3.814	3.818	3.821	3.825	3.828
7.5	3.832	3.835	3.838	3.842	3.845	3.849	3.852	3.855	3.859	3.862
7.6	3.866	3.869	3.872	3.876	3.879	3.883	3.886	3.889	3.893	3.896
7.7	3.899	3.903	3.906	3.910	3.913	3.916	3.920	3.923	3.926	3.930
7.8	3.933	3.937	3.940	3.943	3.947	3.950	3.953	3.957	3.960	3.963
7.9	3.967	3.970	3.973	3.977	3.980	3.983	3.987	3.990	3.993	3.997
8.0	4.000	4.003	4.007	4.010	4.013	4.017	4.020	4.023	4.027	4.030
8.1	4.033	4.037	4.040	4.043	4.047	4.050	4.053	4.057	4.060	4.063
8.2	4.066	4.070	4.073	4.076	4.080	4.083	4.086	4.090	4.093	4.096
8.3	4.099	4.103	4.106	4.109	4.113	4.116	4.119	4.122	4.126	4.129
8.4	4.132	4.136	4.139	4.142	4.145	4.149	4.152	4.155	4.159	4.162
8.5	4.165	4.168	4.172	4.175	4.178	4.181	4.185	4.188	4.191	4.194
8.6	4.198	4.201	4.204	4.207	4.211	4.214	4.217	4.220	4.224	4.227
8.7	4.230	4.233	4.237	4.240	4.243	4.246	4.249	4.253	4.256	4.259
8.8	4.262	4.266	4.269	4.272	4.275	4.279	4.282	4.285	4.288	4.291
8.9	4.295	4.298	4.301	4.304	4.307	4.311	4.314	4.317	4.320	4.324
9.0	4.327	4.330	4.333	4.336	4.340	4.343	4.346	4.349	4.352	4.356
9.1	4.359	4.362	4.365	4.368	4.372	4.375	4.378	4.381	4.384	4.387
9.2	4.391	4.394	4.397	4.400	4.403	4.407	4.410	4.413	4.416	4.419
9.3	4.422	4.426	4.429	4.432	4.435	4.438	4.441	4.445	4.448	4.451
9.4	4.454	4.457	4.460	4.464	4.467	4.470	4.473	4.476	4.479	4.482
9.5	4.486	4.489	4.492	4.495	4.498	4.501	4.504	4.508	4.511	4.514
9.6	4.517	4.520	4.523	4.526	4.530	4.533	4.536	4.539	4.542	4.545
9.7	4.548	4.551	4.555	4.558	4.561	4.564	4.567	4.570	4.573	4.576
9.8	4.580	4.583	4.586	4.589	4.592	4.595	4.598	4.601	4.604	4.608
9.9	4.611	4.614	4.617	4.620	4.623	4.626	4.629	4.632	4.635	4.639
10.0	4.642									

