AMPLIACION DEL CANAL LATERAL K - 74 EN EL DISTRITO DE RIEGO NUMERO 5. CIUDAD DELICIAS, CHIH.

Por

MARIO FLOTA DE ANDA

Tesis

Que somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.

APROBADA:

01343

ING RAUL CARDENAS CARDONA
El Presidente del Jurado.

El Director de la Escuela.

ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA "ANTONIO NARRO".

Buenavista, Coah., Diciembre de 1956.

BIOGRAFIA.

El autor nació en Estación Hermanas, Municipio de Monclova, Coahuila., el día 13 de Febrero de 1932, siendo sus padres el Sr. Ing. José Flota S. y la Sra. Juanita de Anda de Flota. (Finada).

Cursó los primeros 3 años de Instrucción Primaria en la Escuela Apolonio M. Avilés, terminándola en la Escuela Federal Benito Juárez en Ciudad Melchor Múzquiz, Coahuila., en los años de 1939 a 1945, en el año de 1946 ingresó a la Escuela Secundaria Federal Gral. Lucio Blanco en Ciudad Melchor Múzquiz, Coahuila; habiendo terminado en el año de 1948.

Ingresó a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" en 1949 y en 1953, terminó su Carrera de Ingeniero Agrónomo, recibiendo su Certificado de Pasante.

En 1954 prestó sus Servicios Profesionales en la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en Ciudad Valle S.L.P. y con Ingenieros Agrónomos Asociados, S.A., en Tampico, Tamps. Actualmente trabaja en la Secretaría mencionada, en el Distrito de Riego No. 5 en Ciudad Delicias, Chihuahua.

AGRADECIMIENTO.

El autor agradece a los Ingenieros Alfredo Ochoa Anaya y Salvador Ortega Uribe, por su valiosa cooperación en el principio de éste Estudio.

Al Ing. Diego Flota de Anda, Colaborador Técnico en Celulosa de Chihuahua, S.A., por las facilidades y orientaciones que le brindó en la terminación de éste trabajo.

También hace presente su más sincera gratitud, a los Ingenieros Raúl Cárdenas Cardona, Hugo Alejo Velazco Molina y Dr. Roberto Rodríguez Dávila, por las orientaciones y consejos que le impartieron para la elaboración de ésta Tésis.

DEDICATORIA.

Dedico el presente trabajo, con todo respeto y cariño a la Memoria de mí Madre. Sra. Juanita de Anda de Flota (Q.E.P.D.).

A mí Padre por lassabias enseñanzas y todos los esfuerzos y sacrificios que hicieron para formarme.

A mis Hermanos José, Paulita, Diego y Edmundo.

A mis Maestros como símbolo de gratitud por sus enseñanzas y prodentes consejos.

A mí Escuela, Madre Intelectual, a la que debo la cristalización de mis más caros anhelos y nobles aspiraciones.

CONTENIDO DE GRAFICAS.

Pág.

1.- Plano General del Distrito de Riego No. 5,
Ciudad Delicias, Chih..... 5

2.- Gráfica de Areas y Capacidades.
Canal Lateral K - 74 24

3.- Secciónes Transversales 22

4.- Datos Hidráulicos para Canales..... 29

5.- Características Constructivas para Obras de Toma y Obras de Toma y Alcantarilla .. 35

6.- Trazo y Perfil del Canal Lateral 74.
Tramo del K - 0 + 000 al K - 2 + 800. 37

7.- Trazo y Perfil del Canal Lateral K - 74.
Tramo del K - 4 + 000 al K - 6 + 800 37

8.- Plano de la Primera Sección, Primera Unidad, Núcleo IV..... 37

INDICE.

Pág.

BIOGRAFIA i
AGRADECIMIENTO. ii
DEDICATORIA iii
CONTENIDO DE GRAFICAS iv
INTRODUCCION. 1
REVISION DE LITERATURA. 3
Descripción del Distrito de Riego No. 5, Ciudad Delicias, Chih. 3
Coeficientes de Riego. 6
Estudios Topográficos 19
PROCEDIMIENTO 23
Tabla de Areas y Cápacidades. 25
Factores Fundamentales para el Cálculo de Canales 26
Fórmulas y Cálculos 30
Obras de Arte en las Construcciones de los Canales 34
Relación de Algunas Obras que se tienen que Adaptar en el Canal Lateral K - 74. 35
CONCLUSIONES 36
LITERATURA CITADA. 37

INTRODUCCION.

Las aguas destinadas para riegos agrícolas se distribuyen por medio de canales de conducción y canales de distribución; y según su importancia, la red correspondiente comprende distintas clases de canales, como son los siguientes.

1.- Canal o canales principales.

2.- Canales secundarios o laterales.

3.- Canales terciarios o sublaterales.

Los primeros, o sean los canales principales, son los que llevan directamente el agua a la parte alta del terreno que se va a regar, partiendo desde la fuente de abastecimiento, como presas, ríos, lagos, etc., y la distribuyen entre los canales secundarios o laterales.

Estos últimos reciben las aguas de los canales principales y las llevan a las áreas, más o menos extensas, de tierras irrigables, mientras que los canales terciarios conducen el agua directamente al terreno que se va a irrigar. Cuando un sistema de riego es pequeño estos últimos canales, y aún a veces los secundarios, se convierten en canales de distribución.

De acuerdo con lo anterior se desprende que la irrigación de las áreas agrícolas depende de los conductos de distribución de la misma, y que la eficiencia y economía del riego dependen de la precisión con que se hayan trazado estos conductos.

En lo que respecta al Distrito de Riego de Ciudad De - licias se encuentra dividido en tres unidades, la primera irrigada por el Canal Principal del Río Conchos, y la segunda y tercera por el Canal del Río San Pedro; y cuando la Presa Francisco I. Madero no cuenta con agua suficiente para regar estas dos últimas unidades entonces es auxiliada por la Presa de La Boquilla.

Los canales principales o secundarios que irrigan a la Primera Unidad de este Distrito de Riego, son los siguientes:

Km. 37	Km. 48	Km. 71.1	Km. 76	Km. 95
Km. 39	Km. 52	Km. 71.2	Km. 79^	Km. 98
Km. 41	Km. 55	Km. 72.6^	Km. 82^	Km. 100
Km. 42	Km. 59	Km. 73.9^	Km. 86.4	Km. 105^
Km. 44	Km. 66	Km. 74^^	Km. 92	
Km. 46	Km. 69	Km. 75	Km. 94	

En esta lista los canales marcados con un asterisco, son los de mayor sección y longitud, para irrigación de áreas más grandes; y el marcado con doble asterisco, o sea el Canal del Km. 74 es el que trabajó el autor y que se describe en la presente Tésis. Dicho canal del Km. 74, llamado así porque tiene su bocatoma en el kilómetro 74 del Canal Principal, se construyó para regar 2,692.0 hectáreas, localizadas en la Primera Sección de la Primera Unidad del Distrito. Posteriormente se abrieron al cultivo otras 523.6 hectáreas, las cuales se principiaron a regar con este mismo canal pero en forma muy deficiente porque el canal estaba en condiciones deplorables, casi del todo azolvado, y además se había trazado sin el cálculo requerido para transportar el volúmen necesario para irrigar las 3,215.6 hectáreas que actualmente están en cultivo. La Secretaría de Recursos Hidráulicos, estudiando este problema, ordenó la ampliación del referido Canal, de cuyo trabajo se encargó el autor, exponiendo en la presente Tésis las fórmulas y métodos utilizados en los trabajos ya realizados, así como en los que están por llevarse a cabo.

