

0070

17-1-49

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

MEXICO

**ESTUDIO TOPOGRAFICO E
HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO
DE UN SISTEMA DE RIEGO.**

TESIS

que para obtener el Título de
Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo
presenta el pasante

A D O L F O P O R T A L P O R T A L

M E X I C O

1 9 4 9



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mi madre
Sra. María Portal
con mi eterna gratitud.*

*A mi esposa
Sra. Emma R. de Portal
con mi cariño.*

*A la memoria de
María Allagracia Portal de Ibarra
con agradecimiento por sus
finos propósitos.*

*A mi hermana
Srta. Margarita Portal.*

A mis Maestros.

A mis compañeros y amigos.



ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
Dirección
Núm. 731-536
Exp. Núm. 731/214.2/-

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MÉXICO

Al Pasante señor Adolfo PORTAL PORTAL.
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa me es grato -- transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el señor profesor ingeniero Ricardo Toscano, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero TOPOGRAFICO E HIDROGRAFICO.

"ESTUDIO TOPOGRAFICO E HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO DE UN SISTEMA DE RIEGO."

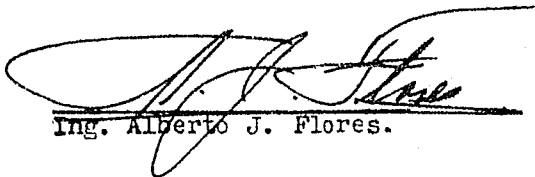
Ruego a usted que tome nota del contenido de la Circular que me permito enviarle adjunta al presente, con el fin de que cumpla con el requisito a que ella alude, indispensable para sustentar su examen profesional.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., a 4 de abril de 1949

EL DIRECTOR



Ing. Alberto J. Flores.

Circular anexa.
A.J.F. Tb. mr.

I N T R O D U C C I O N

Los estudios para el proyecto de un sistema de riego serán en primer lugar, Estudios Económicos y posteriormente, los Estudios Técnicos.

Los Estudios Económicos tienen por objeto conocer la posibilidad de que la inversión monetaria que se haga en la construcción del distrito de riego sea justificada por el incremento de la Agricultura, ya sea abriendo nuevos terrenos al cultivo o mejorando las condiciones de riego de terrenos cuyo regadío no sea muy eficiente.

Para este estudio, es indispensable tener en cuenta muchos factores tales como el conocimiento de los productos agrícolas de la región, que se producen y los que se puedan producir; la demanda de dichos productos en el mercado de la región y en otros mercados; las vías de comunicación con éstos dentro y fuera del país; las poblaciones cercanas al distrito de riego; calidad de las tierras y la extensión probable de la zona de riego; el desarrollo actual y probable de la Agricultura con la construcción del sistema de riego.

Si de estos estudios se llega a la conclusión de que es costeable la inversión que se haga al construir un sistema de riego, se inician los estudios Técnicos.

Los principales estudios técnicos son: Estudios Agrológicos, Estudios Hidrológicos, Estudios Geológicos, Estudios Topográficos

Estudios Agrológicos. - Estos estudios se encargan a los Ingenieros Agrónomos y tienen como fin conocer y clasificar los terrenos del distrito de riego para llegar a las siguientes conclusiones: saber cual o cuales productos es más conveniente cultivar en la región y el procedimiento de cultivo, el abono necesaa--

rio para mejorar las tierras de labor y la conservación de las mismas.

Cuando se ve de acuerdo con la calidad de las tierras que son apropiadas para el cultivo de algún producto que no es conocido por los campesinos de la región será necesario enseñarles el procedimiento de cultivo y cuidado del almacenamiento y empaque del mismo, así como darles a conocer los mercados y -- las demandas que existen.

La clasificación de los suelos se hace de acuerdo con su calidad dividiendolos en terrenos de primera, segunda, tercera y cuarta clase.

Con los resultados de los estudios agrológicos se forma un plano donde se marcan las distintas clases de los terrenos. En este plano se hará de acuerdo con los datos de las poligonales -- trazadas generalmente por procedimientos rápidos que se siguen para localizar los pozos para estudio de las capas de que está formado el suelo.

Al final se deberá tener como dato el total de área de -- los terrenos de primera, segunda y tercera clase y el último -- lugar los terrenos desechables con lo que quedará limitada la zona de riego bajo este aspecto.

Estudios Hidrológicos. -- Del resultado de estos estudios -- se llega a la verdadera limitación del sistema de riego, pues la cantidad de agua con que se cuenta es lo que generalmente -- limita la extensión de los terrenos de riego, luego es necesario conocer lo mejor posible el gasto con que se cuenta para -- lo cual es necesario estudiar el río o arroyo del cual se toma -- rá el agua para el distrito.

Se construirá una estación de aforo con limnigrafo es un lu

gar que esté aguas arriba del sitio de donde se piensa derivar el agua o almacenarla. Del resultado de estos estudios se tendrá por conclusión, si bastará con una presa de derivación o será necesario una presa de almacenamiento, o en caso de hacerse el riego por bombeo, saber la capacidad de la bomba que se necesita.

Lo ideal de estos estudios es principiarlos con mucho tiempo de anticipación para tener los datos más completos posibles de las avenidas máximas y sus temporadas probables, el gasto anual, el máximo y el mínimo, etc.

Salvo muy pocos casos de simple desviación del río casi siempre es necesario la construcción de una presa derivadora o de almacenamiento o la construcción de ambas; luego en los sitios donde se harán dichas construcciones será necesario hacer un estudio Geológico que servirá para definir el tipo de presa que se construirá.

Estos estudios se hacen con máquina perforadora, siguiendo el eje probable de la presa y líneas paralelas a aquel hasta donde sea necesario para conocer donde se encuentra la roca fija, si es que la hay, como en el caso de la Presa del Conejo en el Distrito de riego del Río Guayalejo, donde se encontró a unos cuatro a cinco metros de profundidad o en caso de no existir, o encontrarse a mucha profundidad como en el caso de la Presa de Las Pilas en el Distrito de riego del Río Tehuantepec, donde se encontró la roca fija a mucha profundidad y se construyó la presa de derivación del tipo flotante, es decir, cimentada únicamente en la arena del lecho del río.

Estudios Topográficos.- Estos estudios se hacen para conocer la forma y la configuración de los terrenos. Para estos estudios se seguirán distintos procedimientos de acuerdo con el es

tudio que se desea hacer; y así tenemos:

- I.- Levantamientos para el estudio de cuencas de captación.
- II.- Levantamientos de vasos de almacenamiento y boquillas.
- III.- Levantamiento de terrenos de riego.

El levantamiento de cuencas de captación se hará llevando una poligonal con plancheta o con tránsito y estadía por el parte aguas, con lo que queda definida la forma de la cuenca, y para tener los datos de las zonas cultivadas, zonas con bosques y -- zonas desforestadas, se tomarán radiaciones.

También se hace éste levantamiento por triangulación, situando los vértices en puntos de gran visibilidad sobre el parte aguas o dentro de la cuenca y completando los datos con poligonales con plancheta o tránsito y estadía.

Levantamientos de vasos de almacenamiento y boquillas.- Cuando en el cauce del río que se estudia hay varios vasos probables, se harán primero levantamientos preliminares de cada uno de ellos, para hacer estudios comparativos del costo de la presa que se construirá. Este estudio da a conocer la capacidad del vaso con una aproximación de un 10 a 15% con un levantamiento preliminar.

En los levantamientos preliminares también se toman datos para las probables indemnizaciones; este factor es muy importante en el costo de la obra.

Para estos levantamientos se correrá una poligonal que se inicia en una de las laderas de la boquilla y siguiendo mas o -- menos la curva del embalse máximo, se da la vuelta a todo el vaso hasta llegar al lado opuesto de la ladera de la boquilla y después cerrar la poligonal en el punto de partida. La poligonal

corrida en esta forma se llevará con tránsito y estadia y el control de las elevaciones se hará con nivel montado.

Se trazará otra poligonal siguiendo el cauce del río, fuera de la área de inundación que partirá del sitio de la boquilla y que terminará en el extremo del vaso. Esta poligonal se ligará con la anterior. Los vertices de estas dos poligonales se usarán como puntos de control y servirán de apoyo para las poligonales secundarias que se tracen para localizar los caminos y demás detalles para completar los datos de configuración.

En los levantamientos definitivos se correrán poligonales con cinta y tránsito y se aceptará como bueno un cierre de - - - 1:5000.

En caso de ser el vaso muy extenso, el levantamiento se hará con una triangulación que servirá de apoyo a las poligonales auxiliares para fijar linderos de propiedades de las que se recabarán los nombres de los dueños. También se tomarán en cuenta los poblados que quedan dentro del vaso, haciendo planos por separado y con los detalles que se crean necesarios para las indemnizaciones.

El levantamiento de la boquilla se hará en forma definitiva o sea con poligonales cerradas con cinta y tránsito y nivel montado y configurado con curvas de metro en metro.

Las poligonales serán cerradas y se ligarán unas con otras con una precisión de 1:5000 y con tolerancia angular de - - - $T = a \sqrt{n}$ donde " a " es la aproximación del aparato y " n " el número de lados de la poligonal.

Estudio de Terrenos de riego. Este estudio tiene por objeto formar un plano topográfico en el que por medio de signos convencionales se muestre la configuración o relieve del terreno, según los accidentes topográficos naturales como alturas o depresiones, zanjas, arroyos, zonas boscosas, etc., así como los cambios físicos del terreno ejecutados por el hombre como caminos, poblados, vías de comunicaciones férreas, etc.

El estudio topográfico de terrenos en los que se trata de establecer un sistema de riego, se puede hacer por varios procedimientos; por ejemplo: por medio de una triangulación y apoyando en sus lados poligonales auxiliares para completar el levantamiento topográfico de la zona; también se puede hacer el estudio únicamente por medio de poligonales ligadas entre sí y que sirvan de apoyo a los trabajos de configuración, ya sea que ésta se haga con plancheta o con tránsito. En estos dos procedimientos el trabajo está sujeto a criterio del Ingeniero Topógrafo que ejecuta o dirige el trabajo y por lo tanto, no es un procedimiento que se pueda sistematizar para seguir una misma secuela en otros estudios topográficos de la misma índole, lo que por consiguiente no deja lugar a que se haga uniforme el trabajo y sea fácil continuar el estudio que haya principiado otra persona.

El procedimiento de cuadrícula para el estudio de terrenos con fines de irrigación, es en realidad un caso particular del segundo procedimiento de los expuestos anteriormente, en el cual las poligonales son en forma de cuadrados y de longitud de lados fija; esto permite seguir un mismo sistema en el desarrollo de las distintas labores, dando como resultado más rapidez en el trabajo y por lo tanto, mayor economía, en primer lugar; en segundo

lugar es más fácil darse cuenta del avance del trabajo así como interpretar rápidamente un plano una vez terminado. Otra ventaja del procedimiento de cuadrícula es que al terminar el levantamiento topográfico se tiene la zona dividida en cuadros de un kilómetro por lado, con monumento acotados en cada uno de los - vertices de los cuadrados y al hacer la planeación de la red de canales se puede fácilmente ir dividiendo la zona en lotes de - 25, 50 o 100 has., según las necesidades y facilita por lo tanto determinar el gasto de cada canal según el área que va a regar.

En algunos casos es necesario trazar algunas poligonales - auxiliares que se apoyan en lados de la cuadrícula; estas poligonales se trazan por ejemplo para seguir algún camino o arroyo del que se quiera tener bastantes detalles; también se trazan - estas poligonales en los casos en que no pudiéndose trazar un - cuadro completo, se desea tener una línea de apoyo para los trabajos de topografía.

Estas poligonales pueden salir del lado de un cuadro y cerrar en el lado de otro, pues como todos los cuadros están ligados entre sí, se evita el tener que regresar para hacer el cierre de la poligonal auxiliar.

Los trabajos que se ejecutan en el levantamiento de terrenos de riego por el procedimiento de cuadrícula, son los siguientes:

1o. Reconocimiento del terreno de una manera rápida, ya sea en avión o en automóvil para la elección del origen.

2o. Orientación de una línea que parta del origen hacia una dirección cualquiera, para que sirva de apoyo para trazar la línea Norte-Sur, que pasa por el origen,

- 3o. Trazo de la cuadrícula.
- 4o. Nivelación de la cuadrícula.

5o. Levantamiento de detalles de configuración.

Estudios Hidrológicos.- Los estudios Hidrológicos que se hacen para el proyecto de un sistema de riego, tienen por objeto conocer el gasto de la corriente de agua que se utilizará para el uso del sistema, ya sea un río o algún canal. El caso más general es el estudio de un río y es el que se tratará en seguida.

Para hacer el estudio hidrológico de un río, se construyen estaciones de aforo en las que se practican observaciones para medir la velocidad de las corrientes y como la sección transversal de la corriente es conocida y perfectamente definida en ese lugar, se puede conocer el gasto por medio de la fórmula $Q = A V$.

Las estaciones de aforo deben tener los siguientes requisitos o por lo menos deben tener los más posibles:

- 1o. Que sean accesibles con facilidad.
- 2o. Que el tramo de aforo sea recto y que sea capaz de contener las avenidas máximas y que la corriente no divague.
- 3o. Que la velocidad máxima de escurrimiento no sea superior a 6m/s.
- 4o. Que el limnógrafo y la escala puedan registrar los máximos tirantes.
- 5o. Si se utiliza para la práctica de aforos un puente de ferrocarril o de caminos, no debe haber turbulencias que dificulten la medida de la velocidad y de la área.

Este último requisito obliga por lo general a construir una estación de aforo con caseta para el limnógrafo y torres para detener el cable vía donde correrá la canastilla para que el aforador

pueda medir la velocidad de la corriente con el molinete.

Determinación de la velocidad y del gasto en las corrientes naturales.- Lo más generalmente usado para determinar la velocidad de una corriente, es el molinete, que colocado en diferentes puntos de la sección transversal de la corriente, permite conocer las diferentes velocidades en cada tramo de la sección.

El perfil de la sección se levantará por medio de sondeos y de una nivelación. Conociendo la altura de la superficie libre del agua, se conocerá exactamente el área de la vena líquida en el sitio de aforo.

Medida de la Velocidad.- En la sección transversal de una corriente no se encuentra la misma velocidad en todos los puntos debido al efecto del rozamiento del agua con el fondo y las paredes laterales y en menor grado con la atmósfera.