RAIZ CUADRADA DE NUMEROS DECIMALES

Número	— 0	— 1	— 2	— 3	— 4	— 5	— 6	— 7	— 8	— 9
.00001	.003162	.003317	.003464	.003606	.003742	.003873	.004000	.004123	.004243	.004359
.00002	.004472	.004583	.004690	.004796	.004899	.005000	.005099	.005196	.005292	.005385
.00003	.005477	.005568	.005657	.005745	.005831	.005916	.006000	.006083	.006164	.006245
.00004	.006325	.006403	.006481	.006557	.006633	.006708	.006782	.006856	.006928	.007000
.00005	.007071	.007141	.007211	.007280	.007348	.007416	.007483	.007550	.007616	.007681
.00006	.007746	.007810	.007874	.007937	.008000	.008062	.008124	.008185	.008246	.008307
.00007	.008367	.008426	.008485	.008544	.008602	.008660	.008718	.008775	.008832	.008888
.00008	.008944	.009000	.009055	.009110	.009165	.009220	.009274	.009327	.009381	.009434
.00009	.009487	.009539	.009592	.009644	.009695	.009747	.009798	.009849	.009899	.009950
.00010	.010000	.010050	.010100	.010149	.010198	.010247	.010296	.010344	.010392	.010440
.0001	.01000	.01049	.01095	.01140	.01183	.01225	.01265	.01304	.01342	.01378
.0002	.01414	.01449	.01483	.01517	.01549	.01581	.01612	.01643	.01673	.01703
.0003	.01732	.01761	.01789	.01817	.01844	0.1871	.01897	.01924	.01949	.01975
.0004	.02000	.02025	.02049	.02074	.02098	.02121	.02145	.02168	.02191	.02214
.0005	.02236	.02258	.02280	.02302	.02324	.02345	.02366	.02387	.02408	.02429
.0006	.02449	.02470	.02490	.02510	.02530	.02550	.02569	.02588	.02608	.02627
.0007	.02646	.02665	.02683	.02702	.02720	.02739	.02757	.02775	.02793	.02811
.0008	.02828	.02846	.02864	.02881	.02898	.02915	.02933	.02950	.02966	.02983
.0009	.03000	.03017	.03033	.03050	.03066	.03082	.03098	.03114	.03130	.03146
.0010	.03162	.03178	.03194	.03209	.03225	.03240	.03256	.03271	.03286	.03302
.001	.03162	.03317	.03464	.03306	.03742	.03873	.04000	.04123	.04243	.04359
.002	.04472	.04583	.04690	.04796	.04899	.05000	.05099	.05196	.05292	.05385
.003	.05477	.05568	.05657	.05745	.05831	.05916	.06000	.06083	.06164	.06245
.004	.06325	.06403	.06481	.06557	.06633	.06708	.06782	.06856	.06928	.07000
.005	.07071	.07141	.07211	.07280	.07348	.07416	.07483	.07550	.07616	.07681

Número . — 0 . — 1 . — 2 . — 3 . — 4 . — 5 . — 6 . — 7 . — 8 . — 9

.006	.07746	.07810	.07874	.07937	.08000	.08062	.08124	.08185	.08246	.08307
.007	.08367	.08426	.08485	.08544	.08602	.08660	.08718	.08775	.08832	.08888
.008	.08944	.09000	.09055	.09110	.09165	.09220	.09274	.09327	.09381	.09434
.009	.09487	.09539	.09592	.09644	.09695	.09747	.09798	.09849	.09899	.09950
.010	.10000	.10050	.10100	.10149	.10198	.10247	.10296	.10344	.10392	.10440
.01	.1000	.1049	.1095	.1140	.1183	.1225	.1265	.1304	.1342	.1378
.02	.1414	.1449	.1483	.1517	.1549	.1581	.1612	.1643	.1673	.1703
.03	.1732	.1761	.1789	.1817	.1844	.1871	.1897	.1924	.1949	.1975
.04	.2000	.2025	.2049	.2074	.2098	.2121	.2145	.2168	.2191	.2214
.05	.2236	.2258	.2280	.2302	.2324	.2345	.2366	.2387	.2408	.2429
.06	.2449	.2470	.2490	.2510	.2530	.2550	.2569	.2588	.2508	.2627
.07	.2646	.2665	.2683	.2702	.2720	.2739	.2757	.2775	.2793	.2811
.08	.2828	.2846	.2864	.2881	.2898	.2915	.2933	.2950	.2966	.2983
.09	.3000	.3017	.3033	.3050	.3066	.3082	.3098	.3114	.3130	.3146
.10	.3162	.3178	.3194	.3209	.3225	.3240	.3256	.3271	.3286	.3302