REVISION DE LITERATURA.

Descripción del Distrito de Riego No. 5, Ciudad Delicias, Chih.

Situación.- El Distrito de Riego se halla situado en la parte central del Estado de Chihuahua, abarcando los municipios de Camargo, Saucillo, Delicias, Méoqui, Rosales y Abraham González, y se ha ido desarrollando mediante el aprovechamiento, en riego, de las aguas del río Conchos y sus afluentes, cuya cuenca cubre una extensión de 64,000 kms.2. hasta su confluencia con el río Bravo, por el Norte, y 18,690 Kms.2. hasta el Estado de Durango, por el Sur.

Las tierras agrícolas del Distrito se encuentran situadas a una altura de 1,100 a 1,250 Mts. sobre el nivel del mar.

En la zona regable del Distrito el clima es cálido y muy seco, teniendo una humedad muy deficiente (48ºC, máxima, y 21º mínima) en el verano y en el invierno; semi-cálido y benigno con mínima en diciembre hasta 15ºC bajo cero.

Corrientes Aprovechables.- El río Conchos nace en el suroeste del Estado de Chihuahua y corre hacia el este, hasta la población de Camargo, en donde cambia de dirección rumbo al norte hasta Santa Clara, donde se desvía hacia Ojinaga, para afluir en el río Bravo.

Los tributarios principales del río Conchos son los ríos San Pedro, Chubíscar, Florido, Balleza y Nonoava.

La zona de riego colinda por el norte con el arroyo de Bachimba, por el sur con la cortina de la Presa La Boquilla; al este con la márgen izquierdo del río Conchos y al oeste con el Canal Principal y la Presa Francisco I. Madero (Las Vírgenes).

Las principales obras construídas en el Distrito Son:

1.- Presa de La Boquilla, situada a 32 Kms. aguas arriba de Ciudad Camargo; la cuenca de captación se extiende hasta los límites del Estado de Durango, con superficie de

18,690 Kms.2. El vaso se conoce con el nombre de Lago Toronto, con capacidad total de 3,000'000,000 de M3, siendo su capacidad útil de 2'485,000.000 M3; área de embalse 17,500-00-00 Has., longitud del agua 54 Kms., anchura 9 Kms. y profundidades hasta 70 Mts. La cortina se encuentra a una elevación de 1,320 Mts. sobre el nivel del mar con 259 Mts. de longitud y 6 Mts. de anchura; el espesor máximo de la cortina en la cimentación es de 61 Mts. y una altura máxima de 74 Mts.

La planta hidro-eléctrica está situada al pie de la cortina y la toma se encuentra a 1,290 Mts. sobre el nivel del mar. La planta está provista de cuatro turbinas de eje horizontal de 10,000 H.P. con gasto máximo de 44 M3/Seg.

2.- Presa Derivadora de Ojo Caliente, situada a 30 Kms. aguas abajo de la Presa La Boquilla, en el brazo izquierdo del río; deriva agua ya regularizada en al Lago Toronto. La boca-toma del canal está formada por siete orificios rectangulares de 1.52 X 1.83 Mts. controlados por compuertas deslizantes que desfogan directamente al Canal Principal. El umbral de estas compuertas se encuentran a 1,215 Mts. sobre el nivel del mar. Con objeto de dejar libre el área necesaria para dar paso a la avenida máxima que pueda descargar el vertedor de la Presa La Boquilla que es de 10,000 M3/Seg., se dejó abierto el cauce del río quedando como protección tanto el dique como de la obra de toma.

3.- Canal Principal.- Comienza en la Presa Derivadora de Ojo Caliente; domina terrenos de la márgen izquierda del río Conchos; cruza en el kilómetro 105 el río San Pedro, mediante la Presa Derivadora del mismo nombre, prolongándose hasta el kilómetro 116, tramo que constituye el Canal Principal del río San Pedro, para servir, terrenos de la márgen izquierda del citado río. La capacidad es de 42 M3/Seg. en el kilómetro 105. La longitud total del canal, desde la boca toma de la Presa La Boquilla hasta el Arroyo de Bachimba es

de 146 Kms.

4.- Presa Francisco I. Madero (Las Vírgenes). Situada sobre el río San Pedro, afluente del río Conchos, al oeste de Ciudad Delicias, en el municipio de Rosales, Chih. tiene por objeto regularizar el regimen del río San Pedro para aprovechar sus aguas en el riego de los terrenos al norte de dicha corriente, completando el desarrollo agrícola del Distrito de Riego de Ciudad Delicias; altura máxima de la cortina 57 Mts. desde el desplante de la cimentación y 48 Mts. desde el fondo del cauce del río. La cortina tiene una longitud de 236 Mts. y la anchura de la corona es de 5 Mts. encontrándose ésta a la elevación de 1,243 Mts. sobre el nivel del mar. La capacidad del vaso es de 425,000,000 de M3, con una área de enbalse de 27.3 Kms.2. la capacidad del vertedor es de 3,420 M3/Seg.

5.- Presa Derivadora de San Pedro. Tiene por objeto derivar las aguas del río San Pedro y las que reciba del Canal Principal del río Conchos. Está ubicada a 800 Mts. aguas abajo de la Presa Francisco I. Madero (Las Vírgenes). Es una estructura vertedora de cresta libre, con perfil de cimacio que ocupa las dos ramas en que está dividido el cauce. La sección vertedora es de concreto y tiene una longitud de 130 Mts. en total, encontrándose la cresta a 1,160 Mts. sobre el nivel del mar, siendo su capacidad de 4,000 M3/Seg., La boca-toma está situada en la márgen izquierda y consta de dos compuertas radiales de 2.50 x 5.00 Mts., con capacidad de 36.8 M3/Seg; el descargador está ligado con la boca-toma y provisto de una compuerta de 6 x 4 Mts. con capacidad de 75 M3/Seg.

COEFICIENTES DE RIEGO.

Coeficientes de Riego.

El Dr. Enzo Levi define el coeficiente de riego como la dosis de agua que hay que proporcionar a un suelo para satisfacer completamente, pero sin desperdicios, las necesidades del cultivo que dicho suelo sustenta. Se puede expresar en metros cúbicos por hectárea; por una capa de agua extendida sobre la superficie del suelo; en milímetros para compararla con la precipitación pluvial y en gasto continuo de cierto número de litros por segundo.

También se distinguen el coeficiente de riego bruto y coeficiente de riego neto. El primero representa la relación entre la cantidad de agua extraída de la fuente de abastecimiento del sistema de riego y el total de hectáreas servidas por éste. El segundo se refiere a la relación entre la cantidad de agua entregada en el lindero del terreno regado y el número de hectáreas que éste comprende. El coeficiente de riego neto es menor que el bruto a causa de las pérdidas por evaporación e infiltración durante la conducción del agua. No solamente varían por las condiciones del medio físico, especialmente por la naturaleza del suelo, sino también por la clase de planta que se cultive. Siendo la densidad aparente un dote indispensable para el cálculo de la cantidad de agua para riego, se procederá a definirla y explicar como puede ser determinada.

Densidad Aparente de un Suelo.