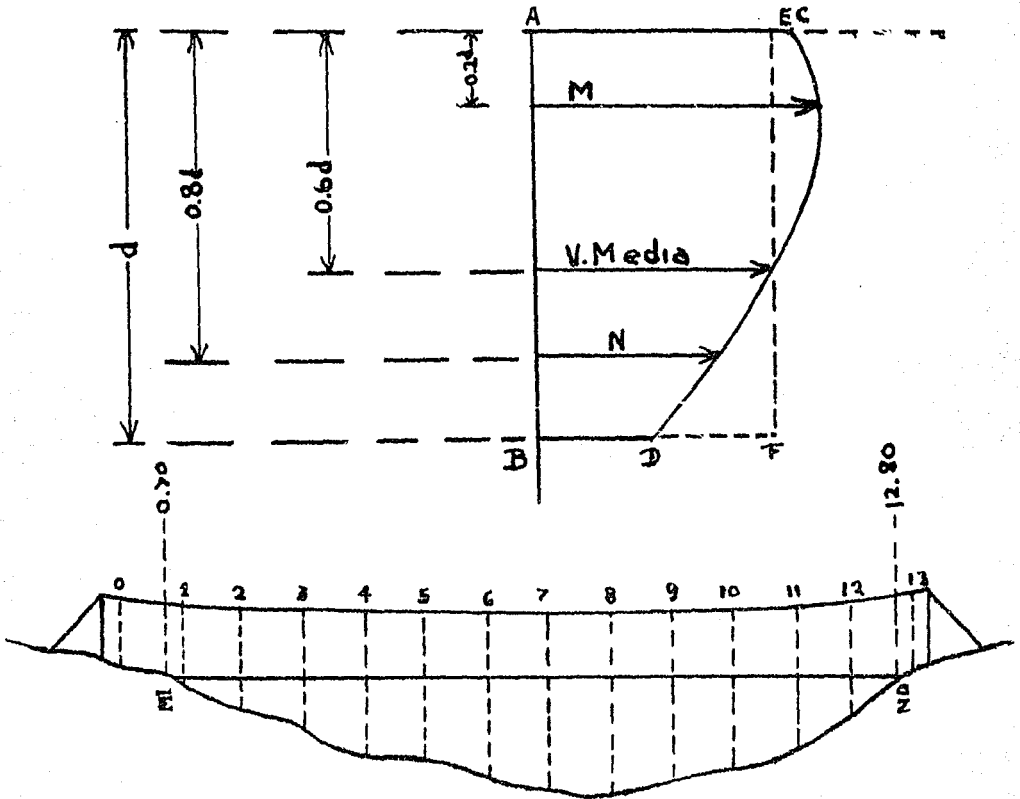
Así se ve que a medida que se va sumergiendo el molinete, va aumentando la velocidad hasta llegar a un punto máximo y luego disminuye hasta llegar a un mínimo en el fondo.

Dibujando a escala estas distintas velocidades, se obtiene aproximadamente una parábola cuyo vértice corresponde a la velocidad máxima a $0.2d$ ó sea la quinta parte del tirante contado a partir de la superficie libre del agua.

La velocidad media se encuentra aproximadamente a $0.6d$ a contar de la superficie del agua y es más o menos el 80 a 90% de la velocidad superficial. El valor más aproximado de la velocidad media se obtiene promediando las velocidades obtenidas al hacer las observaciones a 0.2 y a 0.8 del tirante. Cuando por motivo de una corriente con alta velocidad no es posible hacerse estas dos lecturas por dificultarse la operación, se hará una observación en -

la superficie y la velocidad así obtenida se multiplicará por 0.85 que es el promedio de 0.8 y 0.9 para tener la velocidad media.

En la figura se ve que se considera en ese punto la velocidad media porque el área del rectángulo A B E F es igual al área - - A C D B



SECCION DE CONTROL DE UNA ESTACION DE AFOROS.

Los aforos con molinete se harán en una sección estudiada - que se llama sección de control.

La velocidad de rotación de las aspas o copas del molinete es directamente proporcional, a la velocidad de la corriente. El número de revoluciones de las aspas del molinete en el tiempo

de observación es transmitido al aforador por mecanismos mecánicos o eléctricos del mismo aparato y son contadas por el operador en un determinado tiempo medido con un cronógrafo. Con estos datos se obtiene la velocidad de la corriente en unas tablas que acompañan a cada molinete teniendo así la velocidad de la corriente en metros por segundo, de cada tramo.

Mientras más tramos tenga la sección de control, serán más exactos los resultados que se obtengan.

Los promedios de las velocidades medidas en dos verticales consecutivas que son las que limitan a cada tramo, se multiplican por el área entre las mismas dos verticales, y así se obtiene el gasto en ese tramo. Sumando los gastos parciales, se obtiene el gasto total de la corriente. Esto es:

$$q = \frac{V_n + V_{n+1}}{2} S_{(n, n+1)} \text{ DE DONDE } Q = \frac{\sum V_n + V_{n+1}}{2} S_{(n, n+1)}$$

Cuando la presa que se construirá para el distrito de riego sea una presa de almacenamiento será necesario hacer otros estudios hidrológicos para conocer la precipitación pluvial dentro de la cuenca de captación; la evaporación, la temperatura y el acarreo de azolves de la corriente; luego será necesario instalar una estación climatológica con aparatos especiales que aportarán los datos necesarios para calcular el tiempo que tardará en llenarse la presa y las pérdidas debido a la evaporación.

Con las muestras de agua que se tomen de la corriente, se conocerá la cantidad de azolve que llegará a la presa y se podrá calcular el tiempo que tardaría en azolverse y las medidas que deberán tomarse para contrarrestar este efecto lo más posible para darle a la presa mayor tiempo de utilidad.

- CAPITULO I -

Estudio de terrenos de riego por el método de Cuadrícula.

Elección del Origen. - Como en este procedimiento lo que se hace en el campo es trazar un sistema de ejes coordenados, la elección del origen es de mucha importancia lo mismo que los ejes que deberán seguir las líneas Norte-Sur y Este-Oeste. Por lo tanto se buscará que el origen quede situado de tal manera que ninguno de los ejes crucen poblados o accidentes del terreno que traigan consigo la dificultad en el alineamiento de dichos ejes.

Deberá procurarse que el origen quede aproximadamente en la parte central de la zona por estudiar, con objeto de que los últimos cuadros no queden muy distantes del origen.

Se deberá elegir de tal manera el origen que se pueda llegar a él fácilmente o sea que quede cerca de algún camino y localizado sobre algún lugar notable del terreno, por ejemplo una pequeña loma, para tener mayor visibilidad y de ser posible que se pueda ver la torre de alguna iglesia o algún punto que sirva para tener mayores detalles de su localización.

Una vez elegido el punto que reúna todos estos requisitos o por lo menos los más posibles, se colocará un monumento de concreto con una varilla de $\frac{3}{4}$ de pulgada con un punto en el centro para centrar posteriormente el tránsito en ese punto. Además el monumento tendrá una placa de cobre para marcar las coordenadas del punto y su elevación que en este caso sería $X = 0 + 000$ y $Y = 0 + 000$; Z igual con la cota de la punta de la varilla referida al nivel del mar.

Orientación en el origen. - Una vez fijado el origen se desmontarán unos 10 metros al rededor del punto y se abrirá una brecha -

con un rumbo aproximado de 45° N E 6 N W de unos 200 metros de -- largo mas o menos, sin que sea necesario medir esta línea.

En el extremo de ella, se colocará otro monumento de concreto, - también con placa y varilla con punto en el centro como en el o rigen, pero puede ser de menores dimensiones.

Esta línea se deberá orientar por cualquiera de los métodos e conocidos, por ejemplo el de la polar y una estrella auxiliar.

Siguiendo el orden del trabajo en el campo expongo a conti- nuación el procedimiento de orientación por la polar y una estre- lla auxiliar usando como ejemplo una orientación hecha en el pro- yecto del Río Sinaloa.

Como se verá por el registro, se hicieron cuatro series de observaciones en posición directa y otras cuatro series en posi- ción inversa, lo que da ocho series con lo que se puede obtener un promedio que nos da un resultado bastante satisfactorio.

Procedimiento de campo para la orientación.- Es necesario - que el parato esté en las mejores condiciones de ajuste posible pero como en algunas ocasiones por motivo de los largos recorri- dos puede en el camino sufrir algún pequeño desajuste, se reco- mienda hacer las observaciones en posición directa e inversa pa- ra después promediar los resultados.

1o. Se centra y nivela el parato en un extremo de la línea que se va a orientar; en el caso de los primeros trabajos para - el trazo de cuadrícula se centrará el aparato en el origen.

2o. Se pone el índice del vernier en coincidencia con el - cero de la graduación y en caso de que el aparato tenga dos ver- nieres se checará haciendo la lectura en el vernier opuesto que marcará 180° .

3o. Moviendo el tránsito con el movimiento general se dirige una visual al otro extremo de la línea que se va a orientar, - procurando bisectar la baliza en la parte más baja y de ser posible en el regatón. Para estos trabajos da muy buen resultado pintar las balizas totalmente de color blanco y si el balicero tiene ropa de color obscuro, destacará claramente la baliza lo que hará mas fácil su observación. Da también muy buen resultado iluminar la baliza con un reflector de automóvil, por ejemplo conectado a una batería para evitar dificultades que trae consigo la iluminación con hogueras o con lámparas que dan poca luz.

4o. Con el movimiento particular se gira el aparato para dirigir una visual hacia la estrella auxiliar que en nuestro caso - fué Mizar de la Osa Mayor y se anota el tiempo en horas minutos - segundos en que se haga la bisección de la estrella. Para esta - operación son necesarias tres personas; una efectuando las obser- vaciones, otra llevando el tiempo y el registro y otra alumbrando con una pequeña lámpara eléctrica de mano los hilos de la retícu- la. Es preferible iniciar las operaciones en minutos cerrados pa- ra no llevar durante todo el trabajo segundos que solo traerían - algunas complicaciones. Así es que faltando 10 segundos para el minuto y ya listo el observador, la persona que lleva el tiempo - principiará contando en voz alta segundo por segundo hasta llegar al minuto donde dará el " Top "; mientras tanto, el observador -- irá siguiendo la estrella con la intersección de los hilos de la retícula moviendo los tornillos del movimiento particular del cir- culo oriental y del círculo vertical; en el momento en que oiga - el " Top ", deberá tener bien centrada la estrella e inmediata--

mente dejará de mover los tornillos.

5o. Se toman las lecturas del círculo horizontal y vertical

6o. Se sigue observando la misma estrella cada cinco minutos tres veces más y después se dirige la visual a la Polar moviendo el tránsito con el movimiento particular, para hacer la bisección exactamente 21 minutos después de que se hizo la primera observación de la Mizar, pues para el año de 1940 el intervalo era de 21 minutos; se sigue observando la polar cada cinco minutos con lo que se irán completando cada una de las series de observaciones.

7o. Una vez hecha la última observación se dirige el anteojo al extremo opuesto a la línea orientada aflojando el tornillo del movimiento particular y se hará la lectura que deberá ser igual a $0^{\circ}-00'$ si el aparato no se ha movido.

En seguida se invierte el aparato y se procederá en la misma forma para tener otras cuatro series de observaciones en posición inversa como se verá en el registro siguiente.

Cálculo de la Orientación.- Se calcula cada una de las series independientemente por medio de la fórmula $U = M N$.

Donde $M = \text{Sec. } A \cos A' \text{ sen } \beta$

$A =$ Altura de la Polar. $A' =$ Altura de la estrella auxiliar.

$\beta =$ Angulo Polar Mizar. $Z =$ Angulo Polar Señal.

$U =$ Azimut de la Polar. $N =$ Factor tomado de las tablas.

Es muy importante hacer un croquis para no tener confusiones al determinar el Azimut de la línea orientada conociendo el Azimut de la Polar, que será positivo cuando Mizar se encuentre al Oeste de la Polar.

A continuación se encuentra el registro de campo y el proce-

dimiento del cálculo.

Registro de orientación con la Polar y Mizar.

Proyecto del río Sinaloa.

Estación N - 10 E - 20.

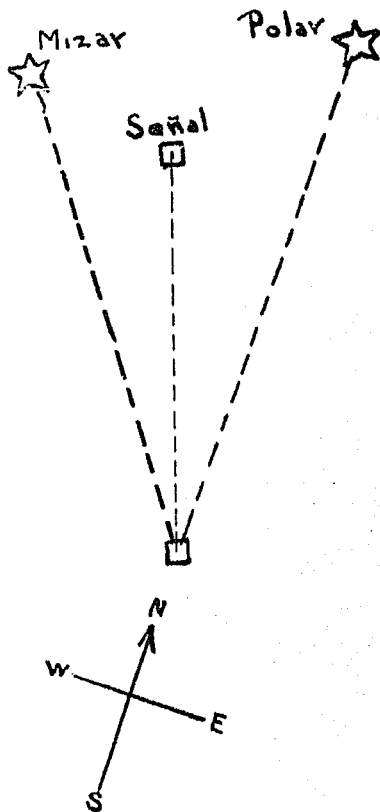
Línea orientada Est. N 10 - E 20 a mohonera auxiliar.

Rumbo Magnético de la línea orientada N 38 $\frac{1}{2}$ W.

Operador A. Portal. Aparato K E 639 39 de 1'
Fecha: 2 de Mayo de 1940.

Posición directa.

ESTACION	P. V.	C. H.	C. V.	TIEMPO		NOTAS.
				H	M	
	Señal	00-00'	Ω			
	Mizar	358-17	27-16	3-40		
	Polar	38-21	25-27	4-01		
	Mizar	358-21	26-45	3-45		
	Polar	38-21	25-28	4-06		
	Mizar	358-29	26-01	3-50		
	Polar	38-21	25-29	4-11		
	Mizar	358-36	25-18	3-55		
	Polar	38-21	25-32	4-16		
	Señal	00-00				
	Señal	<u>POSICION INVERSA</u>				
	Mizar	359-40	20-44	4-28		
	Polar	38-21	25-41	4-49		
	Mizar	359-52	20-04	4-33		
	Polar	38-21	25-42	4-54		
	Mizar	00-06	19-21	4-38		
	Polar	38-21	25-43	4-59		
	Mizar	00-19	18-41	4-43		
	Polar	38-21	25-44	5-04		
	Señal	00-00				



Intervalo = 21 minutos

Cálculo del Azimut por observaciones de la Polar y Mizar
 Proyecto del Río Sinaloa. Fecha: 15 de julio de 1940.
 Línea orientada N 10 - E 20 a monumento auxiliar Rumbo de la línea orientada N 38 - $\frac{1}{2}$ W
 Observó y Calculó A. PORTAL. Fórmula $U = M N = \text{Sec. a} \cos A' \text{ Sen B}$

	POSICION DIRECTA				POSICION INVERSA			
	1a. serie o '	2a. serie o '	3a. serie o '	4a. serie o '	1a. serie o '	2a. serie o '	3a. serie o '	4a. serie o '
A = Altura de la Blar	25-27	25-28	25-29 $\frac{1}{2}$	25-32	25-41	25-42	25-43	25-44 $\frac{1}{2}$
A' = Altura de la Mizar	27-26	26-45	26-01	25-18	20-44	20-04	19-21	18-41
Z = Ang. Polar Señal	38-21	38-21	38-21	38-21	38-21	38-21	38-21	38-21
= Ang. Polar Mizar	40-04	40-00	39-52	39-45	38-41	38-29	38-15	38-02
Log. Sec A	0.044330	0.044390	0.044480	0.044360	0.045180	0.045240	0.045300	0.045390
Log. cos A'	9.948192	9.950841	9.953599	9.956208	9.970922	9.972802	9.974748	9.976489
Log. sen	9.808669	9.808067	9.806860	9.805799	9.795891	9.795991	9.791757	9.789665
Log. M	9.801191	9.803298	9.804939	9.806637	9.811993	9.812033	9.811805	9.811544
Log. N	2.019000	2.019000	2.019000	2.019000	2.019000	2.019000	2.019000	2.019000
Log. U	1.820191	1.822298	1.823939	1.825637	1.830993	1.831033	1.830805	1.830544
U	41-06-06	41-06-25	41-06-40	41-06-56	41-07-46	41-07-46	41-07-44	41-07-42
Rumbo de la línea	37-14-54	37-14-35	37-14-20	37-14-04	37-13-14	37-13-14	37-13-16	37-13-18
Promedio Parcial	37-- 14-- 28				37-- 13-- 15			
Promedio Final	N 37--				13 -- 51 W			

Trazo de la Cuadrícula.-- Teniendo la línea orientada que -- parte del origen es necesario apoyarse en ella para establecer el ángulo con que debe trazarse el Meridiano Principal o sea el Meridiano astronómico que pasa por el origen. Continuando con el ejemplo se obtuvo para la línea orientada un rumbo astronómico de -- $N 37^{\circ} - 13' - 51'' W$ luego es necesario trazar un ángulo partiendo de la línea orientada hacia el Norte de $37^{\circ} - 13' - 51''$.