T A B L A N^o 13
ACEQUIAS DE LADERA

1	2	3	4	5	6	7	8
Pendiente %	I. V. ms.	D. H. ms.	D. st. ms.	A m ²	Q lts/s.	Mts. de canal por hectárea	Límite longitud ms.
2	0.84	42.00	42.04	4200	109.5	238.00	90
3	0.92	30.66	30.70	3066	95.0	326.00	100
4	1.00	25.00	25.05	2500	65.0	400.00	120
5	1.08	21.60	21.66	2160	56.0	464.00	140
6	1.16	19.33	19.39	1933	50.0	518.00	160
7	1.24	17.71	17.77	1771	46.0	565.00	180
8	1.32	16.50	16.50	1650	43.0	606.00	200
9	1.40	15.55	15.64	1555	40.5	645.00	220
10	1.48	14.80	14.89	1480	38.5	675.00	260
11	1.56	14.18	14.28	1418	36.9	705.00	270
12	1.64	13.66	13.78	1366	35.5	730.00	280
13	1.72	13.23	13.37	1323	34.4	755.00	290
14	1.80	12.85	12.98	1285	33.4	780.00	300
15	1.80	12.00	12.15	1200	31.2	835.00	320
16	1.80	11.25	11.40	1125	29.2	890.00	340
17	1.80	10.60	10.78	1060	27.6	945.00	360
18	1.80	10.00	10.17	1000	26.0	1000.00	380
19	1.80	9.50	9.70	950	24.6	1055.00	400
20	1.80	9.00	9.19	900	23.4	1110.00	420
21	1.80	8.58	8.80	858	22.3	1165.00	450
22	1.80	8.20	8.40	820	21.3	1220.00	470
23	1.80	7.83	8.08	783	20.4	1275.00	490
24	1.80	7.50	7.72	750	19.5	1330.00	500
25	1.80	7.20	7.43	720	18.7	1390.00	500
26	1.80	6.95	7.18	695	18.0	1440.00	500
27	1.80	6.67	6.92	667	17.3	1500.00	500
28	1.80	6.44	6.69	644	16.3	1550.00	500
29	1.80	6.20	6.47	620	15.8	1612.00	500
30	1.80	6.00	6.27	600	15.6	1670.00	500

Columna 1 = Pendiente del terreno en porcentaje.

Columna 2 = Intervalo vertical, en metros, que debe usarse entre acequias.

Columna 3 = Distancia horizontal, en metros, entre acequias.

Columna 4 = Distancias sobre el terreno, en metros, entre acequias.

Columna 5 = Area servida, en metros cuadrados, por cada 100 metros de canal.

Columna 6 = Descarga, en litros por segundo, por cada 100 metros de canal.

Columna 7 = Metros de acequia por hectárea.

Columna 8 = Límite de longitud, en metros, de cada acequia.

T A B L A N º 14
ACEQUIAS DE LADERA

1	2	3	4	5	6	7
s	D m	a m ²	p m	r m	V m/s.	Q lts/s.
0.008	0.03	0.010	0.39	0.026	0.35	3.6
	0.06	0.022	0.475	0.047	0.41	9.2
	0.09	0.036	0.565	0.064	0.52	18.8
	0.12	0.052	0.646	0.081	0.58	31.5
	0.15	0.070	0.740	0.094	0.73	51.0
	0.18	0.089	0.795	0.111	0.82	74.0
	0.21	0.110	0.910	0.121	0.85	98.0
0.01	0.03	0.010	0.390	0.026	0.40	4.1
	0.06	0.022	0.475	0.047	0.49	10.8
	0.09	0.036	0.565	0.064	0.61	22.1
	0.12	0.052	0.646	0.081	0.73	37.5
	0.15	0.070	0.740	0.094	0.82	57.5
	0.18	0.089	0.795	0.111	0.91	81.5
	0.21	0.110	0.910	0.121	0.99	110.0
0.02	0.03	0.010	0.390	0.026	0.58	5.7
	0.06	0.022	0.475	0.047	0.67	15.0
	0.09	0.036	0.565	0.064	0.88	32.0
	0.12	0.052	0.646	0.081	1.04	55.5

Nota.—Agréguesele 0.10 metros a D para obtener la profundidad que debe dársele al canal.

