



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"**

RECIBIDO EN LA BIBLIOTECA  
DE LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"  
MEXICO, D.F. 1999

**GENERALIDADES DE LOS  
ESTUDIOS TOPOHIDRAULICOS  
PARA PROYECTO DE PUENTES**

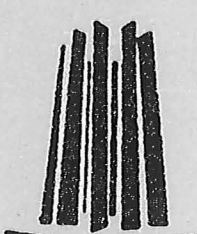
TESIS PARA LA OBTENCION DEL TITULO  
DE INGENIERO CIVIL  
PRESENTADA POR

**ARMANDO ROJAS JOO**

ASESOR: ING. ENRIQUE I. HERNÁNDEZ QUINTO

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO, 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



## DEDICATORIAS


A Dios  
Por darme la fe y fortaleza  
de culminar este trabajo.

A mi madre Consuelo,  
con amor, por haberme dado  
la vida.

A mi esposa Roselia y mis  
hijos Luis Armando, Adrián y  
José Pablo con todo cariño,  
por ser ellos quienes  
significan todo para mí.

A mis abuelos † Alejandro  
y † Agripina, así como a  
mis tíos de la Fam. Joo,  
con todo mi aprecio, que  
con sus consejos fueron  
guía en mi formación.

En forma especial al  
Ing. Enrique I. Hernández  
Quinto, gracias a su  
apoyo y capacidad hizo  
posible la terminación de  
ésta tesis.



# GENERALIDADES DE LOS ESTUDIOS TOPOHIDRAULICOS PARA PROYECTO DE Puentes

I.	ANTECEDENTES	1
II.	METODO DE SECCION Y PENDIENTE EN EL ESTUDIO TOPOHIDRAULICO	5
III.	TRABAJO DE CAMPO	14
III.1	Reconocimiento o localización del cruce	14
III.2	Programación de estudio	14
III.3	Integración de brigada	15
III.4	Trazo ó retrazo y nivelación del eje de proyecto	15
III.5	Trazo y nivelación de la (s) poligonal (es) de apoyo	16
III.6	Levantamiento de perfiles o secciones para la configuración topográfica	17
III.7	Trazo y nivelación de los monumentos de concreto	18
III.8	Levantamiento del estudio hidráulico	19
III.9	Levantamiento de obras hidráulicas y detalles existentes	21
III.10	Toma de fotografías	22
III.11	Investigación de datos	22
IV.	TRABAJO DE GABINETE	
IV.1	Cálculo y revisión de datos en libreta	23
IV.2	Planta general	23
IV.3	Planta detallada	24
IV.4	perfil de construcción	24
IV.5	Perfil detallado	24
IV.6	Estudio hidráulico. Cálculos y dibujos	25

IV.7	Planos de obras hidráulicas existentes	26
IV.8	Croquis de localización	26
IV.9	Informe fotográfico	26
IV.10	Informe general	27
IV.11	Finalidad de planos e informes que integran el estudio topohidráulicos	36
V	<b>CONCLUSIONES</b>	38

## **CAPITULO I ANTECEDENTES**

En el proyecto de una obra de vías terrestres, es fundamental considerar los efectos que el agua nos puede ocasionar, siendo ésta, una variable que regula ó condiciona la vida útil de la misma, por tal motivo, es necesario prestarle atención especial de una manera detallada, a través del estudio del drenaje de la vía terrestre de que se trate.

El objeto fundamental del drenaje, es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma puede perjudicar a la estructura, y para evitarle debemos considerar los siguientes aspectos:

- Evitando que el agua llegue a la estructura de la vía.
- Dando salida a lo que inevitablemente le llega.

El primer caso se logra desviando o conduciendo el agua pluvial que se precipita en las áreas adyacentes a la vía, conduciéndolas convenientemente a los escurrimientos naturales que cruzan la vía, ya sea aguas arriba ó aguas abajo del cruce. El segundo caso se logra, dando salida al agua de lluvia captada sobre la corona de la vía.

Por lo tanto, en éstos casos; se debe dar todas las facilidades al agua para que su escurrimiento sea en el menor tiempo posible, mediante el buen diseño y construcción de las obras complementarias.

Pero existe el caso cuando no es posible eliminar el agua, e inevitablemente tiene que cruzar la vía, esto nos obliga a que tengamos que encauzarla en forma tal, que el paso del tránsito pueda ser permanente a través de la vía durante todo el año.

Los puntos obligados motivados por el drenaje transversal lo constituyen diversas obras hidráulicas, ya que en la mayoría de los casos el resto del drenaje queda supeditado al proyecto integral de la vía, como sucede en los dos primeros casos anteriormente descritos, considerando que un cruce, no es sino un accidente de la vía y no un factor básico en él.

En la Secretaría de Comunicaciones y Transportes existen varias dependencias encargadas, entre otras cosas, de proyectar y construir diversas obras hidráulicas relacionadas con el drenaje transversal de las carreteras, vías férreas y aeropuertos, tales como puentes, vados, obras menores, etc. (convencionalmente se ha llamado en SCT, obra menor a la que mide 6.00 m ó menos de claro).

Uno de los datos fundamentales con que se debe contar para proyectar cualquiera de las obras mencionadas, es el gasto de la corriente en avenidas máximas extraordinarias.

La determinación del gasto de la corriente es importante porque, si el valor que se adopte para el proyecto es excesivo aumenta el costo inicial, y si es escaso aumenta el costo de las reparaciones o reconstrucciones.

En el gasto de diseño debe considerarse además de la vida útil del proyecto, el riesgo ó probabilidad que se puede aceptar de que falle la obra, el cual es función de la importancia que ésta tenga, de los daños que ocasionaría en caso de falla y de los costos de la reparación ó reconstrucción de la misma.

La vida útil que se considera deberá ser en base a consideraciones de índole técnico, económico y social.

Por lo tanto, el gasto de diseño estimado será función del riesgo o probabilidad que se desee admitir de que el valor del gasto estimado, sea superior durante los años de vida útil del proyecto.

Por todos estos aspectos, se vé la necesidad de determinar el gasto de proyecto lo más adecuadamente posible, y para eso el ingeniero se vale de tanto de la Hidrología como del estudio Topohidráulico.

Dentro del drenaje transversal de una vía terrestre, la hidrología juega un papel fundamental en el diseño de diversas obras hidráulicas, pero siendo el objeto de esta tesis tratar de manera generalizada al estudio topohidráulico, únicamente nos percataremos de hacer mención, algunos aspectos de los estudios hidrológicos así como de exploración de suelos en las zonas de cruce, ya que son estos estudios, los que intervienen en el diseño de puentes de la vía terrestre de que se trate.

Los métodos hidrológicos para determinar el gasto de las avenidas máximas extraordinarias, los podemos clasificar de la siguiente manera:

- Empíricos
- Semiempíricos
- Estadísticos
- Hidro-meteorológico

Los *métodos empíricos* se emplean para obtener una idea preliminar sobre el gasto de diseño, o bien cuando no se conocen las características de la precipitación en la zona correspondiente a la cuenca en estudio, ya que en ellos intervienen como variable únicamente las características físicas de la cuenca. En nuestro medio se utilizan con frecuencia los siguientes métodos:

- Método de Creager
- Método de Lowry
- Método del Departamento de Puentes
- Método de Talbot

Estos métodos nos proporcionan el gasto de diseño en función del área de la cuenca y de un coeficiente que depende de la región hidrológica correspondiente.

Los métodos semiempíricos son similares a los empíricos, pero hacen intervenir además la intensidad de la lluvia en la relación funcional que define el gasto de diseño. Estos métodos se basan en el conocimiento del ciclo hidrológico difieren unos de otros en el mayor o menor detalle con que toman los factores que intervienen en dicho ciclo.

Métodos como estos podemos mencionar a los siguientes:

- Método Racional
- Método FAA
- Método ARMCO
- Método de Dickens
- Método de Bürkli-Ziegler
- Método de Horton
- Método de Sánchez Bribiesca
- Método de Chow
- Método de Seschapa-Rao, Assenzo y Harp

Los métodos estadísticos son de gran utilidad en sitios en los que se cuenta con un buen registro de los gastos ocurridos. Se basan en suponer que los gastos máximos anuales aforados en una cuenca, son una muestra aleatoria de una población de gastos máximos. Difieren entre ellos en la forma de la función de distribución de probabilidades que suponen la población. Así, podemos mencionar a los siguientes métodos:

- Método de Gumbel
- Método de Nash
- Método de Lebediev
- Método Pearson Tipo III y Log-Pearson Tipo III

Los métodos hidro-meteorológicos se basan en la determinación de la precipitación máxima probable (PMP), a partir de métodos meteorológicos, para determinar la tormenta de diseño, y en convenir dicha tormenta en el hidrograma de diseño mediante una relación precipitación-escurrimiento. La determinación de la precipitación máxima probable se utiliza casi exclusivamente en el diseño de las obras de excedencia de grandes presas, por lo que no se harán más comentarios acerca de estos métodos.

Además, dentro de la etapa del proyecto para puentes, se tienen la necesidad de contar con datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo con que se está tratando, con la finalidad de que se tenga una concepción razonablemente exacta, de las propiedades físicas del suelo de que se trate.

Pero para llegar en el laboratorio, a unos resultados que nos permitan conocer las características de deformación y resistencia a los esfuerzos en el suelo con que haya que laborarse, es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible; la



obtención de las muestras de suelo apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas.

Toca al personal técnico especializado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, programar los estudios de exploración de suelos, a través de un reconocimiento en la zona de cruce en estudio, considerando de una manera visible las características físicas de los materiales existentes dentro y fuera del cauce, así como de la magnitud del escurrimiento que determina las dimensiones geométricas necesarias de la obra por ejecutar. Entendiéndose también, que se deberá hacer una correcta evaluación de la importancia de la obra por diseñar, así como otros aspectos que dependerán fundamentalmente de la experiencia particular del Ingeniero, para poder normar un criterio de la exploración del suelo en estudio.

De una manera general, el programa debe contener número, localización y tipo de sondeos por realizar, que estarán en función de la importancia de la obra por realizar, así como del tipo de suelo que se nos presente.

Existen varios tipos de métodos de exploración de suelos, pero hemos de mencionar únicamente a los más utilizados en el proyecto de puentes en nuestro país, así podemos mencionar a los siguientes métodos: Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado, Método de Penetración Estándar, perforaciones con boleas y gravas (con barretones, explosivos etc. ) y Métodos rotatorios para roca.

Como hemos visto, se han considerado los diferentes estudios básicos en la determinación de un proyecto para puentes, tanto aquellos que se llevan a cabo en gabinete, como los que se realizan en campo. Atendiendo a estos últimos se encuentra el Estudio topohidráulico, que junto con el hidrológico, norman un criterio para la determinación del gasto de proyecto; pero además sirven de sustento para efectuar otros estudios, como lo es el de socavación.

Un estudio topohidráulico es el Estudio de campo que se requiere realizar en el sitio de cruce de una vía terrestre con una corriente de agua, el cual sirve de apoyo para proyectar la estructura necesaria de drenaje, así como las obras auxiliares que aseguren el buen funcionamiento hidráulico de la obra. El término topohidráulico, que al parecer fue ideado por ingenieros mexicanos, obedece a que los trabajos comprenden tanto detalles topográficos de la zona de cruce como características hidráulicas de la corriente en cuestión. Un estudio topohidráulico debe contener la siguiente información.

Planta General, Planta Detallada, Perfil de construcción, Perfil Detallado, Plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas, Croquis de localización, Croquis de puentes cercanos e informes tanto fotográfico como General.

## CAPITULO II

### METODO DE SECCION Y PENDIENTE EN EL ESTUDIO TOPOHIDRAULICO.

Antes de seguir adelante es necesario conocer el método de sección y pendiente, en que se basa y para que nos sirve dentro de un estudio topohidráulico.

El método de Sección y Pendiente consiste en la determinación del gasto de una corriente por medio de Secciones Hidráulicas definidas y de la pendiente del río ó arroyo en estudio.

Contando con las secciones y la pendiente hidráulica, podremos calcular la velocidad para cada una de las secciones mediante la fórmula de Manning.

$$V = \left( \frac{1}{n} \right) R^{2/3} Sh^{1/2}$$

donde :

$$R = \frac{a}{p}$$

$$Sh = \frac{h}{d}$$

donde:

- V = Velocidad en m/seg
- n = Coeficiente que depende del material y estado del cauce del escurrimiento
- R = Radio Hidráulico
- Sh = Pendiente Hidráulica
- a = Area Hidráulica de la sección transversal de la corriente en m<sup>2</sup>
- p = Perímetro mojado, en m
- h = Diferencia de alturas entre los NAMEDS de apoyo considerados, en m.
- d = Distancia horizontal entre los NAMEDS en m.

Conocida la velocidad de cada una de las secciones hidráulicas podremos obtener el gasto para cada una de ellas mediante la fórmula de continuidad.

$$Q = VA$$

donde:

- Q = Gasto en m<sup>3</sup>/seg  
 V = Velocidad en m/seg  
 A = Area de la sección considerada en m<sup>2</sup>.

En la aplicación de la fórmula de Manning se considera un régimen permanente uniforme. Este tipo de escurrimiento comprende dos condiciones: el régimen permanente en el cual las características del escurrimiento en cualquier punto no varía con el tiempo.

$$\frac{\delta V}{\delta t} = 0, \quad \frac{\delta Y}{\delta t} = 0, \quad \frac{\delta Q}{t} = 0 \quad \text{etc.}$$

Y el flujo uniforme, en el cual la velocidad, la pendiente, tirante y la sección transversal permanecen constantes para una longitud dada del escurrimiento.

$$\frac{\delta V}{\delta L} = 0, \quad \frac{\delta Y}{\delta L} = 0 \quad \text{etc.}$$

En este tipo de flujo, el vector velocidad es idéntico en cualquier punto del fluido; es decir, con igual módulo, dirección y sentido. El área de la sección, pendiente y tirantes son constantes, por lo cual el tramo donde se apoyan(n) la(s) sección(es) hidráulicas deberá tener la longitud necesaria para alcanzar un régimen uniforme establecido y por último el gasto deberá ser constante durante un tiempo razonable. Asimismo es importante considerar que cuando el régimen es permanente y uniforme, la pendiente hidráulica  $Sh$ , es paralela a la pendiente geométrica  $Sg$ , formada por el perfil medio del fondo del cauce, por lo que en este caso, el desnivel geométrico es igual a la pérdida de carga por fricción, puesto que las energías específicas son iguales.

En realidad el régimen permanente no tiene, por muchas circunstancias, las características señaladas anteriormente dentro de los canales abiertos, ni mucho menos dentro de los escurrimientos naturales, que son donde normalmente se aplica a Manning, debido a que en el caso de los canales, éstos se encuentran expuestos a pequeñas variaciones, tanto en la sección como en la pendiente, pero aun más, se presentan otras variantes en el comportamiento del escurrimiento que hace aun más complejo su estudio, las fuerzas de fricción entre las partículas que constituyen un líquido en movimiento, así como las fuerzas que se oponen al mismo, tanto por las propiedades mecánicas del fluido como por la naturaleza de las paredes que forman los canales, producen distintos regímenes de escurrimiento.

Por lo tanto, existen diferencias de lo teórico a lo práctico. Sin embargo, hasta la fecha no existe algún otro método que nos pueda dar resultados precisos en la determinación del gasto de una corriente, y solo encontraremos algunos que únicamente tratan de acercarse a ello, como es el caso de los hidrológicos, lo cual a la fecha, junto con el topohidráulico se sigue llevando a práctica.

