



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

DISEÑO DE ALCANTARILLAS CON AYUDA DE
MICROCOMPUTADORAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
MA. DEL CARMEN ELENA GARZA GUERRA

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE

1.	INTRODUCCION.	
2.	GENERALIDADES SOBRE DRENAJE EN VIAS TERRESTRES.	
	2.1 Estudios Básicos en el Diseño de las Obras de Drenaje.	4
	2.2 Clasificación de las Obras de Drenaje.	7
	2.3 Drenaje Superficial.	7
	2.4 Drenaje Subterráneo.	11
3.	METODOS DE CALCULO DE ALCANTARILLAS.	
	3.1 Diseño Geométrico de las Alcantarillas.	14
	3.2 Diseño Hidráulico de las Alcantarillas.	19
	3.3 Diseño Estructural de las Alcantarillas.	29
	3.4 Métodos de Cálculo	33
4.	DESARROLLO DEL PROGRAMA.	
	4.1 Diseño.	47
	4.2 Formato.	50
	4.3 Ejemplo.	64
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
	5.1 Conclusiones.	66
	5.2 Recomendaciones.	68

BIBLIOGRAFIA.

1. INTRODUCCION.

El ingeniero civil tiene ahora una herramienta muy poderosa a su disposición. Esta herramienta es la computadora. Le permite analizar con facilidad alternativas de solución en forma económica y con gran rapidez. Las computadoras actuales se programan con gran economía y ahorran mucho tiempo. En problemas repetitivos conviene diseñar los programas específicos que el ingeniero requiere y por otro lado se tienen programas muy "amigables", es decir fáciles de usar, inclusive para aquel que no tiene gran experiencia en el uso de esta herramienta. Estos programas permiten resolver, en corto tiempo, problemas que no son repetitivos.

Dada pues, la importancia de la computadora en la solución de los problemas que tiene que resolver el ingeniero a diario, se estudió en este trabajo un ejemplo. Se trata de un problema que se presenta muy frecuentemente, por lo tanto es conveniente desarrollar un programa específico. Está relacionado con el drenaje en una vía terrestre.

Las vías terrestres tienen importancia innegable en nuestro país. La economía del mismo se vale de los medios de transporte para mover bienes y servicios a lo largo y lo ancho de nuestro país, lo que permite que dichos bienes y servicios se fabriquen o se originen donde es más económico hacerlo, y luego se muevan a través del sistema de transporte a donde se requieran.

Uno de los problemas importantes en el diseño de una vía, es el relacio

nado con el drenaje. La acción del agua corriendo puede, si no es encauzada en forma adecuada, destruir los terraplenes donde se asienta la vfa. Es pues importante lograr un buen diseño, esto repercutirá - en varios de los campos de la ingeniería, específicamente en la planeación, diseño, construcción, mantenimiento y operación del sistema-completo.

Otro aspecto que hay que cuidar es el relacionado con la economía, no basta que el ingeniero realice un diseño apropiado desde el punto de vista técnico, es también muy importante ahorrar lo más posible en el uso de los insumos, esto es, hay que buscar que la obra sea económica. De aquí que un programa que permita desarrollar varias alternativas y evaluarlas en pesos y centavos para compararlas y seleccionar la más-adeuada, resulta de importancia fundamental.

Por otra parte se ha procurado utilizar una computadora muy económica y fácil de transportar. Se ha elegido una computadora de bolsillo, - la H.P.41C, de gran capacidad de memoria y sencilla de programar. -- Puede pues, el ingeniero de campo, realizar los cálculos, revisar una obra ya construida o diseñar una ampliación.

En este programa se han incluido los casos más sencillos de diseño de drenaje, que son: La alcantarilla de tubo, la bóveda y la alcantarilla de losa, ya que si se trata de un puente existen ya programas de-computación que permiten un diseño y evaluación; en general su diseño se realiza mediante un sistema un poco diferente y hasta cierto punto sui generis.

Debido a las limitaciones de la máquina se presenta en esta tesis la -- parte correspondiente al cálculo geométrico, hasta llegar a calcular -- los volúmenes. Esta es desde luego la parte más complicada, ya que el diseño hidráulico y estructural no presenta complicaciones y la presu-- puestación de las diferentes alternativas es muy sencilla conociendo -- los volúmenes.

2. GENERALIDADES SOBRE DRENAJE EN VIAS TERRESTRES.

Drenaje es el sistema hidráulico que da continuidad a una vfa terrestre; lo integran dispositivos cuya función es evitar que los escurrimientos naturales lleguen a la vfa y le ocasionen daños.

Los principios que gobiernan a la mayoría de los proyectos en drenaje -- son básicamente los mismos, pero los diferentes problemas físicos que se presentan exigen diferentes soluciones.

El ingeniero civil diseña las obras de drenaje con los conocimientos especializados de carácter general y su experiencia.

Las obras de drenaje deben lograr un diseño racional y económico. Las necesidades actuales han provocado: La construcción de estructuras con especificaciones modernas y seguras; métodos estandar de diseño y la necesidad de reemplazar progresivamente las estructuras obsoletas.

En el costo total de las vías terrestres, el porcentaje del costo del drenaje es variable, se invierte más tiempo para ingeniería que en cualquiera de las otras etapas y el costo de construcción tiene que ver con el número de obras y su complejidad.

2.1 Estudios Básicos en el Diseño de las Obras de Drenaje.

Se mencionan como más importantes los relacionados con: La Geología,

Topografía, Hidráulica, Geotécnica, Diseño Estructural y Modelaje.