Como el aparato con que contamos es de $1'$ para poder trazar -- el ángulo con aproximación al segundo se procederá en la siguiente forma.

Se centra y nivela el aparato en el origen y con el índice del vernier en coincidencia con el cero del círculo horizontal se dirige una visual al extremo opuesto de la línea orientada; se afloja -- el movimiento particular y se hace girar el aparato hacia el Norte en este caso, de tal modo que la lectura del círculo horizontal sea de $37^{\circ} - 14'$ que es lo que más se aproxima a $37^{\circ} - 13' - 51''$ con esta dirección se abre una brecha de poco más de 500 metros partiendo del origen; se miden exactamente 500 metros poniendo estacas chicas con sus respectivos testigos de cadenamamiento, cada 50 metros; al llegar a los 500 metros se pone una estaca grande y se marca sobre ella una línea perpendicular al trazo marcando exactamente los 500 metros y sobre esta línea se pone un punto con la dirección de $37^{\circ} - 14'$. En seguida se mide el ángulo establecido en esta forma tres veces en posición directa y tres veces en posición inversa; en esta forma se obtiene un valor más -- aproximado del ángulo, que se tiene que corregir la diferencia que tenga en segundos. Supongamos que el ángulo nos dió un valor de -- $37^{\circ} - 14' - 10''$ como el ángulo que se desea establecer es de --

$37^{\circ} - 13' - 51''$ la diferencia es de 21 segundos; se busca la tan gente natural de $21''$ y se multiplica por la distancia a la que se va a establecer el ángulo y con el resultado que se obtiene se hace la corrección del punto marcado. Como en nuestro caso es mayor el ángulo medido que el que se desea establecer la corrección se hará del lado de la línea orientada, esto es: Tangente Natural del $21'' = 0.000\ 101\ 850$

$0.000\ 101\ 850 \times 500 = 0.050725000$ ó sea 5 cm a la izquierda del punto fijado.

En esta forma se tiene el principio del meridiano principal el cual se prolongará hacia el Norte y hacia el Sur y quedando en esta forma establecida la línea Norte-Sur que pasa por el origen que deberá servir de base para toda la cuadrícula.

Trazo del Paralelo Base.— El paralelo base se traza apoyándose en el Meridiano Principal estableciendo en el origen un ángulo de $90^{\circ} - 00' - 00''$ en la misma forma descrita anteriormente.

A continuación se encuentra un registro usado al establecer un ángulo de $90^{\circ} - 00' - 00''$ en el Distrito de riego del Río Guayalego en Xicotencatl Tamps., usando una libreta de tránsito.

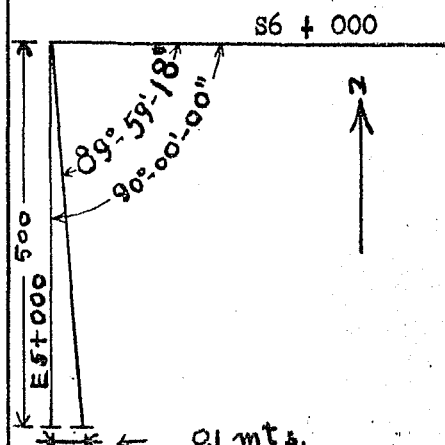
Aunque la distancia a que se establece el ángulo puede ser de cualquier longitud, tiene una ventaja establecer a 500 metros, pues además de que a cada 500 metros debe ponerse estaca con tachuela facilita el cálculo de la corrección, con una tabla de tangentes naturales de uno a sesenta segundos, pues la diferencia angular de $42''$ en el siguiente ejemplo, se la saca la mitad de la cual se busca la tangente natural y dividida esta entre mil, nos da la corrección en metros lo que evita hacer operaciones en el campo. Haciendo las operaciones antes dichas, tenemos $\frac{42}{2} = 21$

Tag. Mat. de 21" = 0.000101850 ; $\frac{0.000101850}{1000} = 0.1$ Mts.

Que es el valor de la corrección

MODELO DE REGISTRO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL ANGULO EN EL TRAZO DE CUADRICUIA.

EST.	P. V.	VER. A.	VER. B.	A	B	N O T A S
		POSICION DIRECTA				
S6-E5	S-6	0-00				Distrito de Riego Río Guayalejo Operador A. Portal.
	E-5	90-00		90-00		Fecha
	S-6	90-00				Aparato N ^o . de 1'
	E-5	180-00		90-00		Con un solo vernier
	S-6	180-00				Establecimiento del ángulo de
	E-5	269-58		89-58		90°-00'00" en la estación
	S-6	269-58				S6-E5 Para el Trazo del para-
	E-5	359-57		89-59		lelo ES
	S-6	359-57				
	E-5	89-57		90-00		
	POSICION INVERSA					
S6-E5	S-6	180-00				
	E-5	270-00		90-00		
	S-6	270-00				
	E-5	359-59		89-59		
	S-6	359-59				
	E-5	89-58		89-59		
	S-6	89-58				
	E-5	79-59		89-59		Tag. 42" = 0.000203700
	S-6	179-59				Tag. 42" x 500 = 0.10 Mts.
	E-5	269-56		89-59		Corrección al Oeste.



Pos. Dir. $\frac{449-57}{5} = 89^{\circ}-59'-24''$

Promedio $89^{\circ}-59'-18''$

Pos. Inv. $\frac{449-56}{5} = 89^{\circ}-59'-12''$

Diferencia 42"

En los casos en que la corrección angular sea mayor de un -
minuto, se sumará a la tangente de los segundos, la tangente del
minuto o minutos que sea necesario. Por ejemplo, si la diferen-
cia es de $0^{\circ}-01'-24''$ se hacen las siguientes operaciones:

$$\text{Tag. Nat. de } 1' = 0.000291$$

$$\text{Tag. Nat. de } 24'' = \underline{0.000116400}$$

$$\text{Sumando} \qquad \qquad \qquad 0.000407400$$

Multiplicado por 500 será el valor de la corrección,
ó sea $0.000407400 \times 500 = 0.20$ Mts.

También se puede calcular la corrección como sigue:

$$1' + 24'' = 84'' \qquad \frac{84''}{2} = 42''$$

$$\text{Tan. Nat de } 42'' = 0.000203700$$

Dividiendo este valor entre 1000 tenemos el valor de la
corrección en metros, ó sea: corrección = 0.203 Mts.

TABLA DE TANGENTES

NATURALES DE 1" a 60"

1"	0.000 004 850	21"	0.000 101 850	41"	0.000 198 850
2"	0.000 009 700	22"	0.000 106 700	42"	0.000 203 700
3"	0.000 014 550	23"	0.000 111 550	43"	0.000 208 550
4"	0.000 019 400	24"	0.000 116 400	44"	0.000 213 400
5"	0.000 024 250	25"	0.000 121 250	45"	0.000 218 250
6"	0.000 029 100	26"	0.000 126 100	46"	0.000 223 100
7"	0.000 033 950	27"	0.000 130 950	47"	0.000 227 950
8"	0.000 038 800	28"	0.000 135 800	48"	0.000 232 800
9"	0.000 043 650	29"	0.000 140 650	49"	0.000 237 650
10"	0.000 048 500	30"	0.000 145 500	50"	0.000 242 500
11"	0.000 053 350	31"	0.000 150 350	51"	0.000 247 350
12"	0.000 058 200	32"	0.000 155 200	52"	0.000 252 200
13"	0.000 063 050	33"	0.000 160 050	53"	0.000 257 050
14"	0.000 067 900	34"	0.000 164 400	54"	0.000 261 900
15"	0.000 072 750	35"	0.000 169 750	55"	0.000 266 750
16"	0.000 077 600	36"	0.000 174 600	56"	0.000 271 600
17"	0.000 082 450	37"	0.000 179 450	57"	0.000 267 450
18"	0.000 087 300	38"	0.000 184 300	58"	0.000 281 300
19"	0.000 092 150	39"	0.000 189 150	59"	0.000 286 150
20"	0.000 097 000	40"	0.000 194 000	60"	0.000 291 000

Una vez trazados los primeros 500 metros de cada uno de los ejes de la cuadrícula se prolongará cada uno de ellos en la siguiente forma: Se centra y nivela el tránsito en el extremo de la línea que en nuestro caso sería a los 500 metros del origen; con el aparato en posición directa se dirige la visual hacia atrás para tomar punto en la baliza colocada en el origen; se gira al rededor del eje de alturas para -- marcar a los 500 metros un punto (1); con el anteojo en posición inversa que es como se encuentra en este momento se gira el aparato al rededor del eje azimutal y se visa nuevamente la baliza colocada en el origen; se da otra vez vuelta al aparato al rededor del eje de alturas y se marca otro punto (2) a los 500 metros. Si el aparato está en buenas -- condiciones de ajuste, el punto (2) debería caer exactamente encima del punto (1), pero para esta clase de trabajo se usa por conveniencia un aparato que esté un poco desajustado, el punto (2) queda a un lado del punto (1). En seguida se darán otros dos puntos en la misma forma que se dieron -- el (1) y el (2) que llamaremos (3) y (4). Si todos los puntos se han dado con cuidado y el aparato no se ha movido de -- berán coincidir el punto (1) y el (3) y el (2) con el (4), -- o por lo menos deberán estar muy cercanos uno de otro y del mismo lado. Se toma la mitad de la distancia entre (1) y (2) y se marca un punto (5) y lo mismo se hace con los puntos -- (3) y (4) para marcar un punto (6), para terminar se coloca -- rá la tachuela en el punto medio entre (5) y (6).

Los cambios se dan cada 500 metros pero si el terreno no lo permite y obliga a dar el cambio a distancias más cor

tas, es de todos modos necesario poner estaca con tachuela - cada 500 metros a partir del origen.

Trazo de Cuadros principales. - Midiendo y estacando en esta forma, se trazarán 5 kilómetros del meridiano Principal y 5 kilómetros del paralelo Base, pero para comprobar las medidas de longitud, se cadeneará nuevamente cada uno de los 5 kilómetros con cadeneros distintos y con el objeto de que -- las medidas no caigan en los mismos trompos, se dará el primer cintazo a 25 metros y se seguirá midiendo de 50 en 50 metros pero este cadenamiento se hará en sentido contrario al primero. Si la diferencia entre las dos medidas es menor que la tolerancia dada por la fórmula $T = 0.04 \sqrt{\frac{L}{D}}$ DONDE

T = tolerancia en metros

L = Longitud de la línea en metros

D = Longitud de la cinta.

Resolviendo la fórmula para nuestro caso, se tiene:

$$T = 0.04 \sqrt{\frac{5000}{50}} = 0.04 \sqrt{100} = 0.4 \text{ metros}$$

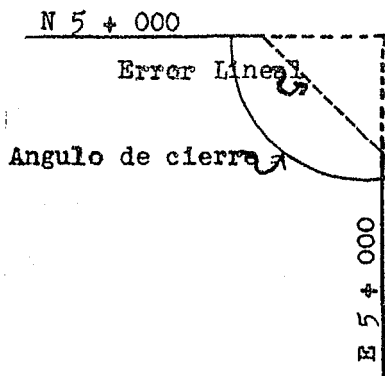
ó sea que 40 centímetros es el máximo error admisible en la medida de una línea de 5000 metros, habiendo usado una cinta de 50 mts.

Cuando la diferencia entre las dos medidas quede dentro de la tolerancia, se acepta como buena la primera medida y apoyándose en este cadenamiento se podrá continuar el trazo y la medida de los ejes de la cuadrícula.

Una vez que se han aceptado las medidas de los primeros 5 kilómetros trazados al Norte y al Este del origen se

establecerán ángulos de $90^{\circ}-00'-00''$ en los extremos de estas dos líneas para cerrar el primer cuadro, por el mismo procedimiento que se explicó anteriormente y se continuará el trazo en la misma forma indicada para los ejes principales de la cuadrícula.

Al terminar los lados de cierre del cuadro como es natural, éste no cerrará exactamente pero para ver si está el error dentro de la tolerancia, se pondrá una estaca con tachuela en la intersección de las dos líneas; se mide el error lineal o sea la distancia entre los dos puntos extremos de los lados de cierre y se mide también el error angular, centrando el tránsito en la tachuela de la intersección de las dos líneas. Para este caso se usará un registro igual al que se usó para establecer el ángulo : es necesario medir el ángulo de cierre tres veces en posición directa y tres veces en posición inversa y para ver si está el trabajo bien hecho deberá quedar dentro de las tolerancias siguientes: $T = \sqrt{P(0.000000013 P) + 0.00003}$ y



$$A = 2 \sqrt{16^2 N + 10^2 n}$$

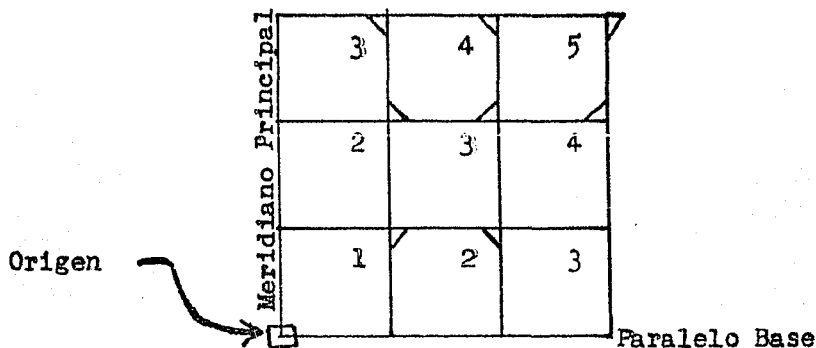
- T = Tolerancia lineal en metros
- P = Perímetro del cuadrado en metros.
- A = Tolerancia angular en segundos.
- N = Número de estaciones en vértices.
- n = Núm. de Est. en Prolong. Alineación.

En caso de quedar los errores dentro de las tolerancias, se toma como bueno el punto de intersección donde se colocará un monumento de concreto con varilla y punto lo mismo que en cada kilómetro de las líneas trazadas y se a-

ceptará definitivamente como bueno el citado punto de intersección, lo mismo que la dirección de los lados.

Por tratarse de un cuadro principal se medirán los lados también una vez más en la misma forma que se midieron los lados sobre el paralelo base y el meridiano principal. Así se continuarán trazando los demás cuadros como se ve en la figura siguiente:

Las tolerancias se pueden calcular previamente teniendo los valores que se muestran en el cuadro siguiente:



RECTANG. O CUADRADO	P PERIMETRO	N	n	TOLERAN- CIA LIN.	TOLERAN- CIA ANG.
1	20 000	4	36	2.41	136"
2	30 000	4	54	3.55	160
3	40 000	4	72	4.69	181
4	50 000	4	90	5.83	200
5	60 000	4	108	6.97	218

Para calcular los valores anteriores se supone que se hacen estaciones de tránsito para alineación cada quinientos metros. Los perímetros se cuentan con los lados de -

los cuadros desde el origen; luego todos tienen dos de sus lados apoyados en los ejes de la cuadrícula.