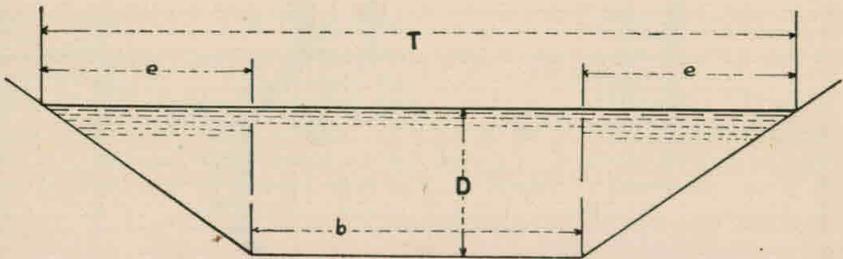
- Columna 1 = Pendiente de la acequia en metros por metros (s).
- Columna 2 = Profundidad efectiva de la acequia en metros (D).
- Columna 3 = Area transversal efectiva de la acequia en metros cuadrados (a).
- Columna 4 = Perímetro mojado en metros (p).
- Columna 5 = Radio hidráulico en metros (r).
- Columna 6 = Velocidad del agua en metros por segundo (V).
- Columna 7 = Desgarga en litros por segundo (Q).

BIBLIOGRAFIA

- 1.—Ayres, A. C. Soil erosion and its control. I — IX — 1 — 365, McGraw Hill Book Co., 1936.
- 2.—Ayres, A. C. y Scoates, D. Land drainage and reclamation. I — XI — 1 — 1946, McGraw Hill Book Co., 1939.
- 3.—Bennett, H. H. Soil Conservation. I — XVII — 1 — 993, McGraw Hill Book Co., 1939.
- 4.—Blumenstock, D. I. Rainfall characteristics as related to soil erosion. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 698, 1939.
- 5.—Hamilton, C. L. Terracing for soil and water conservation. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1789, 1938.
- 6.—King, H. W. Handbook of hydraulics. I — XXI — 1 — 617, McGraw Hill Book Co., 1939.
- 7.—Neal, Jesse H. The effect of the degree of slope and rainfall characteristics en runoff and soil erosion. Missouri University Res. Bull. 280, 1938.
- 8.—Ranser, C. E. Run-off from small agricultural areas. Your. Agr. Research 34:9, 1927.
- 9.—Salamanca, Luis M. y Osorio, Luis H. Estudio estadístico de la intensidad media de los aguaceros, basado en veinte años le registros pluviográficos del Observatorio Meteorológico de Bogotá. Tierras y Aguas, 71 y 72-bis, 1944.
- 10.—Yarnell, D. L. Rainfall intensity - frequency data. U. S. Dept. Agr. Misc. Publ. 204, 1935.