Se define la relación entre el peso de un volúmen determinado del suelo en condiciones naturales y el peso de un volúmen igual de agua. Recordando la definición de peso seco (peso de las partículas sólidas de dicho volúmen de suelo y tomando el peso específico como de 1 Ton/M3) se ve que la densidad aparente estará representada por el mismo número, quedando en Ton/M3. el peso seco, pero tomando en cuenta que la densidad aparente está dada por un número puro. Claro está que la densidad aparente está afectada tanto por la estructura, la textura y la densidad del suelo, como

por la cantidad de materia orgánica presente, la que es más liviana que la mineral.

Determinación de la Densidad Aparente.

Se trata de sacar del terreno una muestra de volúmen conocido, hacerla secar en una estufa y pesarla, dividiendo después su peso seco entre el peso de un volúmen igual de agua.

La operación más delicada consiste en la separación de la muestra sin modificar su densidad (muestra inalterable), pudiéndose emplear a este fin un muestreador construido por un tubo cilindro terminando en arista viva que se introduce a golpe y con el debido cuidado en el terreno.

En el caso de no contar con el aparato, se puede utilizar el llamado método de la arena; para esto es necesario proveerse de arena de tamaño regular y uniforme. Eventualmente se eliminan con cedazos los granos muy finos y muy gruesos que pueda contener y determinar previamente su densidad aparente. Se lleva al campo un peso conocido de dicha arena y después de limpiar la capa vegetal y aplanar perfectamente una pequeña superficie del suelo cuya densidad se está buscando, se cava con una cuchara un hueco de forma rectangular recogiendo después el material del hueco, llenando posteriormente el hueco con la arena procurando hacerlo con la mayor exactitud posible; así se puede determinar cuanta arena se empleó para llenar el hueco y luego, en base de su densidad aparente conocida, el volúmen del hueco mismo. Por otro lado la tierra que se ha sacado se seca en la estufa. La relación entre este peso seco y el peso de la cantidad de agua para llenar el hueco proporciona la densidad aparente.

A continuación se dan algunos valores de la densidad aparente:

Para arena varía entre	1.50 y 1.70
Migajones arenosos	1.45 a 1.50
Migajones limosos	1.30 a 1.45
Arcillas	1.15 a 1.30

Saturación del Suelo.

El agua de gravedad superflua, encontrando una capa de suelo impermeable con pendiente, podrá escurrir, pero a falta de drenaje suficiente se elevará y al seguir aumentando el agua, subirá llenando todos los poros del suelo hasta saturarlo completamente, lo que crearía una situación desfavorable para el desarrollo de la vegetación ya sea por la falta de aire o por favorecerse una acumulación de sales en la superficie. Este estado de saturación se encuentra en forma permanente en las ciénagas y temporalmente en las capas superiores del suelo inmediatamente después de un riego o de una fuerte lluvia.

La cantidad de agua que puede contener un suelo cuando se halla completamente saturado, o sea cuando el agua llena todos los poros, se suele llamar máxima capacidad de campo. Para una medida de esta cantidad se suele acudir al porcentaje de saturación que se representa con la letra S y que puede definirse como la razón que existe entre el peso del agua contenido en cierto volúmen de suelo en su condición de saturación completa y el peso seco del mismo volúmen en porcentaje de este último. De la definición anterior, se ve que para determinar prácticamente el porcentaje de saturación del suelo, es suficiente humedecer una porción de la misma hasta que resulte completamente empapada. Sacada luego una muestra, se procederá a determinar su peso Ph. en las condiciones en que está y su peso Ps una vez secada en la estufa la diferencia Ph - Ps (peso húmedo menos peso seco da el peso del agua contenida. Estos datos son suficientes para calcular el porcentaje de saturación por la fórmula:

$$S = \frac{Ph - Ps}{Ps} \; 100 \; - - - - - - - 1$$

Retención Capilar.

La característica principal de un suelo por lo que al riego se refiere, es su capacidad normal de campo o sea la cantidad de humedad que exige, para satisfacer su capacidad de retención capilar (agua capilar más agua higroscópica). En efecto, un suelo que se halle en su capacidad normal tiene almacenada la máxima cantidad de agua aprovechable para cultivos, sin que por otro lado contenga agua de gravedad que pueda perjudiciarles.

Para la medición de la capacidad normal de campo se suele acudir al porcentaje de retención capilar que se representa con la letra C y que se puede definir como la razón entre el peso del agua contenida en cierto volúmen de suelo cuando está satisfecho su capacidad de retención capilar y el peso seco del mismo volúmen, expresada en porcentaje de este último. Tomando como base esta definición para determinar prácticamente el porcentaje de retención capilar de un suelo, baste con proporcionar a cierta porción del mismo toda su agua capilar, por ejemplo, regándola y esperando el tiempo suficiente para la eliminación de toda el agua de gravedad por infiltración hacia las capas más profundas. Separada luego una muestra, hay que proceder a determinar su peso Pc en la condición en que está y su peso Ps después de secarla en la estufa. El porcentaje de retención capilar se calculará por la fórmula

$$C = \frac{Pc - Ps}{Ps} \; 100 \; - - - - - - - - 2.$$

A veces, al no poder efectuar la experiencia indicada, se calcula el coeficiente C basándose en formulas empíricas. Una de las más conocidas es la que se indica a continuación y se apoya en la relación siguiente que media entre la capacidad normal de campo y la textura del suelo. Indicando con % ar % li % are los porcentajes de arena, limo y ar -

Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro"

cilla que constituyen el suelo, se tiene aproximadamente

C = 0.023% ar + 0.25% li + 0.61% arc. - - - - -3.

Como un ejemplo de aplicación de la fórmula anterior supóngase que el análisis mecánico de una muestra de migajón arcilloso haya dado la siguiente composición: arena 32.43%, limo 44.50% y arcilla 23.07%; aplicando la fórmula 3, el coeficiente de atención capilar será:

C = (0.023 x 32.43) + (0.25 x 44.50) + (0.61 x 23.07) =
25.94 %

Indudablemente que con pruebas de laboratorio se obtiene un resultado más exacto, pero el empleo de la fórmula 3 es por lo general suficiente para los fines prácticos.

Relación de la Humedad del Suelo con el Marchitamiento.

Para que la vida de las plantas resulte imposible, no es estrictamente necesario que se pierda toda el agua capilar del suelo. Al reducirse la cantidad del agua capilar por efecto de la evaporación y de la transpiración de las plantas, llegara un momento en que si la lluvia o el riego no proveen la cantidad de humedad necesaria, la vegetación empezará resistiendo dicha escasez; esto se manifiesta principiando por un decaimiento temporal de las plantas, limitado a las horas más calurosas del día, en las cuales la transpiración se intensifica y el agua que el suelo puede proporcionar resulta insuficiente. La vegetación pierde su turgencia normal durante esas horas, recobrándola durante la tarde y la noche; pero al reducirse todavía más la humedad del suelo, llega un momento en que la planta se marchita en forma permanente. Al manifestarse éste fenómeno de tanta importancia para la vegetación que revela por su mismo aspecto exterior la insuficiencia de agua disponible, señala el momento en que hay que proveer, por medio de riego, un nuevo suministro de agua.