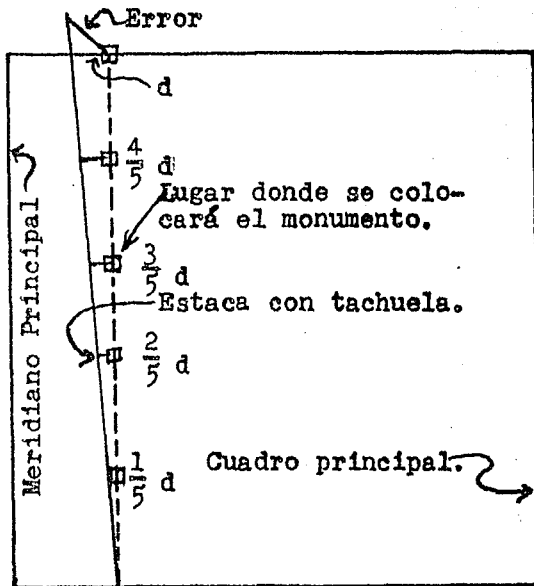
Trazo de Meridianos secundarios.- A partir del paralelo base se trazan meridianos en cada uno de los kilómetros para cerrar en el paralelo norte 5 4 000.

Estos meridianos se miden solamente una vez con cinta de cincuenta metros, dejando estacas con tachuela cada quinientos metros y estacas con testigo de cadenamamiento cada cincuenta metros. El ángulo que se establecerá será de $90^{\circ} - 00' - 00''$ y se procederá en la misma forma que se indicó para estos casos.

Como es natural, al terminar de trazar el meridiano secundario no se llega al punto debido exactamente; luego se medirá el error lineal con que se llega, que deberá ser menor que la tolerancia $T = \sqrt{P(0.000\ 000\ 013P + 0.000\ 03)}$.

En ningún caso se moverá el monumento colocado en el punto donde debería haber llegado el meridiano secundario, pues al haber quedado el cuadro principal dentro de las tolerancias se aceptan todos y cada uno de los puntos del cuadro. Se mide la distancia a que pasa la línea del meridiano secundario del punto a que debería haber llegado para que cuando cambien las estacas con tachuela de los kilómetros por monumentos de concreto, colocar éstos a distancias que sean proporcionales a esa distancia, y a la distancia del paralelo base, con el objeto de que quede una línea recta del monumento de partida al de llegada, como se vé en la figura.

Una vez que se ha terminado de trazar un cuadro o un meridiano secundario, se substituyen las estacas con tachuela de los kilómetros cerrados por monumentos de concreto que se colocarán con todo cuidado, de modo que el punto de la varilla del monumento quede e-



xactamente en el mismo lugar donde se encontraba la tachuela, aunque quede un poco más alto o más bajo.

NIVELACION DE CUADRICULA.

La cota del origen debe estar referida al nivel del mar por lo que será necesario correr una nivelación de ida y vuelta desde algún punto del que se conozca su cota con respecto al nivel del mar, por ejemplo: una estación del ferrocarril o alguna carretera. La cota así determinada en el origen será la que sirva de apoyo a toda la nivelación de la cuadrícula; y para que no se tengan dificultades en caso de que se pierda un monumento por algún motivo, se dejarán dos bancos de nivel cerca del origen aprovechando un árbol bastante fuerte y corpulento en el cual se hará un corte con hacha para poner un clavo de vía de ferrocarril o grapas grandes cruzadas, y con pintura de aceite roja, se indicarán las características del banco. Si se encuentra un

tronco seco pero aún fijo en el suelo, es mejor todavía.

Una vez que se tiene la cota referida al nivel del mar en el origen y que estan colocados todos los monumentos en sus respectivos lugares se procederá a hacer la nivelación del circuito principal, partiendo del origen y recorriendo una nivelación de perfil tomando puntos cada cincuenta metros y haciendo cambios sobre los monumentos que se toquen dejando además un banco de nivel cerca de cada monumento como los que se dejaron en el origen. En la libreta se anotan las referencias y descripción de los bancos lo más detalladamente que sea posible para identificarlos posteriormente en caso de necesitarse. Da muy buenos resultados llevar una doble nivelación, esto es una de perfil en la página izquierda de la libreta y otra diferencial en la página derecha, o sea nada más anotando las lecturas "más" y "menos" de los puntos de liga de la otra nivelación que servirá para descubrir en que kilómetro se ha cometido alguna equivocación. Para aclarar lo anterior, a continuación se expresa el proceso del trabajo. La brigada de nivelación se formará con el siguiente personal: un nivelador con nivel fijo; dos estadaleros con un estadal y dos pijas de $\frac{1}{2}$ " y unos 25 a 30 centímetros de largo y un marro de 6 libras para cada uno, un peón brechero que se encargará de los trabajos necesarios para hacer los bancos de nivel el cual deberá ir provisto de grapas o clavos grandes, un martillo y pintura roja de aceite, un aparatero que se encargará de vigilar el aparato en ausencia del nivelador.

El aparato se coloca a 100 metros del monumento y se hará la lectura del estadal colocado sobre el monumento a proximando hasta el milímetro y se anota en la columna de $\frac{1}{2}$ en la página de la izquierda donde se lleva la nivelación de perfil y también se anotará en la página de la derecha donde se lleva la nivelación diferencial. En seguida se van tomando lecturas junto a cada una de las estacas de cincuenta metros pero colocando el estadal sobre el terreno; estas lecturas se hacen unicamente al centímetro una vez tomadas las lecturas hasta doscientos metros del monumento o sea cien metros para cada lado del aparato, se hará el primer cambio para lo cual el otro estadalero habrá clavado en el terreno una pija cerca de la estaca de doscientos metros que será el punto de liga de la nivelación diferencial y la otra pija la clavará a un lado y será el punto de liga de la nivelación de perfil. Hechas -- las dos lecturas (se tendrá cuidado de leer primero sobre el estadal de la nivelación de perfil para evitar confusiones) se levanta el aparato y se colocará nuevamente a cien metros adelante del último punto tomado, y así se continuará la nivelación hasta llegar al primer monumento de un kilómetro y se hará punto de liga sobre el monumento para las dos nivelaciones. En esta forma se continuará la nivelación hasta cerrar el circuito en el origen.

En la oficina y nunca en el campo se calcularán primero unicamente los desniveles de monumento a monumento -- de cada kilómetro tabulando en una columna los desniveles positivos y la suma de los desniveles negativos; teórica-

mente la diferencia entre estos dos valores debería ser igual a cero pero como es natural, habrá una diferencia que es igual al valor del error. Para que se acepte la nivelación el valor del error, deberá ser menor que la tolerancia que esta dada por la fórmula $T = 12.6 \sqrt{K}$ donde T es la tolerancia en milímetros y K el número de kilómetros de circuito. La tolerancia para el primer cuadro principal de cinco kilómetros por lado será $T = 12.6 \sqrt{20} = 12.6 \times 4.47$ $T = 55$ mm. El valor del error se repartirá proporcionalmente entre todos los desniveles del circuito de manera que la suma de los desniveles positivos sea igual a la suma de los desniveles negativos. Luego partiendo de la cota del origen se calculan las cotas de todos los monumentos tomando los desniveles compensados.

Las cotas de los puntos intermedios se calculan partiendo de las cotas compensadas de cada uno de los monumentos de cada kilómetro.

Nivelación de meridianos secundarios. - Esta nivelación se hará teniendo las mismas precauciones y siguiendo el mismo sistema que en la nivelación del circuito principal. Se parte de un monumento del paralelo base para terminar la nivelación en el punto correspondiente, cinco kilómetros al norte. Para facilidad del trabajo, no se hace necesario partir siempre del paralelo base, pudiendo principiar la nivelación en el paralelo N 5 $\frac{1}{2}$ 000 y terminarla en el paralelo principal. En la oficina se calcularán los desniveles de monumento a monumento y se suman separadamente los desniveles positivos y negativos; la diferencia en-

tre estas dos sumas deberá ser igual a la diferencia entre las cotas del monumento de partida y del monumento de llegada más o menos el error el cual deberá ser menor que la tolerancia dada por la fórmula $T = 12.6 \sqrt{K}$ El valor de K es unicamente el número de kilómetros del meridiano secundario o sea 5 Kmts., luego $T = 12.6 \sqrt{5} = 28$ mm.

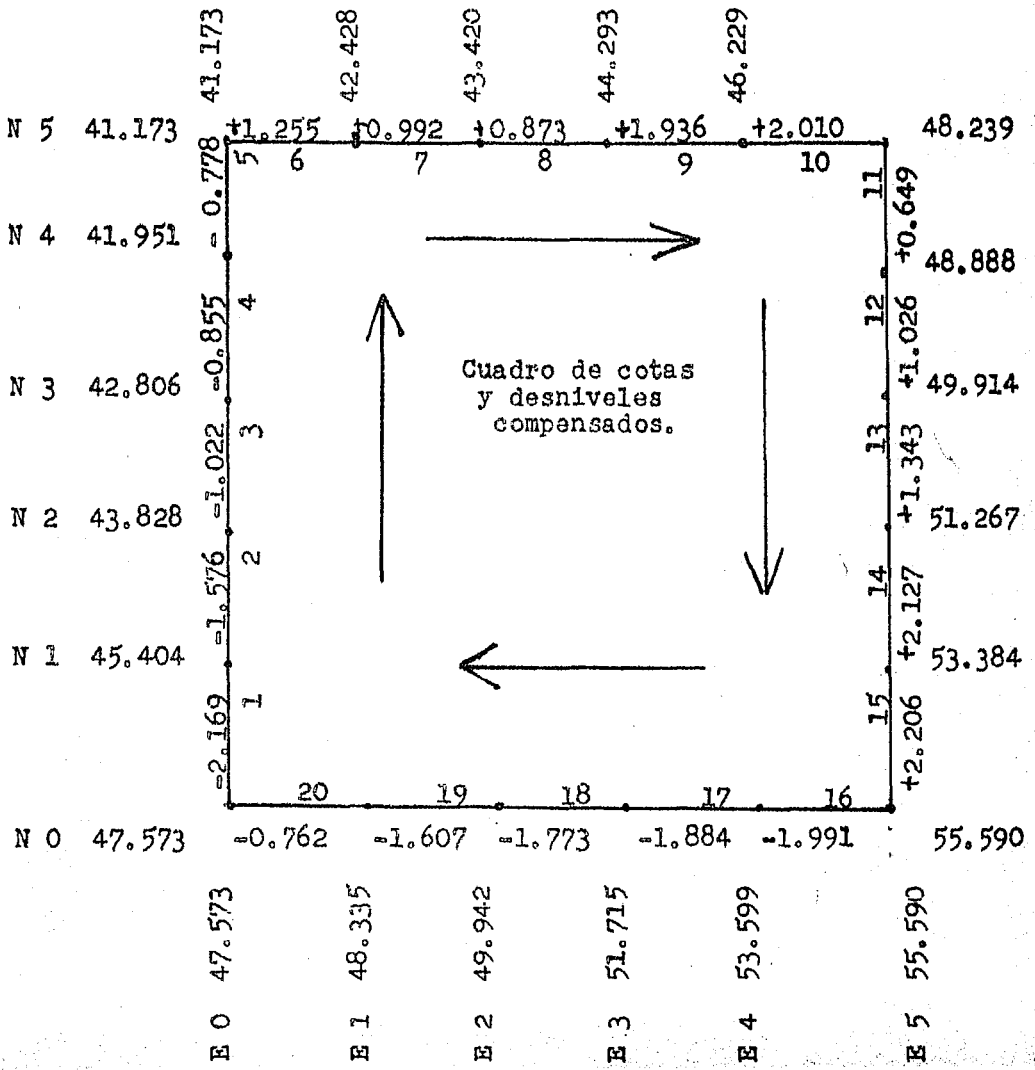
Si el error es menor o igual a la tolerancia se distribuirá proporcionalmente entre los desniveles de cada -- kilómetro para tener los desniveles compensados con los -- cuales se calculan las cotas de los monumentos colocados -- cada kilómetro y que servirán para calcular las cotas in-- termedias.

Para aclarar lo anterior a continuación se muestra un ejemplo de la compensación de una nivelación.

COMPENSACION DE UN CIRCUITO PRINCIPAL

DESNIVELES SIN COMPENSAR				DESNIVELES COMPENSADOS					
POSITIVOS		NEGATIVOS		POSITIVOS			NEGATIVOS		
6	1.254	1	2.172	6	+1	1.255	1	-3	1.169
7	0.991	2	1.578	7	+1	0.992	2	-2	1.576
8	0.872	3	1.023	8	+1	0.873	3	-1	1.022
9	1.933	4	0.856	9	+3	1.936	4	-1	0.855
10	2.007	5	0.779	10	+3	2.010	5	-1	0.778
11	0.648	16	1.994	11	+1	0.649	16	-3	1.991
12	1.025	17	1.887	12	+1	1.026	17	-3	1.884
13	1.342	18	1.775	13	+1	1.343	18	-2	1.773
14	2.124	19	1.608	14	+3	2.127	19	-1	1.607
15	2.203	20	0.763	15	+3	2.206	20	-1	0.762
SUMA	14.399	SUMA	14.435	SUMA	14.417	SUMA	14.417		

ERROR = 36 mm; Tolerancia = $12.6 \sqrt{K}$; K=20 ; T=56mm ; E < T



LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Es conveniente tener todos los monumentos colocados y acotados con las elevaciones compensadas que se calcularon según se indicó anteriormente y tener también la nomenclatura marcada en cada monumento antes de iniciar los trabajos para la configuración.

El levantamiento topográfico se puede hacer con plancheta o con tránsito. La primera se usará cuando el terreno esté despejado de vegetación y el segundo cuando el terreno esté cubierto por monte bastante alto y tupido que dificulta el trabajo con plancheta. El procedimiento que se tratará en el presente trabajo es el ejecutado con tránsito ya que es el que se puede usar en cualquier terreno y el que se usa más por que nuestro país está casi totalmente cubierto por bosques tropicales que hace necesario el uso del tránsito en más ocasiones de las que permiten el uso de plancheta.

Para hacer los trabajos de levantamiento topográfico con tránsito se abrirán brechas de un metro de ancho a cada 250 metros partiendo de los meridianos luego las brechas tendrán una dirección Este-Oeste; para hacer estas brechas no es necesario alinearlas con tránsito totalmente sino que bastará dar uno o dos puntos al principio de las mismas que sirvan de guía a los brecheros y ellos deben terminar la brecha alineándose a ojo con estacas largas que ellos mismos irán colocando en línea. Las brechas abiertas en esta forma, se aceptarán aunque lleguen al kilómetro con una desviación de 5 metros; pero no se permitirá a los brecheros que se alinien

a ojo más de un kilómetro. Una vez abiertas las brechas como queda indicado, se procederá a tomar los detalles - de la configuración del terreno.

Se formará una brigada que debe estar compuesta por un topógrafo con tránsito, estando éste corregido para ysarse también como nivel; un Aparatero, dos Estadaleros y un Brechero.

Las distancias se medirán con estadía y los desniveles se medirán con ángulos verticales o usando el tránsito como nivel; esto último es más conveniente porque da más exactitud y es menos laborioso el cálculo de las cotas de los puntos tomados. En los casos en que la brecha haya salido muy distante de la estaca donde debía llegar, se tomará en cuenta este dato para hacerlo figurar en el dibujo trazando la brecha con el esviajamiento que tiene.

El Topógrafo debe partir apoyándose en una de las estacas o monumentos nivelados del meridiano para ir a terminar apoyándose en otra estaca del siguiente meridiano. Para este trabajo se puede aceptar un error de unos 10 a 20 centímetro por kilómetro. Para el cálculo de las cotas, se harán operaciones de kilómetro en kilómetro, dejando el error con que se llegue al terminar cada kilómetro y para el cálculo siguiente se tomará la cota determinada por la nivelación del meridiano.

A continuación se encuentra un registro cuando se usa el tránsito como nivel.