Geología.- Es necesaria para plantear diferentes alternativas que permitan identificar los lugares donde pueden desplantarse las --- obras de drenaje. La Estratigrafía y Geomorfología son utilizadas para ubicar y clasificar las formaciones. Se analiza la circula--- ción y almacenamiento del agua, así como también los procesos tectó--- nicos y las propiedades de las rocas.

Topografía.- El proyecto geométrico de las obras de drenaje, se de riva de los datos proporcionados por la topografía, que son indis--- pensables para un diseño, tales como; la localización de los cruces, trazo, nivelación de ejes y el conocimiento de los datos de terrace--- rias.

Hidráulica.- los principios y las ecuaciones fundamentales de la - hidráulica deben aplicarse para lograr un diseño hidráulico óptimo- en las obras de drenaje. Es importante que las características hi- dráulicas sean compatibles con las características geométricas. El gasto de entrada al dispositivo debe ser el mismo gasto de salida.- Lo que implica definir el área hidráulica. Esta área hidráulica se puede calcular en cada obra con el método más conveniente.

Geotécnica.- Nos permite conocer la constitución y comportamiento - del suelo. Las propiedades mecánicas del suelo y la capacidad de - soportar las cargas de la estructura que se diseña, deberán estu--- diarse, para que las obras de drenaje tengan la cimentación adecua-

da, y al mismo tiempo se darán las recomendaciones de excavación -- que mantengan la estabilidad de los taludes.

Diseño Estructural.- Debe diseñarse desde el punto de vista estructural cada elemento mecánico que constituye la estructura. No deben sobrepasarse los esfuerzos límites permisibles al aplicar las cargas. La estructura total debe ser estable y se cuidará que las deformaciones máximas no excedan las especificadas.

Modelaje.- Se utiliza para combinar funcionamiento hidráulico, geometría y diseño estructural, de modo tal que el modelo permita diseñar la obra en su totalidad. Los modelos que más se utilizan son algebraicos, en los que las ecuaciones representan el comportamiento de las diferentes variables, sean éstas controlables o no.

2.2 Clasificación de las Obras de Drenaje.

		Canales auxiliares
	Longitudinal	Cunetas
		Contracunetas
	Superficial	Cajones de entrada
		Diversos
		Bordillos
		Lavaderos
		Desarenadoras
		Cunetas entubadas
Drenaje	Transversal	Alcantarillas
		Vados
		Puente - vado
		Puente
		Zanjas
	Subterráneo	Ciegos
		Franceses

2.3 Drenaje Superficial.

Tiene como objeto reducir al mínimo el agua que fluye en la vía, ya sea que provenga directamente de lluvia, de escurrideros naturales o de aguas almacenadas; por lo general se logra por dos tipos de obras.

Obras de Captación y Defensa.

Obras de Cruce.

Drenaje Longitudinal.

También conocido como obras de captación y defensa. Su función es desalojar el agua que llega a la vfa, al dar continuidad y por lo tanto evitar su destrucción. Estas obras son:

Canales Auxiliares.

Cunetas.

Contracunetas.

Diversas.

Canales Auxiliares.- Son obras de protección que se realizan para encauzar una corriente e impedir que el agua llegue y dañe al camino. Sus dimensiones, pendiente y longitud están de acuerdo con el gasto por drenar.

Cunetas.- Son canales de sección determinada construidos en uno o ambos lados de la corona en los cortes destinados a captar y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre tanto de la superficie de la corona, como de los taludes del corte.

Contracunetas.- Son canales de sección y ubicación definida, que se construyen en las laderas aguas arriba de una obra vial y tienen por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra, encauzándola debidamente, para prevenir deslaves de los taludes o que --

provoque insuficiencia en el área hidráulica; se diseñan en función de las curvas de nivel.

Diversas.- Son varias obras de defensa del camino, que auxilian a las demás y que solucionan problemas específicos en el funcionamiento del conjunto. Entre otras éstas obras son:

Cajones de Entrada.

Desarenadoras.

Cunetas Entubadas.

Bordillos.

Lavaderos.

Bordillos.- Son estructuras muy semejantes a una guarnición, su función es evitar que el agua escurra por los terrapienes, conduciéndola a las obras auxiliares.

Lavadero.- Es un canal que se coloca sobre el talud de un terrapien o en el terreno natural, con objeto de recibir el agua que se ha captado de los escurrimientos sobre la vía, y que no provoque daños.

Drenaje Transversal.

Su objeto es dar salida al agua proveniente de cauces naturales, -- por no ser factible desviarla, cruzará la vía terrestre.

Las estructuras que se forman en el drenaje transversal son:

Alcantarillas.

Vados.

Puente Vado.

Puentes.

Alcantarillas.- Son dispositivos contruidos por una parte central "Cañón" y dos extremos "Muros de Cabeza" si la estructura es tubular, y aleros en caso contrario. Por su sección se dividen en alcantarillas de tubo, de cajón, de bóveda y de losa sobre estribos.- La forma en que trabaja puede ser rígida o flexible. Los materiales de lo que se construyen son: de lámina de acero, de concreto reforzado, de concreto simple y de mampostería. Se localizan en la parte más baja del lecho original de la corriente, con su altura y línea de flujo adaptadas a las del cauce. Se orientan con sus esvijas correspondientes a fin de evitar perturbaciones y problemas de erosión.

Vados.- Son estructuras que tienen como objeto dar paso al tránsito cuando por ventajas económicas permitimos que un río o un arroyo cruce la vfa. El tirante del agua y la velocidad del escurrimiento serán tales que permitan que los vehículos circulen por la rodada.- Para ésto, se construye una carpeta de mayor espesor y resistencia que la especificada, ya que normalmente el paso del agua tendrá duraciones muy cortas. Se construyen dentellones a la entrada y salida de los vados, para proteger estas obras.