Considerando lo antes expuestos, en el caso de un río ó arroyo se tratará de hacer cumplir en la mayor medida posible las condiciones del tipo de flujo antes mencionado, con la finalidad de obtener resultados lo mas cercano posible al del escurrimiento en avenidas máximas extraordinarias. Esto se logra, buscando en el campo las siguientes condiciones de estudio:

- a) Elegir un tramo lo más recto y uniforme posible.
- b) Que no haya obstáculos importantes.
- c) Que no haya rápidas.
- d) Que no haya cambios bruscos de pendientes (caídas).
- e) Que no exista influencia hidráulica de algún escurrimiento cercano al cruce.

Por lo tanto, las secciones hidráulicas deben elegirse en un tramo recto del escurrimiento ó al menos en un tramo en que las márgenes estén bien definidas y la velocidad del agua sea prácticamente constante, para esto el tramo deberá tener la longitud necesaria para alcanzar un régimen uniforme requerido, sin olvidarse también que el perfil del fondo del cauce sea uniforme. Esto nos hace pensar que deberemos buscar para el estudio, un lugar en el cual se asemeje en la mejor forma posible a un canal de riego de sección trapezoidal, para poder cumplir con las condiciones requeridas en la aplicación de la fórmula de Manning.

Otra de las observaciones que merecen ser comentadas dentro de la fórmula de Manning es, el coeficiente de rugosidad "n". En la aplicación de la fórmula de Manning la mayor dificultad se encuentra en la determinación del coeficiente "n".

No existe un método exacto que permita seleccionar el valor de "n". Hasta el presente, el seleccionar el valor adecuado de "n" significa estimar la resistencia que se opone al escurrimiento, lo cual es un tanto intangible. Para los ingenieros veteranos esto significa que el ejercicio norma el criterio y da experiencia; para los ingenieros jóvenes no es más que una estimación aproximada y que diferentes observadores llegan a resultados diferentes para un mismo problema.

Con el propósito de dar una guía para determinar el coeficiente de rugosidad, se dan cuatro ideas generales dadas por Ven Te Chow:

1. Comprender los factores que afectan el valor de "n" y así tener un mejor conocimiento del problema para disminuir el rango de incertidumbre.
2. Consultar tablas que den valores de "n" para diferentes condiciones de rugosidad.
3. Comparar con cauces cuyos coeficientes la rugosidad sean conocidos y
4. Determinar el valor de "n" por procedimientos analíticos basados en la teórica distribución de velocidades de la sección normal al cauce, con datos u observaciones de rugosidad y de velocidad.

No es raro que los ingenieros piensen que un cauce tiene una misma rugosidad a todo lo largo, es decir, que el valor de "n" es el mismo en todas las condiciones. Esto no es correcto, en realidad el valor de "n" es altamente variable y depende de un gran número de factores. En la determinación acertada de los valores de "n" para varias condiciones diferentes, un conocimiento de estos factores es básico y muy útil. Los factores que ejercen mayor influencia sobre el valor de "n", tanto en cauces naturales como en canales artificiales, son descritas a continuación. Es necesario hacer notar que estos factores tienen entre sí una cierta interdependencia, por lo que debe recordarse lo que se diga de un factor para aplicarlo al otro dentro de las tablas.

#### **a) RUGOSIDAD DE LAS SUPERFICIES**

La rugosidad de las superficies está representada por el tamaño de los granos del material que forma el perímetro mojado en una sección, y que producen efecto retardatorio en el escurrimiento. Anteriormente este era el único factor considerado en la selección del valor de "n", pero actualmente se considera, entre otros, uno de los más importantes. Generalmente hablando para granos finos, como los de arena, resultan valores bajos de "n" y para gruesos como gravas o boleos los valores de "n" serán mas altos.

En escurrimientos por terrenos de aluvión en donde el suelo es de grano fino, así como arena, arcilla, limo o lodo, el efecto retardador del escurrimiento es mas bajo que en suelos de material de grano mayor como grava, boleos o fragmentos de roca.

Cuando el material es fino el valor de "n" es bajo y relativamente independientes del cambio del tirante. Cuando el material es de gravas o boleos el valor de "n" es generalmente alto para tirantes grandes o pequeños. Los boleos más grandes generalmente depositados en el fondo del cauce hacen que la rugosidad del fondo sea mayor que la de las márgenes y que su valor sea mayor a tirantes bajos. Cuando los tirantes son altos, una parte de la energía del escurrimiento es empleada en rodar los boleos, lo cual aumenta el valor de "n".

#### **b) VEGETACION**

La vegetación debe ser considerada como una clase de rugosidad superficial, por lo que marcadamente reduce la capacidad del cauce y retarda el escurrimiento. El efecto sobre el valor de "n" depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación.

En escurrimientos limpios de vegetación el fondo y las márgenes cubiertas con pasto o hierbas cortas, producen valores bajos de "n".

Hierbas altas y matorrales de 1 a 1.5 m de alto en las márgenes pueden producir un valor de "n" igual a 0.050.

En cauces donde el crecimiento de las hierbas y matorrales puede ser tan abundantes, el valor de "n" es mayor que 0.100. Arboles de 15 a 20 cm de diámetro en las márgenes

nes, no impiden el escurrimiento mas que los pequeños matorrales, si las ramas están altas.

El U. S. Soll Conservation Service hizo estudios de escurrimientos de agua en pequeños cauces protegidos con vegetación. Se encontró que el valor de "n" variaba con la forma de la sección transversal al cauce, la pendiente de éste y la profundidad o tirante del escurrimiento.

Comparando dos cauces, con todos los otros factores iguales, el tirante promedio mas bajo produjo los valores más altos de "n", esto porque la vegetación fue el factor que influyó en proporción mas alta. Así un cauce de sección transversal triangular tiene el valor de "n" mas alto que uno trapecial y un cauce amplio, extendido tiene valores de "n" mayores que uno profundo. Un escurrimiento con tirantes altos tiende a doblar la vegetación y a producir valores bajos para "n".

La pendiente alta o escalonada produce velocidades grandes, aplanamiento de la vegetación y valores bajos para "n".

### **c) IRREGULARIDADES EN EL CAUCE**

Las irregularidades del cauce comprenden las irregularidades en el perímetro mojado, las variaciones en la sección tanto en forma como en magnitud a lo largo del cauce.

En los cauces materiales tales irregularidades son generalmente producidas por bancos de arena, dunas de arena, elevaciones y depresiones del fondo. Estas irregularidades definitivamente introducen rugosidad adicional a la causada por otros factores. Generalmente hablando un cambio gradual y uniforme, en la forma y tamaño de la sección no afecta apreciablemente el valor de "n", pero un cambio brusco o alteración grande en la sección producen valores altos de "n". En este caso el incremento de "n" debe ser como mínimo de 0.005. Cambios que producen escurrimientos sinuosos, que van de lado a lado del cauce, producirán el mismo efecto.

### **d) ALINEAMIENTO DEL CAUCE**

Curvas suaves de radios grandes darán relativamente bajos valores de "n", mientras curvas forzadas y meandros continuos, aumentarán el valor de "n". Scobey sugiere que el valor de "n" debe aumentarse en 0.001 por cada 20° de curvatura en 300 m de cauce. Aunque es dudoso que por efectos de curvatura el valor de "n" se incrementa mas que 0.002 ó 0.003, este efecto no debe ser ignorado porque la curvatura induce a la acumulación de sedimentos e indirectamente influye en el valor de "n".

Generalmente hablando, el incremento en la rugosidad por curvatura en cauces que conducen agua a baja velocidad, es despreciable. Los meandros que hacen los cauces naturales se consideran que deben aumentar el valor de "n" en un 30 %.

### e) EROSION Y SOCAVACION

Generalmente la erosión cambia los cauces irregulares en otros comparativamente mas uniformes, con la consiguiente disminución del valor de "n", la socavación por el contrario, aumenta el valor de "n". Sin embargo el efecto de la erosión depende de la naturaleza del material erosionado o depositado. Algunos depósitos, así como bancos de arena y dunas de arena aumentarán las irregularidades del cauce y por lo consiguiente el valor de "n". La magnitud y uniformidad de la socavación depende del material que forma el perímetro mojado, así en lechos de arena o grava la socavación se producirá mas uniformemente que en lechos arcillosos. El depósito de sedimento tiende a corregir las irregularidades del cauce. La energía empleada en erosionar y transportar el material en suspensión o rodado a lo largo del lecho también aumentará el valor de "n". El efecto de la socavación no es tan importante como el de la erosión cuando ésta es producida por altas velocidades pues es progresivo continuo y uniforme.

### f) OBSTRUCCIONES

La presencia de obras hidráulicas, pilas de puentes, y semejantes tiende a incrementar el valor de "n". La magnitud del incremento depende de la naturaleza de la obstrucción, su tamaño, forma, número y distribución.

### g) MAGNITUD Y FORMA DEL CAUCE

Actualmente no se tiene ninguna evidencia de cómo pueda influir la magnitud y la forma del cauce en el valor adoptado por "n". Un incremento en el radio hidráulico debe aumentar o disminuir el valor de "n" dependiendo de las condiciones del cauce.

### h) TIRANTE Y GASTO

El valor de "n" se verá disminuido al incrementar el tirante y/o el gasto. Cuando el agua escurre lentamente las irregularidades del fondo son notorias y sus efectos llegan a ser pronunciados. Sin embargo, el valor de "n" puede ser mayor a tirantes altos si las márgenes son rugosas y con pastos. Cuando el gasto es muy grande puede ocurrir escurremiento sobre las márgenes y una porción del gasto correrá por las zonas de inundación. El valor de "n" para estas zonas de inundación es generalmente mayor que el del propio cauce y su magnitud depende de las condiciones de vegetación. Si el lecho y las márgenes de un cauce son igualmente suaves y regulares, y el fondo tiene una pendiente uniforme, el valor de "n" también puede permanecer constante para cualquier tirante y puede tomarse un solo valor en los cálculos. Esto ocurre con frecuencia en los cauces o canales artificiales.

En las zonas de inundación el valor "n" generalmente varía con el estado de sumergencia de la vegetación a bajos tirantes. La tabla II-1 da algunos valores de "n" para varios tirantes de acuerdo con el tipo de cobertura del suelo y de la profundidad de inundación, así como fueron observados en Niskoabotna, Iowa. se puede observar que la vegetación tiene un marcado efecto solamente arriba de cierto tirante y que el coeficiente de

rugosidad puede tomarse constante en cada zona de inundación para propósitos del cálculo del gasto.

TIRANTE M	COBERTURA EN LA ZONA DE INUNDACION				
	CEREALES	PASTOS	PRADOS	GRANOS PEQUEÑOS	MALEZA
MENOR DE 0.3	0.06	0.05	0.10	0.100	0.120
0.3 a 0.6	0.06	0.05	0.08	0.090	0.110
0.6 a 0.9	0.07	0.04	0.07	0.080	0.100
0.9 a 1.2	0.07	0.04	0.06	0.070	0.090
Mayor de 1.2	0.06	0.04	0.05	0.060	0.080

Las conclusiones más importantes de éste estudio son:

- a) El valor de "n" para un cauce tiene su valor mas bajo cuando el tirante es tal que el gasto no rebasa las márgenes y tiende a incrementarse para tirantes mayores ó también para tirantes menores.
- b) El valor de "n" correspondiente al gasto máximo antes de que vierta sobre las márgenes, no varía mucho para ríos o arroyos en diferentes materiales y en cualquier región.

#### i) CAMBIO CON LAS ESTACIONES

El cambio de estaciones produce crecimientos de las plantas acuáticas, pasto, hierba, sauces y árboles en el cauce y en las márgenes, aumentando así el valor de "n" en las estaciones que provocan crecimientos y disminuyéndolo en las estaciones que no lo favorecen. El cambio por estaciones también influye en otros factores.

#### j) MATERIAL SUSPENDIDO Y MATERIAL DE ARRASTRE

El material suspendido y el de arrastre estén o no en movimiento producen pérdidas de carga ó aumento en la rugosidad aparente.

Todos los factores que arriba se mencionan fueron estudiados con respecto a las condiciones normales y teniendo en cuenta el tipo de cauce del escurrimiento y otras condiciones relativas. Estos dan un criterio que facilita la determinación del valor de "n" para otros problemas. Como guía general aceptamos que las condiciones que tiendan a aumentar la turbulencia y retardar el escurrimiento, producen aumento en el valor de "n" y las condiciones que reduzcan la turbulencia y favorezcan el escurrimiento, reducen el valor de "n".



**VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**

DESCRIPCION DEL CAUCE	MÍNIMO	NORMAL	MAXIMO
-----------------------	--------	--------	--------

**A) CAUCES NATURALES**

*A-1 Arroyos pequeños (con ancho máximo de 30 m en época de avenidas).*

*a) Arroyos de Planicie*

1. Cauce limpio, recto, llano, sin grietas ni pozas profundas.	0.025	0.030	0.033
2. Lo mismo que el anterior pero con más piedras y hierbas.	0.030	0.035	0.040
3. Cauce limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
4. Lo mismo que el anterior pero con mas piedras y hierbas.	0.035	0.045	0.050
5. Lo mismo que el anterior pero con menores tirantes y con pendientes y secciones menos afectivas.	0.040	0.048	0.055
6. Lo mismo que el punto 4. Pero con mas piedras.	0.045	0.050	0.060
7. Cauces con baja capacidad con mucha hierba y pozas profundas.	0.050	0.070	0.080
8. Cauces extensos con mucha hierba, con pozas profundas y en las avenidas con arrastre de árboles grandes y maieza.	0.075	0.100	0.150

DESCRIPCION DEL CAUCE	MÍNIMO	NORMAL	MAXIMO
-----------------------	--------	--------	--------

*b) Arroyos de montaña, sin vegetación en el cauce, orillas o márgenes escalonadas, árboles y troncos sobre las orillas que se sumergen en las avenidas.*

1. El fondo con grava, boleos y pocos fragmentos de roca.	0.030	0.040	0.050
1. El fondo con cantos rodados y grandes fragmentos de roca.	0.040	0.050	0.070

*A-2 Ríos de Planicie.*

*a) Pastos sin maleza*

Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto largo	0.030	0.035	0.050

*b) Areas de cultivo.*

1. No cultivadas	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en surco	0.025	0.035	0.045
3. Cultivos sin surco	0.030	0.040	0.050
<i>c) Maleza</i>			
1. Poco densa, árboles grandes.	0.035	0.050	0.070
2. Semi-densa con árboles en invierno.	0.035	0.050	0.060
3. Semi-densa con árboles en verano	0.040	0.060	0.080
4. Densa en invierno	0.045	0.070	0.100
5. Densa en verano	0.070	0.100	0.160
<i>d) Árboles.</i>			
1. Denso en sauces	0.110	0.150	0.200
2. Raños con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Lo mismo que 2. Pero con crecimiento abundante de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Muchos árboles grandes, pocos arbustos, las avenidas no alcanzan las ramas.	0.080	0.100	0.120
5. Lo mismo que 4. Pero las avenidas le llegan a las ramas.	0.100	0.120	0.160
<i>A-3 Ríos grandes (con ancho superior a los 30 m).</i>			
Los valores de "n" son menores que los dados para ríos pequeños con la misma descripción.			
a) Sección regular con rocas y maleza.	0.025	-	0.060
b) Sección irregular y rugosa.	0.035	-	0.100

### **CAPITULO III TRABAJO DE CAMPO**

Dentro de un Estudio Topohidráulico existen dos fases necesarias a realizar primeramente tenemos al trabajo de campo, quizá la parte más importante del estudio, pues en él recabaremos todo tipo de información necesaria para una buena realización del estudio, ya que la información que podamos obtener de las cartas o estudios de fotogrametría, no son suficientes o en muchas ocasiones no muestran la realidad de una manera detallada de la zona en estudio. Para tal efecto indicaremos paso a paso cada una de las etapas llevadas a cabo en campo.