Ahora bien, Briggs y Shants han comprobado que la proporción de agua contenida en el suelo cuando las plantas

llegan al marchitamiento, tiene un valor aproximadamente igual para todos los cultivos corrientes, en un mismo suelo. Se vió, por consiguiente, la conveniencia de introducir una nueva constante característica, que es esencialmente función de la textura, para medir dicha humedad és el llamado porcentaje de marchitamiento, que se define como la relación entre el peso del agua contenida en cierto volúmen de suelo en el momento de manifestarse el marchitamiento y el peso seco de dicho volúmen. Se le representa con la letra M.

La determinación práctica del coeficiente de marchitamiento se efectua de la manera siguiente: Aislada una porción de terreno cultivado se la aplica un riego,, dejando después de añadir agua hasta que el marchitamiento se manifieste; tomando luego una muestra de suelo se determina su Pm. en las condiciones naturales y su peso seco Ps; el porcentaje de marchitamiento resulta dado por Ps

$$M = \frac{Pm - Ps}{Ps} 100 \text{ - - - - - -4}$$

Como para el porcentaje de retención capilar y el porcentaje de marchitamiento existen formulas empíricas, Veihmeyer y Hendrick_son hallaron que éste último porcentaje puede expresarse en función del primero por medio de la fórmula

$$M = \mu C \text{ - - - - - - - - - - - - - -5}$$

siendo μ un coeficiente de proporcionalidad variable para los terrenos de cultivos corrientes, entre 0.26 y 0.58 dependiendo de la textura del terreno y otros factores. Hay quienes aconsejan tomar para μ un valor constante pero se ha visto que en la realidad este / es tanto mayor cuanto más pesado resulta el suelo.

Una de las tareas más importantes que se presentan en los distritos de riego es la de estudiar las variaciones

de la humedad de marchitamiento en ellos, relacionándola con la retención capilar correspondiente. Mientras tanto, se pueden tomar para el coeficiente μ los valores aproximados siguientes:

Para arenas	$\mu = 0.33$
Migajones arenosos	$\mu = 0.40$
Francos y migajones limosos	$\mu = 0.50$
Migajones arcillosos	$\mu = 0.52$

que fueron deducidos por el Dr. Levi de una serie de experimentos llevados a cabo por Harding en los Estados Unidos.

Agua Disponible.

Las consideraciones anteriores permiten llegar ahora a a una apreciación de la cantidad de agua disponible en un suelo para un normal abastecimiento de la vegetación.

En efecto, se ha visto que la máxima humedad conveniente para la planta, es la correspondiente a la capacidad normal del campo y la mínima es la que corresponde al agua de marchitamiento, necesitándose que la humedad del suelo se mantenga entre estos dos límites si se quiere que el desarrollo vegetal no resulte perjudicado. Así, suponiendo que el suelo se encuentre en su capacidad normal, el agua disponible para las plantas, o sea toda el agua que puedan absorber con provecho, es igual a la cantidad de agua presente en el suelo en dichas condiciones menos la que está presente cuando la vegetación se reduce al punto de marchitamiento.

Si al porcentaje de agua disponible se le denomina Ad:

$$Ad = C - M \quad \text{- - - - - - - - 6,}$$

sustituyendo en 6 el valor de C en 2 y de M en 4.

$$Ad = \frac{Pc - Pm}{Ps.} 100 \quad \text{- - - 7 - - 10}$$

Entonces, para determinar prácticamente Ad es suficiente tomar una muestra de suelo y pesarla en sus condiciones de capacidad normal, de marchitamiento y totalmente seca, dando

respectivamente los valores Pc, Pm y Ps que sustituídos en 7 permiten calcular Ad.

En los casos en que no se pueden efectuar experimentos en el laboratorio es conveniente, aún cuando la fórmula no resulta muy exacta, utilizar la 6 en la cual los valores de C y M son sustituídos por sus correspondientes en las 3 y 5, quedando la 6 como sigue.

$$Ad = (1 - \mu)\, C \text{ - - - - - - } 8$$

Como ejemplo de esta, se determinará el agua disponible en el migajón arcilloso cuyo porcentaje de retención capilar fué calculado anteriormente.

C = 25.94% del peso seco

μ = 0.52 valor correspondiente al migajón arc.

Ad = (1-0.52) 25.94 = 12.45%

Entonces el agua disponible será 12.45 % del peso seco.

Agua Superflua.

Se ha visto que el agua de gravedad inmóvil en el suelo resulta inútil y hasta inconveniente para la vegetación.

Su presencia se observa al sobrepasarse la capacidad normal de campo por efecto de un drenaje insuficiente del terreno, pudiéndose alcanzar la saturación completa o sea la capacidad de campo, considerando como agua superflua de un suelo a la cantidad total de agua de gravedad que puede caber en el. El porcentaje de agua superflua As será entonces igual a la diferencia entre el porcentaje de saturación s y el porcentaje de retención capilar C o sea:

As = S - C ..... 9 o también, sustituyendo en 9 los valores de 1 y 2:

$$As = \frac{Ph - Po}{Ps}\, 100 \text{ - - - - - - - } 10$$

Resulta de esta última relación que para determinar experimentalmente el porcentaje de agua superflua conviene tomar una muestra de suelo y pesarla en sus condiciones de

saturación, de capacidad normal y totalmente seca; así se tendra los valores de Ph, Pc y Ps que en 10 dan As.

Suponiendo que el suelo se halla en condiciones de marchitamiento, el regarlo correctamente significará proporcionarle el volumen total de agua disponible correspondiente a la capa que se quiere humedecer. Esta humedad se perderá poco a poco por transpiración, evaporación, etc. y cuando baje hasta el porcentaje del marchitamiento se vuelve a elevarla hasta su capacidad normal por medio de un nuevo riego.

Esta sucesión de aplicación y consumos de agua está representada en la Figura # 1 en su forma ideal por medio de un sistema de ejes catesianos en los que se han llevado en las abcisas el tiempo y en las ordenadas la humedad existente en la capa útil del suelo; el dato de la humedad oscila entre el porcentaje de marchitamiento y la capacidad normal, representando la altura o límites de la oscilación, la humedad aprovechable presente en el suelo en cada instante.

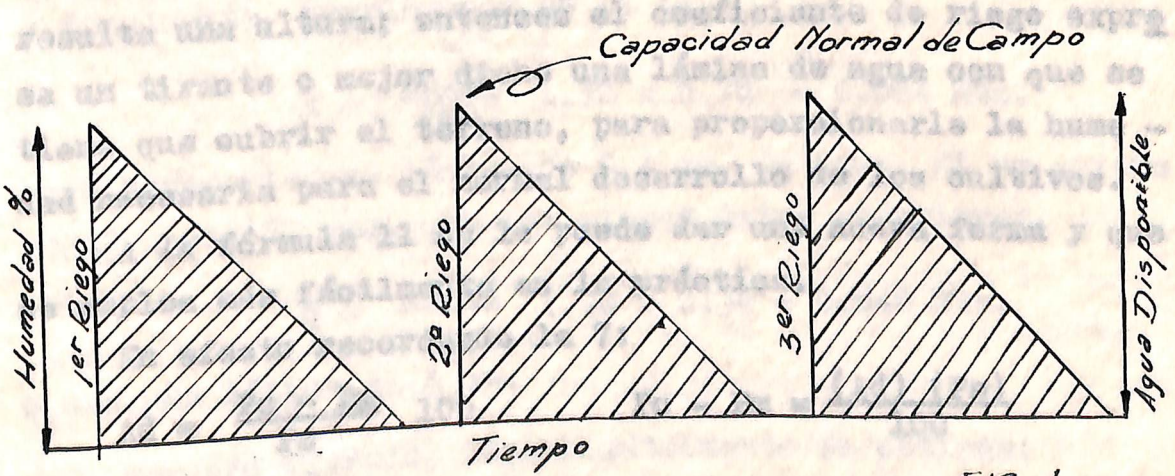


FIG. 1

De acuerdo con la gráfica anterior, podrá procederse al cálculo de cuánta haya de ser el agua de riego; suponiendo cierta porción del suelo en la que sea Pc su peso en estado de saturación o retención capilar y Pm su peso en condición de marchitamiento.