Como se ve es un registro de nivel común y corriente con dos columnas más donde se anotan las distancias y las

estaciones. Lo único que tal vez necesite aclaración es el caso en que la estación es por ejemplo "A" y el punto visado es también "A", su distancia es cero y la lectura en "menos" 1.55. Esto es por que se mide directamente la altura del tránsito desde el piso hasta el eje de alturas con una cinta métrica de dos metros y como se conoce la altura del aparato ∇ se le resta la altura del tránsito medida y se tiene la cota del punto donde se esta haciendo estación. En esta forma de registro es muy importante llevar lo mejor posible el croquis lo mismo que en cualquier otro procedimiento.

Salvo en los lugares en que esta muy accidentado el terreno, este metodo da muy buen resultado y mucha rapidez tanto en el trabajo de campo como en la oficina y como los terrenos de riego son casi siempre muy planos rara vez se hace necesario el uso del círculo vertical.

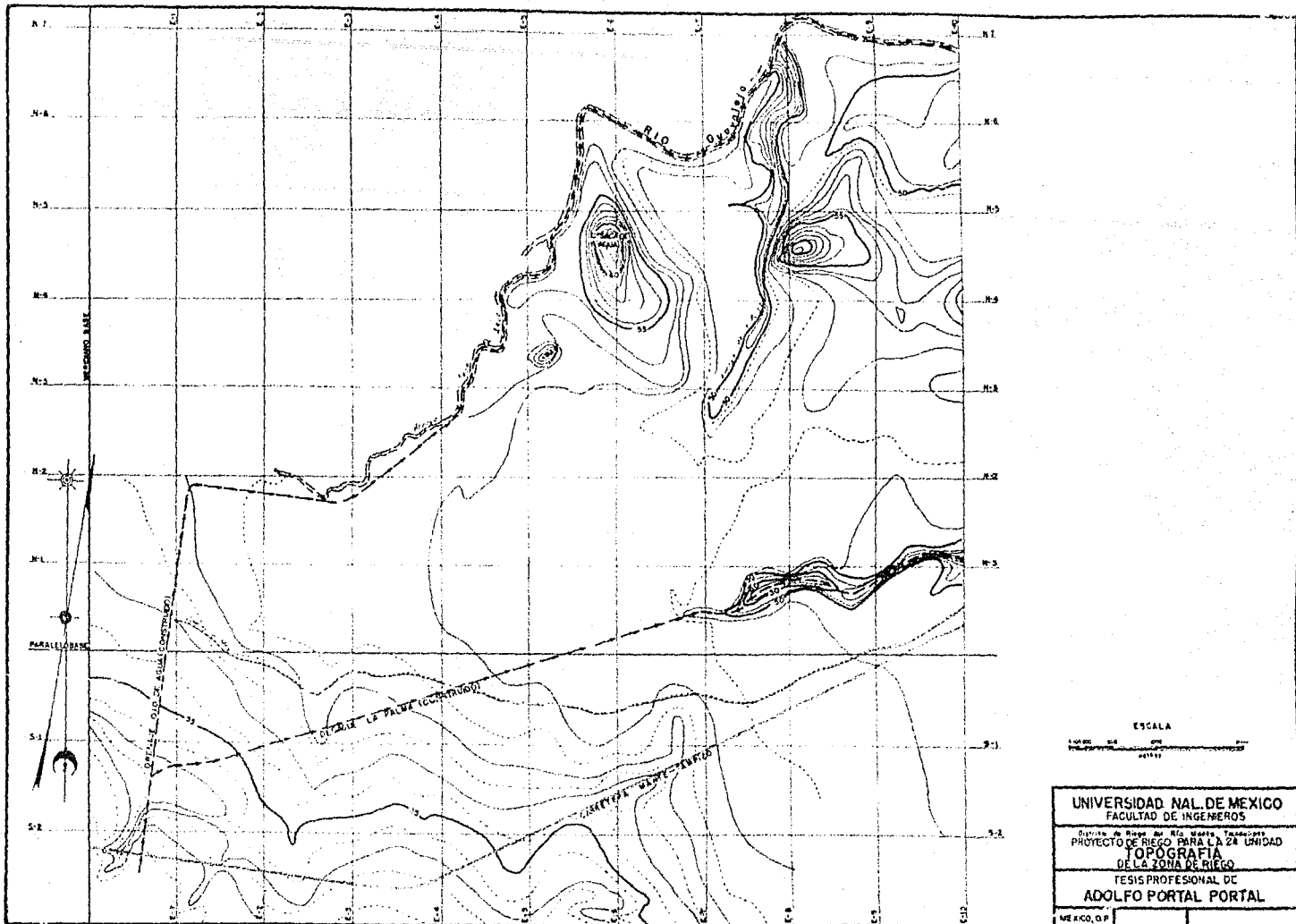
En caso de tomar algunos puntos fuera de la brecha se anotará en la columna de las notas las de flexiones con que se observaron y se dibujar n también en el croquis.

EST.	P. V.	DIST.	↓	∇	~	COTAS	
A	E 0						
	N0+250	250	1.05	48.29		47.24	
	1	128			1.53	46.76	
	A	0			1.55	46.74	
	2	160			1.88	46.41	
B	3	245			1.96	46.33	
	3	248	1.25	47.58			
	4	120			1.32	46.26	
	B	0			1.53	46.05	
	5	130			1.68	45.90	
E-1 N0+250	6	240			1.80	45.78	
	6	10	1.58	47.36			
	N0+250 E=0	0			1.60	45.76	

FORMACION DE PLANOS.

Los planos para la configuración se harán a escala de 1:5000 ó sea que en una hoja de tamaño común de plancheta se podrán poner dos kilómetros en dirección Norte-Sur y -- tres kilómetros en dirección Este-Oeste con lo que se configurarían 600 Has.

Se dibujarán los seis cuadros de un kilómetro por lado que se van a configurar, así como las líneas que indican las brechas trazadas en el campo cada 250 metros; se podrán en los lugares correspondientes los datos del trazo y los detalles anotados por el trazador como cruce de caminos, arroyos, ferrocarriles cercas, linderos, líneas telefónicas o de transmisión eléctrica, etc., luego se vaciarán todas las cotas de las nivelaciones de los meridianos y paralelos; con todos estos datos en la hoja, el topógrafo pasará las cotas y las distancias de los puntos tomados desde las brechas intermedias y luego se procederá a hacer la configuración del terreno con curvas de metro en metro o -- de 50 a 50 centímetros si el terreno es muy plano pero por lo general basta con lo primero. En esta forma se irán haciendo las demás hojas de plancheta hasta terminar el levantamiento de la zona por estudiar y después se hará una reducción para formar un plano de conjunto a una escala de 1:20 000 para sobre este plano hacer el proyecto de la red de distribución decanales. En estos planos solo se pondrá la cuadrícula, las curvas de nivel, los caminos, accidentes del terreno, naturales y artificiales; los poblados, linderos, etc., pero no se pondrán las cotas del nivel sobre los meridianos y paralelos ni los puntos tomados en la topografía.



ESCALA



UNIVERSIDAD NAL. DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIEROS

División de Riego de Río Moctezuma

PROYECTO DE RIEGO PARA LA 24 UNIDAD

TOPOGRAFIA

DE LA ZONA DE RIEGO

TESIS PROFESIONAL DE

ADOLFO PORTAL PORTAL

MEXICO, D.F.

Red de Canales de Distribución. - Se da el nombre de red de Canales de Distribución, al conjunto de canales que se utilizan para repartir el agua por toda la zona de riego. Los canales reciben sus nombres de acuerdo con su colocación de la red. Así se denomina al primer canal que sale de la obra de toma "canal principal"; en caso de que en un principio este canal no tenga ninguna toma de agua y por consiguiente no riegue se le llama a este tramo de "Canal Muerto" del canal principal, parten otros canales y de estos últimos otros más, y así sucesivamente, recibiendo los nombres de "Laterales", "Sublaterales", "Ramales", "Subramales", y por último las "Regaderas", que distribuyen el agua a los terrenos de cultivo. Cuando salen dos canales a uno y otro lado de un canal, se les diferencia indicando si el canal es derecho o izquierdo.

Red de Drenaje. - Algo que es muy importante considerar al hacer el proyecto de la red de Canales de Distribución, es la red de Drenaje; ésta, como su nombre lo indica, tiene fines contrarios a la red de distribución; es decir, con la red de drenes se trata de eliminar todas las aguas sobrantes de los riegos; las aguas de las lluvias y en ocasiones las aguas freáticas, evitando así, que el agua se estanque en los terrenos de riego, lo que traería por consecuencia perjuicios en el cultivo de las plantas, o bien que se acumulen en los terrenos sales perjudiciales dejadas por el agua encharcada al evaporarse; también podría traer por consecuencia que se crearan en dichos -

charcos larvas de mosquitos que son perjudiciales para la salud.

Para hacer el proyecto de la Red de Distribución, lo primero que se necesita tener en cuenta es la forma y dimensión de los lotes por regar para así hacer la localización de los canales y drenes más acertada.

Lotificación.- La lotificación se puede hacer siguiendo distintos criterios y procedimientos.

1o. Lotificación según la Topografía.- En este procedimiento se localizan los canales en las crestas y los drenes en los Talwegs. Este sistema es el más económico por que los canales generalmente riegan por ambos lados y los drenes reciben también aguas de ambos lados lo que da lugar a que se tengan menos kilómetros de canal construido y se ahorrán también algunas estructuras, pues nunca se tienen cruces de canales con drenes y las tomas casi todas son dobles. Tiene este sistema el inconveniente de que los lotes quedan de formas muy irregulares y es más laborioso el trazo de los drenes y canales en el campo.

2o Lotificación de acuerdo con la Cuadrícula.- En este procedimiento se localizan los canales y drenes siguiendo los paralelos o meridianos de la cuadrícula o bien líneas paralelas a ellos; tiene la ventaja de que quedan lotes de formas regulares y de medidas muy semejantes, pues se prefiere que dichos lotes sean de 25 hectareas brutas. En este sistema se facilita mucho el trazo de los drenes y canales apoyándose en la cuadrícula. Es conveniente usar este sistema cuando se trata de terrenos bastante planos y uniformes y que su pendiente no sea mayor de 0.002 y como los terrenos de riego

por lo general están en estas condiciones es lo que se usa -- más comunmente. Tiene este procedimiento la desventaja de -- que la red de Distribución alcanza mayor longitud de canales y que el drenaje es por decirlo así artificial, lo que da lu gar a mayor longitud de los drenes y se pueden presentar cru ces forzados de canales con drenes que obligan a construir - puentes canales o sifones, lo que hace subir también el costo de la obra.

3o Sistema Combinado.- En este procedimiento se loca lizarán los drenes y canal principal, así como algunos se-- cundarios, según la topografía y aprovechando lo más posible las líneas de la cuadrícula; esto da lugar a que la mayoría de los lotes resulten de forma regular, y de la superficie - requerida de 25 hectareas. Este sistema es el más usado, --- pues tiene las ventajas de los dos procedimientos anteriores, pero es más laborioso el proyecto.

4o Según los linderos existentes.- En este procedi-- miento, se localizan los canales de tal manera que respeten los linderos de las propiedades hasta donde sea posible. Tie ne el inconveniente del procedimiento de - cuadrícula, pero evita dificultades entre los terratenientes cuando se trata, por ejemplo, de ejidos o colonias agrícolas colindando con - antiguas propiedades.

En todos los sistemas se procura que los lotes sean de 20 a 30 hectareas para dar una toma por cada lote.

Como cuando se proyecta una red de Distribución no -- siempre se tiene conocimiento de que es lo que los agriculto res sembrarán, se toma como base para calcular el gasto que

usarán, un coeficiente de riego de 1 litro por hectarea por - segundo. Las rasantes de los canales se proyectarán de manera que en las tomas pase a la superficie libre del agua a unos - 20 o 30 centímetros arriba del terreno para que se pueda regar.

Como quedó indicado en el capítulo anterior, para ha-- cer el proyecto de la red de canales se usará un plano a esca la 1: 20 000. En este plano se hará una observación detenida para ver cual de los sistemas es más conveniente usar y una -- vez fijado el procedimiento que se seguirá, se trazarán las - líneas que representen los canales y los drenes según signos convencionales. Es necesario tener también en cuenta lo refe-- rente a caminos que serán necesarios para el agricultor, para la inspección de los canales durante la operación y para los trabajos de conservación.

En papel milimétrico a escalas vertical 1: 100 y horizon tal 1:1000 para desniveles y distancias respectivamente se di-- bujarán los perfiles gráficos de acuerdo con la topografía, - de las líneas que se representan los canales y drenes. Sobre - ese perfil se proyecta la rasante de la superficie libre del - agua que deberá ir mas o menos 50 centímetros sobre el terreno en el canal principal y 20 o 30 centímetros en los laterales.- Se recomienda que el corte para dar la plantilla sea por lo me nos de $\frac{3}{4}$ partes del tirante.

El gasto que deberá llevar el canal dependerá del área que va a regar y de las demandas de agua que pueda tener en -- tiempo de estiaje, pero es necesario aumentar un 20% por pérdi das de conducción y un 30% por pérdidas de distribución. En es ta forma tenemos como datos el gasto Q la pendiente S y el coe ficiente de rugosidad de acuerdo con la clase de terreno de --

que se trate que supondremos será $N=0.025$ por tratarse de tierra que es lo más general a continuación se encuentran algunos valores para "N" dados por Horton para ser empleados en las fórmulas de Kutter y Manning.

Valores de " n " para distintos materiales

Canales en tierra alineados y uniformes.....	0.025
Canales en roca lisos y uniformes.....	0.033
Canales en roca con salientes y sinuosos.....	0.040
Canales dragados en tierra.....	0.0275
Canales con paredes de cemento o madera pulida...	0.010
Canales con paredes de mampostería.....	0.017

Los canales se hacen por lo general de forma trapecial con taludes de 1.5 : 1 por tratarse de tierra, pero cuando se construye el canal en terrenos que son más duros se puede hacer los taludes más cercanos a la vertical y cuando se trata de terrenos más fácilmente erosionables es necesario hacer los taludes más tendidos; para normar este criterio se usará la tabla siguiente:

TABLA DE TALUDES RECOMENDADOS PARA CANALES SEGUN SUELOS		
CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	CANALES poco PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS.
Roca en buenas condiciones	Vertical	$\frac{1}{4} : 1$
Arcillas compactas o conglomerados	$\frac{1}{2} : 1$	$1 : 1$
Limos arcillosos	$1 : 1$	$1 \frac{1}{2} : 1$
Limos arenosos	$1 \frac{1}{2} : 1$	$2 : 1$
Arenas sueltas	$2 : 1$	$3 : 1$

Se procurará también que los cortes queden dentro del corte económico hasta donde sea posible. Con estos datos es necesario calcular las dimensiones del canal; para esto se requiere hacer varios tanteos para ver que la velocidad del agua no sea tan grande que produzca erosión ni tan lenta que se produzca depósitos de azolve. El hecho de que haya erosión depende -

de la velocidad del agua y de la clase del material en que está -
 construido el canal y el que haya azolve depende de la velocidad
 del agua y del tirante de la lámina de agua. La velocidad del a--
 gua aceptable como mínima se puede calcular por la fórmula - - --
 $V = 0.437 d$ según F.W.Woods en la que d = tirante en metros a
 continuación se encuentra una tabla para tener los valores de las
 velocidades máximas que no erosionan.