#### **III. 1 RECONOCIMIENTO DEL CRUCE O LOCALIZACION**

Antes de llevarse a cabo un estudio topohidráulico, es necesario que personal técnico especializado efectúe un reconocimiento del lugar, para verificar la elección del cruce ó localizar uno nuevamente, ya sea por modificación de trazo o por que no existe proyecto alguno.

Para la localización del cruce es necesario que no únicamente se tome en cuenta el alineamiento general, sino que también se considere las condiciones básicas de un buen cruce. A continuación enunciaremos las condiciones más importantes para la elección:

- a) Que el escurrimiento en esa zona no sea divagante, es decir que el cauce sea definido.
- b) Que el cruce se haga en una zona recta del escurrimiento.
- c) Que los taludes de las márgenes sean lo más uniformes posibles, asemejándose lo más a un canal artificial.
- d) Que la anchura sea la menor posible.
- e) Que el tirante del agua sea grande en relación con el ancho del cauce.
- f) Que no haya trastornos locales como islas, pozas, etc.
- g) Que el cruce sea normal, si es posible.
- h) Que las condiciones de cimentación sean buenas.

Naturalmente que no todas las condiciones anteriores tienen la misma importancia, pudiendo decirse que la principal es que el cruce no sea divagante.

#### **III.2 PROGRAMACIÓN DE ESTUDIOS**

Una vez llevado a cabo el reconocimiento o la elección del cruce, el personal técnico procederá a programar el estudio topohidráulico. Dicho programa deberá contener datos del tipo de terreno, vegetación, condiciones del cauce y tipo de escurrimiento; además, los trabajos que se requieren tales como longitud del retrazo y nivelación del eje, dimensiones de la planta topográfica, longitud de la pendiente del fondo del cauce, número y ubicación de las secciones hidráulicas. Si no existiese un tramo adecuado para realizar el estudio topohidráulico, el personal técnico indicará el sitio a estudiar. En éste

reconocimiento también se programa el Estudio de Exploración de Suelos por el personal técnico especializado.

### **III.3 INTEGRACION DE BRIGADA**

Siendo la primera fase de un estudio toponidráulico, la realización en campo de un levantamiento topográfico de la zona de cruce, donde se conjugan la altimetría y planimetría simultánea, así como el estudio hidráulico aplicando el método de sección y pendiente, es necesario que se cuente con una brigada muy bien organizada compuesta básicamente por:

- 1 Jefe de Brigada
- 1 Trazador o Topógrafo
- 1 Nivelador
- 1 Seccionador
- 2 Estadaleros
- 2 Candeneros
- 2 Peones

y el personal auxiliar necesario de acuerdo con las condiciones especiales de trabajo, como son: Choferes, cocinera (o) etc.

La brigada realizará todo lo que a trabajo de campo se refiere, además deberá tener la capacidad de efectuar el trabajo de gabinete, siendo la revisión final objeto de otro grupo de trabajo.

En el trabajo de campo para un estudio toponidráulico, los conceptos que integran en su realización son los siguientes:

- Trazo o retrazo y nivelación del eje de proyecto.
- Trazo y nivelación de la (s) poligonal (es) de apoyo.
- Levantamiento de perfiles para la configuración topográfica.
- Trazo y nivelación de los monumentos de concreto.
- Levantamiento de obras hidráulicas y detalles existentes.
- Estudio hidráulico.
- Toma de fotografías.
- Investigación de datos.

### **III.4 TRAZO O RETRAZO Y NIVELACION DEL EJE DE PROYECTO**

Cuando existe trazo definitivo en la zona de cruce, éste tendrá que retrazarse apoyándose en las referencias del proyecto geométrico, debiendo verificarse con tránsito y cinta de acero las tangentes parciales y los elementos de las curvas horizontales, reponiendo trompos y estacas testigo. En caso de no existir trazo definitivo, deberá realizar-

se en el lugar que señales el programa previamente elaborado por el personal técnico de la empresa encargada del estudio.

El criterio adoptado para elegir la longitud del trazo se basa en las características topográficas del sitio, así como del nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME). Para el caso del retrazo, la longitud es función de la rasante de proyecto, siendo necesario llegar hasta la línea de ceros si la topografía del lugar lo permite.

Las estaciones del trazo van de 20 en 20 , las cuales al nivelarse se deberá considerar los detalles topográficos existentes en la zona de cruce, así como los niveles del NAME, NAMO y NAMIN. El método de nivelación utilizado puede ser el de ida y vuelta ó doble punto de liga, con aproximación al centímetro.

La nivelación del eje debe apoyarse en un BN del proyecto definitivo, pero si éste se encuentra a más de 200 m del cruce, deberá fijarse uno auxiliar lo más cercano posible, sobre grapas o placa metálica debidamente promediado y referenciado al eje de proyecto, en un lugar seguro, inamovible, fuera del derecho de vía, y fuera de la influencia del NAME; a menos que existan llanuras de inundación. En caso de no existir un BN cercano al cruce, deberá colocarse uno con elevación arbitraria. La finalidad del BN auxiliar cercano al cruce es de apoyar con los niveles el proceso constructivo del puente.

Hay casos en que por motivos técnicos se tenga que realizar un estudio topohidráulico sobre una obra existente, en este caso será necesario trazar y nivelar sobre el terreno natural un eje paralelo al eje del camino actual, el cual será retrazado y nivelado nuevamente también.

### **III.5 TRAZO Y NIVELACION DE LA (S) POLIGONAL (ES) DE APOYO**

Para poder apoyar los perfiles ó secciones para la configuración topográfica, es necesario trazar una o más poligonales auxiliares tanto aguas arriba como aguas abajo del cruce, esta (s) a su vez podrá (n) estar apoyada (s) en un PST del eje, PSST, PSSTE ó cuerda en caso de curva. El criterio que se sigue para decidir el número de poligonales necesarias, es el siguiente:

- A) en los casos en que se requiera un planta detallada, se deberá trazar una sola poligonal de apoyo abierta, en cualquiera de sus márgenes ó dentro del cauce si éste se encuentra seco.
- B) En los casos en que se requiera un aplanta general y una detallada, se deberán trazar dos o más poligonales de apoyo paralelas entre sí de tal manera que al realizar la nivelación de los perfiles puedan verificarse sus elevaciones y longitudes. La separación entre dos poligonales de apoyo no deberá exceder de 200.00 m, con el fin de evitarse errores acumulativos de ángulo-distancia en los perfiles, siendo únicamente casos especiales en los que se vea obligado una mayor separación.

Como podrá observarse , el número de poligonales se encuentra relacionado con el área requerida por el estudio.

El ángulo que forma la poligonal de apoyo respecto al eje, es variable; ajustándose generalmente a  $90^{\circ} 00'$  si la trayectoria del cauce lo permite.

Debido a que la planta topográfica debe cubrir una franja sensiblemente paralela al eje de proyecto, las estaciones de la poligonal de apoyo deberán ir de 10 en 10 m hasta los 40 aguas arriba y 40 m aguas abajo del cruce; sea éste en tangente ó en curva, posteriormente las estaciones van de 20 en 20 m.

La nivelación de la poligonal auxiliar deberá estar apoyada en un BN o BN auxiliar, con una aproximación al centímetro en cada estación; siendo el método de nivelación más recomendable el de ida y vuelta.

### **III.6 LEVANTAMIENTO DE PERFILES O SECCIONES PARA LA CONFIGURACION TOPOGRAFICA**

Los perfiles o secciones de topografía generalmente se apoyan en una o más poligonales auxiliares, siendo recomendable que guarden un paralelismo con respecto al eje cuando el cruce sea en tangente. Si las secciones son normales al lado de la poligonal, puede estimarse su alineamiento formando un triángulo rectángulo con la cinta de género; pero si no es normal, el ángulo debido tendrá que medirse con tránsito. En ambos casos se pondrán como referencias balizas que sirvan de guía al efectuarse el levantamiento de las secciones.

En las secciones transversales no se miden distancias para fijar puntos sobre el trazo y determinar después sus cotas, sino que éstas se localizan sobre la línea que sigue la sección.

Para la nivelación de las secciones topográficas existen dos métodos terrestre directos que son:

- Dar cota a los puntos donde hay cambios del terreno.
- Localizando puntos de cota cerrada.

Para el primer método como lo dice el enunciado, la nivelación se realiza dándole cota a los puntos donde existe cambios del terreno, éste procedimiento es similar a la nivelación de perfil que todos conocemos.

En el segundo método, las Brigadas Topohidráulicas no acostumbran a utilizarlo, debido a que se les hace poco práctico tener que calcular la lectura en el estadal, la cual está basada en la cota de la estación en que se apoya la sección, altura de ojo del topógrafo y cota redonda buscada. Por lo general, las cotas de cada una de las estaciones se calculan y revisan en gabinete, y para aplicar este método se debe ya tener este dato.

Para todos los casos deberá verificarse la nivelación de cada una de las secciones de topografía, con algún punto de cota conocida (PL, BN, BN Auxiliar, Estación de la poligonal o del eje etc.).

La nivelación de los perfiles, podrá ejecutarse con nivel fijo y cinta de género cuando el ancho de la zona por configurar es grande y el terreno plano, sin fuertes pendientes, para no tener que hacer cambios de posición del aparato; para este caso, el procedimiento que se sigue es darle cota a los puntos donde cambia el terreno, semejante a la nivelación de perfil.

Cuando el terreno es accidentado se usará el nivel de mano; pues el aparato en este caso es el mismo observador y puede trasladarse rápidamente; para este caso, puede levantarse la sección localizando puntos de cota cerrada, o dándole cota a los puntos donde cambia el terreno, este último es el más recomendable por sus fines prácticos.

También puede utilizarse la combinación de nivel fijo y nivel de mano, si existe algún obstáculo que no permita seguir usándose en un tramo el nivel fijo, deberá utilizarse el nivel de mano para posteriormente seguir la nivelación con el nivel fijo.

Es necesario que las secciones transversales corten los detalles importantes del terreno, en caso contrario, es conveniente levantar secciones auxiliares con el fin de poder configurar en la planta dichos detalles.

En sentido transversal a la dirección de la corriente, la topografía deberá librar el NAME, excepto el caso que exista llanura de inundación, lo cual resultaría innecesario levantar demasiada topografía.

### **III.7 TRAZO Y NIVELACION DE LOS MONUMENTOS DE CONCRETO**

Es absolutamente indispensable dejar debidamente referenciados los puntos que definen el trazo, tales como PST, PSST, PC, etc. El objeto de referenciar es fijar la posición de un punto con relación a otros fijos, que se suponen permanecerán durante la construcción del camino; como los puntos del trazo desaparecen muchas veces desde el momento de hacer el desmonte, puede reconstruirse el trazo en cualquier momento a partir de los puntos fijos, comprobándose así además, si la ejecución va apegándose al proyecto.

Para el estudio topohidráulico, como referencias se colocan monumentos de concreto colocados convenientemente en el lugar.

Con el tránsito, empleando ángulos y distancias medidos con exactitud, deberán ubicarse colinealmente dos monumentos en cada margen del cauce, debiendo estar fuera del derecho de vía y fuera de la influencia del NAME, en un sitio seguro e inamovible; pues en muchas ocasiones se encuentran expuestos a ser movidos o hasta ser sacados del lugar, debido a labores agrícolas u otras contingencias.

Los monumentos deberán tener la forma aproximada de una pirámide cuadrangular truncada, con las siguientes dimensiones: base mayor 20 cm por lado, base menor 10 cm por lado y altura 30cm, colocando un clavo de 10 cm al centro. Deberán gravarse en la cara superior el número de monumento, distancia y el lado en que se encuentra respecto al cadenamiento del eje.

La nivelación de dichas mojoneras deberá efectuarse al milímetro, y no solo permitirán definir dichos puntos para la reconstrucción futura del eje en la zona de cruce, sino que al estar éstas niveladas, nos servirán de apoyo para la nivelación del proceso constructivo del puente.

### III.8 ESTUDIO HIDRÁULICO

Para el estudio hidráulico de una obra de drenaje por medio del método de sección pendiente, en el que se determina el gasto en crecientes máximas extraordinarias, es necesario hacer una investigación minuciosa de la elevación de las aguas máximas extraordinarias, mediante un recorrido en campo por las márgenes del escurrimiento, buscando con criterio y cuidadosamente cualquier huella que permita indicar hasta qué nivel llegan las aguas máximas extraordinarias.- Las huellas mas comúnmente visibles son deslaves en las márgenes, lama o humedad en las márgenes o en los árboles ribereños, depósitos de arena, basura y en general cualquier arrastre que quede sobre los árboles, etc., además se investigará con los vecinos el nivel de agua máximas extraordinaria, eliminando todas las versiones dudosas o exageradas.

En este recorrido también se buscará tanto aguas arriba como aguas abajo, un tramo factible para la ubicación de las secciones hidráulicas, tomando como base las condiciones enunciadas en el capítulo II, las cuales la más importante era considerar un tramo lo más recto y uniforme posible.

Para llevar a cabo el estudio hidráulico es necesario contar con elementos de la brigada que sepan nadar, pues en muchas ocasiones con la cinta y el estadal será necesario demostrar destreza al realizar la nivelación dentro del agua, mientras el nivelador con el nivel fijo podrá ir en cualquiera de las márgenes del escurrimiento.

En el caso en que el cauce esté seco, podrá realizarse el trazo de una poligonal abierta por el fondo del cauce hacia aguas arriba y aguas abajo, debiendo ser su origen el centro de línea del cruce en estudio, este trazo se tratará de hacer por el centro del cauce, tomando los puntos más bajos de cada sección, es decir, se buscará el canal principal del escurrimiento con sus puntos de inflexión respectivos en cada formación de meandros. El cadenamiento del trazo utilizado es a cada 20.00 m, y puede tener la longitud tal que comprenda únicamente la planta topográfica, con el fin de no prolongar este, todo lo que el estudio hidráulico requiere en nivelación.

La longitud de nivelación que deberá realizarse, dependerá de la importancia del escurrimiento, así al efectuarse la nivelación del perfil del fondo del cauce, por lo menos deberá hacerse en una longitud no menor de 500.00 m aguas arriba y aguas abajo del cruce, además deberá correrse al mismo tiempo la nivelación de todos los NAMES previamente localizados en el recorrido.



Los métodos de nivelación más usuales para el perfil del fondo del cauce son el de ida y vuelta, y el de doble punto de liga.

Al igual que los NAMES las secciones hidráulicas también deberán estar previamente localizadas, en un tramo que se apegue lo más cercano posible a las condiciones ya antes mencionadas (CAPÍTULO 2), sin olvidarse que entre más secciones tengamos, mayor apoyo tendremos en obtener un criterio de cálculo del gasto.

El trazo de las secciones hidráulicas deberá ser normal a la dirección de la corriente y quedar localizada dentro del perfil del fondo del cauce levantado, además al levantarse la sección deberá tomarse el NAME correspondiente: pues aquí el gasto que nos interesa se calcula para la avenida máxima extraordinaria. Cuando la información es incierta, para obtener el gasto es conveniente tomar varias secciones, una de ellas en el cruce como mínimo una aguas arriba y otras aguas abajo del cruce, a fin de comparar los gastos obtenidos con ellas y determinar el gasto de diseño mediante el promedio de estos. La distancia entre las dos secciones auxiliares al eje, debe ser como mínimo 200.00 m con el objeto de que en la determinación de la pendiente no influyan accidentes locales tales como vados, pozas, meandros del río etc., además, deberá tener como mínimo 100.00 m de nivelación del perfil del fondo del cauce en los extremos después de cada última sección levantada. El origen del trazo de cada sección deberá ubicarse en cualquiera de las márgenes, indicando siempre en los registros a qué margen corresponde dicho origen. El método de nivelación utilizado en levantamiento de la sección, es dándole cota a los puntos donde hay cambios de terreno, similar a la nivelación del perfil.