FIGURA 1

CANAL TRAPEZOIDAL



$$z = e/D$$

$$a = D (b + zD) \quad (f.3)$$

$$\lambda = a/p$$

$$x = D/b$$

$$\lambda = \frac{1+z^2 x}{1+2x\sqrt{1+z^2}} D = cD \quad (f.4)$$

FIGURA 2

ACEQUIA DE LADERA

SUPERFICIE DEL TERRENO

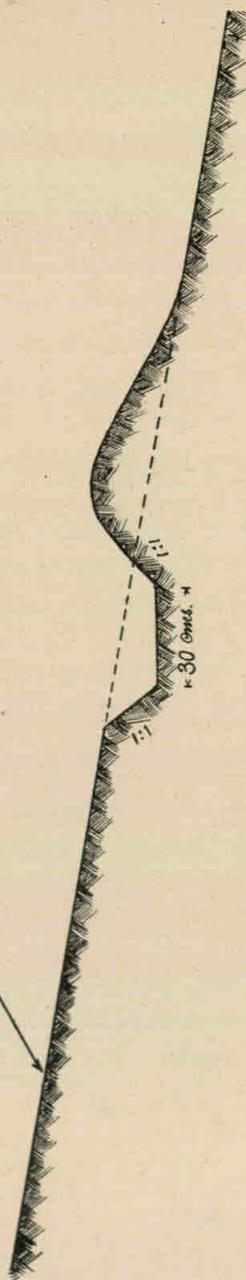
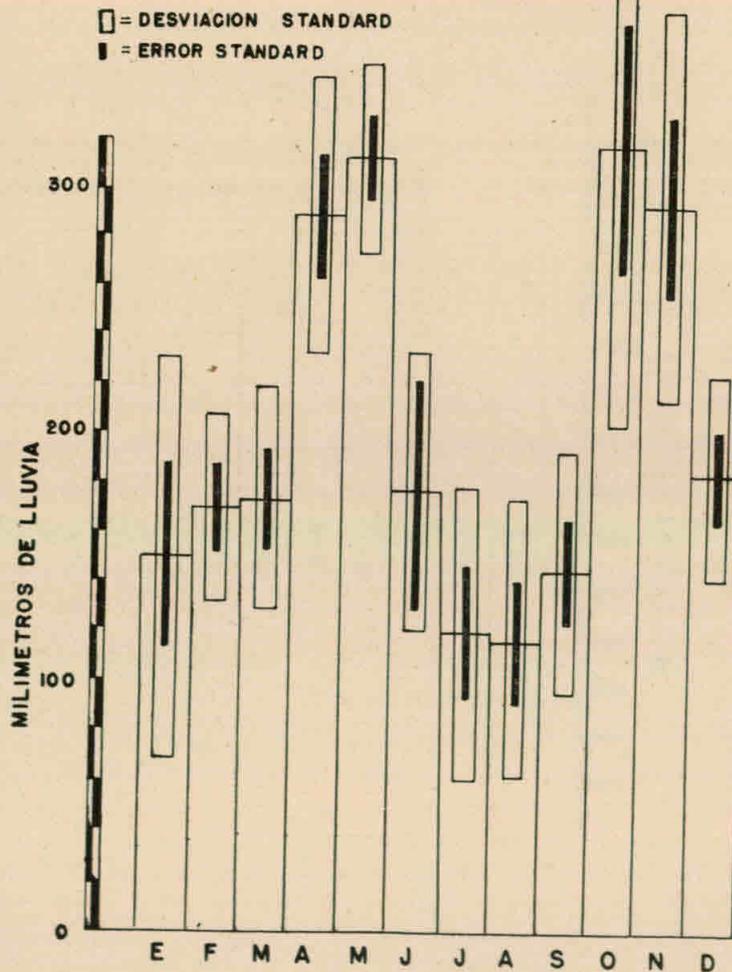