$$Pc - Pm.$$

será el peso del agua disponible contenida. Si se denomina Pw al peso de un volumen de agua igual al de la porción de suelo considerada, la relación

$$\frac{Pc - Pm}{Pw}$$

expresa el volumen de agua disponible por cada unidad de volumen del suelo. Si por otro lado, hay interés en humedecer el suelo tan solo hasta la profundidad h, el volumen de agua de riego que se tendrá que aplicar por unidad de superficie del terreno será:

$$R = \frac{Pc - Pm}{Pw} h \text{ - - - - - - - - } 11$$

Esta cantidad R es la que se suele llamar coeficiente de riego para el suelo considerado y hasta una profundidad h; si se observa que R es un volúmen, entre una superficie H resulta una altura; entonces el coeficiente de riego expresa un tirante o mejor dicho una lámina de agua con que se tiene que cubrir el terreno, para proporcionarle la humedad necesaria para el normal desarrollo de los cultivos.

A la fórmula 11 se le puede dar una nueva forma y que se emplea más fácilmente en la práctica.

En efecto recordando la 7:

$$Ad = \frac{Pc - Pm}{Ps} 100 \qquad Pc - Pm = \frac{(Ad)(Ps)}{100}$$

que sustituído en 11

$$R = \frac{(Ad)(Ps)}{100\ Pw} h = \frac{Ad\ Ps}{100\ Pw} h$$

y recordando que por definición la relación entre el peso seco Ps y el peso de igual volúmen de agua Pw es igual a la densidad (da):

$$R = \frac{Ad}{100} \text{ da h} \quad - - - - - - - - 12$$

Esta fórmula se emplea grandemente en las prácticas de riego y se dan continuación algunas aplicaciones

Primer Ejemplo. Suponiendo que necesita regarse un migajón limoso con el siguiente análisis.

Arenas	37.21%
Limos	51.33 %
Arcillas	11.46%
Densidad aparente	da = 1.30
Profundidad	h = 0.70

para calcular la coeficiente de riego, se determina el porcentaje de retención capilar por la fórmula 3.

$$C = (0.023 \times 37.21) + (0.25 \times 51.33) + (0.61 \times 11.46) = 20.68\%$$

Si $\mu = 0.50$, se sacará el porcentaje de agua disponible por medio de la 8.

$$Ad = (1-0.50)\ 20.68 = 10.34\%$$

y finalmente, remplazando en la 12

$$R = \frac{10.34}{100}\ 1.30 \times 0.70 = 0.084 \text{ Mts.}$$

será necesaria una lámina de 9.4 cm. de agua. Si se quiere regar hasta 30 cms. con los mismos datos anteriores.

$$R = \frac{10.34}{100}\ 1.30 \times 0.30 = 0.040 \text{ Mts.}$$

o sea una lámina de 4 cm.

Segundo Ejemplo. Experimentalmente se obtiene:

Da = 1.25
C = 34.40 %
M = 16.24%
h = 0.30 m.

Correspondiente éstos datos a una textura arcillosa. Aplicando la fórmula 6.

$$Ad = 34.20 - 16.24 = 17.96$$

$$R = \frac{17.36}{100} \times 1.25 \times 0.30 = 0.067 \text{ m}$$

Tercer Ejemplo.

Textura, arena fina.

Análisis mecánico:

Arena Total	=	82.30%
Limo	=	11.55%
Arcilla	=	6.15
da	=	1.51
h	=	0.30 metros.

Procediendo como en el primer ejemplo:

$$C = (0.023 \times 82.30) + (0.25 \times 11.55) = (0.61 \times 6.15) = 8.53\%$$

$$Ad = (1 - 0.33)\ 8.53 = 5.72\%$$

$$R = \frac{5.72}{100}\ 1.51 \times 0.30 = 0.026 \text{ m.}$$

Comparando entre sí los tres ejemplos en los que se utiliza una profundidad h = 0.30 m. se ve que se han encontrado los siguientes coeficientes de riego.

Arcilla	6.7 cm.
Migajon limoso	4.0 cm.
Arena fina	2.6 cm.

o sea que el coeficiente de riego se reduce al pasar de las texturas pesadas a las livianas. Esto es debido a la mayor retención capilar de las primeras; en efecto, las arenas cuya retención capilar de las primeras; en efecto, las arenas cuya retención capilar es pequeña, no puede retener mucha humedad, de donde un riego abundante redundará en un desperdicio de agua; como los cultivos necesitan la misma cantidad de agua cualquier que sea la textura, habrá necesidad de dar riegos frecuentes. Caso contrario son las

arcillas en las que los riegos serán más abundantes pero en compensación más distanciados.

Conviene señalar que el coeficiente de riego así calculado supone que el suelo se encuentre en condiciones de marchitamiento; aunque este es el caso más corriente en zonas regadas, cuando el suelo se halla seco es necesaria proporcionarle una lamina algo mayor.

ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

Para el estudio o proyecto de un canal hay que considerar los siguientes puntos.

1.- Reconocimiento agronómico.

2.- Levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico.

3.- Estudio del trazado; comprenderá su recorrido, perfil y rasante.

4.- Con los datos anteriores se puede calcular el movimiento de tierra, sea en desmonte o en terraplén y deducir el costo de la excavación o relleno.

5.- Obras accesorias.- Estas obras generalmente necesarias en toda red de canales, consisten en saltos, puentes, compuertas y sifones.

1.- Rectificación del Trazo.

Se centró y niveló el aparato en el K 0+000, tomando como base el canal principal; con el vernier horizontal en 0°00' se aflojó el tornillo correspondiente y la lectura angular sobre el canal lateral K - 74 es de 92°03'.

Se estacó a cada 20 metros y al llegar al K - 0+224.20 se marcó el primer P.I. En este punto se centró y niveló, visando al K - 0+000 con 0°00', dando vuelta de campana, se lee la deflexión correspondiente a la siguiente línea; así se continúa hasta su terminación. (Véanse Planos 2 y 3).

Las curvas se calculan y marcan al ir haciendo la rectificación del trazo.

Se utilizan las Tablas II y III anexadas al final de las libretas de campo (Transit Book).

Calculo de una Curva.

Calcularemos la curva, cuyo PI. está en el K - 1+728.00

Deflexión Δ leída = 32°13'I

En la Tabla III encontramos que para 32°10' corresponde una external E de 46.68 m.

Interpolando, calculamos para 32°13' una E de 46.83m; esta external es para un grado de curva.

Necesitamos que nuestra curva pase entre 10 y 12 metros del PI.

Por lo tanto:

Si a 46.83 corresponde 1º de curva (Gº)

a 11.71 corresponderán 4º de curva (Gº)

En la Tabla II se buscan 4º de curva y se obtiene un radio R de 286.54m.