Si la información de niveles máximos del agua es fidedigna y el cauce es relativamente encajonado de manera que el método de sección y pendiente sea aplicable, podrá ser suficiente levantar una sola sección, ya sea en el sitio de cruce ó en otro cercano a él, pues es de importancia tener datos acerca del gasto y velocidad en la zona de cruce.

Si el escurrimiento tiene agua, de tal forma que imposibilite trazar la poligonal abierta por el fondo del cauce debido a los tirantes, entonces se trazará una poligonal lo más cercano posible al cauce principal por una de las márgenes. A dicha poligonal deberán referenciarse tanto los niveles de la superficie del agua como los NAMES localizados. Con tirantes entre 1.00 y 4.00 m, para efectuar el levantamiento del perfil debajo de la superficie del agua, se usará el método más conveniente de acuerdo con la altura del tirante y la velocidad de la corriente. Si las condiciones anteriores lo permiten, podrá levantarse el perfil por medición de lecturas directas con el nivel, puesto que el estadalero va dentro del agua y puede por lo tanto apoyar el estadal directamente sobre el fondo del terreno. Si la altura del tirante impide que el estadalero se apoye sobre el fondo, será necesario ir tomando los niveles de la superficie del agua a cada 40.00 m en el momento de la observación, e ir refiriendo a él, dicho levantamiento del perfil del fondo del cauce, para esto; es necesario que el estadalero nade hasta el centro del cauce y obtenga las profundidades del agua con el estadal, sin embargo; si existen problemas debido a lo ancho del cauce, donde el estadalero se vea imposibilitado a nadar una distancia considerable, entonces se instalará un cable de margen a margen para que el

estadaletero se apoye y pueda ir obteniendo las profundidades con el estadal. En éste mismo caso, también se puede definir el perfil por medio de sondaleza, que son cadenas marcadas con longitudes y cuentan con un lastre de 10 a 15 kg de peso mínimo, para que pueda llegar hasta el fondo y no sea arrastrado por la velocidad de la corriente, de esta forma se podrá leer directamente las profundidades de las láminas del agua en cada uno de los puntos en que se ejecuta la observación. Con la sondaleza surge el inconveniente del peso, que lo hace difícil que una persona pueda cargar con ella dentro del agua, lo cual sería necesario utilizar una lancha o un cayuco auxiliados con cables.

Los sondeos en barcas se recomiendan para el caso de corrientes navegables o bien para aquellos ríos en que la anchura sea excesiva (mayor de 100.00 m) porque en este caso, la instalación de un cable resultaría costoso. La sección del escurrimiento obtenida con barca no es muy precisa, puesto que es difícil mantener en una posición fija a la embarcación; mientras los métodos anteriormente citados son los más aceptables para el levantamiento de secciones hidráulicas y perfiles o secciones de topografía, en que es obligatorio detallar todo lo existente bajo la superficie del agua para la configuración topográfica.

Los métodos citados son los que tradicionalmente una brigada realiza, sin embargo cuando el estudio se lleva a cabo en ríos con grandes tirantes y anchuras excesivas, lo más recomendable es utilizar un equipo especializado como son el distanciómetro y la ecosonda, que nos sirven para medir distancias y profundidades del agua respectivamente.

Con los NAMES encontrados y los niveles de la superficie del agua a cada 40.00 m, que deberán correrse al mismo tiempo, podrá aún ser más fácil determinar el perfil medio de la avenida máxima extraordinaria en estudio, pues en este caso la pendiente de la superficie del agua servirá de base para encontrar la pendiente hidráulica en avenidas máximas extraordinarias.

### **III.9 LEVANTAMIENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y DETALLES EXISTENTES**

Si existiesen obras hidráulicas cercanas al cruce, tales como puentes, alcantarillas, compuertas etc; deberá realizarse su levantamiento; además deberá también incluirse detalles como postes de red de energía eléctrica, teléfonos, telégrafos, casas habitacionales y cualquier otro tipo de construcción.

Apoyados en un puntos del eje o de la poligonal, con el tránsito y la cinta, podremos realizar el levantamiento utilizando el método de radiaciones de ángulo-distancia, el cual se toma una serie de puntos ordenadamente de cada una de las obras o detalles existentes, relacionándolos serán suficientes para poder representar las expresiones en el plano. Otra de las formas de obtener los detalles, es referenciando a las secciones de topografía todos los puntos importantes del levantamiento, este sistema es usual para detallar cercas de alambre y muros divisorios.

Al realizarse el levantamiento de obras hidráulicas, es necesario obtener las medidas de cada elemento estructural, como son: losas, trabes, columnas, pilas, estribos, aleros; así como altura libre, claros, longitud (es) de cada tramo (s), ancho de calzada etc. Si se trata de cualquier otro tipo de obra hidráulica también será necesario obtener sus dimensiones, con la finalidad de poder representar por medio de un croquis, las obras hidráulicas existentes con sus respectivas dimensiones.

### **III.10 TOMA DE FOTOGRAFÍAS**

En campo deberán tomarse cuando menos seis fotografías: Sobre el eje, una hacia cada márgen; dos panorámicas hacia la zona de cruce, tomadas desde aguas arriba y desde aguas abajo, sobre cada una de las secciones hidráulicas desde aguas abajo, que muestre la mejor vista de materiales dentro y fuera del lecho, así como tipo y densidad de vegetación. Asimismo, en su caso, deberán tomarse fotografías de obras de drenaje cercanas como son: puentes, vados y alcantarillas, socavación al pie de pilas, estribos y vados, fallas estructurales, huellas visibles de niveles de agua, cuerpos flotantes, erosiones marginales, presas, compuertas, bordos de protección y otros detalles que a juicio del jefe de la brigada sean de utilidad para el estudio.

### **III.11 INVESTIGACIÓN DE DATOS**

El jefe de la brigada al efectuar el reconocimiento de la zona del cruce en estudio, deberá investigar en forma detallada las características hidráulicas del escurrimiento, como son: Nacimiento y desembocadura del cauce, afluentes, islas, lagunas, esteros, cascadas, influencias hidráulicas de mareas o de otro escurrimiento de mayor caudal, tipo de escurrimiento, zonas de inundación, márgenes, descripción de los materiales que forman el lecho del cauce, tipo de vegetación, clima, uso del suelo, fuente de información de niveles máximos alcanzados por el agua, estación hidrométrica etc. Además, si existen puentes cercanos, investigar el tipo de puente, dimensiones, estado físico, antigüedad, funcionamiento hidráulico etc; si existen obras de control se investigará sus características más importantes y su funcionamiento.

En este reconocimiento también se investigará las vías de comunicación y su transitabilidad en distintas épocas del año, así como distancias aproximadas a los poblados más cercanos, de tal forma que también podamos realizar el croquis de localización.

## **CAPITULO IV TRABAJO DE GABINETE**

El trabajo de gabinete de un estudio topohidráulico, es la fase posterior a lo realizado en campo, donde en base a los registros obtenidos, se procede a calcular y después proyectar la información en cada uno de los planos que integran el estudio, debiendo hacerse a lápiz para facilitar su corrección cuando éstos sean sometidos a revisión final.

### **IV.1 CÁLCULO Y REVISIÓN DE DATOS EN LIBRETA**

Los registros de campo del estudio deben de calcularse y revisarse minuciosamente, comprobándose todas las operaciones aritméticas del registro, así como errores máximos o tolerancias que nos exige la precisión de los trabajos de topografía. Posteriormente dichos registros se pasan a una libreta en limpio, teniéndose cuidado que no falte ninguna información del estudio y podamos en un momento dado, rehacer cualquier pérdida de alguno de los planos. Dentro de la información en libreta, además deberá contener los croquis respectivos que indiquen la forma del levantamiento realizado, es decir, deberá contener el croquis de armado de la planta, (eje, poligonal ó poligonales de apoyo, secciones transversales y ángulos respectivos) croquis de puentes y/u obras hidráulicas existentes, así como el de localización de la zona cruce en estudio.

### **IV.2 PLANTA GENERAL**

La planta general se dibujará a lápiz y en papel albanene grueso, en la cual las escalas más convenientes son: 1:1000 en plantas con extensiones hasta 1500 m, y 1:2000 para extensiones mayores a ésta. Sin embargo en un gran número de casos dentro de la práctica, las brigadas utilizan escalas 1:500 para extensiones entre los 300 y 1500 m para planta general.

El levantamiento se dibujará por coordenadas considerando como ejes, el del camino y las poligonales de apoyo; tal como se muestra en el croquis de armado de la planta.

En el plano deberá vaciarse no únicamente cadenamientos, sino además elevaciones obtenidas del perfil del eje del camino, de las poligonales de apoyo, así como las cotas de los perfiles ó secciones de topografía, debiendo verificarse tanto ángulos como distancias entre eje del camino, poligonales de apoyo y perfiles de topografía.

Las curvas de nivel estarán indicadas a cada metro y se podrán obtener por el método de la "liga" ó interpolando. Este último es el más utilizado dentro de las brigadas por lo práctico. En la planta deberá aparecer además; el eje del trazo con datos de rumbo magnético, origen y destino, longitudes de tangentes ó datos de curvas, poligonales de apoyo, secciones de topografía, mojoneras con sus respectivos datos de elevaciones y ángulos-distancias respecto al eje, NAMES, sentido de la corriente, líneas telegráficas ó telefónicas, red de energía eléctrica, cercas, construcciones, ductos ó cualquier otro tipo de instalaciones que pudiesen existir, así como ubicación de la (s) sección (es) hidráulicas contempladas dentro de la planta.

### **IV.3 PLANTA DETALLADA**

Se dibujará también a lápiz en papel albanene grueso, siendo la escala más conveniente 1:200 en plantas con extensiones de hasta 300 m, deberán aparecer además, todos los conceptos indicados para la planta general, como son: eje del trazo, poligonal de apoyo, secciones de topografía, monumentos de concreto con sus respectivos datos de elevaciones y ángulo-distancias respecto al eje, NAMES, sentido de la corriente, sección hidráulica en el cruce, longitudes de tangentes en el eje, rumbos, datos de curva del trazo, líneas telefónicas, de energía eléctrica, cercas de alambres y todo tipo de construcciones ó instalaciones que puedan existir dentro de la planta.

Se dibujará el levantamiento por coordenadas, tal como se indica en el croquis de armado de la planta, indicando curvas de nivel a cada 50 cm, las cuales se acostumbran a dibujar interpolando.

### **IV.4 PERFIL DE CONSTRUCCION**

De los datos obtenidos del trazo ó retrazo y nivelación del eje del camino, dibujaremos a lápiz y al reverso del papel milimétrico transparente delgado el perfil de construcción, utilizando escalas horizontal 1:2000, vertical 1:200.

Se indicarán datos de curvas, tangentes, mojoneras con sus respectivas elevaciones y cadenamientos de apoyo, así como datos de ángulo-distancia respecto al eje, rumbo magnético observado, NAME, NAMO y NAMIN, origen y destino del trazo, descripción de bancos de nivel y rasante de proyecto si es que llegara a existir.

### **IV.5 PERFIL DETALLADO**

También se dibujará a lápiz y al reverso del papel milimétrico transparente delgado. A diferencia del perfil de construcción, el perfil detallado tiene escalas horizontal y vertical 1:200 hasta en longitudes de 300 m y 1:500 en perfiles con longitudes mayores a ésta. Se deberán indicar cadenamientos a cada 20 m así como los NAME, NAMO y NAMIN, origen y destino del trazo.

La longitud del perfil detallado deberá abarcar el claro del NAME mas 30 m hacia cada margen si es posible. En caso de zonas de inundación el perfil abarcará el cauce principal, mas 60 m aproximadamente a cada una de las márgenes.

#### IV.6 ESTUDIO HIDRÁULICO PENDIENTE Y SECCIONES HIDRÁULICAS

Quizás una de las partes más importantes del estudio topohidráulico sea el cálculo y dibujo del Estudio Hidráulico, el cual trataremos de abordar a continuación de una manera detallada.

Iniciaremos por mencionar que el estudio se dibuja primeramente a lápiz y al reverso del papel milimétrico transparente delgado.

Escalas convenientes en el perfil del fondo del cauce; horizontal 1:1000, vertical 1:100 de preferencia o bien que las escalas sean tales que el dibujo no ocupe en sentido horizontal más de 1.50 m de longitud.

En las secciones hidráulicas: usar escalas 1:100 horizontal y vertical para longitudes pequeñas, 1:200 horizontal y vertical para longitudes hasta de 150 m y 1:500 para longitudes mayores a ésta, tanto horizontal como vertical.

Del perfil del fondo del cauce una vez dibujado, obtendremos el perfil medio del fondo del cauce  $S_g$ , llamada también pendiente geométrica. Esta la encontraremos apoyándonos en por lo menos dos de las cotas del perfil del fondo del cauce, de tal manera que al unir las mediante una recta, ésta sea aproximadamente la media de todas las cotas del perfil.

En el plano del perfil, también indicaremos los NAMES investigados, los cuales servirán de base para encontrar el perfil medio de la superficie del agua en avenidas máximas extraordinarias  $S_h$ , llamada también pendiente hidráulica. Esta la encontraremos apoyándonos en por lo menos uno de los NAMES, en el cual trazaremos una recta que sea la media de todos los niveles de aguas máximas extraordinarias y a la vez sea paralela al perfil medio del fondo del cauce, es decir,  $S_g = S_h$ . Hemos de señalar que la SCT acepta que  $S_h$  sea ligeramente mayor que  $S_g$ , en el caso que las secciones hidráulicas aguas abajo sean mayores que las de aguas arriba, en el cual existe un abatimiento de tirantes hidráulicos y con ello el pronunciamiento de dicha pendiente.

En casos especiales también podemos encontrar  $S_h$ , si contamos con las cotas de los espejos de agua del estudio hidráulico del escurrimiento, encontrando el perfil medio de ellos, podremos obtener paralelamente el perfil medio de la superficie del agua en avenidas máximas extraordinarias.

Es necesario hacer notar que existe un gran número de casos, en que se tengan dos o más pendientes geométricas  $S_g$  para un mismo estudio, obligado por el perfil del fondo del cauce. En tal caso se tendrá el mismo número de pendientes hidráulicas  $S_h$ , y se deberá de considerar a cada una de ellas en el cálculo del gasto de cada sección hidráulica correspondiente.

En el dibujo del perfil deberemos dejar debidamente localizada a cada una de las secciones hidráulicas levantadas con su NAME calculado correspondiente; debiendo asignar a ellas un número de identificación que nos permita su fácil ubicación.

En la parte inferior del plano dibujaremos las secciones hidráulicas con su identificación correspondiente y NAME calculados, indicándose la separación de tramos realizados en cada una de ellas, la cual se le asignará en los cálculos un determinado valor de "n", en función del estado en que se encuentre tanto las márgenes como el cauce del escurrimiento; tal como se menciona en el capítulo II de esta tesis.

Deberá llenarse la tabla de cálculos hidráulicos que presenta la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y se muestra a continuación (áreas y perímetros mojados y método de sección y pendiente), cuyas columnas serán calculadas tales como: áreas parciales, áreas totales, perímetros mojados, radios hidráulicos, velocidades, gastos parciales y finalmente gasto total de cada sección hidráulica levantada.