GRAFICO 1

LLUVIAS MENSUALES

CHINCHINA—GALDAS

1942—1946



LLUVIAS ANUALES

CHINCHINA — CALDAS

1942 — 1946

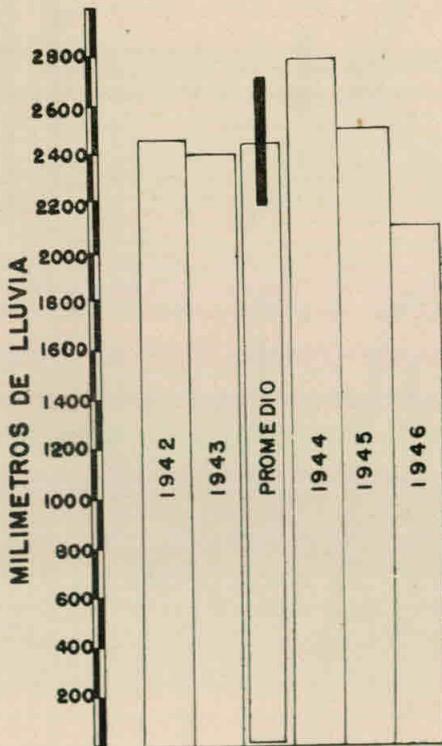