Puente Vado.- Es la estructura en forma de puente que sirva para dar paso al gasto de aguas máximas ordinarias y que durante el período de avenidas máximas extraordinarias permite que el agua salte por encima de ellas. Debe adecuarse la superestructura con objeto de que el agua circule sin obstrucciones. La zona de acceso se construirá con piedra o zampeado.

Puentes.- Son estructuras con dimensiones mayores a los 6.00 metros de claro, destinadas al paso de una obra vial a través de una corriente de aguas o sobre una depresión natural o artificial.

2.4 Drenaje Subterráneo.

Es el sistema hidráulico formado por drenes para eliminar los escurrimientos del agua del subsuelo o abatir el nivel de éstos, sin que dañe a la vía terrestre. La mayor cantidad de agua del subsuelo proviene de aquella infiltrada a través de los diferentes estratos del suelo. En épocas de lluvia se incrementa el volumen de agua subterránea por el proceso de recarga que es fundamental en el estudio del diseño de drenes. Los drenes son elementos de un sistema de drenaje subterráneo, cuya función es captar, coleccionar y desalojar el agua que llega a la vía. Los drenes más comunes son:

Zanjas.

Ciegos.

Franceses.

Zanjas.- Son construidas de grava, en zonas bajas y localizadas a unos cuantos metros fuera y paralelas a la vía, con dimensiones especificadas y materiales graduados, su función es captar el agua -- del subsuelo para que no perjudique a la vía

Ciegos.- Son zanjas rellenas de piedra quebrada o grava, colocadas a uno y otro lado del camino, abajo de las cunetas. Para que funcionen adecuadamente deben tener una pendiente uniforme y desfogar fuera de la vía. Si se construyen mal pueden retener el agua que se desea desalojar, por lo que es importante graduar correctamente los materiales.

Franceses.- En general son drenes de tubo de barro o de concreto.- Son diseñados con un relleno de grava, colocados alrededor de todo el perímetro del tubo y varían de acuerdo al nivel de aguas freáticas, deben cumplir con las especificaciones en su construcción referente a :

Aplastamiento.

Flexión.

Presión Hidráulica.

Infiltración.

Durabilidad.

Diámetros.

3. METODOS DE CALCULO DE ALCANTARILLAS

Disposiciones Generales.

Las alcantarillas son los dispositivos que dan paso a los cauces naturales; están destinadas a cruzar la vía terrestre, al no ser factibles sus desvfos.

En general son de menor área hidráulica que los puentes, están cubiertas por el material del terraplén y por una estructura construida alrededor de todo su perímetro formando el cañón de la alcantarilla.

Algunas alcantarillas se apoyan en cimientos amplios, que se aprovechan como fondo del cauce, cuando coinciden con el lecho natural del río, para que no se produzcan socavaciones en el cimiento.

El criterio para determinar el gasto de proyecto, el tirante permisible y las velocidades de descarga, varían de acuerdo con el tipo de la vía y las condiciones del tránsito, el peligro de inundación en las propiedades vecinas, las posibilidades de daño a los terraplenes y otros factores. Basándose en las condiciones, tanto del lugar en que se contruye-- la alcantarilla, como del área circundante, puede determinarse si aqué-- lla opera satisfactoriamente durante una avenida. Por lo general, en el diseño de las alcantarillas destinadas a funcionar con una sobre carga, se considera que las crecientes máximas no son muy fuertes.

Las alcantarillas se diseñarán para resistir la presión hidrostática y -deberán protegerse convenientemente contra la socavación, ya sea por medio de zampeados, aleros, dentellones u otros dispositivos adecuados. -- Asimismo, los terraplenes adyacentes a la alcantarilla deberán protegerse contra la erosión, con zampeados y diversos sistemas eficientes.

Si el terreno en que van a cimentarse las alcantarillas no es firme, habrá que emplear métodos que garanticen una estabilidad estructural y un buen alineamiento.

La longitud del claro de las alcantarillas debe ser la suficiente para-- evitar que sus extremos se obstruyan con material del terraplén. Ade-- más deben cumplir con lo establecido por las autoridades competentes. -- Asimismo, su ancho, altura y ubicación se ajustará a los requerimientos-- Federales, Estatales o locales, según sea el caso.

3.1 Diseño Geométrico de las Alcantarillas.

El diseño geométrico de las alcantarillas consiste en seleccionar -- las dimensiones de todas sus partes, para que las alcantarillas sean adaptadas geométricamente a las características de la vfa.

Se deberá conocer lo relativo a la ubicación del trazo en el terreno la nivelación del mismo, el seccionamiento topográfico y el seccionamiento transversal del terreno, lo que implica estudiar los elemen-- tos que muestran la fisiografía del terreno, estos elementos son:

- Planta topográfica escala 1:2000, en donde se encuentra dibujada la línea de trazo que se denomina alineamiento horizontal teniendo indicados los datos de tangentes, de curvas y rumbos (generalmente astronómicos calculados) curvas de nivel (topografía) datos de ubicación de instalaciones, cruces de ríos, arroyos, canales, otras obras viales y poblados.

- Perfil del terreno obtenido de la nivelación del eje de trazo. El alineamiento horizontal bancos de nivel, elevaciones del terreno, dibujados a una escala vertical 1:200 y otra horizontal 1:2000.

- Registros de nivel y perfiles de los ejes trazados de las obras de drenaje a escala 1:100.

- Planta topográfica de restitución fotogramétrica.

- Fotografías aéreas de contacto a escala 1:10,000, 1:25,000 y/o -- 1:50,000.

- Carta geográfica de la región escala 1:50,000.

- Datos generales para el diseño.

Es de gran importancia estudiar las secciones del terreno donde se ubicarán las obras, para que se efectúen los ajustes geométricos posteriormente.