Entonces:

Grado de curva = 4º

Radio = 286.54 m.

La sub-tangente se calcula con la fórmula:

$$St = R. \text{ tg } \frac{\Delta}{2}$$

Sustituyendo valores:

$$St = 286.54 \times 0.28864$$

Obteniendo:

$$St = 82.71 \text{ m.}$$

La longitud de la curva se calcula:

$$Lc = \frac{20 \times \Delta}{Gº}$$

Se convierten a decimales los 13 minutos del ángulo de intersección;

por lo tanto: $32º13' = 32.22$

Sustituyendo en la fórmula:

$$Lc = \frac{20 \times 32.22}{4}$$

$$Lc = 161.10\text{m.}$$

Calcularemos el Pc (Principio de curva) y el Pt (Punto sobre tangente)

PI = 1 + 728.00
ST = - 82.71
PC = 1 + 645.29
LC = + 161.10
PT = 1 + 806.39

La primera estaca estará a 14.71 m. después de PC, la deflexión correspondiente la calculamos:

Si para 20 m. la deflexión es de $\frac{6^{\circ}}{2} = 2^{\circ}$ a 1 metro co rrespoderán 0°06'.

Por lo tanto:

En 14.71 marcaremos una deflexión de 1°28' centrados y nivelados en el PC (K - 1 + 645.29) se visa con 180°00' a la estaca K - 1 + 418; se afloja el tornillo correspon - diente y se miden 14.71 m. con una deflexión de 1°28'.

Los siguientes P.S.C. (Puntos sobre la curva) se ob- tienen sumando 2° a la lectura anterior por cada 20 m. me- didos, hasta el K - 1 + 800.

Con una deflexión de 0°38', que corresponde a 6.39 m. sumada a la anterior, se marca el P.T; esta lectura angular debe ser igual a la mitad del ángulo de intersección.

2.- Nivelación. Usando el nivel fijo, se corre una nivelación de perfil, basándonos en un banco de nivel con tocotación sobre el nivel del mar; se toman lecturas en to- das las estacas del trazo colocando B.N. cada kilómetro. Para mayor seguridad en el trabajo se checa la nivelación.

3.- Secciones Transversales. - Su cálculo tiene gran importancia, ya que por medio de ellas nos damos cuenta, en el gabinete, de la forma de la sección transversal del ca- nal, estando así en condiciones de calcular el movimiento de tierra, sea en escavación o relleno.

El método usual es el siguiente:

Se coloca el nivel fijo a una distancia conveniente (donde se puedan hacer el mayor número de lecturas); en cada estaca del trazo, se extiende la cinta perpendicular a éste, anotando las lecturas correspondientes a la estaca (centro)

y los puntos más sobresalientes del canal, hasta una distancia de 20 o 30 metros a ambos lados.

a.- Cálculo de Volúmenes.

Dibujados el perfil y rasante del canal, y teniendo a la vista las cotaciones de todas las estacas del trazo, se calculan y se dibujan las secciones transversales.

(Véase plano correspondiente).

Se construye una sección tipo y basándonos en la rasante se coloca sobre la sección transversal, dibujandola sobre ésta; el área que estará en terraplén o relleno, se obtiene usando el planímetro.

El cálculo de volúmenes se reduce a la semi-suma de áreas de 2 secciones transversales multiplicada por la distancia; en nuestro caso 20 metros.

...A SUPERIOR DE AGRICULTURA
ANTONIO NARRO
...CIONES TRANSVERSALES
...AL LATERAL K-74
...S PROFESIONAL
...RIO FLOTA DE ANDA

PROCEDIMIENTO.

Tabla de Areas y Capacidades.

En toda obra de riego se presenta uno de los dos casos:

a).- Se cuenta con un caudal limitado y debe determinarse la superficie que se puede regar.

b).- Conociendo la superficie que se desea cultivar, determínese el caudal de agua necesario.

En el plano de la primera sección, Primera Unidad núcleo IV (véase plano No. 1), están localizados los canales sub-laterales Km. 74 - 1, 74-2, 74-3, 74-4, 74-5, 74-3 nuevo, 74-6 y 74-7, que tienen su bocatoma en el canal lateral Km. - 74.

Cada uno de ellos irriga determinado número de hectáreas las cuales, en el plano, se han coloreado para diferenciarlas.

La Tabla de Areas y Capacidades es de suma importancia, ya que por medio de ella se conoce el agua necesaria para irrigar el total de hectáreas así como la que transportará cada canal sub-lateral. Con este dato estamos en condiciones de calcular las secciones de todos los canales.

Para su elaboración se siguieron los pasos siguientes:

1.- En la primera columna se enlistan los canales.
2.- En la segunda, las hectáreas regadas por cada uno de ellos.
3.- Restándole a éstas el 10%, ocupado por fincas, canales, caminos, terreno no cultivado etc, se obtiene la tercera columna.
4.- La cuarta se calcula sumando en forma acumulativa, las cifras de la anterior.
5.- Multiplicando las áreas por regar de la tercera columna, por 1.40 que es el coeficiente de riego usado en el Distrito, resulta la capacidad necesaria en metros cúbicos.

6.- Sumando acumulativamente estas cifras, se obtiene la capacidad acumulada en metros cúbicos.

Se necesita un gasto de 4.051 M3/Seg. para irrigar 2,894.2 Has.

Al final de la Tabla se anota el kilometraje, en el cual tiene su bocatoma cada canal. La gráfica de areas y capacidades se formuló utilizando la 4a. y 6a. columnas.

TABLA DE AREAS Y CAPACIDADES.

Canales	Area Bruta	Area Neta	Area por Regar.	Capacidades Necesarias
Lat. K-74	283.6	255.2	2894.2	357.3
S-Lat. K-74-1	73.6	66.2	2639.0	92.7
S-Lat. K-74-2	666.4	599.7	2572.6	839.6
" " K-74-3	94.4	85.0	1972.9	119.0
" " K-74-4	476.4	428.8	1887.9	600.3
" " K-74	99.2	89.3	1459.1	125.0
" " K-74-5	58.0	52.2	1369.8	73.1
" " K-74-6	180.8	162.7	1317.6	227.8
" " K-74-3 Nuevo	721.2	694.1	1154.9	908.7
" " K-74-7	38.4	34.6	505.8	48.4
Lat. 74-Ampliación.	523.6	471.2	471.2	659.7

Factores Fundamentales para el Cálculo de los Canales.

Como tales, debemos considerar los siguientes.

1. Evaporación e infiltración (para ampliar)
2. Pendiente (conveniente para Q y tipo de tierra)
3. Velocidad (conveniente para tipo de tierras)
4. Forma de sección transversal.

1.- Evaporación e Infiltración. Se refieren exclusivamente a la evaporación e infiltración del agua en los canales, debiendo considerar negativos estos factores, pues, tratándose de una pérdida que sufre el caudal original, durante su recorrido por los canales, obligará a compensarla ampliando el caudal de entrada.

La evaporación del agua dentro de los canales, durante su escurrimiento, representa valores significativos, variables para cada región y dependientes de los factores climatéricos: temperatura, vientos, humedad atmosférica e insolación. Se ha establecido los siguientes índices.