#### **IV.7 PLANOS DE PUENTES EXISTENTES**

Todo puente que se encuentre en la zona cercana al cruce deberá realizarse su levantamiento, debiendo ser dibujado en papel albanene grueso y a lápiz, con escalas convenientes de: 1:200., 1:100, 1:50 y 1:25 para puentes relativamente grandes o pequeños según sea el caso, de tal forma que el plano no sea mayor a 1.00 m de longitud. Las proyecciones en el plano serán en planta, elevación y cortes debidamente acotados, señalándose a cada una de las partes componentes como son: aleros, estribos, nervaduras, parapetos, ancho de calzada, claros, pilas, partes metálicas si es de vías férreas etc. Además deberá señalarse el NAME correspondiente.

#### **IV.8 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN**

En papel albanene grueso, a lápiz, con dimensiones de 60 cm aproximadamente, se elaborará el croquis de localización de la zona de cruce en estudio, en él se mostrará las vías de comunicación y su transitabilidad en distintas épocas del año, distancias aproximadas y poblados cercanos, río en estudio así como afluentes, puente (s) si existen y orientación.

En el caso de tratarse de dos o más estudios cercanos entre sí, el croquis general de localización deberá indicar cada uno de ellos en el mismo.

#### **IV.9 INFORME FOTOGRÁFICO**

deberá realizarse el informe fotográfico ordenando y numerándose cada una de las tomas realizadas, en las que aparecerá trazo del eje del camino, origen y destino, sentido de la corriente, sección hidráulica y niveles de agua en cada toma fotográfica. Se describirá al pie de cada fotografía, la vista o referencia de cada toma, número de la sec-

ción, eje del camino, margen etc.) anotándose las observaciones más importantes que pudieran existir.

#### IV.10 INFORME GENERAL

El informe general deberá incluir toda la información posible útil para la elaboración del proyecto como son: datos de localización (nombre del río, nombre del camino y tramo, kilometraje del cruce y origen. esviajamiento del cauce), características hidráulicas de la zona en estudio (nacimiento y desembocadura del cauce, tirantes, velocidades, afluentes, islas, lagunas, esteros, cascadas, influencia de mareas, tipo de escurrimiento torrencial, perenne, efímero, zonas de inundación etc), existencia de puentes cercanos mencionando tipo de puente, dimensiones, estado físico, antigüedad, funcionamiento, modificaciones o alteraciones en el mismo funcionamiento hidráulico actual, estructuras de control de la corriente describiendo sus características más importantes y funcionamiento, influencia hidráulica, fuente de la información de niveles máximos alcanzados por el agua, influencias hidráulicas, fuente de información de niveles máximos alcanzados por el agua, influencias hidráulicas en el cruce, descripción de materiales que formen el lecho del cauce, sus llanuras de inundación, márgenes, tipo de vegetación y uso de la tierra.

Finalmente debemos subrayar, que en la actualidad, la introducción de los sistemas computacionales al campo de la ingeniería, ha abarcado hasta estos medios en la cual el trabajo de gabinete, se ha visto reducido notablemente en la forma tradicional del trabajo.

A continuación, se anexa un estudio topohidráulico el cual se requirió únicamente planta detallada, en virtud de la magnitud del escurrimiento.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



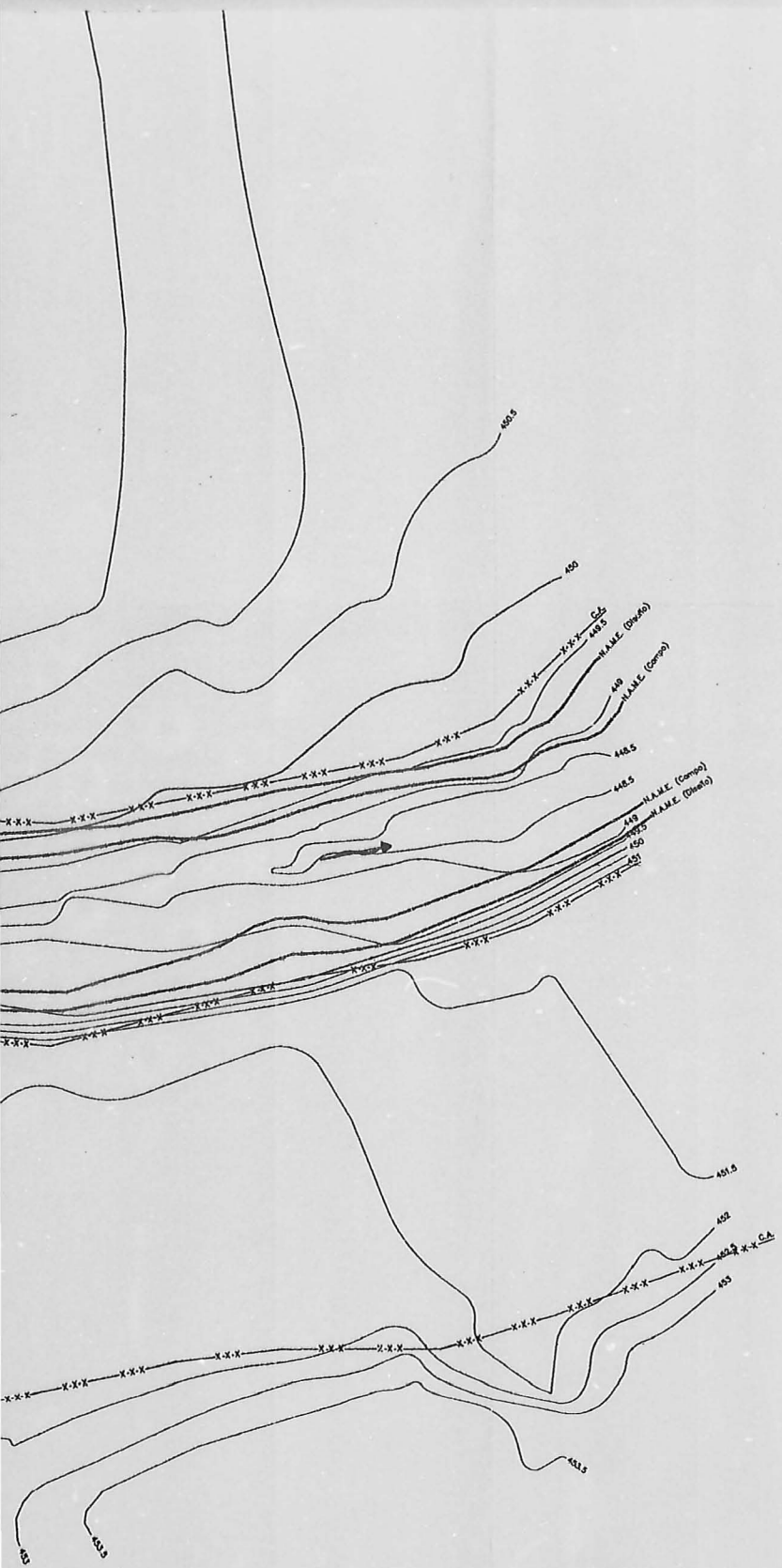












ESC. 1 : 300

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b> <b>ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"</b>	
	TESIS PROFESIONAL <b>ARMANDO ROJAS JOO</b>	
<b>CRUCE : ARROYO " SIN NOMBRE "</b> <b>PLANTA TOPOGRAFICA</b>		
CARRETERA : SAHUARIPA-TEPACHE	KM : 101+616	ORIGEN : SAHUARIPA-SON.
San Juan de Aragón, Edo. de México a 25 de Octubre de 1999		

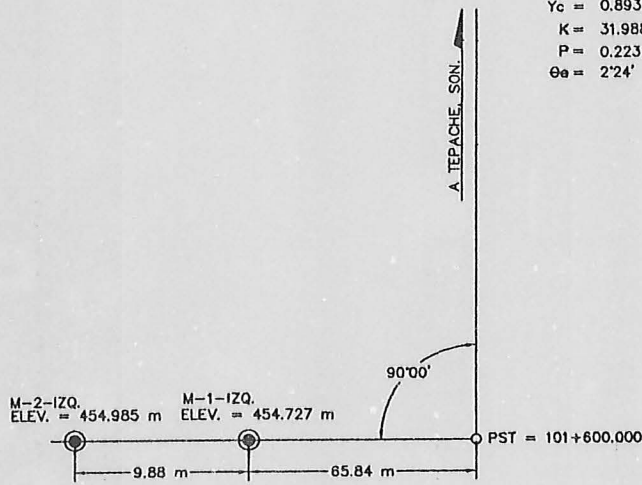
A SAHUARIPA, SON.

R.M.C.  
TANG. = 2

DATOS DE CURVA

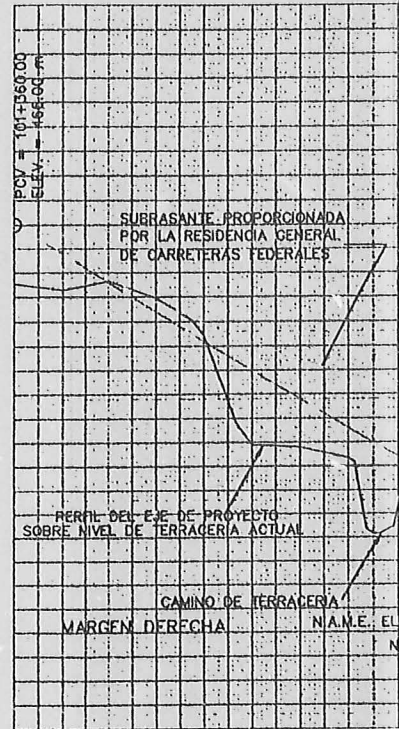
- PI = 101+183.031
- $\Delta T = 39^{\circ}11'22.476''$  DER.
- $\Delta c = 34^{\circ}23'22.476''$
- Gc = 1'30'
- Rc = 763.944 m
- St = 304.027 m
- Lc = 458.528 m
- Le = 64.000 m
- Xc = 63.989 m
- Yc = 0.893 m
- K = 31.988 m
- P = 0.223 m
- $\theta a = 2'24'$

MONUMENTOS DE CONCRETO



CE = 101+401.532

ET = 101+465.532



ESTACION	ELEVACIONES	
	EJE DE PROYECTO MODIFICADO	SUBRASANTE TORRENO NATURAL
101+360	463.54	466.00
380	463.28	464.85
400	463.64	463.78
420	462.96	462.81
440	461.46	461.94
460	456.89	461.15
480	456.80	460.46
500	456.34	459.85
520	454.37	459.34
		453.85

A SAHUARIPA, SON.

R.M.O. = N 1'00" W  
TANG. = 374.468m (PARCIAL)

DATOS DE CURVA

PI = 101+183.031  
 $\Delta T = 3911'22.476''$  DER.  
 $\Delta c = 34'23'22.476''$   
 $Gc = 1'30''$   
 $Rc = 763.944$  m  
 $S1 = 304.027$  m  
 $Le = 458.528$  m  
 $Lc = 64.000$  m  
 $Xc = 63.989$  m  
 $Yc = 0.893$  m  
 $K = 31.988$  m  
 $P = 0.223$  m  
 $e_0 = 224$

T = 101+800.000



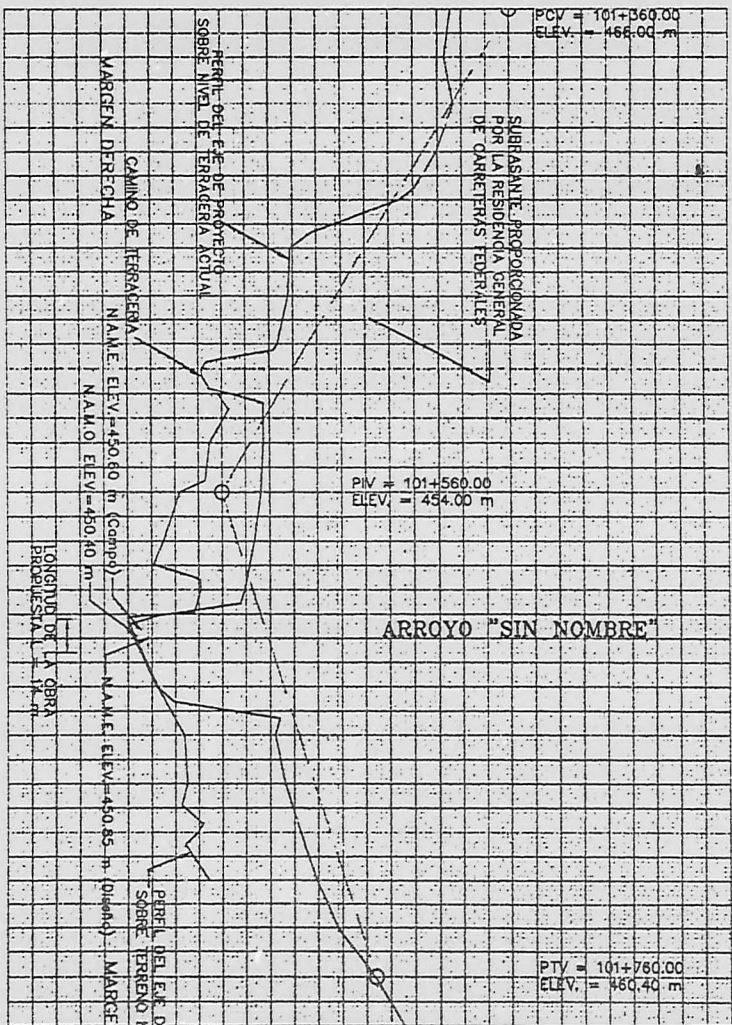
CE = 101+401.532

ET = 101+465.532

PST = 101+600.000

℄ = 101+616

PST = 101+700.000



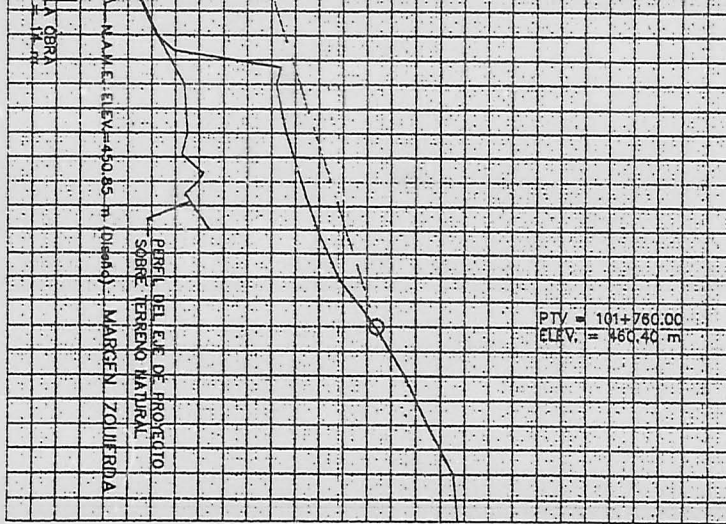
BN. AUX.  
 SOBRE CLAVO EN TRONCO DE MEZQUITE  
 25.00 m DER. DE EST. = 101+635.00  
 ELEV. PROM. = 451.905 m

ESTACION	ELEVACIONES		
	EJE DE PROYECTO MODIFICADO	SUBRASANTE TERRENO NATURAL	
101+360	463.54	466.00	
380	463.29	464.85	
400	463.64	463.78	
420	462.96	462.81	
440	461.46	461.94	
460	456.89	461.15	
480	456.80	460.46	
500	456.34	459.85	
520	454.37	459.34	453.85
540	455.74	458.93	453.48
560	455.65	458.60	452.20
580	455.37	458.37	451.50
600	454.94	458.22	453.08
620	450.25	458.17	450.33
640	451.21	458.22	451.26
660	456.22	458.35	452.28
680	456.62	458.58	452.38
700	457.25	458.89	452.95
720	457.94	459.30	453.45
740	458.81	459.81	
760	460.35	460.40	
780	461.56	461.04	