Por su ubicación las alcantarillas se denominan:

- Normal en tangente.- Cuando el ángulo de deflexión del eje trazado y el eje de proyecto de la obra, es igual a 90° .
- Radial en curva horizontal.- Cuando el ángulo de deflexión del eje de la obra es de 90° respecto a la tangente que pasa por el punto de la curva, en que se intersecta con el eje de trazo de la obra vial.
- Esviajada, donde el ángulo que forma el eje de trazo de la obra es diferente de 90° ; puede ser esviajada derecha o esviajada izquierda, según el sentido del cadenamiento y del escurrimiento.

Elementos que componen una sección de construcción:

Rasante: Proyección vertical del desarrollo del eje de la corona de un camino.

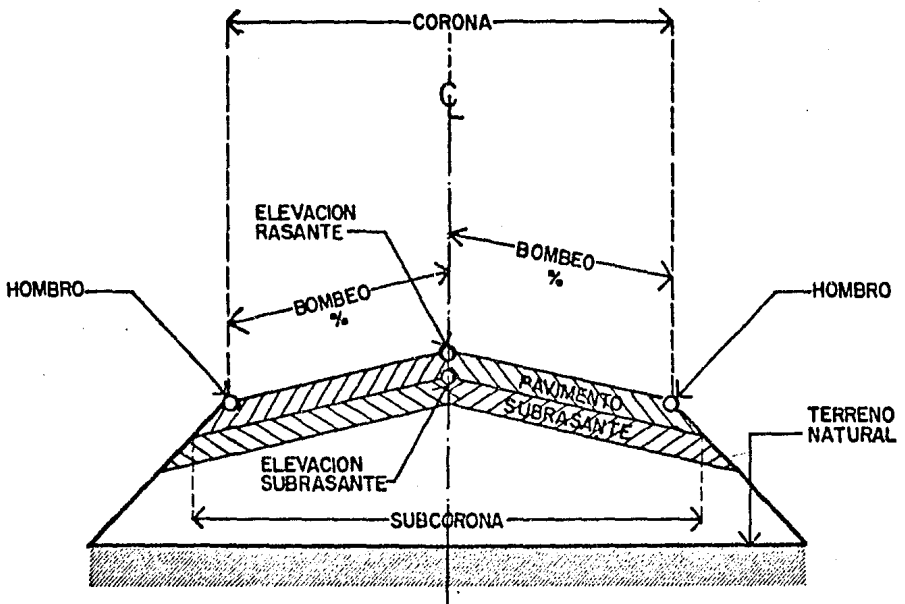
Subrasante: Proyección vertical del desarrollo del eje de la subcorona de un camino.

Corona: Superficie de un camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o se las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las inferiores de las cunetas.

Subcorona.- Superficie terminada de las terracerías de un camino que limita a las terracerías, sobre las que se apoyan las capas del pavimento (sub-base + base).

- Bombeo.- Es la pendiente que se le da a la corona o a la subcorona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia un lado y -- otro del eje de proyecto o rasante.
- Sobre elevación.- Pendiente transversal que se da a la corona o subcorona hacia el centro de la curva horizontal, para contrarrestar parcialmente el efecto de fuerza centrífuga de un vehículo en ella.
- Subrasante mínima.- Es la elevación mínima en la subcorona para dar cabida a una alcantarilla, con el cojchón mínimo para su protección.

Conociendo todos estos elementos, el diseño geométrico de las alcantarillas se efectuará con una metodología racional adaptándola geométricamente a las características de la vía.



SECCION DE CONSTRUCCION DEL TERRAPLEN

3.2 Diseño Hidráulico de las Alcantarillas.

El diseño hidráulico de las alcantarillas consiste en la selección de una estructura que pase el escurrimiento de diseño sin producir una elevación excesiva del nivel aguas arriba y no origine socavaciones a la salida.

La elevación de aguas arriba debe incluir un valor razonable del bordo-libre, en relación con la cota de inundación de la vfa. Esta elevación debe estar también lo suficientemente baja para que no dañe las propiedades aguas arriba de la vía.

El procedimiento de diseño hidráulico más conveniente será:

- Calcular el gasto de diseño.
- Determinar el nivel de circulación en la corriente, para gasto máximo.
- Definir si el nivel de aguas abajo de la alcantarilla va a ser modificado por condiciones naturales o artificiales.
- Conocer la carga disponible para controlar las pérdidas a través de la estructura.
- Ejecutar el diseño.

Las condiciones hidráulicas de las alcantarillas se presentan de dos formas:

- Alcantarillas con entrada libre.
- Alcantarillas con entrada sumergida.

Alcantarillas con entrada libre.- Se llaman así cuando la losa superior de la alcantarilla forma parte de la vfa, la entrada no debe -- quedar sumergida y por lo tanto la salida será libre también. Existen 3 casos y son los siguientes:

1er. Caso de Alcantarilla con Entrada Libre.

La pendiente de plantilla (s) es suave (subcrítica), profundidad de agua abajo (H_s) menor que el tirante crítico (d_c) en el conducto --- (ver fig. 1).

2o. Caso de Alcantarilla con Entrada Libre.

El tirante crítico (d_c) se produce a la entrada de la alcantarilla, - aproximadamente (1.4 d_c) de la entrada, donde el nivel del agua va - descendiendo hasta alcanzar el nivel (H_s) aguas abajo (ver fig. 2).

3er. Caso de Alcantarillas con Entrada Libre.

El tirante crítico (d_c) no se produce dentro de la alcantarilla y la elevación del agua, aguas arriba será función de la elevación del -- agua, aguas abajo (ver fig. 3).