Evaporación media anual.....0.003 a 0.016 M3/día
Mínima invierno.....0.001 " 0.008 " "
Máxima verano.....0.008 " 0.024 " "

En toda red de canales, al iniciarse el servicio de conducción de agua, la pérdida por infiltración suele ser importante, pero medida que se van afirmando y rellenando los poros vacíos de las paredes y fondo de los canales, esta pérdida disminuye considerablemente. En términos generales, es posible establecer los siguientes índices, que pueden servir para el cálculo de dicha pérdida.

En terrenos arenoso o nuevo..... 0.02 M3/día.
" " mediano franco..... 0.008 " "
" " compacto, arcilloso.... 0.001 " "

En cada región se puede modificar la capacidad de los canales, en atención a los diferentes factores, tales como clase de suelo y cultivos de la región; por ejemplo, para terrenos arenosos y permeables puede justificarse un aumento

de 10% ó 20% y en el caso de entarquinamiento, este aumento suele llegar hasta 50% y 100%.

2.- Pendiente 3. Velocidad. Ambos factores son recíprocamente dependientes, como se establece fácilmente en la fórmula de Chezy:

$$\text{Velocidad } V = c\sqrt{R \times s}$$

$$\text{Pendiente } s = \frac{v2}{C^2 R}$$

La pendiente ha sido determinada por varios autores de acuerdo con la importancia del caudal que deben transportar los canales:

Grandes Canales (10 M3/S. o más).....	0.1-0.3 M/Km.
Canales Medianos(3-10 M3/S.)	0.3-0.5 "
" Menores (1-3 M3/S.)	0.5-1 "
" de derivación (1 M3/S.).....	1-2 "

Otros autores han establecido las pendientes máximas del agua en los canales de acuerdo con la textura del suelo (Ayres y Scoates, 1939):

Textura	Pendiente máxima.	Velocidad en que el agua comienza ha atacar el terreno.
Tierra fangosa	0.016	0.076 M/Seg.
Arcilla blanca.....	0.045	0.152 "
Arena	0.136	0.305 "
Grava	0.57	0.614 "
Roca estratificada	2.786	1.8 "
Rocas duras	7.342	3 "

Velocidades máximas seguras para acequias y canales de acuerdo con la textura del material en el cual se construyen.

M a t e r i a l.	Velocidad Media en Metros por Segundo.		
Suelo arenoso muy suelto.....	0.30	a	0.45
Arena gruesa o suelo arenoso suelto.	0.45	"	0.60
Suelo arenoso promedio,.....	0.60	"	0.75
Suelo franco arenoso.....	0.75	"	0.83
Suelo franco de aluvión ó ceniza volcánica.....	0.83	"	0.90
Suelo franco pesado ó franco arcilloso	0.90	"	1.20
Suelo arcilloso ó cascajoso.....	1.20	"	1.50
Conglomerados, cascajo cementado, pizarra blanda, roca sedentaria blanca	1.80	"	2.40
Roca dura.....	3.00	"	4.50
Hormigón.....	4.50	"	6.00

Límite de la Velocidad Media. Cuando el agua de los canales se mueve con cierta lentitud, se desarrollan las plantas acuáticas y semi-acuáticas, que obstruyen el paso del agua y acaban por requerir fuertes gastos de limpia; en cambio, cuando la velocidad es muy grande, las paredes del canal sufren por la erosión ocasionándole derrumbes y fugas.

De acuerdo con el material en suspensión en las aguas del riego, y a fín de evitar que se deposite, las aguas que acarrean limo fino, deben estar animadas de una velocidad que no sea inferior a 0.25 M/Seg; si las aguas están cargadas de limo grueso ó arena, su velocidad mínima debe ser de 0.50 M/Seg. y finalmente si están claras, las velocidades variarán de 0.40 a 0.70 M/Seg.

4.- Forma de la Sección Transversal de los Canales. Generalmente la sección transversal de un canal tiene la forma trapezoidal y excepcionalmente la de un rectángulo, que fácilmente se le puede dar cuando las paredes laterales

son de mampostería.

La inclinación de las paredes laterales dependen en cada caso particular de varios factores, principalmente de las clases del terreno en que estan alojados, siendo comúnmente los siguientes:

Terrenos en roca firma	1/4:1
Arcillas compactas ó conglomeradas.....	1/2:1
Terreno mediano.....	1:1
Terrenos arenosos.....	½:1
Terrenos de migajón arenoso, deleznable....	2:1
Terrenos muy arenosos y sueltos.....	3:1

Fórmulas y Cálculos.

Para el cálculo del canal se utilizó la fórmula de Manning, que en forma simplificada puede expresarse como sigue:

$$V = \frac{1}{n} \; r^{2/3} \; S^{1/2} \quad (1)$$

Siendo V la velocidad media del agua en metros por segundo.

r el radio hidráulico en metros (ó sea la relación entre el área transversal del canal y su perímetro mojado.-

n Un coeficiente de rugosidad (fricción) cuyo valor depende de las condiciones del canal.

s El desnivel del canal en metros por metro.

En la ecuación de continuidad:

$Q = A\,V$ ..... (2)

Substituímos en 1 y obtenemos:

$$Q = \frac{1}{n} A\, r^{2/3}\, s^{1/2} \quad \ldots\ldots (3)$$

Siendo Q la capacidad del canal, en metros cúbicos por Seg. y A el área de la sección transversal del canal, en metros - cuadrados.

Valores de "n" dados por Horton, para ser empleados en la fórmula de Manning:

Canales y Zanjas.	Condiciones de las paredes		
En Tierra, alineadas y uniformes.	0.020	0.0225	0.025 ^
En roca, lisos y uniformes	0.030	0.033 ^	0.035
Sinuosos y de escurrimiento lentos	0.025 ^	0.0275	0.030
Dragados en tierra.....	0.0275	0.030 ^	0.033
Con lecho pedregoso y bordes de - tierra enhierbados.....	0.030	0.035 ^	0.040
Fondo (plantilla) de tierra, taludes ásperos.....	0.030 ^	0.033	0.035

(^) Valores comúnmente empleados al proyectar.

La secuela a seguir en la resolución de la fórmula es la siguiente:

a).- Se selecciona el coeficiente "n" de acuerdo con las condiciones en que se considere que va a quedar el canal.

b).- Se escoge el desnivel (s) que se crea debe dársele al canal.

c).- Se escogen las demás dimensiones (anchura, profundidades y taludes) que se suponga son adecuados para transportar el gasto Q.

d).- Se calcula el área transversal usando la fórmula:

$$A = d\,(B + dz)$$

e).- Se calcula el perímetro mojado con la fórmula:

$$p = B + 3.6\,d.$$

f).- Se determina el radio hidráulico. Para esto se divide el área de la sección transversal del canal entre el perímetro mojado:

$$\frac{A}{p} = r$$

g).- Se eleva el radio así determinado a la potencia 2/3.

h).- Se eleva a la potencia 1/2 (o sea se le extrae la raíz cuadrada)el desnivel (s) que se seleccionó.

i).- Con estos datos se reemplazan todas las letras de la fórmula de Manning.

Debe encontrarse una velocidad igual ó ligeramente inferior a la velocidad máxima segura.

Ejemplo del Cálculo de Un Canal.

Se utilizan los datos del tramo 0 + 000 al K. 4 + 740, que es donde cambia la sección del canal, según puede observarse en la Gráfica de Areas y Capacidades. La pendiente (s) dada al canal es de 0.70 M/Km. (0.0007).

El coeficiente de rugosidad (n) empleado al proyectar, fué de 0.035 (véase la Tabla de Datos Hidráulicos para Canales).