GRAFICO 3

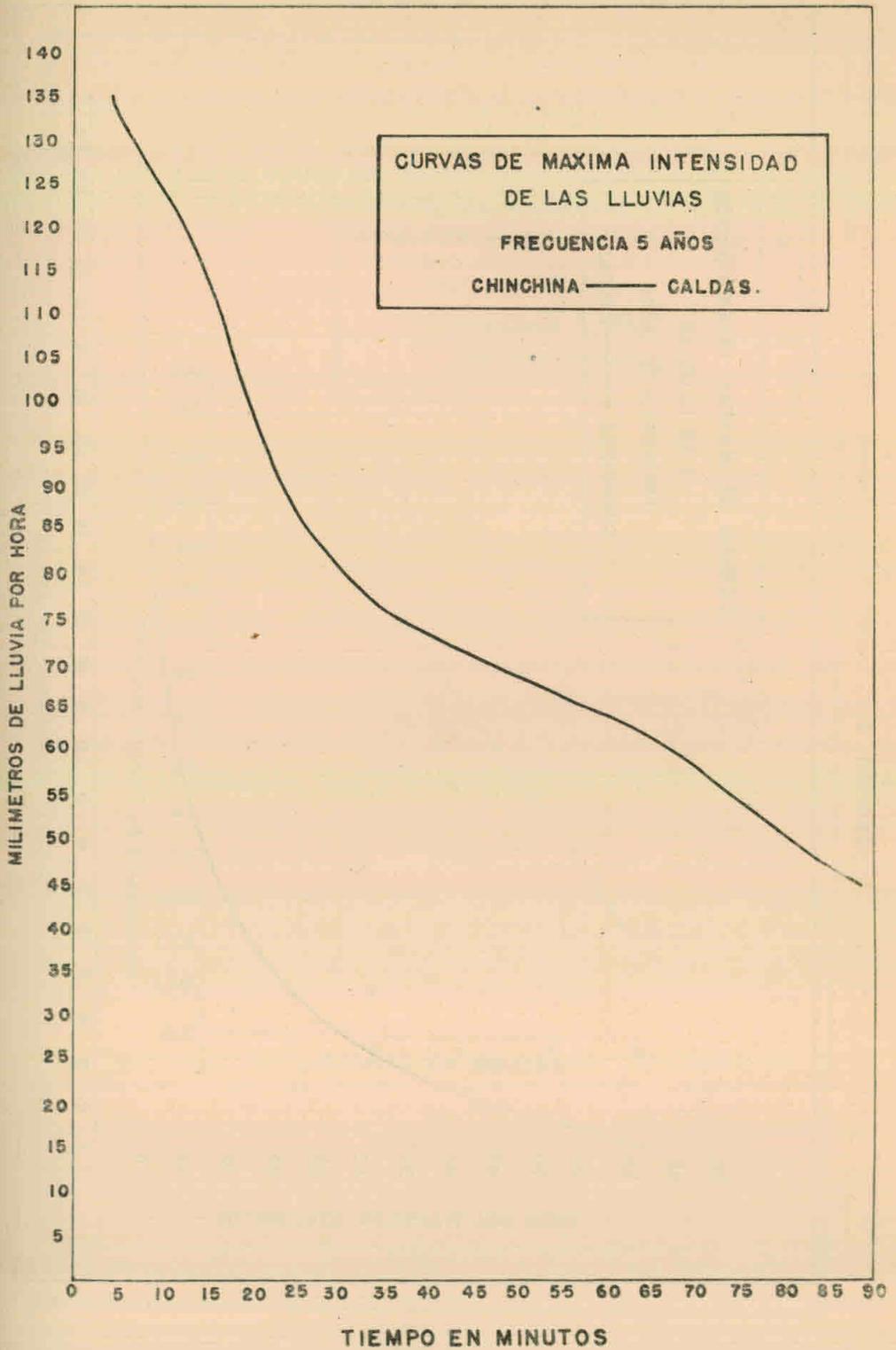


GRAFICO 4

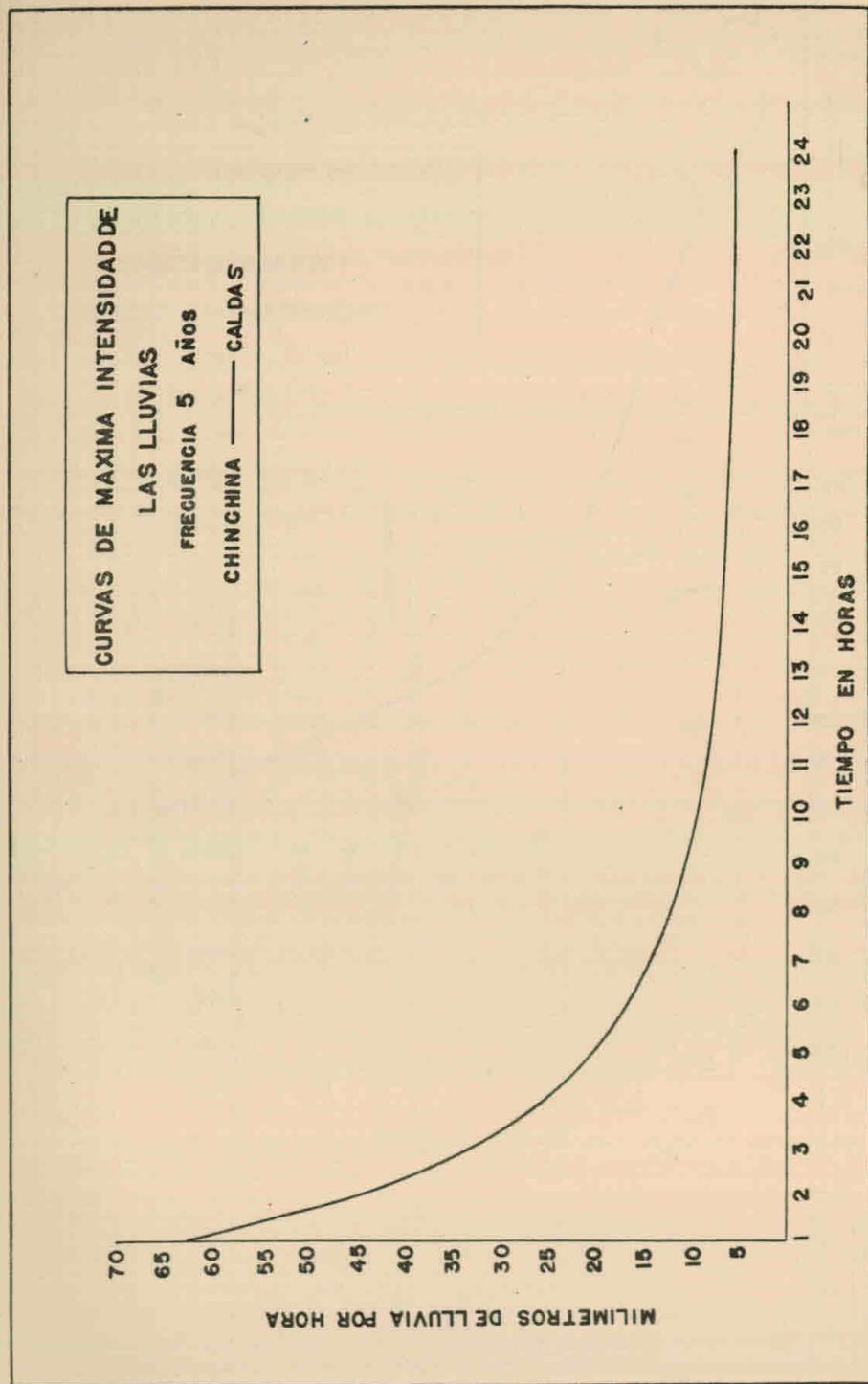


GRAFICO 5