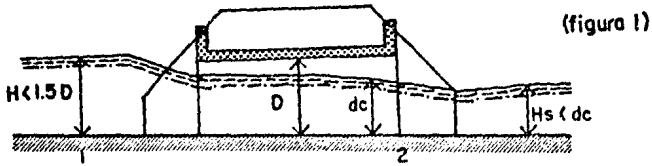
Alcantarillas con entrada sumergida.- El nivel de aguas arriba está sobre la parte superior de la entrada y el escurrimiento será de acuerdo con las 3 condiciones anotadas posteriormente:

1er. Caso.- Si la entrada y la salida de una alcantarilla están sumergidas, la pendiente de plantilla (s) tiene un valor tal, que el tirante normal (dn) para el gasto de diseño es mayor que la altura de la alcantarilla (D), ésta trabajará llena, hay que tener en cuenta que las alcantarillas muy cortas no pueden trabajar llenas, ---- (ver fig. 4).

2o. Caso.- Alcantarillas con entrada sumergida y salida libre. El tirante normal (dn) es mayor que la altura del conducto (D) funciona como conducto a presión, pero para que (dn) sea mayor que (D) la pendiente debe ser subcrítica (ver fig. 5).

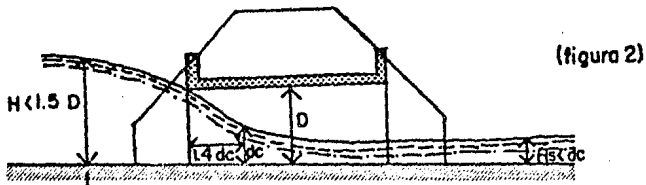
3er. Caso.- Alcantarillas con entrada sumergida y salida libre, la pendiente (s) es tal que el tirante normal (dn) sea menor que (D),-- funciona con control en la entrada, como es el caso de un orificio - (ver fig. 6).

ALCANTARILLA CON ENTRADA LIBRE 1er caso



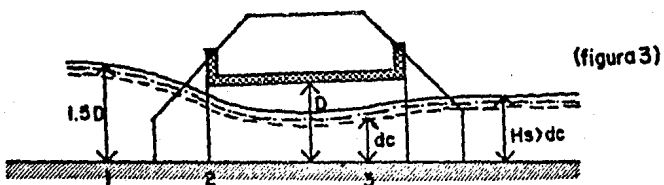
$S < S_c$ (pendiente suave) SUBCRITICA

ALCANTARILLA CON ENTRADA LIBRE 2º caso



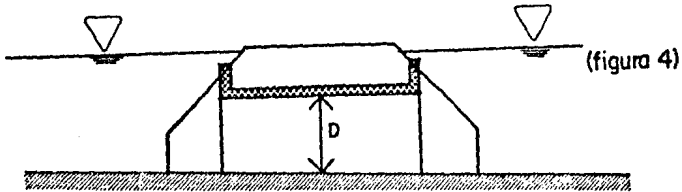
$S > S_c$ (pendiente fuerte) SUPERCRITICA

ALCANTARILLA CON ENTRADA LIBRE 3er caso

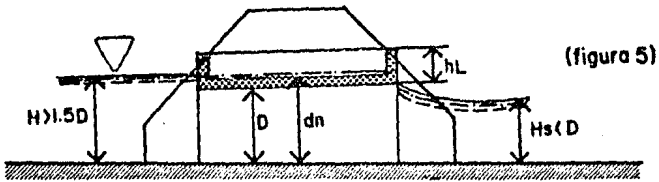


$S < S_c$ (pendiente suave) SUBCRITICA

ALCANTARILLA CON ENTRADA Y SALIDA SUMERGIDAS 1er caso

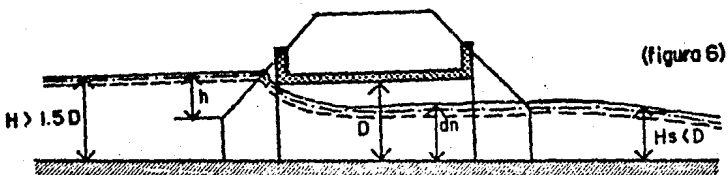


ALCANTARILLAS CON ENTRADA SUMERGIDA Y SALIDA LIBRE 2º caso



$S < S_c$ (pendiente subcrítica)

ALCANTARILLAS CON ENTRADA SUMERGIDA Y SALIDA LIBRE 3er caso



Para calcular el área del conducto de una alcantarilla, se han desarrollado varios métodos, y son utilizados de acuerdo a la importancia de la obra y el objetivo del diseño.

Se recomiendan los siguientes métodos por su sencillez y fácil manejo:

Por comparación.

Empírico.

Sección y pendiente.

Precipitación pluvial.

Racional.

Por comparación.- Este método consiste en una serie de observaciones de las alcantarillas existentes en otras vías paralelas que demostraron su eficiencia y por lo tanto se logra un prototipo seguro de aplicarse en los diseños.

Métodos empíricos.- En general son una función exponencial del área drenada y un coeficiente que depende de la fisiografía del terreno.- El más generalizado es el de Talbot, y la fórmula utilizada es la siguiente:

$$A = 0.183C \sqrt[4]{H^3}$$

Donde:

A = Área hidráulica que deberá tener la alcantarilla (M^2).

H = Superficie a drenar (Hectáreas).

C = Coeficiente.

Tipo de Terreno	C
Montañoso y escarpado	1.00
Con mucho lomerío	0.80
Con lomerío	0.60
Muy ondulado	0.50
Poco ondulado	0.40
Casi plano	0.30
Plano	0.20

Método de sección y pendiente.- Consiste en determinar el gasto del cauce obteniendo las secciones hidráulicas y calculando la pendiente del río o arroyo. Con los datos anteriores y utilizando la fórmula de Manning se obtiene la velocidad y a la vez el gasto que registra la alcantarilla.