640	451.21	458.22	451.26
660	456.22	458.35	452.28
680	456.62	458.58	452.38
700	457.25	458.89	452.95
720	457.94	459.30	453.45
740	458.81	459.81	
760	460.35	460.40	
780	461.58	461.04	
800	462.48	461.68	
820	463.53	462.32	
101+840	463.71	462.96	

BN, AUX.  
 SOBRE CLAVO EN TRONCO DE "MEZQUITE" A  
 25.00 m DER. DE EST. = 101+635.00  
 ELEV. PROM. = 451.905 m

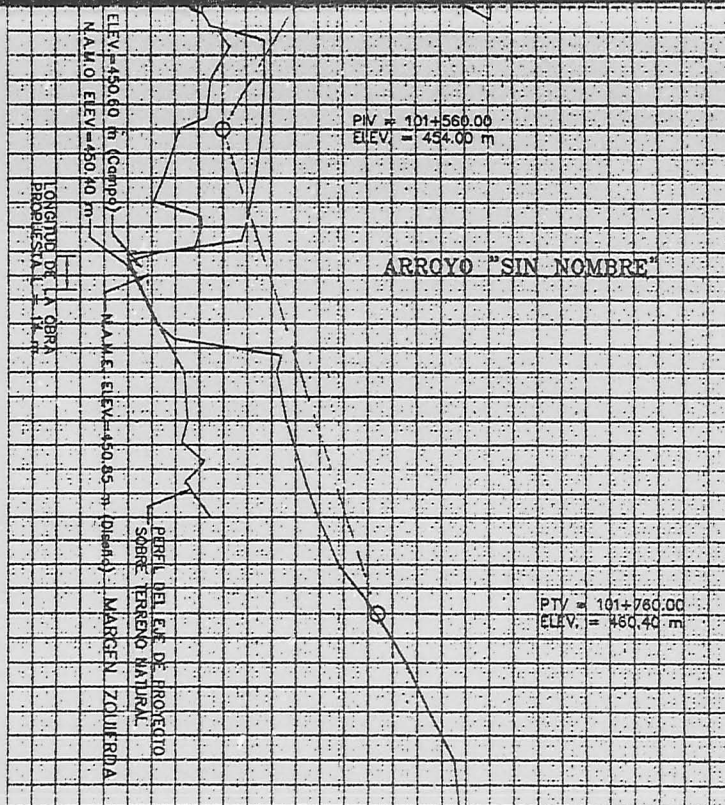


PST = 101+700.000

A TEPAL

540	455.74	458.93	453.48
560	455.65	458.60	452.20
580	455.37	458.37	451.50
600	454.94	458.22	453.08
620	450.25	458.17	450.33
640	451.21	458.22	451.26
660	456.22	458.35	452.28
680	456.62	458.58	452.38
700	457.25	458.89	452.95
720	457.94	459.30	453.45
740	458.81	459.81	
760	460.35	460.40	
780	461.58	461.04	
800	462.48	461.68	
820	463.53	462.32	
101+840	463.71	462.96	

BN, AUX.  
 SOBRE CLAVO EN TRONCO DE "MEZQUITE" A  
 25.00 m DER. DE EST. = 101+635.00  
 ELEV. PROM. = 451.905 m



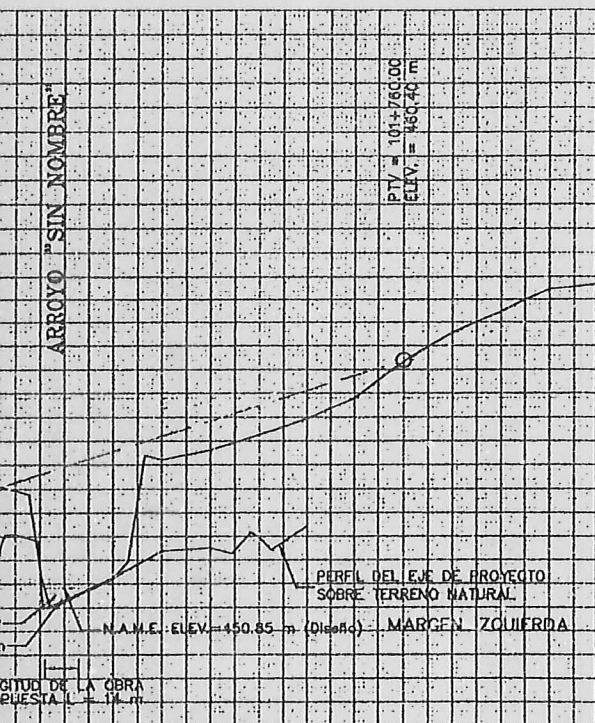
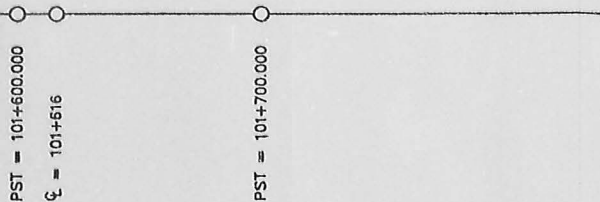
PST = 101+600.000

℄ = 101+616

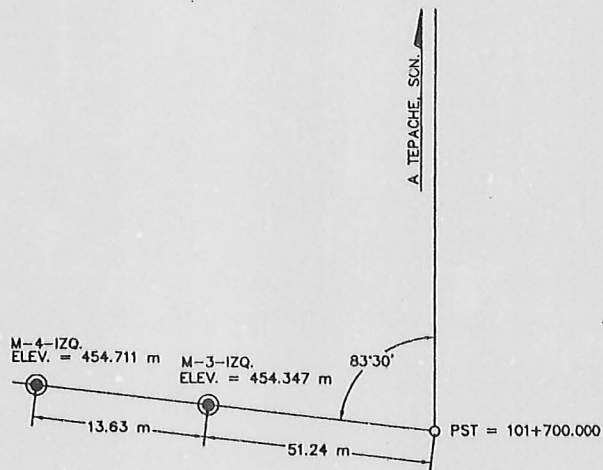
PST = 101+700.000

T.M.O. = N 1'00' W  
 = 374.468m (PARCIAL)

A TEPACHE, SON.



MONUMENTOS DE CONCRETO



ESC. HOR. 1 : 2000  
VER. 1 : 200

BN. AUX.  
SOBRE CLAVO EN TRONCO DE "MEZQUITE" A  
25.00 m DER. DE EST. = 101+635.00  
ELEV. PROM. = 451.905 m

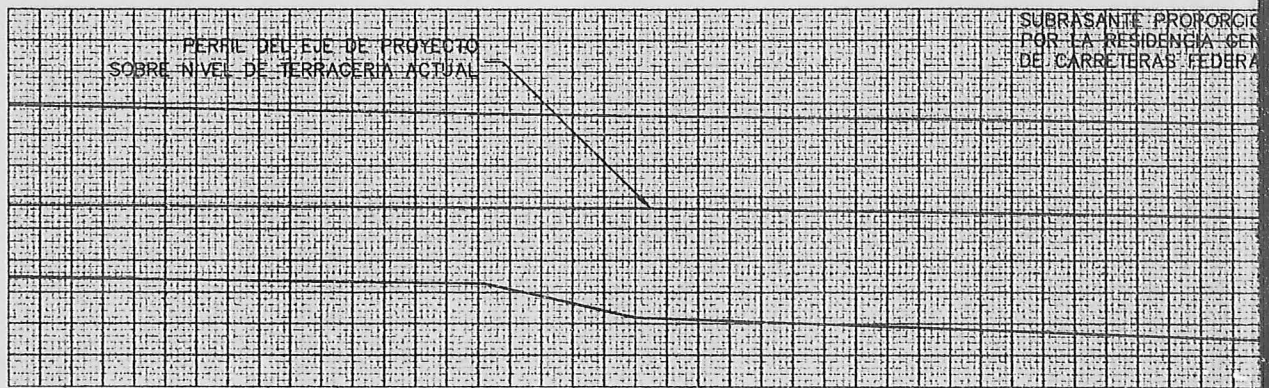
620	450.25	458.17	450.33
640	451.21	458.22	451.26
660	456.22	458.35	452.28
680	456.62	458.58	452.38
700	457.25	458.89	452.95
720	457.94	459.30	453.45
740	458.81	459.81	
760	460.35	460.40	
780	461.56	461.04	
800	462.48	461.68	
820	463.53	462.32	
101+840	463.71	462.96	

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"	
TESIS PROFESIONAL		
ARMANDO ROJAS JOO		
CRUCE : ARROYO " SIN NOMBRE "		
PERFIL DE CONSTRUCCION		
CARRETERA : SAHUARIPA-TEPACHE	KM : 101+616	
TRAMO : SAHUARIPA-TEPACHE	ORIGEN : SAHUARIPA-SCN.	
Cd. de México, a 25 de octubre de 1999		

A SAHUARIPA, SON.

Km 101+540

+560



**DATOS HIDRÁULICOS**

$$Q = 37 \text{ m}^3/\text{s}$$

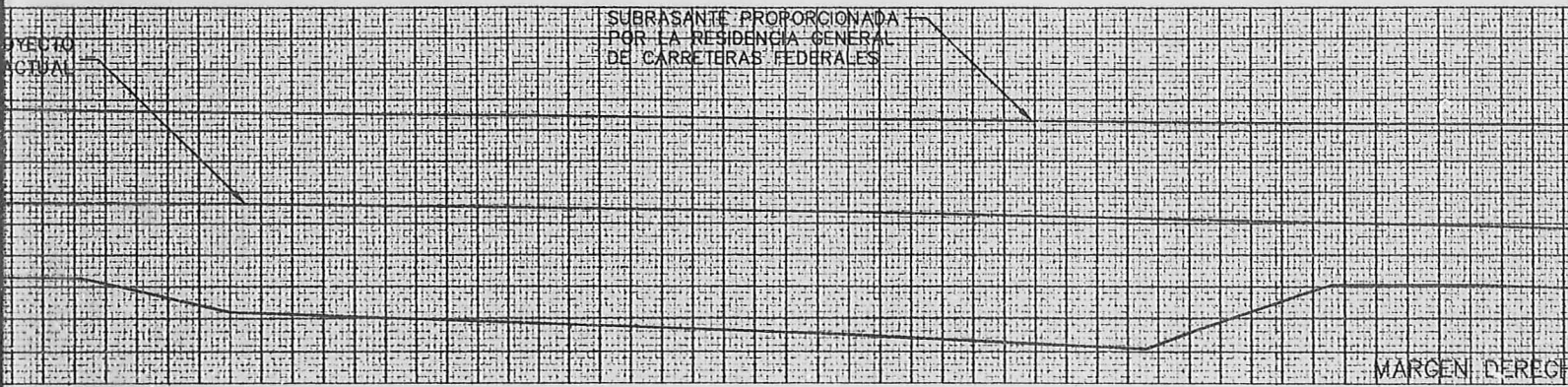
$$V = 2.7 \text{ m/s}$$

$$\text{ESV.} = 20'00' \text{ DER.}$$

+560

+580

+600



### DATOS HIDRÁULICOS

$$Q = 37 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 2.7 \text{ m/s}$$

$$\text{ESV.} = 20'00'' \text{ DER.}$$

+600

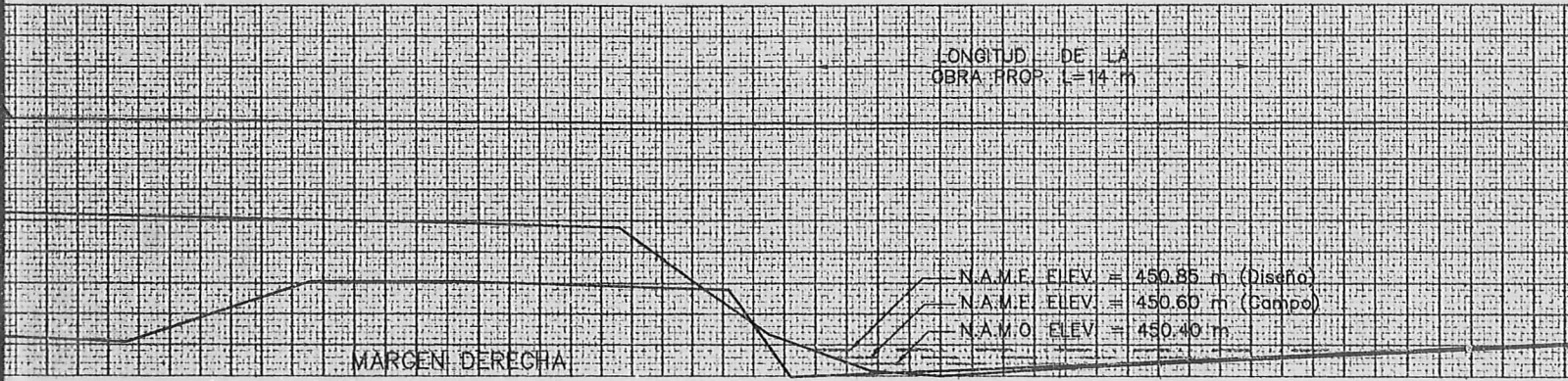
+620

A. "SIN NOMBRE"

LONGITUD DE LA  
OBRA PROP. L=14 m

N.A.M.E. ELEV = 450.85 m (Diseño)  
N.A.M.E. ELEV = 450.60 m (Campo)  
N.A.M.O. ELEV = 450.40 m

MARGEN DERECHA



A. "SIN NOMBRE"

+620

+640

+660

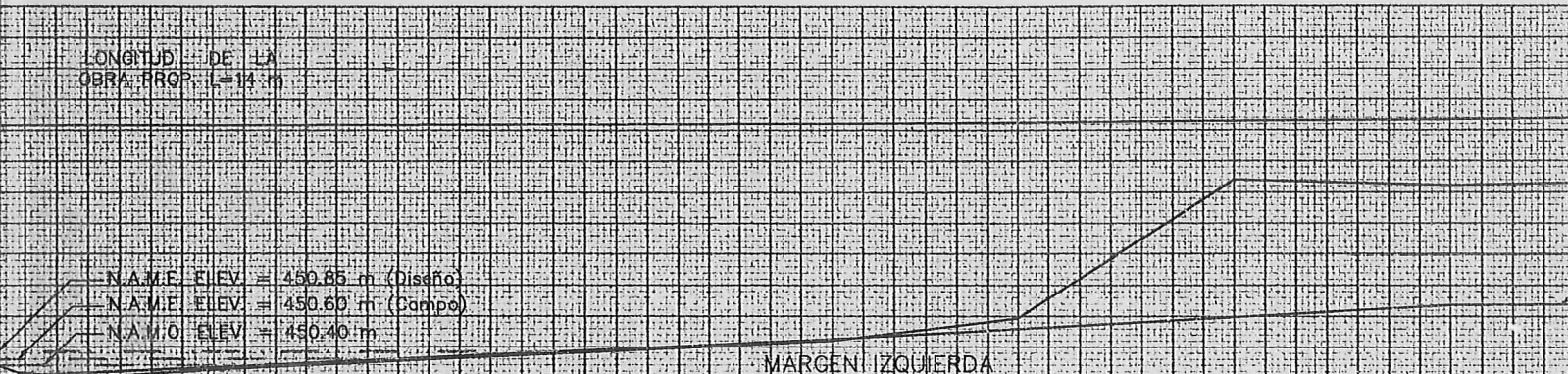
LONGITUD DE LA  
OBRA PROP. = 14 m

N.A.M.E. ELEV. = 450.65 m (Diseño)

N.A.M.E. ELEV. = 450.63 m (Campo)

N.A.M.O. ELEV. = 450.40 m

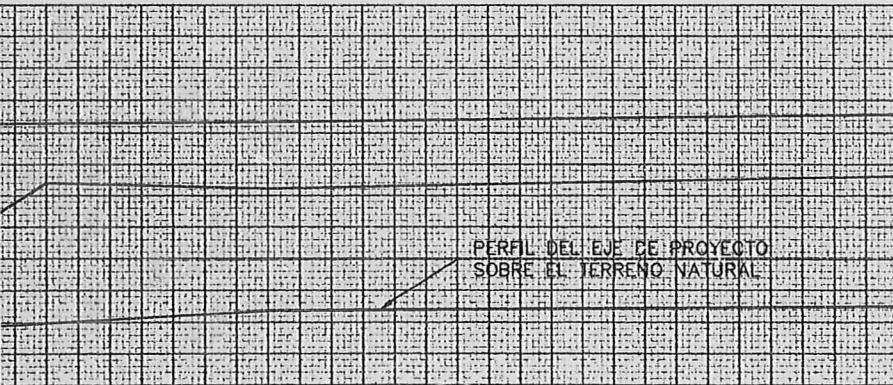
MARGEN IZQUIERDA



A TEPACHE, SON.