TABLA DE VELOCIDADES MEDIAS MAXIMAS QUE NO EROSIONAN

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	VELOCIDAD EN MTS/SEG.
Tierra arenosa o limo suelto	0.15
Arena	0.30
Tierra arenosa ligera 15% de arcilla	0.37
Barro arenoso ligero 40% de arcilla	0.55 a 0.61
Arena gruesa	0.46 a 0.61
Tierra suelta con grava	0.76
Barro	0.76
Tierra o barro compactos 65% de arc.	0.92
Barro arcillosos estable	1.22
Arcilla con grava compactas	1.52 a 2.14
Conglomerados o pizarras	1.98
Rocas, cantos rodados, guijarros	2.40 a 4.57
Concreto	4.57 a 6.10

Es necesario limitar la zona de riego de acuerdo con el gas-
 to que se dispone y así darle preferencia dentro de la misma zona
 a las mejores tierras ya sea por su calidad o por su situación. En
 seguida se determinará la capacidad de los canales para cultivos-
 diversificados para tener un riego seguro. El criterio a seguir -
 para relacionar el área por regar y el gasto, se puede guiar por
 la siguiente tabla.

De 100 a 1200 Hects.	1 Met. cúbico por Seg.	para 570 Hects.
De 1200 a 2000 "	" " " " " "	710 "
" 2000 a 10000 "	" " " " " "	860 "
" 10000 en adelante"	" " " " " "	1000 "

Las capacidades así obtenidas son las indispensables para - cultivos diversificados por lo que las terracerías resultan muy - económicas, pero presentan el inconveniente de estar muy limita- das las capacidades de los canales y no permiten atender concen- traciones de un mismo cultivo y además los gastos de conserva- ción resultan algo elevados, pues no puede permitirse ninguna pér- dida de capacidad por azoives y yerbas en los bordos del canal.

Cuando se crea necesario aumentar la capacidad se podrá usar la siguiente tabla que da capacidades algo sobradas pero como es natural, las terracerías resultan más costosas. Esta tabla se - usará cuando se trate de terrenos en que se tenga que atender el monocultivo que es el caso más desfavorable, pues sucede que to- dos los agricultores desean regar en la misma temporada, por lo que es conveniente pugnar por los cultivos diversificados. En - el caso de haber usado esta tabla y que no se tenga el monocul- tivo se podrá ampliar la zona de riego, y no será tan costosa la conservación de los canales.

CAPACIDAD DE CANALES

Superficie	Gasto	Superficie	Gasto	Superficie	Gasto
1 Toma	0.150M ³ /S	1100 Hects.	2.040M ³ /S	3600 Hects.	4.600M ³ /S
2 "	0.300 "	1200 "	2.170 "	3800 "	4.800 "
3 "	0.350 "	1300 "	2.290 "	4000 "	5.000 "
100 Hects.	0.370 "	1400 "	2.400 "	4200 "	5.200 "
150 "	0.410 "	1500 "	2.500 "	4400 "	5.400 "
200 "	0.450 "	1600 "	2.600 "	4600 "	5.600 "
250 "	0.510 "	1700 "	2.700 "	4800 "	5.800 "
300 "	0.600 "	1800 "	2.800 "	5000 "	6.000 "
350 "	0.700 "	1900 "	2.900 "	5500 "	6.500 "
400 "	0.800 "	2000 "	3.000 "	6000 "	7.000 "
450 "	0.900 "	2100 "	3.100 "	6500 "	7.500 "
500 "	1.000 "	2200 "	3.200 "	7000 "	8.000 "

CAPACIDAD DE CANALES

550 Hectas.	1.100M ³ S	2300 Hectas.	3.300M ³ S	7500 Hectas.	8.500M ³ S
600 "	1.200 "	2400 "	3.400 "	8000 "	9.000 "
650 "	1.300 "	2500 "	3.500 "	8500 "	9.500 "
700 "	1.400 "	2600 "	3.600 "	9000 "	10.000 "
750 "	1.490 "	2700 "	3.700 "	9500 "	10.500 "
800 "	1.580 "	2800 "	3.800 "	10000 "	11.000 "
850 "	1.670 "	2900 "	3.900 "	12000 "	13.000 "
900 "	1.750 "	3000 "	4.000 "	16000 "	17.000 "
950 "	1.830 "	3200 "	4.200 "	20000 "	21.000 "
1000 "	1.900 "	3400 "	4.400 "	30000 "	31.000 "

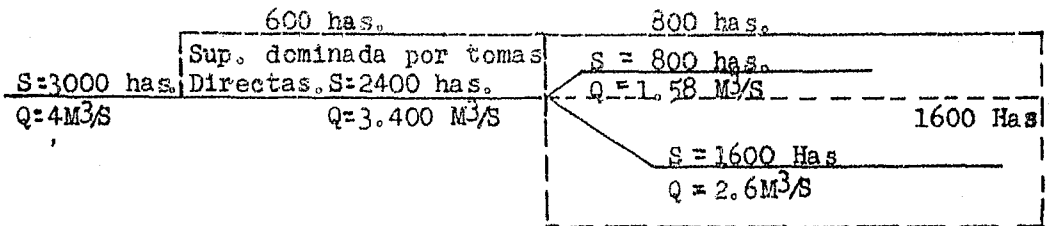
Una toma riega una superficie neta de 25 hectáreas.

De 300 a 700 Hectareas $Q = 0.002 S$;

De 1400 Has. en adelante $Q = 0.001 S + 1.0 M^3/S$.

Q en metros cúbicos por segundo y S en Hectareas.

Representadas gráficamente las ecuaciones anteriores, definen dos rectas, las que ligadas entre sí por medio de una curva, ésta curva define las capacidades necesarias para los canales que dominan superficies comprendidas entre 700 y 1400 Has., de 100 a 300 Hectas., la capacidad está definida por una curva que liga los puntos de 1, 2, y 3 tomas con la primera recta.



Para llevar el trabajo en una forma ordenada se hará un gráfica de áreas por regar y capacidades de los canales que conducirán el agua y así se irá reduciendo la capacidad de estos, a medida que se avanza y queda menor área por regar.

Con los canales proyectados en esta forma se hará un perfil

gráfico y sobre este se proyectarán las rasantes del canal teniendo en cuenta la pérdida de carga en las estructuras que se calcula con la siguiente fórmula.

$$Q = 0.0348 C D^2 \sqrt{H} \quad \text{DONDE:}$$

Q = Gasto en litros por segundo. C = Coeficiente de gasto.

D = Diametro del tubo en cent. H = Carga hidráulica en cent.

El valor del coeficiente de gasto se obtiene por la fórmula sig.:

$$C = (1 + .561D^{.5} + 0.0205 \frac{L}{D^{1.2}})^{-\frac{1}{2}} \quad \text{DONDE:}$$

D = Diametro del tubo.

L = Longitud del tubo.

La primera fórmula se encuentra resulta en un nomograma y de la segunda se tienen los valores más usuales en la tabla, como se verá en el siguiente anexo.

La longitud de la tubería se calcula en una forma aproximada, ya que todos estos cálculos se harán en una forma más exacta al proyectar las rasantes de los canales con datos del terreno -- que son más precisos como se verá más adelante.

Primero se hará el proyecto del canal principal procurando que su recorrido sea por la parte más alta de la zona de riego -- para que siempre sea posible llevar el agua a cualquier lugar por medio de los canales secundarios. Luego se procederá en la misma forma con los canales laterales y así sucesivamente hasta que se tenga toda la red de canales, de tal modo que cada lote tenga su toma en la parte más alta, o sea una toma para cada 25 hectareas.

Caminos.- Al ir haciendo el proyecto de la red de distribución, se tendrán en cuenta también los caminos, estos serán de -- primera, segunda y tercera.

Caminos de primera son los que sirven para comunicar pobla

ciones dentro y fuera de la zona de riego, y tendrán 6 mts. de ancho, con revestimiento de grava de 20 cmt. de espesor o pavimentados; con un bombeo de 2% y con un metro de acotamiento en cada lado terminando con talud 1.5: 1 en la cuneta. Como ejemplo de esta clase de caminos es el que se construyó en el Distrito de riego del Río Guayalejo, que parte de la Villa de Xicotncatl al Kmt. 596 del camino México-Laredo. También se --- construirán caminos de primera a lo largo del canal principal y de algunos drenes.

Los caminos de segunda se localizarán, formando cuadros de cuatro kilómetros por lado y servirán para llegar a algún camino de 1a. La sección de estos caminos puede ser igual a la de los caminos de 1a. pero solamente revistiendo la mitad de la sección para ser usada en tiempo de lluvias y la otra mitad en el tiempo de secas conservando así por más tiempo el camino y a la postre cuando las condiciones del distrito lo ameriten se revestirá toda la sección. También se podrán hacer estos caminos como se indica en el siguiente anexo.

Los caminos de tercera que también se les llama caminos canaleros, son lo que quedan dentro de los cuadros formados por los caminos de segunda; van al lado de los canales y sirven para la salida de los lotes a los caminos de 2a. teniendo que recorrer en el caso más desfavorable solamente 2 kms. de camino de 3a. para llegar al camino de 2a. Estos caminos se dejan sin revestimiento y solamente se les conformará.

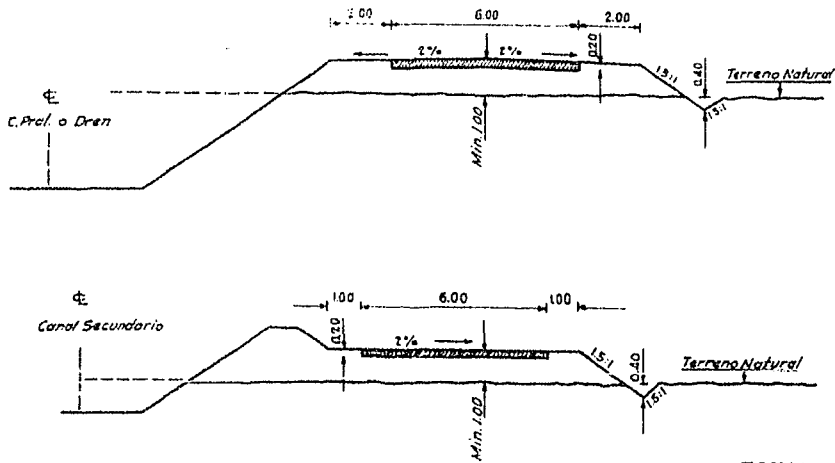
RED DE CAMINOS

SECCION

LONG.
m.

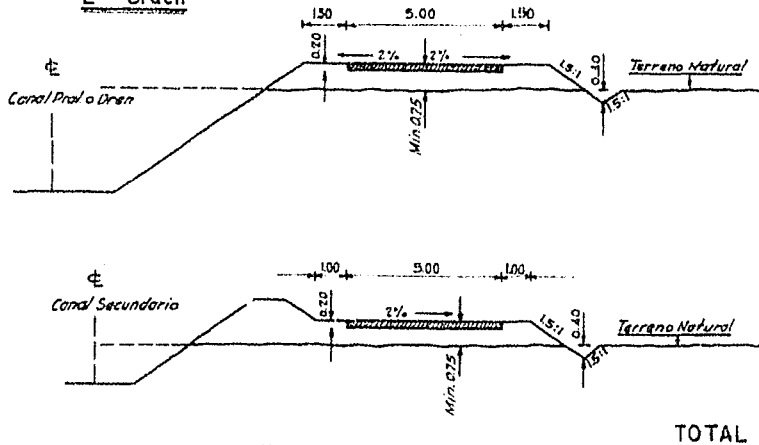
OBSERVA-
CIONES

1er Orden



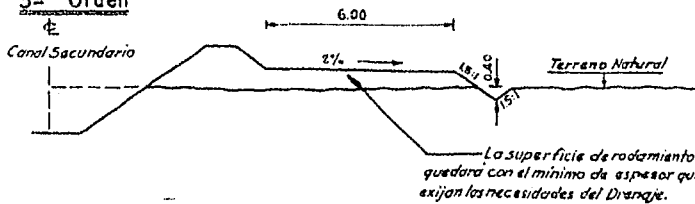
Pavimentado

2º Orden



Revestido

3er Orden



Conformado

Trazo y Nivelación de Canales.— Teniendo el plano de la red de distribución de canales dibujado sobre el plano de la cuadrícula se tomarán los datos para el trazo de los canales midiendo directamente sobre el plano las distancias y los ángulos de deflexión de las curvas con lo que se determinan los cadenas aproximados de los PI y de las Δ de las curvas pero se afinarán estos valores en el campo según se va trazando.

Es conveniente no trazar los canales sobre los meridianos o paralelos ni hacer cruces sobre los monumentos de la cuadrícula pues tanto unos como otros se seguirán utilizando para tomar datos en los trabajos de construcción, desmonte y lotificación, así que aunque gráficamente se vea dibujado en el plano el canal sobre algún meridiano o paralelo se hará un trazo paralelamente a la línea de la cuadrícula por lo menos unos 20 metros de tal manera que al construir el canal no se cubra ni destruya la línea de la cuadrícula. Las poligonales que se corran al trazar los canales deberán ser todas cerradas ya sea consigo mismas o con la cuadrícula y se deberán calcular y dibujar por proyecciones teniendo como tolerancia para los errores los valores dados por las siguientes fórmulas: Tolerancia angular $T = A \sqrt{N}$ donde A es la aproximación del aparato y N el número de lados de la poligonal; y la tolerancia lineal $T = \frac{\Sigma}{5000}$ donde Σ = suma de las distancias de la poligonal.

Para hacer el trazo de los canales deberá apoyarse la poligonal del trazo del canal en alguna línea de la cuadrícula con lo que se podrán ir calculando los rumbos astronómicos. Se seguirá el método de deflexiones calculando siempre los rumbos astronó-

micos para compararlos con los rumbos magnéticos observados. Se medirán las distancias con cinta de 20 metros y cada 5 kilómetros es conveniente hacer una liga con la cuadrícula pues en esta forma se puede llegar a descubrir alguna equivocación que se haya cometido lineal o angular.

El trazo de los canales se hará siguiendo las direcciones marcadas en el proyecto de la red de distribución midiendo tanto los ángulos como las distancias graficamente sobre el plano con todo cuidado y procurando no salirse de las direcciones marcadas.

Es muy importante que el trazador tome al ir trazando, todos los detalles que encuentre anotando el cadenamamiento, como por ejemplo, cruce con caminos con algunas regaderas o arroyos, con poblados u obstáculos que a su juicio sean de importancia y que afecten el proyecto de la rasante del canal por las distintas obras que sea necesario hacer como sifones, puentes, canales, caídas, represas, puentes, etc.; así es que se llevará un croquis lo más detallado posible para tener bastantes datos en la oficina.