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} s^{1/2} ; Q = AV$$

V = Velocidad del agua (Mts/seg)

Rh= Radio Hidráulico = $\frac{A}{P}$ (metros)

s = Pendiente (Mts/Mts)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

A = Area (Mts²)

P = Perímetro mojado (Mts)

Q = Gasto (Mts³/s)

Método de precipitación pluvial.- Se determina el gasto del cauce -

conociendo la precipitación pluvial, el área de drenar, la topografía del terreno y tipo de suelo, empleando la fórmula de Burkí-Ziegler; obtenemos el gasto máximo de la alcantarilla debido a una intensidad de lluvias con un valor de duración.

$$Q = 0.022 C.I.A \sqrt[4]{\frac{I}{s}}$$

Donde:

Q = Gasto (Mts³/s).

A = Hectáreas tributarias.

I = Precipitación pluvial en (centímetros/hora) correspondiente a una intensidad de lluvias de 10 minutos de duración total.

s = Pendiente del terreno (Mts/Kms).

C = Coeficiente que depende del tipo de terreno de la cuenca.

C = 0.30 con pavimento flexible.

C = 0.25 para terrenos de cultivo.

Método racional.- Está apoyado en una ecuación que involucra los elementos necesarios para determinar el gasto de un escurrimiento pluvial, en función de la superficie drenada y la intensidad de la precipitación máxima.

$$Q = 2.778 A.C.I.$$

Q = Gasto máximo (Mts³/s).

A = Superficie drenada en hectáreas.

C = Coeficiente de escurrimiento.

I = Intensidad máxima de la precipitación en (Mts/hora).

2.778 = Factor de homogeneidad.

El coeficiente de escurrimiento tiene una importancia señalada, en virtud de que si su valor está bien elegido dará una aproximación -- muy acertada en la determinación del gasto.

Hood y Mc Gee sugieren las siguientes fórmulas:

Para superficies impermeables $C = \frac{t}{8+t}$

Para superficies cultivadas $C = \frac{0.3t}{20+t}$

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

t = Duración de lluvia en minutos.

Pavimentos flexibles 0.75 - 0.95

Pavimentos hidráulicos 0.70 - 0.90

Suelos impermeables 0.40 - 0.65

Suelos poco permeables 0.15 - 0.40

Suelos medio permeables 0.05 - 0.20

Si la alcantarilla trabaja a conducto lleno para obtener el gasto, - se aplica la fórmula de Bernoulli, y es la siguiente:

$$H = \left(1 + K_e + \frac{19.62 n^2 L}{R^{4/3}} \right) \frac{v^2}{2g}$$

H = Diferencia en elevaciones entre la carga específica (nivel del agua a la entrada) y el nivel del agua a la salida, fluyendo -- lleno el conducto, en (Mts).

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad en (Mts/s).

K_e = Coeficiente (pérdida de carga por entrada) que varía de 0.4 a 0.1

L = Longitud del conducto de la alcantarilla (Mts).

n = Coeficiente de rugosidad.

R = Radio hidráulico (área hidráulica entre perímetro mojado) (Mts)

En todo diseño hidráulico las características geométricas deben satisfacer las necesidades hidráulicas. Lo que implicará hacer los -- cálculos de acuerdo a las características conocidas, encontrando las desconocidas utilizando la fórmula que el caso aconseje.

La determinación del área hidráulica necesaria para alcantarillas, -- depende de los datos obtenidos aplicando el método más conveniente. -- Cuando se utilizan los métodos que dan directamente el área hidráulica necesaria en función del área por drenar, se determina el tipo y -- forma de alcantarilla. En cambio cuando se aplican los métodos de -- gasto que aportan las corrientes, es indispensable conocer su geometría y el funcionamiento hidráulico.

3.3 Diseño Estructural de las Alcantarillas.

El diseño estructural de las alcantarillas consiste en dimensionar los elementos mecánicos que constituyen las diferentes estructuras. Las especificaciones orientan el cálculo de cargas, que deben ser -- analizadas en cada caso y posteriormente obtener la estabilidad de-- la estructura total.

Cargas unitarias sobre alcantarillas: Usualmente las presiones de - la tierra y en general las cargas sobre alcantarillas deben calcular se considerando el peso de la tierra colocada directamente sobre la- estructura para la alcantarilla de losa y bóveda con zapatas coladas en el lugar, deberá considerarse el 70% del peso real de la tierra,- incrementando en un 40% por los esfuerzos por carga viva; en tubos - flexibles o rígidos no colados en el lugar, se considera un 83% del- peso real de tierra, con un incremento del 20% en los esfuerzos per- misibles por carga muerta de proyecto, como estimación de los esfuer- zos por carga viva.

Cuando las características de los materiales que integran los colcho- nes y rellenos se encuentren bien definidos, es recomendable utilizar las siguientes fórmulas.

Para alcantarillas en zanjas sobre plantillas compactadas o bien al- cantarillas superficiales sobre plantillas sin compactar.

$$P = WH$$

Alcantarillas superficiales sobre material compactado, (firme, roca o pilotes).

$$P = W (1.92H - 0.87B) \text{ para } H \geq 1.7B$$

$$P = 2.59 BW (e^k - 1) \text{ para } H < 1.7B$$

Donde:

$$k = \frac{0.385 H}{B}$$

P = Presión unitaria, en (kg/Mts²) producida por tierra de relleno.

B = Ancho de la zanja, en (Mts), cuando no exista.

H = Espesor de relleno sobre la alcantarilla, en (Mts)

W = Peso efectivo por (Mts³) de material de relleno (debe considerarse el 70% u 83%).