+660

km 101+680



ESC. 1 : 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

TESIS PROFESIONAL  
ARMANDO ROJAS J

CRUCE : ARROYO " SIN  
PERFIL DETALLADO

CARRETERA : SAHUARIPA-TEPACHE

KM

TRAMO : SAHUARIPA-TEPACHE

ORI

Cd. de México, a 25 de o

A TEPACHE, SON.

+660

km 101+680

PERFIL DEL EJE DE PROYECTO  
SOBRE EL TERRENO NATURAL

ESC. 1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA D  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

TESIS PROFESIONAL  
ARMANDO ROJAS JOO

CRUCE : ARROYO " SIN NOMBRE  
PERFIL DETALLADO

CARRETERA : SAHUARIPA-TEPACHE

KM : 101+6

TRAMO : SAHUARIPA-TEPACHE

ORIGEN : SAHUAR

Cd. de México, a 25 de octubre de 19



A TEPACHE, SON.

km 101+680



ESC. 1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"

TESIS PROFESIONAL  
ARMANDO ROJAS JOO

CRUCE : ARROYO " SIN NOMBRE "  
PERFIL DETALLADO

CARRETERA : SAHUARIPA-TEPACHE

KM : 101+616

TRAMO : SAHUARIPA-TEPACHE

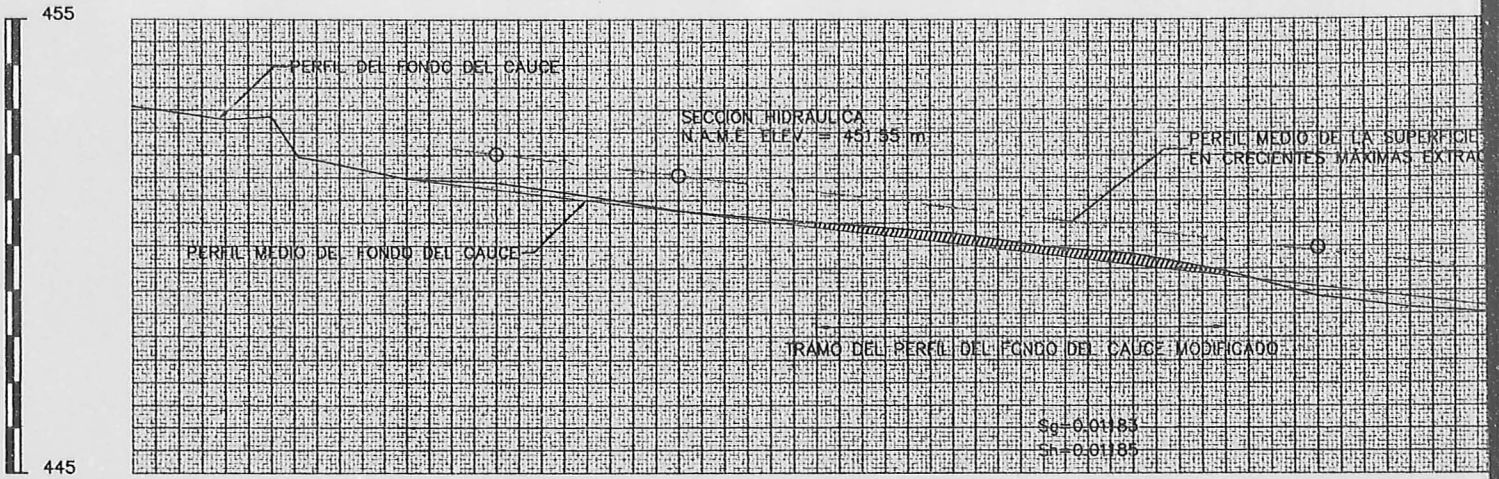
ORIGEN : SAHUARIPA-SON.

Cd. de México, a 25 de octubre de 1999

0+200

+100

0+000

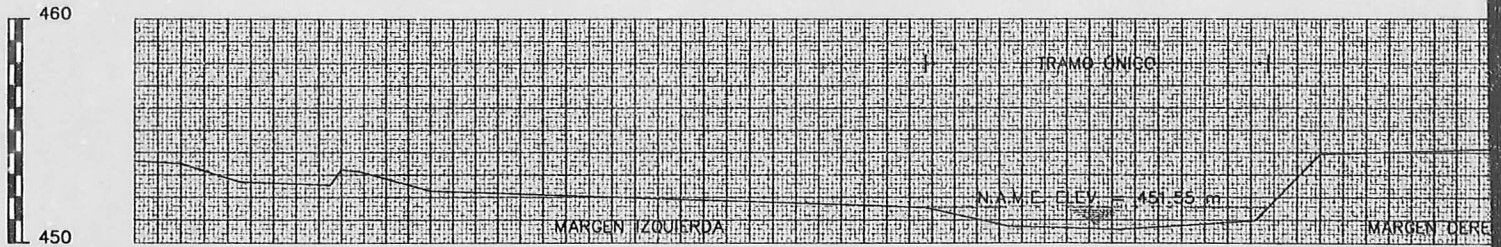


SECCIÓN HIDRÁULICA A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE

0+000

+020

+040



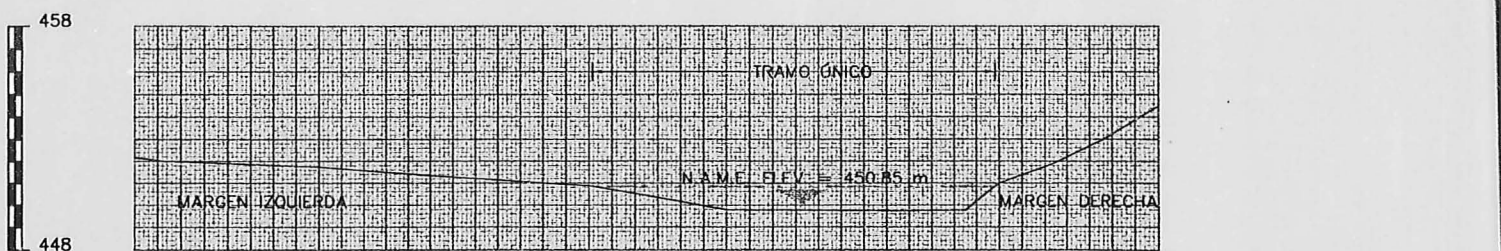
SECCIÓN HIDRÁULICA UBICADA EN EL CRUCE

0+000

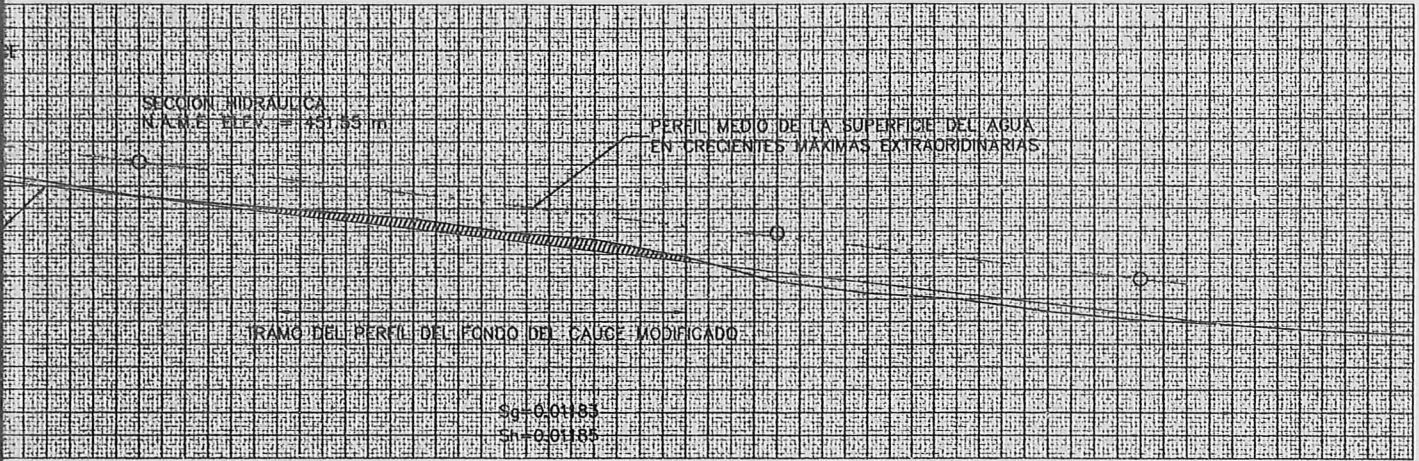
+020

+040

0+045

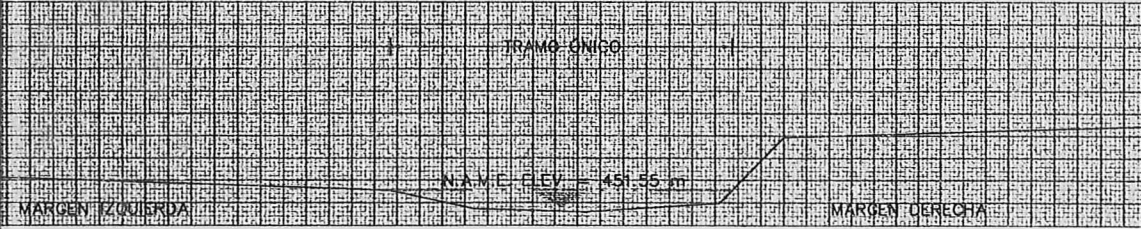


+100                                  0+000                                  +100                                  0+200



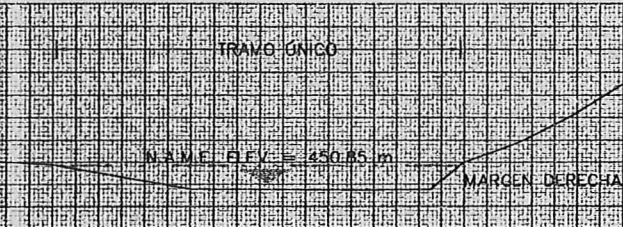
SECCIÓN HIDRÁULICA A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE

+020                                  +040                                  +060                                  0+068



HIDRÁULICA UBICADA EN EL CRUCE

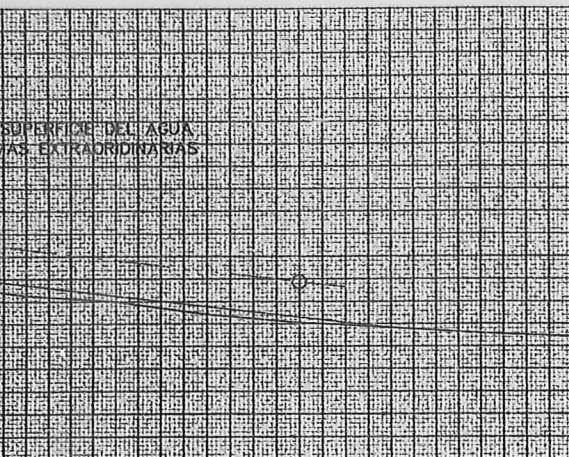
+020                                  +040                                  0+045



Sh =  
TRA  
ÓN  
A  
  
Sh =  
TRA  
ÓN  
A

+100

0+200



Sh = 0.01185

Sh<sup>1/2</sup> = 0.10886

TRAMO	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	r (m)	r <sup>2/3</sup>	n	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
ÚNICO	10.58	15.39	0.687	0.779	0.040	2.12	22.43
A = 10.58 m <sup>2</sup>						Q = 22 m <sup>3</sup> /s	
SECCIÓN HIDRÁULICA A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE							

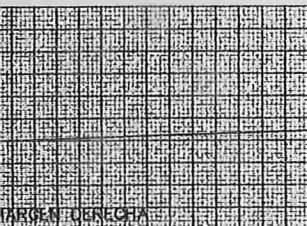
Sh = 0.01185

Sh<sup>1/2</sup> = 0.10886

TRAMO	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	r (m)	r <sup>2/3</sup>	n	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
ÚNICO	15.19	18.13	0.838	0.889	0.040	2.42	36.76
A = 15.19 m <sup>2</sup>						Q = 37 m <sup>3</sup> /s	
AJUSTE DEL GASTO DE DISEÑO EN LA SECCIÓN HIDRÁULICA UBICADA EN EL CRUCE							

+060

0+068



ESC. H 1:1000  
 PEND. V 1:100  
 SECC. 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"

TESIS PROFESIONAL  
 ARMANDO ROJAS JOO

CRUCE : ARROYO " SIN NOMBRE "  
 PLANO DE PENDINTES Y SECCION HIDRAULICA

CARRETERA : SAHUARIPA-TEPACHE

KM : 101+616

TRAMO : SAHUARIPA-TEPACHE

ORIGEN : SAHUARIPA-SON.