El trazo de curvas se hará en la forma que a continuación se ilustra con un ejemplo:

Ejemplo de trazo de curvas

Datos: $\Delta = 85^\circ-00$ $G = 4^\circ$ $PI = I \downarrow 800$

Cálculo con las fórmulas:

$$R = \frac{C}{2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} G} \quad \begin{array}{l} C = 20 \text{ por ser cuerdas de 20 metros} \\ G = 4^\circ; \frac{1}{2} G = 2^\circ \end{array}$$

$$R = \frac{20}{2 \operatorname{sen} 2^\circ} = \frac{20}{2} \operatorname{csc} 2^\circ = \frac{1}{\operatorname{sen} 2^\circ} = \operatorname{csc} 2^\circ = 28.6537$$

$$R = 10 \times 28.6537 = 286.54 \text{ mts. (valor del radio de la curva)}$$

$$T = R \operatorname{tag} \frac{1}{2} \Delta = \frac{R \Delta}{2} = 42^\circ-30' ; \operatorname{Tag} 42^\circ-30' = 0.91633$$

$$T = 286.54 \times 0.91633 = 262.56 \text{ (Valor de las tangentes de la curva)}$$

$$L = \frac{\Delta}{G} \quad 20 = \frac{85}{4} \times 20 = 425$$

$$PI = T = PC \quad ; \quad PC \neq L = PT$$

$$\begin{aligned} PI &= 1+800 \\ T &= 262.56 \\ PC &= 1+537.44 \\ L &= 425.00 \\ PT &= 1+962.44 \end{aligned}$$

Primera estaca de 20 metros sobre la curva 1 + 540.00
 Cadenamiento del PC 1 + 537.44
 Primera cuerda 2.56

Deflexión por metro $\frac{2^\circ}{20} = \frac{120''}{20} = 6''$

Deflexión de la primera cuerda $2.56 \times 6'' = 15.36'' = 15''-22''$

Cadenamiento del PT 1 + 962.44
 Última estaca de 20 metros sobre la curva 1 + 960.00
 Última cuerda 2.44

Deflexión por metro = $0^\circ-06''$

Deflexión de la última cuerda = $2.44 \times 6'' = 14.64'' = 14''-38''$

Modelo de Registros:

EST.	P. V.	DIST.	DIF. ANG.	DEFLE- XION	N O T A S .
P. C. 1+537.44	1 + 540	2.56	$0^\circ-15''-22''$	$0^\circ-15''$	Datos de la curva $\Delta = 85^\circ-00''$ $G = 4^\circ$ $R = 286.54$ $T = 262.56$ $DM = 0^\circ-06''$ $L = 425.00$ $PI = 1 + 800$ $PC = 1 + 537.44$ $PT = 1 + 962.44$
	1 + 560	20.00	2 -00	2 -15	
	1 + 580	20.00	2 -00	4 -15	
	1 + 600	20.00	2 -00	6 -15	
	1 + 620	20.00	2 -00	8 -15	
	1 + 640	20.00	2 -00	10 -15	
	1 + 660	20.00	2 -00	12 -15	
	1 + 680	20.00	2 -00	14 -15	
	1 + 700	20.00	2 -00	16 -15	
	1 + 720	20.00	2 -00	18 -15	
	1 + 740	20.00	2 -00	20 -15	
	1 + 760	20.00	2 -00	22 -15	
	1 + 780	20.00	2 -00	24 -15	
	1 + 800	20.00	2 -00	26 -15	
	1 + 820	20.00	2 -00	28 -15	
	1 + 840	20.00	2 -00	30 -15	
	1 + 860	20.00	2 -00	32 -15	
	1 + 880	20.00	2 -00	34 -15	
	1 + 900	20.00	2 -00	36 -15	
	1 + 920	20.00	2 -00	38 -15	
	1 + 940	20.00	2 -00	40 -15	

EST.	P. V.	DIST.	DIF. ANG.	DEFLE- XION	N O T A S .
	1+960	20.00	2 -00	42-15	
	1+962.44	20.00	0 -14 38"	42-30	
P.T. 1+962.44	1+980	17.57		42 30	
	2+000	20.00			
	2+000	20.00			

Cálculo de curvas con las tablas. - Los valores anteriores - se pueden determinar por medio de unas tablas usadas por la Dirección de Caminos.

Dato: $\Delta = 85^{\circ}-00$ $G = 4^{\circ}$

De las tablas se toma para $G = 4^{\circ}$ se tiene $R = 286.50$

Para $\Delta = 85^{\circ}-00$ y $G = 1^{\circ}$ se tiene $T = 1050.114$

Si $G = 4^{\circ}$ entonces $T = \frac{1050.114}{4} = 262.526$

Deflexión por metro si $G = 4^{\circ}$

D.M. = $0^{\circ}-06'$

La longitud de la curva L se calcula en la misma forma que anteriormente. En caso de que el valor de Δ éste dado en grados y minutos es necesario transformar los minutos en décimos de grado para resolver la ecuación $L = \frac{\Delta}{G} \cdot 20$ donde 20 es la longitud de la cinta que se usará para cada cuerda para trazar la curva.

Es de mucha utilidad que al cruzar un camino o un arroyo, - el trazador deje estacas intermedias con el cadenamiento que les corresponde en los puntos donde cambie la pendiente y donde crea necesario que el nivelador debe tomar puntos para que los accidentes del terreno, ya sean naturales o artificiales, aparezcan lo mejor detallados en el perfil.

Como se ve, con el procedimiento de cuadrícula se facilita el hacer las ligas del trazo del canal con los meridianos o paralelos sin necesidad de tener que orientar cada cinco kilómetros de trazo como se hace cuando se tengan poligonales abiertas y se evita también tener que regresar a cerrar la poligonal consigo misma.

NIVELACION DE CANALES.

La nivelación de canales se hace apoyándose en uno de los monumentos de la cuadrícula. El nivelador deberá ver con detenimiento la libreta del trazo de canal que va a nivelar con el objeto de que tome nota de los puntos importantes que anotó el trazador y que deberá nivelar y en caso que sea necesario según la importancia del accidente topográfico o artificial, levantar una sección del detalle, por ejemplo del cruce con un arroyo, para que después se tengan los datos suficientes para proyectar la estructura que convenga ya sea un puente canal o sifón.

En caso de no encontrar detalles de importancia irá únicamente tomando puntos cada 20 metros, así como los P.C. y P.T. que encuentre. Para terminar la nivelación deberá hacerlo cerrando en algún otro monumento de la cuadrícula para no regresar y se calculará el cierre en la misma forma que en la nivelación de meridianos secundarios y la tolerancia para el error será de $T = 12.6 \sqrt{K}$.

Con los datos del trazo y del nivel se dibujarán en una misma hoja y de preferencia kilómetro por kilómetro la poligonal del trazo del canal con todos sus detalles, los datos de las curvas y cadenamiento de los P.I., P.T., P.C., así como las ligas con la cuadrícula y referencias de los puntos importantes

que se dejaron en el campo; también se hará el perfil del canal poniendo las distancias en el eje horizontal a la escala de --- 1:2000 y la elevación en el eje vertical a una escala de 1:100. En esta forma se facilita mucho el calculo de las rasantes del canal.

En el trazo de los canales se presentan algunos casos en que el trabajo tiene que desarrollarse de otra manera, por ejemplo cuando en la planeación se ha proyectado un canal que va siguiendo una línea casi paralela a una curva de nivel; en este caso es más recomendable el procedimiento de trazar primero una preliminar con tránsito y siguiendo una pendiente según se vea lo que baja el canal por kilómetro y midiendo las distancias con estadía y haciendo cierres con la cuadrícula cada 5 kilómetros. Después de trazada la poligonal se nivelará con nivel montado y en caso de que este mas o menos bien se harán secciones transversales para la configuración tomando puntos unos cuatro metros arriba y abajo en elevación de la preliminar si el terreno es muy movido y a una distancia de 20 metros de cada lado si el terreno es muy plano. En esta forma se tendrá una faja de terreno con la topografía para estudiar el trazo definitivo que deberá tener el canal, de acuerdo con el estudio de las varias alternativas que se hagan. Una vez definido el trazo que mas conviene, se irá nuevamente al campo para trazar por el método de deflexiones el canal de acuerdo con los datos del plano de donde también se tomarán los datos de las curvas y las longitudes de los tramos rectos. En seguida se nivelará la poligonal en la misma forma que en el caso anterior para con esos datos proyectar la rasante del canal.

- CAPITULO IV -

Proyecto de Rasantes. - El proyecto de rasantes que se trata en este capítulo es el que se hace para tener datos para la construcción.

Una vez terminado el trazo de una canal y después de ver si la poligonal está dentro de la tolerancia, se procederá a dibujar dicha poligonal en la parte blanca de una hoja de perfiles como las usadas para caminos. Se indicarán en este dibujo los lugares donde corresponde colocar las estructuras que se deberán construir en el canal según los datos tomados del plano de la red de distribución, o sean las tomas granja, las caídas, las represas, los puentes etc.

En seguida con los datos de la nivelación del canal se dibujará un perfil en la misma hoja, en la parte que tiene cuadrícula milimétrica, poniendo un kilómetro en cada hoja con escala horizontal de 1 : 2000 ó sea un centímetro por cada 20 metros y a escala vertical de 1 : 1000 ó sea un centímetro por cada metro que se ponen líneas verticales en su correspondiente cadenamiento para indicar las estructuras que deberán construirse en el canal.

Para determinar el gasto y después las dimensiones del canal, es necesario medir la zona que se regará con dicho canal, tomando datos del plano de la red de distribución. La medida de la superficie se hará con planímetro cuando los lotes sean irregulares o contando los lotes si la zona quedo dividida en parcelas regulares de 25 hectareas cada una. Se toma unicamente el 80% de la superficie medida para tener las hectareas netas que se regarán. Con este dato y con las tablas que se encuen-

tran en páginas anteriores, se fija la capacidad del canal y el gasto que deberá tomar, ya sea de la bocatoma si se trata del canal principal, o del canal principal si se trata de un lateral. El procedimiento que se sigue es semejante al indicado al hacer la planeación, pero con la diferencia que en este caso se proyecta sobre el perfil del terreno obtenido con la nivelación y que es más real que el que se usó al hacer el proyecto de la red de distribución donde se trabaja sobre perfiles gráficos.

El ejemplo que en seguida se encuentra solo se refiere a los dos primeros kilómetros con lo que bastará para que quede explicado el procedimiento del proyecto de rasantes para la construcción.

El ejemplo trata del canal lateral K 9 + 000 en el distrito de riego del Río Guayalejo actualmente en operación.

Un reconocimiento preliminar del terreno, dió como resultado que el canal no partiera del kilómetro 9 + 000 del canal principal, sino del kilómetro 9 + 400 para que la toma quedara más cerca de la represa y caída construída en el kilómetro 9 + 420 del canal principal.

Como el lateral regará una área bruta de 3345.6 Hects., multiplicando este valor por 0.80 tenemos 2676.5 hectareas netas luego el gasto que se toma del canal principal es de Q 3.700M³/seg.

Como la velocidad del agua en el canal depende de la pendiente es necesario encontrar la apropiada pendiente que nos da una velocidad moderada de manera que no se provoque erosión ni depósito de azolves; así es que se hacen varios tanteos para buscar las dimensiones del canal más apropiadas y la velocidad más conveniente. La pendiente se elige de acuerdo con el perfil del terreno, estudiado desde el origen hasta la toma del primer sublateral. La Secretaria

ría de Recursos Hidráulicos tiene unas secciones tipo y una tabla - en la que entrando con el gasto y la pendiente se tiene la veloci-- dad, el tipo de canal y el tirante lo que evita estar haciendo tanteos usando la fórmula de Maning

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{DONDE}$$

N = Coeficiente de rugosidad R = Radio Hidráulico $\frac{A}{P}$

S = Pendiente de la rasante

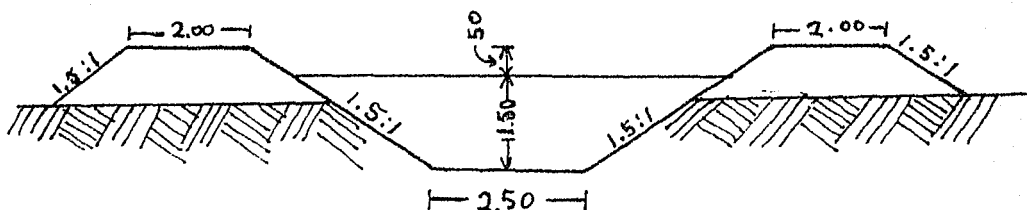
A = Area de la sección = Bd + MD²

M = Talud de los lados B = Plantilla del canal.

P = Perímetro mojado = B + 2d $\sqrt{1 + M^2}$

A sí se ve que el canal menor que nos da la capacidad requerida es el canal tipo No. 5 con un tirante de 1.08 Mts. y una pendiente de S = 0.0005 y una velocidad de 0.724 metros por segundo, - que no provoca erosión ni azolve y como el terreno permite construir con esa rasante se toma esa sección para el primer tramo o sea del K 0 + 000 al 0 + 725.66 que según los datos del trazo del canal donde parte el canal S.L. 0 + 700.

El canal principal en la estación donde parte el lateral tiene la siguiente sección.



Sección del canal Principal en el kilómetro 9 + 400

DATOS HIDRAULICOS.

Q = 5.000 M³/S

s = 0.00035

A = 7.12 M²

n = 0.025

V = 0.70 M/S

R = 0.901

D = 1.50 Mts.

Corte económico 1.20 Mts.

Para fijar la cota de plantilla en el punto de arranque del canal lateral es necesario determinar el valor de la pérdida de carga que se obtendrá dando valores en siguientes fórmulas.

$$Q = 0.0348 C D^2 \sqrt{H} \quad \text{y} \quad C = \left(1 + 0.561 D^{.5} + 0.0205 \frac{L}{D^{1.2}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

o usando el nomograma que se anexó en páginas anteriores.

Como el gasto es bastante alto se repartirá en tres líneas de tubos de 42" de diametro y de 10 metros de largo; así se puede considerar la tercera parte de gasto para calcular la carga Hidráulica.

Usando la tabla se encuentra para C un valor de $C = 0.75$.

Con este valor, la tercera parte del gasto y el diametro del tubo, se entra al nomograma. Para obtener el valor de la carga hidráulica que es de $H = 0.17$ y así se tiene:

Cota de la plantilla del canal principal	92.72
Tirante del canal principal	1.50
Superficie libre del agua en el canal principal.	94.22
Carga Hidráulica	0.17
Superficie libre del agua en el canal lateral.	94.05
Tirante del canal lateral	1.08
Cota de la plantilla del canal lateral	92.97
Distancia del eje del canal principal.	8.00

Luego la elevación 92.97 es la cota de la plantilla del canal lateral en el punto de partida.

Con la pendiente de $S = 0.0005$ se trazará una línea sobre el perfil apoyándose en el punto de partida de lateral. Al trazar la línea se ve que solo se puede llegar en esta forma hasta el punto de cadenamiento K 0 + 240 pues como baja el terreno, es neces-

rio bajar la rasante haciendo una caída de un metro y se continúa con la misma pendiente, hasta llegar al cruce con la vía del ferrocarril, donde se hará una nueva caída, pero como en seguida se tiene la toma del sub-lateral O ↓ 780 solo se baja la rasante 1.18 mts. para que el agua aflore en el terreno 0.13 mts. que aunque es poco no es posible dar más debido a que es necesario dejar bastante margen al sifón de cruce de vía.

De esta estación en adelante se reduce la sección del canal por que se reduce el area de riego. Luego es conveniente reducir también la capacidad y se escoge la sección Tipo No. 4 y se ve que con la pendiente de $S \approx 0.00055$ se llega bien a la toma siguiente, pues el agua aflora en este punto 0.53 mts. con lo que se tiene suficiente carga hidráulica para la toma granja.

Se continúa haciendo que la rasante siga lo más cerca posible del corte económico y que la superficie libre del agua llegue con 20 ó 30 cmts. sobre el terreno en las tomas de los laterales, hasta terminar el canal.

Este mismo criterio se sigue al proyectar las rasantes de los canales sub-laterales, ramales y sub-ramales.

La reducción de la sección de los canales se irá haciendo a medida que disminuya el área por regar, pero para facilidad de la construcción se hacen estas reducciones, disminuyendo la plantilla, 50 cmts. cada vez y para facilidad también del cálculo.

Es conveniente hacer las caídas por lo menos de 50 cmts. y en forma de rutina adaptarse cuando sea posible a que estas sean de alturas de .50, .75, 1.00, 1.25 y 1.50 pues esto también facilita la construcción en serie de ellas. En ningún caso se ha

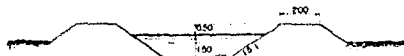
rán caídas de más de 1.50 mts.

Una vez terminado el proyecto de la rasante se calculan las cotas de cada 20 metros para así obtener los cortes o los rellenos que se harán en cada estación.