El esfuerzo cortante en losas superiores de las alcantarillas, que estén bajo terraplenes, se supondrá que ocurre a una distancia (d) fuera del muro o estribo, igual a la profundidad entre la parte superior de la losa y el centro del refuerzo de tensión.

La carga viva consistirá en el peso de la carga móvil aplicada a los diferentes tipos vehiculares.

El impacto se incrementará en un porcentaje de carga viva y éste depende del espesor del colchón.

Las cargas permanentes corresponden a los pesos propios de la estruc

tura y al colchón de tierra con un espesor máximo para cada tipo de alcantarilla.

Los cimientos para alcantarillas se desplantarán a la profundidad -- que se juzgue conveniente para garantizar una cimentación firme o -- bien se construirá una losa de concreto suficientemente reforzada, - destinada a distribuir las presiones sobre toda el área horizontal - de la estructura. En los lugares donde se estime que la estructura queda expuesta a la erosión, se construirán zampeados o muros de dentellón en ambos extremos de la alcantarilla, y en caso necesario sepondrá pavimento en toda el área del piso comprendida entre entre -- los muros de aleros. No se construirán muros desviadores o machones transversales en las alcantarillas de cañón cuyo fondo no esté recubierto y cuando el lecho de la corriente se halle sujeto a erosión.- Donde las condiciones así lo requieran los cimientos de las alcantarillas se reforzarán longitudinalmente

Los cimientos que se desplanten sobre superficies rocosas, lisas o - inclinadas y que no queden apoyados en material que resista los empujes, deberán anclarse en forma efectiva, por medio de pernos de anclaje, dentellones, cuñas u otros medios apropiados.

Todos los cimientos deberán proyectarse de manera que las presiones máximas sobre el terreno queden comprendidas dentro de los valores de seguridad de la capacidad de carga que se haya adoptado, a fin de -- prevenir asentamientos, resistir los esfuerzos debidos a la flexión,

tensión y adherencia en la sección crítica.

Existe un criterio general para los proyectos de obras de drenaje,-- donde se analizaron los diferentes elementos mecánicos que componen éstas obras, son los llamados proyectos tipo y se basan en las especificaciones de ASSHO. Se presentan en forma tabulada para dimensionar a las estructuras y en caso necesario se realizará una interpolación lineal.

3.4 Métodos de Cálculo.

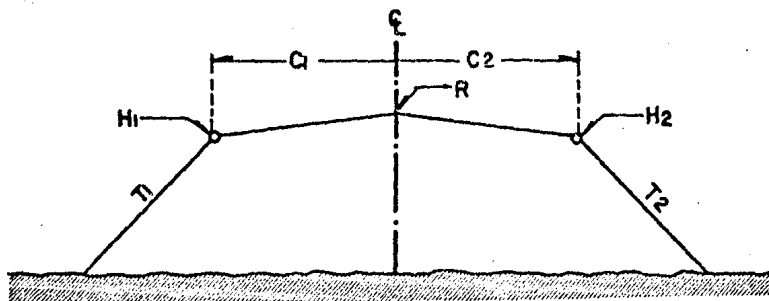
El método de cálculo de longitud de obra para cualquier tipo de alcantarilla, se desarrollará conociendo las secciones de construcción de la vía, el tipo de obra, la elevación de desplante y la pendiente de plantilla.

Esta longitud se calculará en base a una línea directriz que parte de la intersección de los taludes de las terracerías con la estructura.

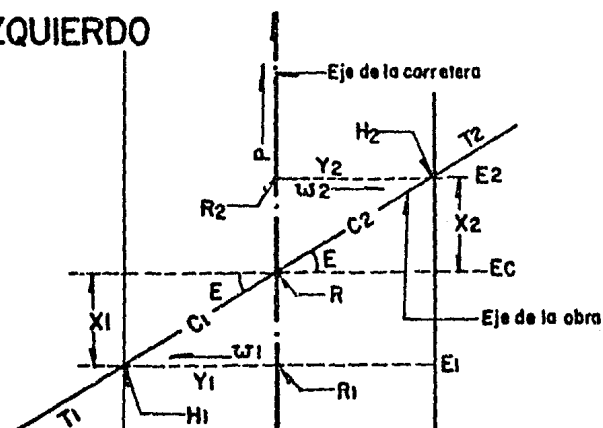
Nomenclatura que se utiliza:

Ec: Estación de cruce.
 Lz: Luz o claro horizontal.
 Hg: Galibo o claro vertical.
 \emptyset : Diámetro de tubería.
 E: Angulo de esviaje.
 Rc: Elevación de la rasante de cálculo.
 P: Pendiente longitudinal de la vía.
 1: Subíndice lado izquierdo.
 2: Subíndice lado derecho.
 Y: Semicorona normal en la estación de cruce.
 X: Proyección de la semicorona.
 Es: Estación del cruce del eje de la obra con el hombro.
 R: Elevación de la rasante de cálculo en la estación Es.
 W: Bombeo, con signo, en la estación E.
 H: Elevación del hombro.
 Tn: Talud normal.
 TE: Talud esviajado.
 S: Pendiente de plantilla.
 D: Elevación de plantilla en el eje.
 D1,2: Elevaciones de plantillas en las boquillas.
 HA: Altura del cuerpo de los muros o aleros.
 Q': Ancho esviajado de los muros o de la guarnición.
 M1,2: Distancias verticales entre las directrices y la plantilla.
 F1,2: Elevación de las directrices bajo los hombros.
 h1,2: Distancias verticales entre los hombros y las directrices.
 d1,2: Distancias horizontales de los hombros a los puntos donde los taludes intersectan a los muros o aleros.
 L1,2: Longitudes parciales horizontales de la obra.
 L: Longitud horizontal de la obra.
 L': Longitud real del tubo.
 e: Espesor (tubo, super estructura o clave).
 M: Altura directriz sobre la plantilla.
 tn': Talud ajustado (tubos).