Cd. de México, a 25 de octubre de 1999



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CALCULOS HIDRÁULICOS  
(AREAS Y PERIMETROS MOJADOS)**

Hoja 1 de 1

<b>ARRETERA:</b>	SAHUARIPA - TEPACHE	<b>ESTACIÓN:</b>	101 + 616
<b>RUCE:</b>	ARROYO "SIN NOMBRE"	<b>ORIGEN:</b>	SAHUARIPA, SON.
<b>RAMO:</b>	SAHUARIPA - TEPACHE	<b>N.A.M.E.</b>	451.55 m (Campo)
<b>ECCIÓN HIDRÁULICA:</b>	A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE		

TRAMO	CADENA-MIENTO	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	SUMA DE TIRANTES (m)	TIRANTE MEDIO (m)	AREAS		PERÍMETRO MOJADO (m)
						PARCIAL (m2)	TOTAL (m2)	
	34.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0		
	38.40	3.70	0.81	0.81	0.41	1.517		
<b>ÚNICO</b>	43.34	4.94	0.96	1.77	0.89	4.397		
	49.20	5.86	0.57	1.53	0.77	4.512		
	49.74	0.54	0.00	0.57	0.28	0.151		
							10.58	15.39
								$r = 0.687$



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CÁLCULOS HIDRÁULICOS**  
**(ÁREAS Y PERÍMETROS MOJADOS)**

RETERA: SAHUARIPA - TEPACHE	
ICE: ARROYO "SIN NOMBRE"	ESTACIÓN: 101 + 616
MO: SAHUARIPA - TEPACHE	ORIGEN: SAHUARIPA, SON.
CIÓN HIDRÁULICA: A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE	N.A.M.E. 451.80 m (Diseño)

TRAMO	CADENA- MIENTO	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	SUMA DE TIRANTES (m)	TIRANTE MEDIO (m)	ÁREAS		PERÍMETRO MOJADO (m)
						PARCIAL (m <sup>2</sup> )	TOTAL (m <sup>2</sup> )	
UNO	27.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0		
	34.70	7.43	0.25	0.25	0.13	0.966	0.97	7.44
							r = 0.13	
DOS	34.70	0.00	0.25	0.25	0.13	0		
	38.40	3.70	1.06	1.31	0.66	2.442		
	43.34	4.94	1.21	2.27	1.14	5.632		
	49.20	5.86	0.82	2.03	1.02	5.977		
	49.98	0.78	0.00	0.82	0.41	0.319	14.37	15.73
							r = 0.913	



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

### CALCULOS HIDRÁULICOS (AREAS Y PERIMETROS MOJADOS)

CARRETERA:	SAHUARIPA - TEPACHE	ESTACIÓN:	101 + 616
CRUCE:	ARROYO "SIN NOMBRE"	ORIGEN:	SAHUARIPA, SON.
RAMO:	SAHUARIPA - TEPACHE	N.A.M.E.	450.85 m (Diseño)
SECCIÓN HIDRÁULICA:	EN EL CRUCE		

TRAMO	CADENA-MIENTO	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	SUMA DE TIRANTES (m)	TIRANTE MEDIO (m)	AREAS		PERIMETRO MOJADO (m)
						PARCIAL (m2)	TOTAL (m2)	
	0+020.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0		
	0+026.00	5.83	1.06	1.06	0.53	3.092		
UNICO	0+033.60	7.60	1.10	2.16	1.08	8.208		
	0+036.50	2.90	1.08	2.18	1.09	3.161		
	0+037.82	1.32	0.00	1.10	0.55	0.724		
							15.19	18.13
								$r = 0.837$
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <b>Nota:</b> En el ajuste del gasto de diseño en la sección del cruce, se consideró la modificación del fondo del arroyo debido a los trabajos de construcción del camino, por lo que los tirantes obtenidos no coinciden con los del perfil del eje de trazo en esa zona (ver plano de sección y pendiente).                 </div>								



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CALCULOS HIDRAULICOS**  
 (VELOCIDADES Y GASTOS)

HOJA 1 DE 1

CARRETERA : SAHUARIPA- TEPACHE CRUCE : ARROYO "SIN NOMBRE" ESTACION : 101+616 TRAMO : SAHUARIPA- TEPACHE ORIGEN : SAHUARIPA, SON.								
TRAMO	AREA HIDRAULICA $A_h$ (m <sup>2</sup> )	PERIMETRO MOJADO P (m)	RADIO HIDRAULICO r (m)	$r^{(2/3)}$	COEFICIENTE RUGOSIDAD n	VELOCIDAD V (m/s)	GASTO PARCIAL Q (m <sup>3</sup> /s)	FORMULA EMPLEADA $V = (1/n) r^{(2/3)} Sh^{(1/2)}$
UNICO	10.58	15.39	0.687	0.779	0.040	2.12	22.43	SECCION HIDRAULICA : A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE N.A.M.E. = 451.55 m (Campo) PENDIENTE Sh = 0.01185 PENDIENTE $Sh^{(1/2)}$ = 0.10886 VELOCIDAD MEDIA: Q/A = 2.1 m/s
SUMA	10.58					Q =	22 m <sup>3</sup> /s	
UNO	0.97	7.44	0.130	0.257	0.045	0.62	0.60	SECCION HIDRAULICA : A 80 m AGUAS ARRIBA DEL CRUCE N.A.M.E. = 451.80 m (Diseño) PENDIENTE Sh = 0.01185 PENDIENTE $Sh^{(1/2)}$ = 0.10886 VELOCIDAD MEDIA: Q/A = 2.4 m/s
DOS	14.37	15.73	0.913	0.941	0.040	2.56	36.79	
SUMA	15.34					Q =	37 m <sup>3</sup> /s	
UNICO	15.19	18.13	0.838	0.889	0.040	2.42	36.76	SECCION HIDRAULICA : EN EL CRUCE N.A.M.E. = 450.85 m (Diseño) PENDIENTE Sh = 0.01185 PENDIENTE $Sh^{(1/2)}$ = 0.10886 VELOCIDAD MEDIA: Q/A = 2.4 m/s
SUMA	15.19					Q =	37 m <sup>3</sup> /s	



#### IV.11 FINALIDAD DE PLANOS E INFORMES QUE INTEGRAN EL ESTUDIO TOPOHIDRÁULICO

Para llegar a obtener un criterio final y acertado de la determinación del gasto en la avenida máxima extraordinaria, es necesario que primeramente conozcamos la finalidad que tiene cada uno de los planos y resultados que integran un estudio topohidráulico, para que en base a éllo, valoremos y normemos criterios al comparar con otros estudios afines como lo es el hidrológico, para llegar a obtener un resultado lo mas apegado posible a la realidad acerca de la avenida máxima extraordinaria que se estudia, así como la definición del funcionamiento hidráulico de la corriente en la zona de cruce.

La planta general es aquella que nos representa la topografía del terreno en la zona del cruce, en base a ella podemos determinar el funcionamiento hidráulico de la corriente, es decir, la tendencia del flujo a ser estable o divagante.

De aquí la importancia de su extensión hacia aguas arriba del cruce, que es el que más interesa, en general, desde el punto de vista hidráulico. Por ejemplo, cuando existen curvas del cauce en la zona de aguas arriba del sitio de cruce, la planta general nos debe permitir definir trayectorias de las líneas de corriente para tomar en cuenta posibles ataques a alguno de los apoyos extremos de la estructura o a los terraplenes de acceso, que puedan afectar la estabilidad de la obra. Así podremos establecer si es necesario la construcción de obras de protección u obras de encausamiento. La topografía general debe permitir también la definición de la ubicación y la longitud de la estructura de drenaje y de sus obras auxiliares, la orientación de los apoyos etc.

La planta detallada nos muestra con mayor detalle la topografía de la zona del cruce en estudio, y se utiliza para el proyecto estructural de la obra de drenaje correspondiente, ubicándola de acuerdo al cadenamamiento del eje de la vía que se trate. La planta detallada abarca una franja de terreno adyacente al eje de proyecto, con una longitud en el sentido del escurrimiento del orden de 60 m, tanto aguas arriba como aguas abajo del eje como mínimo y queda a criterio del ingeniero proyectista prolongarla, dependiendo principalmente del tipo y dimensiones de la estructura en proyecto.

El perfil de construcción nos representa al eje del trazo geométrico donde se apoyo el eje de proyecto de la vía terrestre, cubriendo tramos de 250 m por lo menos, en cada margen a partir de la intersección del NAME y el terreno natural. Su finalidad principal radica en la utilización que de él hace el proyectista de la obra para definir la subrasante de proyecto. Si con tal extensión no es posible definir dicha subrasante, será necesario prolongar aún más la cobertura del perfil. La subrasante propuesta en el proyecto preliminar puede ser modificada en la zona de cruce, debido a que en el desarrollo del proyecto pudiera no tenerse una idea precisa de la elevación del NAME de diseño. El perfil de construcción es también útil para definir la localización de las obras auxiliares cuando se tienen llanuras de inundaciones amplias, así como los posibles cortes o terraplenes que se requieren para los accesos de la obra.

El plano del perfil detallado representa el perfil del terreno natural sobre el eje de proyecto; su longitud deberá cubrir la obra u obras de drenaje que vayan a proyectarse, ya que en este plano se utiliza posteriormente en el estudio de cimentación para ubicar los sondeos geológicos efectuados en campo y dibujar su perfil estratigráfico, además de que permite definir con detalle las dimensiones y ubicación de la estructura o estructuras de drenaje.

El croquis de puente(s) existente(s) servirá para tener antecedentes del proyecto a realizar, a fin de contar con más elementos de juicio para definir las dimensiones de la estructura, en función de la antigüedad y funcionamiento hidráulico de los mismos.

El croquis de localización proporciona la ubicación geográfica del sitio de cruce; ésto nos permitirá tener conocimiento de las poblaciones cercanas, vías de comunicación, distancias aproximadas, ríos o arroyos, caminos de acceso al cruce, etc.

El informe fotográfico muestra directamente el sitio de cruce con sus detalles, tales como la geometría del cauce, su vegetación, la geología superficial, estructuras hidráulicas cercanas al cruce ubicadas sobre la corriente en estudio, cuando existan. Este estudio es de gran utilidad en el estudio hidráulico, ya que en él justificaremos la designación de los coeficientes de rugosidad "n" en cada una de las secciones, así como nos permitirá observar la forma geométrica de los márgenes y cauce en cada una de ellas. La utilidad de este informe se ve acentuada cuando es utilizado por el proyectista que no ha tenido posibilidad de visitar la zona de estudio. Al igual que el informe fotográfico, el informe general proporciona todos los datos importantes que son útiles al proyectista, principalmente los que no se indican en los planos, así como las conclusiones y recomendaciones para el buen funcionamiento hidráulico de la obra que será proyectada para resolver el cruce.

Como sabemos, una de las finalidades que perseguimos al efectuar un estudio topohidráulico, es la de conocer el gasto y la velocidad del agua de la avenida máxima extraordinaria del cruce en estudio, el cual lo obtendremos empleando el método de sección y pendiente, que se basa en la aplicación de la fórmula de Manning, y que se encuentra representado en el plano del perfil del fondo del cauce y las secciones hidráulicas, así como de los cálculos Hidráulicos correspondientes.

## CAPITULO V CONCLUSIONES.

Es muy común que un estudio Topohidráulico siempre se acompañe de otro Hidrológico, con el objeto de tener una idea de la confiabilidad del estudio Hidráulico, ya que cuando en la cuenca de aportación hasta el cruce en estudio no existe regularización, los gastos obtenidos mediante ambos estudios deberán ser similares. También el estudio Hidrológico es de gran utilidad cuando no se cuenta con la información confiable de la crecienete máxima con la que se realizó el estudio Hidráulico.

Conviene señalar la gran importancia que tiene la veracidad de la información del nivel de aguas máximas en el sitio de cruce, ya que dicho nivel es, junto con la velocidad máxima correspondiente y la geometría del cauce, de utilidad fundamental en la elección de las dimensiones de proyecto de la estructura de drenaje; esto, independientemente de la igual importancia que tiene la determinación de los niveles de aguas máximas a lo largo del tramo elegido para realizar el levantamiento de la pendiente y secciones hidráulicas de la corriente en cuestión, y el cual influye directamente en el valor de la velocidad y gasto máximo del flujo correspondiente. Por ello se recomienda que la investigación del NAME en la zona de cruce y la frecuencia asociada del mismo debe ser exhaustiva y muy cuidadosa.

Otro parámetro muy importante es el coeficiente de rugosidad de Manning, ya que la fórmula es muy sensible a sus variaciones; la elección de dicho coeficiente es muy subjetiva, a pesar de que existen en la literatura técnica tablas muy completas para seleccionar su valor en función, principalmente, del material de que está constituido el cauce.

Es una práctica común, cuando se cuenta con más de una sección Hidráulica, modificar arbitrariamente los niveles de aguas máximos y de ajustar los coeficientes de rugosidad para que los gastos obtenidos en diferentes secciones sean prácticamente iguales. Dicha tendencia debe evitarse y los gastos deben reportarse tal como fueron obtenidos en un primer cálculo realizado, así sean sensiblemente diferentes. De otra manera, no serían genuinos los resultados obtenidos con el estudio hidráulico, pues con tal ajuste pierden confiabilidad por alterarse los parámetros fundamentales.

Hay que hacer hincapié en que, siempre que existan puentes cercanos al cruce, sobre la misma corriente en estudio, deberá averiguarse con todo cuidado su comportamiento hidráulico y su antigüedad, ya que dichas estructuras constituyen verdaderos modelos hidráulicos a escala natural que permiten contar con inmejorables elementos de juicio para definir las dimensiones de la estructura que se vaya a proyectar.

Cabe señalar además, que la información más confiable acerca de los niveles máximos alcanzados por el agua durante crecientes extraordinarias, será siempre aquella obtenida directamente de la gente que ha habitado en las cercanías del cruce durante muchos años. Las huellas que dejan las crecientes (erosiones en márgenes, basuras flotantes que quedan atoradas en la vegetación, manchas en apoyos de puentes o en paredones rocosos, etc.) también son útiles, aunque se requiere de experiencia para su

interpretación; además, no es posible conocer la frecuencia que están asociadas dichas huellas, que en general, corresponden a avenidas muy recientes. Así, siempre que sea posible, se deberá recurrir a los lugareños para obtener información relativa a crecientes extraordinarias, la que deberá corroborarse recurriendo a otras personas de lugar, en forma independiente.

Es necesario agregar además, que la información obtenida del estudio Topohidráulico junto con los resultados de la exploración de suelos, son también fundamentales para los estudios de socavación y diseño de cimentación en pilas y estribos.

El estudio Hidrológico se deberá realizar utilizando el método mas apropiado, de acuerdo a las características de la cuenca y la corriente en estudio, y de la información disponible que se tenga, cuyos factores requieren de su análisis y conocimiento para llegar a tener resultados adecuados.

Debe tenerse presente que las observaciones y resultados de los estudios de campo, proporcionan elementos de juicio muy valiosos, de suma utilidad, para juzgar a los distintos métodos Hidrológicos que pueden aplicarse.

En la obtención del gasto máximo del escurrimiento lo procedente es evaluar a cada uno de los estudios, en base al análisis de las características de la cuenca e información disponible en el estudio Hidrológico así como de la veracidad y adecuación de lo realizado en campo en el Estudio Topohidráulico. De esta manera podremos normar un criterio entre los estudios, de tal manera que nos conduzca a la obtención del gasto de diseño.

Finalmente podremos decir que ambos estudios se complementan ó se apoyan, y que independientemente del gasto de diseño obtenido por alguno de los métodos, la información obtenida del estudio Topohidráulico, será de gran soporte en la elaboración del proyecto de la estructura de drenaje de la vía terrestre que se trate. De aquí la importancia de abordar éste tema de tesis, pues cabe señalar que la mayoría de casos de falla en los puentes es por motivos hidráulicos, cuya preocupación de los Ingenieros especialistas ha sido desarrollar tanto la Ciencia como la Tecnología adecuada en la previsión de escurrimientos y en la creación de obras que nos permitan la protección de la estructura de los puentes en cuestión.

## BIBLIOGRAFIA

### **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**

Ven Té Chow. Mc Graw Hill 1994

### **HIDRAULICA GENERAL VOL. I Y II**

Gilberto Sotelo Avila. Editorial Limusa 1979

### **MANUAL DE CAMINOS VECINALES**

René Etcharren Gutiérrez.

Asociación Mexicana de Caminos A.C.

Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. 1969

### **MECANICA DE SUELOS VOL. I**

Juárez Badillo - Rico Rodríguez. Editorial Limusa. 1970.

### **METODOS HIDROLOGICOS PARA PREVISION DE ESCURRIMIENTOS**

#### **SEMINARIO DE DRENAJE.**

Ing. Osáin Dabian Rojas. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Subsecretaría de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. 1984.

### **SEMINARIO DE DRENAJE PARTE III.DRENAJE. Tema 2. Obras complementarias.**

#### **Diseño Hidráulico, Construcción y Conservación.**

Ing. Manuel M. Gómez Cantú. S.C.T. Subsecretaría de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. 1984.

### **TOPOGRAFÍA**

Montes de Oca. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. 1969