Con los valores de los cortes se calculan los volúmenes de excavación y relleno y se sabe donde es necesario hacer préstamo - y donde hay desperdicio y según sea conveniente y costeable, hacer el acarreo del desperdicio a los lugares donde no alcance el material para hacer el bordo. Es conveniente hacer los menos préstamos posibles en los lugares insalubres, pues en tiempo de lluvias se llenan de agua siendo unos criaderos de mosquitos que son perjudiciales a la salud.

DATOS HIDRAULICOS DEL CANAL PRINCIPAL

C^2 Triang del K 2.364 a 0+20
 $Q = 5000$ m³/s $n = 0.00035$
 $A = 712$ m² $n = 0.025$
 $V = 0.70$ m/s $n = 0.301$
 $s = 1.50$ m/s $coef$ geométrico 1.20



SECCION DEL CANAL PRINCIPAL ESTACION 9+400

Escala: 1:2000

$A = 457.44$
 $Q = 87.00$
 $ST = 60.41$
 $LG = 114.40$
 $g = 10^{-12}$
 $R = 143.25$

CORTES

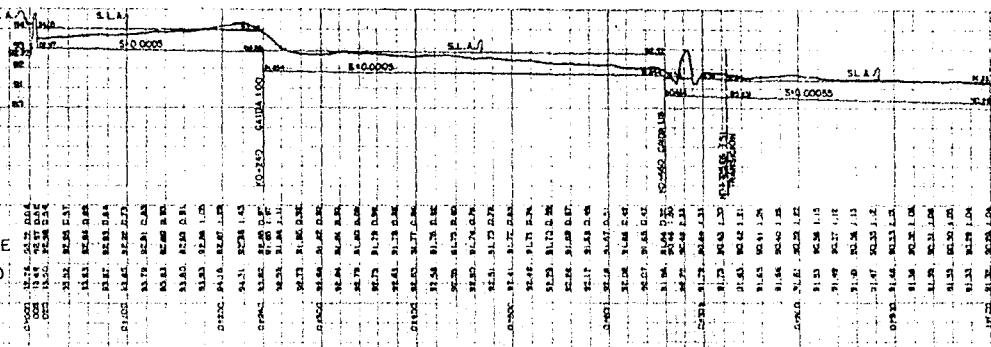
COTAS DE LA RASANTE

COTAS DEL TERRENO

KILOMETRAJE

DATOS HIDRAULICOS

$Q = 3.700$ m³/s $d = 1.08$ m
 $A = 4.989$ m² $n = 0.724$ m
 $V = 0.720$ m/s $n = 0.025$
 $B = 3.000$ m. $s = 0.00055$



DATOS HIDRAULICOS
 $Q = 3.070$ m³/s $d = 1.05$ m
 $A = 4.279$ m² $n = 0.88$ m
 $V = 0.720$ m/s $n = 0.025$
 $B = 2.50$ m. $s = 0.00055$

SECCION TIPO 5

TRAMO DE K 0+000 AL K 0+725.66

SECCION TIPO 4

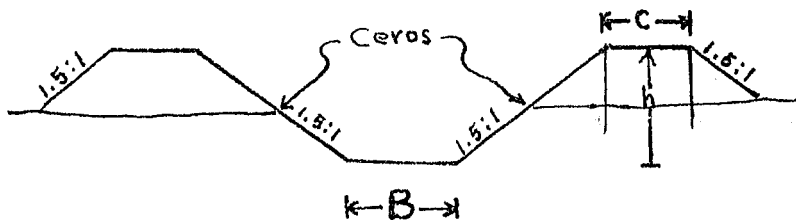
TRAMO DEL K 0+256.66 AL K 0+740

UNIVERSIDAD NAL DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIEROS	
PROYECTO DE RASANTES DEL	
LATERAL 9+000	
K 0+000 AL K 0+000	
TESIS PROFESIONAL DE	
ADOLFO PORTAL PORTAL	
MEXICAN	PLANO) N° 1

- CAPITULO V -

Datos para la construcción de Canales. - Como en el campo so lo está trazado el eje del canal, es necesario dar los demás datos a la persona encargada de la construcción. Se hará una lista con los cortes, estación por estación y la sección transversal del canal. En los lugares donde se construirá alguna estructura no debe hacerse excavación del canal; luego se indicará la longitud del tramo que no debe atacarse, pues la excavación para una estructura deberá hacerse con más cuidado para evitar que se pasen los cortes y sea necesario hacer rellenos posteriores que no son recomendables en la construcción de estructuras. En algunos casos se han construido primero las estructuras y luego se ha hecho el canal dando este procedimiento muy buenos resultados.

En el campo se pondrán las estacas marcando el ancho de la plantilla del canal y el corte o relleno que deberá hacerse; se colocarán también estacas en el punto del terreno donde termina el corte y principia el relleno o sea el punto llamado "Cero", pues en ese lugar no hay ni corte ni relleno como se ve en la siguiente figura.

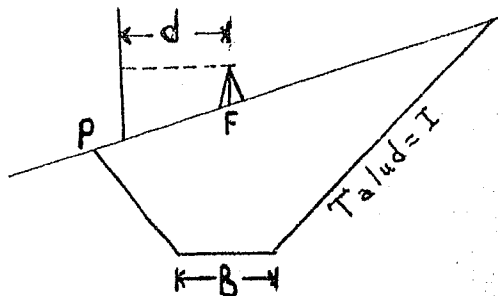


En algunos casos conviene poner las estacas que marcan la altura y el ancho de la corona, pero cuando el corte es muy grande y hay desperdicio pueden resultar los bordos más altos o la corona

más ancha, como ninguna de estas dos cosas es perjudicial no se le da mucha importancia.

En el caso anterior, hemos considerado que el terreno es más o menos plano y el hecho de determinar las distancias del eje a los "ceros" es muy fácil, pues basta multiplicar el corte por 1.5 en caso de que el talud sea 1.5:1 y sumarle la mitad del ancho de la plantilla y para tener la distancia del eje del canal al lado interior de la corona se multiplica la altura H de la sección teórica del canal por 1.5 y se le suma la mitad del ancho de la plantilla.

En caso de que el terreno no sea plano sino que el canal tenga que construirse en una ladera por ejemplo, es conveniente hacer secciones transversales en cada sección para dibujarlas a escala y hacer sobre estas secciones el dibujo de la sección teórica del canal y gráficamente se medirán las distancias que servirán para colocar las estacas laterales. Otro método para fijar estacas laterales se hará en la siguiente forma: Se colocará el operador en el eje del canal sobre el trompo de la cota conocida o sea en la figura F y con su nivel dirige una visual a un estadal colocado en un punto P que -cuya está cerca del punto buscado; en esta forma se puede conocer la cota del punto P y la distancia horizontal $FF=D$ luego en la fórmula siguiente se sustituyen los valores encontrados $D = \frac{1}{2b} \pm I$ (Cota de P - cota de la base)



Es natural que al primer tanteo no se tenga la distancia requerida.

Si el segundo miembro de la ecuación es mayor que la longitud medida "D", es porque el punto debe estar más lejano y si resulta me

ner, entonces el punto P debe estar más cerca.

Para tener una idea del costo del canal es conveniente hacer cada 100 metros pozos a una profundidad más o menos igual al corte del canal con lo que se podrá tener una base para hacer un presupuesto y para tener un dato para la estimación del trabajo ejecutado ya que se pueden tener varias clases de materiales, los que según su dureza varían el costo de la excavación. En una manera general se clasifican los materiales como sigue:

Clase I Tierra suelta, arcilla, arena, etc.

Clase II Grava, arcilla compacta, tepetate.

Clase III Rocca fija y conglomerados de alta compacidad etc.

Ya sea que el trabajo sea hecho por administración o por contrato, estos datos son muy importantes, pues de ellos depende la exactitud del costo del canal.

Cuando los canales son de plantilla chica y se hacen a mano, es decir, con peones terraceros, con pico y pala, es conveniente que se haga primero la excavación del ancho de la plantilla a lo largo del canal y una vez terminada se proceda a la excavación de los lados para la formación de los taludes. Cuando se contrata gente para estos trabajos se puede dar el contrato a cada peón por tramos completos de 20 metros o bien, si el trabajo se hace con peones pagados por día se les pueden fijar tareas de cuatro metros cúbicos por día; en este caso, es necesario marcarle a cada peón el largo del canal que tiene que hacer para que el volumen de excavación sea de cuatro metros cúbicos. Esta longitud se obtiene dividiendo el volumen que se desea excavar entre el área media de las secciones. Esto es, si tenemos que $v=4$; $V = \frac{(A' + A'')}{2} \times L$ Luego

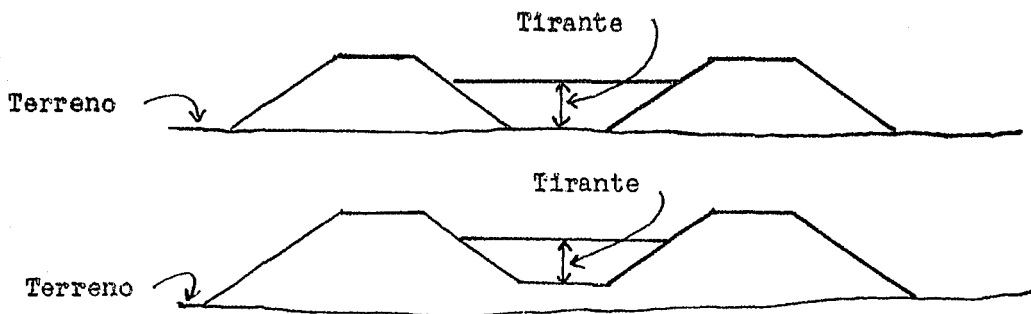
$$L = \frac{2V}{A' + A''}$$

Formación de bordos.- Aunque para el proyecto de las rasan--
tes de los canales siempre se tiene en cuenta el corte económico, no
es posible llevarlo a efecto en todas las estaciones. Luego en algu
nos casos será necesario hacer prestamos para completar el material
que se necesita para la formación de los bor dos; en este caso, es
necesario tener en cuenta que el material excavado no da el mismo -
volúmen, pues siempre tiende a abundar, luego en el campo se pon---
drán las estacas que indiquen la altura de la corona un poco más al
tas para que cuando se compacte el material no quede la corona más
baja de lo que indica la sección teorica del canal. Para esto se --
pueden tomar las siguientes especificaciones de abundamiento.

Abundamiento de tierras después excavadas.

Tierra vegetal o de aluvión arenosa.	1 . 1 met. cúb.
Tierra común.	1 . 2 " "
Tierra arcillosa medio compacta.	1 . 5 " "
Tierra arcillosa muy dura y compacta.	1 . 7 " "
Roca (reducida a fragmentos como se usa	
la piedra braza.	1 .85 " "
Tepetate.	1 . 5 " "

Por regla general se procura que los canales tengan una pro
fundidad de $\frac{3}{4}$ partes el valor del tirante pero hay ocasiones en --
que esto no es posible por algún bajo del terreno y entonces, es -
necesario hacer los bordos sobre el terreno como sucedería cuando
el corte para dar la plantilla fuera nulo o muy pequeño o peor aún,
que tuviera que hacerse relleno como se ven en las figuras siguien
tes.



En estos casos conviene consolidar los bordos ya sea con el tránsito de camiones o patas de cabra y procurando que el material tenga su humedad de saturación para que así se logre mejor compactación. En casos como los mostrados en las figuras, conviene ir subiendo el relleno parejo sin darle forma de canal y subir a una altura determinada para hacer después la excavación del canal y con el producto de esta excavación completar lo que falte de bordo; aunque parezca que se hace trabajo de más, esto facilita el tránsito de los camiones o equipo de compactación y por consiguiente, se tiene una economía, además de que se hace mejor el trabajo.

En la construcción de un distrito de riego se recomienda --- principiar la construcción de drenes y después la de los canales, - pues de esta manera inmediatamente se comienza beneficiando la zona al drenarse esto facilita también el trabajo aún en tiempo de lluvias.

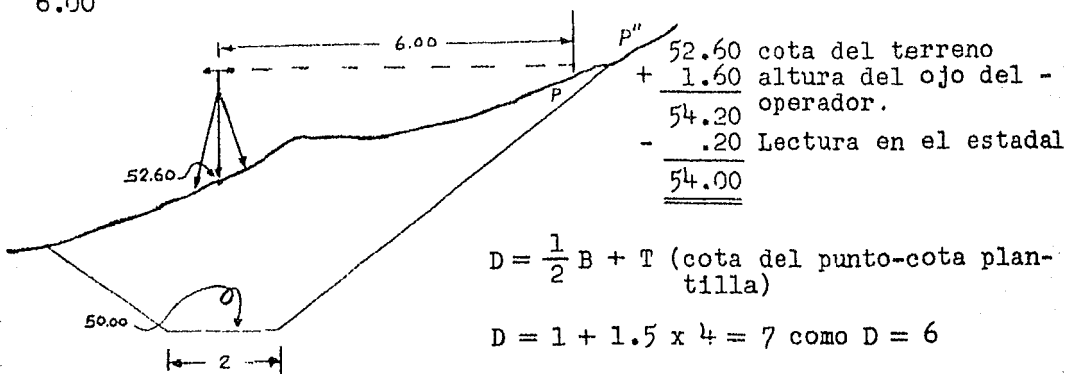
En la construcción de canales es conveniente dejar sin excavar los lugares donde se construirán obras de arte con el objeto de que en tiempo de lluvias, aunque se llenen de agua los canales sin terminar, no pueda correr ésta por los canales sin el control de -- las caídas y represas que se les tienen proyectado lo que daría lugar a erosiones y roturas de los bordos innecesarias, por lo que --

las excavaciones para las estructuras no deberán hacerse hasta que ya se vaya a construir inmediatamente. Es de mucha importancia darles preferencia a los puentes de los caminos vecinales y de herradura que corte un canal pues de no tener la seguridad de construirlos pronto, es preferible no cortar los caminos, pues aunque sean de poca importancia, las personas y bestias de carga y aún carretas, principian a cruzar el canal por distintos lados, lo que trae consigo la destrucción de los bordos y el azolve del canal.

Se procurará que los drenes queden terminados perfectamente en su desembocadura ya sea algún arroyo o algún otro dren terminado para evitar que al llenarse en tiempo de lluvias, el agua al encontrar un obstáculo busque su camino de salida por donde no se tiene ningún control.

Ejemplo de colocación de estacas laterales.

Se trata de un canal de base $B = 2$ con talud $1.5:1$ cota del terreno = 52.60 en el eje del canal; cota de la plantilla = 50.00 suponiendo que la cota de P sea 54.00 y la distancia a ese punto sea de 6.00



Vos indica que el punto P' debe retirarse más.

Haciendo otro tanteo tenemos si $d = 8 : 8 = 1 + 1.5 \times 4.5 =$
 $= 1 + 6.75 = 7.75.$

Este procedimiento requiere una poca de práctica del operador, pero una vez adquirida se hace el trabajo con bástante rapidez.

Terminada la construcción de un canal o dren, se trazará nueva mente el eje colocando estacas en el fondo del canal cada 20 metros; si el canal está bien hecho, estas estacas deberán quedar en el centro de la plantilla y a la elevación marcada por el proyecto de la rasante.

Se harán secciones transversales a cada 20 metros y se nivelarán las estacas colocadas en este último trazo, para luego dibujar el perfil del canal, así construído y comparar con el proyecto para ver si están bien dados los cortes. Se tendrá una tolerancia permitiendo que la plantilla quede 5 centímetros más alta o sea que faltó corte y 10 centímetros más baja o sea que se pasó el corte. Se acep tará este defecto de construcción siempre que el error no sea de una misma forma en todo lo largo del canal, sino que se compensen unos altos con otros bajos, pues al trabajar en canal se emparejará con el arrastre del agua.