Canal Tipo VI.

Los datos conocidos son:

Q = 4.50 M3/Seg.

B = 2.00 M.

n = 0.035

s = 0.0007 Mts/m.

Talud = 1.5:1

Para resolver el problema se procede por tanteos, suponiendo primero un tirante d al cual corresponden una área A y un radio hidráulico r; si estos elementos se sustituyen en la Fórmula Manning, en la cual se han pasado al primer miembro los valores conocidos: Q, s y n, quedando en el segundo A y r; si los valores obtenidos no checan, se procederá a hacer otro tanteo con otro valor d, supuesto, y así sucesivamente, hasta encontrar dos valores prácticamente iguales.

Primera Tentativa.

d = 1.60 Mts.

$A = d(B + dz)$ $\quad z = \frac{1.50}{1} = 1.50$

$A = 1.60\ (2.00 + 1.60 \times 1.50) = 7.04\ M^2.$

$p = B + 3.6\ d$

$p = 2.00 + 3.6 \times 1.60 = 7.76$ M.

$r = \frac{A}{p} = \frac{7.04}{7.76} = 0.907$ M.

$r^{2/3} = 0.939$

$s^{1/2} = 0.026$

En la fórmula de Manning:

$Q = \frac{1}{n} A r^{2/3} s^{1/2} \quad \therefore \quad \frac{Q n}{s^{1/2}} = A r^{2/3}$

Se tiene que:

$$\frac{Qn}{s^{\frac{1}{2}}} = \frac{4.50 \times 0.035}{0.026} = 6.075 \text{ y}$$

$$Ar^{2/3} = 7.04 \times 0.939 = 6.61$$

Es necesario hacer otra tentativa reduciendo el tirante d a 1.54 Mts.

d = 1.54 Mts.

$A = 1.54 (2.00 + 1.54 \times 1.50) = 6.64 M^2.$

$p = 2.00 + 3.6 \times 1.54 = 7.54$ Mts.

$$r = \frac{A}{p} = \frac{6.64}{7.54} = 0.880$$

$$r^{2/3} = 0.918$$

$$s^{1/2} = 0.026$$

$$\frac{Qn}{s^{\frac{1}{2}}} = \frac{4.50 \times 0.035}{0.026} = 6.075$$

$$Ar^{2/3} = 6.64 \times 0.918 = 6.095$$

Calculando la velocidad del agua en las fórmulas de Manning, y continuidad se obtiene V = 0.68 M/Seg. que está dentro de la máxima segura.

Para ordenar mejor el cálculo, se puede utilizar la siguiente tabla.

Tentativas	d	A	p	r	$r^{2/3}$	$Ar^{2/3}$	$\frac{Qn}{s^{\frac{1}{2}}}$
1a.	1.60	7.04	7.76	0.907	0.939	6.61	6.075
2a.	1.54	6.64	7.54	0.880	0.918	6.095	6.075

Por lo tanto los datos hidráulicos para este canal son:

Q = Gasto = 4.500 M3/Seg.
B = Ancho en plantilla = 2.00 Mts.
d = Tirante = 1.54 Mts.
e = Altura del bordo libre = 0.66 Mts.
h = Altura del bordo = 2.20 Mts.
c = Ancho en corona = 2.00 mts.
s = 0.0007
n = 0.035.
(Véase la sección tipo de la tabla Datos Hidráulicos para Canales).

Obras de Arte en las Construcciones de los Canales.

Caídas.- En los terrenos de grandes pendientes, (véase perfiles) donde el agua por su velocidad provocaría socava - mientos y arrastres, debe construirse una caída o una serie de caídas, que permitiran pasar de una cota superior a la inmediata inferior.

En las caídas de cierta importancia y que pueda temerse una destrucción del material del fondo del salto, debe construirse una pileta o platea que actúe en forma de colchón. La longitud de esta platea debe ser dos o tres veces la altura de caída del agua.

Sifones.- Estos se utilizan siempre que un canal deba atravesar un camino. Los sifones se construyen con tubería de hormigón o cemento armado, de manera que el agua que transporta el canal deberá pasar íntegramente por ellos. El cálculo del diámetro se ajusta estrictamente a los cálculos establecidos para las tuberías.

Toma-Granja.- Por ellas pasa el agua del canal directamente a las regaderas.

Represa. Se construyen adelante de las tomas para aumentar la carga "d" del canal.

Relación de Algunas Obras que se Tienen que Adaptar en el Canal.Lat.-74.

Estación.	Obra.
0 + 000	Boca-toma
0 + 040	Represa de dos claros de 1.05M.c/u.
0 + 500	Sifón
1 + 235	T.Gr.Izq.y Alc.
1 + 240	Represa de dos claros de 1.05M.c/u
1 + 770	T.Gr.Izq.y Alc.
1 + 780	Represa de dos claros de 1.05M.c/u.
2 + 335	T.Gr.Izq.y Alc.
2 + 340	Represa de dos claros de 1.05M.c/u.
3 + 447	T.Gr.Izq. y Alc.
3 + 450	Represa de dos claros de 1.05M.c/u.
3 + 917	Caída Represa
4 + 020	Caída
4 + 090	Toma S.Lat.Izq. 74-1
4 + 156	Caída
4 + 256	Caída
4 + 400	Caída
4 + 516	Caída Represa
4 + 506	T.Gr.Izq. y Alc.
4 + 502	T.Gr.Der.
4 + 664	Caída
4 + 720	Toma S.Lat. Der. 74-2
4 + 720	Toma S.Lat. Izq. 74-3
4 + 740	Represa
	(Cambio de Sección)
4 + 956	Caída
5 + 200	Toma S.Lat. 74-4
	(Cambio de Sección)
6 + 000	Caída
6 + 087	T.Gr.Der.
6 + 090	Represa
6 + 240	Sifón
7 + 095	T.Gr.Izq.
7 + 100	Caída
7 + 120	Caída
7 + 145	T.Gr.Izq.y Alc.
7 + 155	T.Gr.Der.
7 + 160	Caída Represa
7 + 230	Caída

CONCLUSIONES.

1.- Es inútil y antieconómico aplicar más agua que lo estrictamente indispensable para llevar a su capacidad normal de campo la capa de suelo de la cual los cultivos extraen la humedad necesaria.

2.- Es indispensable aplicar el riego en cuanto la humedad del suelo se reduzca al porcentaje de marchita - miento.

3.- Para irrigar 2,894.2 hectáreas se requiere un gasto de 4.051 metros cúbicos por segundo, usando un coe - ficiente de riego de 1.40.

4.- A fín de no quitar todas las tomas sublaterales y las tomas granjas, al ampliar el Canal K - 74, basta levantar los muros de entrada y los vástagos de las com - puertas.

5.- Cuando se terminen los trabajos de ampliación, del Canal K - 74, los cuales estan en vías de ejecución, es te canal podrá conducir el gasto necesario de agua para irrigar las 2,894.2 hectáreas mencionadas.

LITERATURA CITADA.

1.- Behr, R. Hidráulica Agrícola.
Editora Salvat, 1956.

2.- Castillo, C. Drenajes Agrícolas.
Tesis Profesional, Esc. N. de Agric., 1956.

3.- Steck, O. Problemas de Hidráulica Aplicada.

4.- Suárez de Castro, F. Conservación de Suelos.
Editora Salvat, 1956.