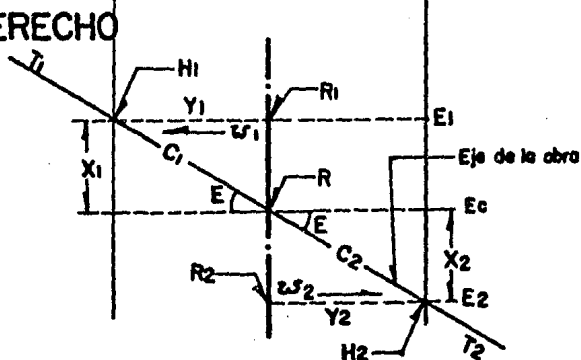
SECCION SEGUN EL EJE DE LA OBRA



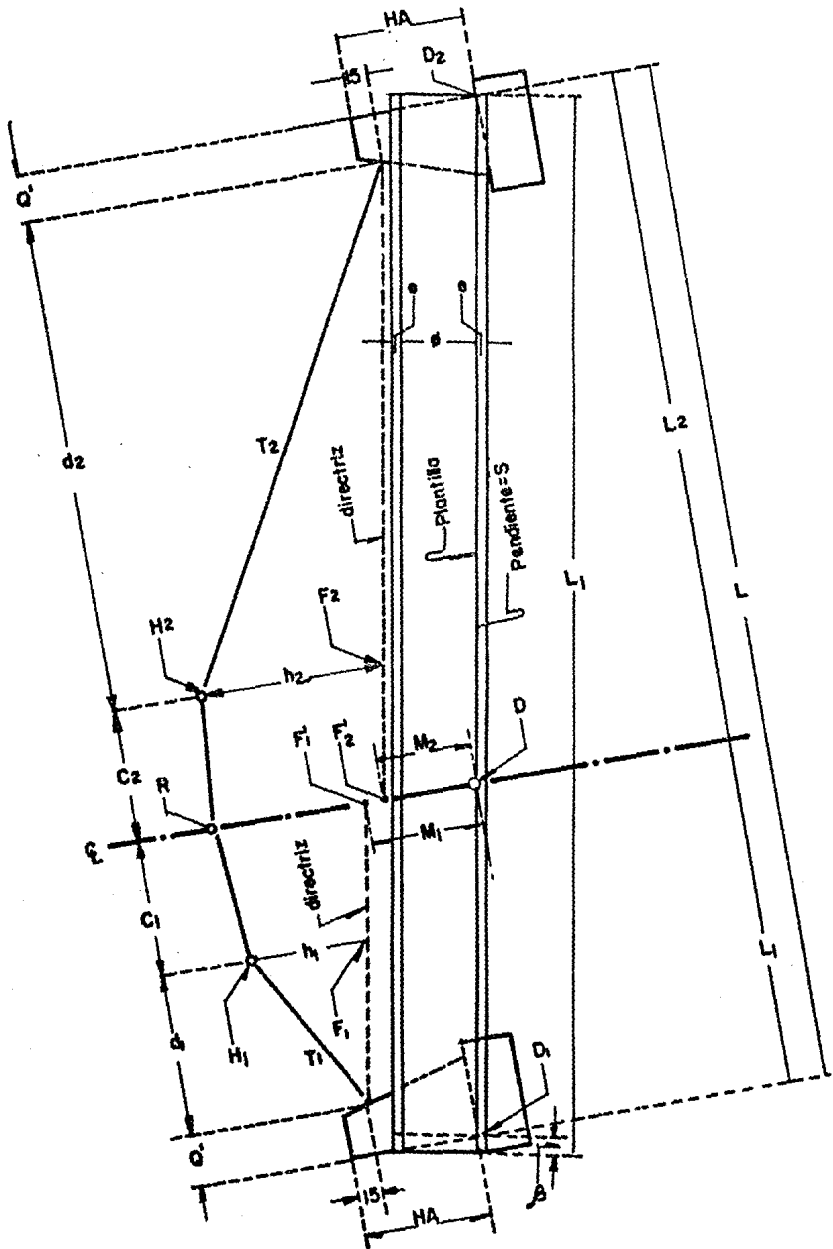
ESVIAJE IZQUIERDO



ESVIAJE DERECHO



INGITUD DE OBRA: TUBOS ELEVACION



PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LONGITUD DE OBRA

Se describen los datos de localización de la obra vial.

Obra vial:
 Tramo: DEKM AKM
 Subtramo: Origen
 Ec: Km (eje de la obra que cruza al eje de la vfa).
 Alcantarilla: (tubo, losa o bóveda) dimensiones y materiales.
 Cruce: (normal, radial o esviado) grados y minutos.
 Sentido: Del escurrimiento \longleftrightarrow (de aguas arriba hasta aguas abajo).

OBTENCION DE LOS DATOS DE TERRACERIAS EN EL CRUCE (SECCION NORMAL)

Nomenclatura:

S1 : Elevación subrasante anterior (M).
 S2 : Elevación subrasante posterior (M).
 Ep : Estación posterior (M).
 EA : Estación anterior (M).
 AN : Ampliación en la estación (M).
 AM : Ampliación máxima (M).
 LC : Distancia de estación de cruce a la estación donde principia ampliación (M)
 LT : Longitud de transición (M).
 Wn : Sobre-elevación con ampliación (%).

Cálculo de la pendiente longitudinal del camino \pm (%).

$$P = \frac{S2 - S1}{EP - EA} ; \quad \text{En una curva se obtendrá el promedio de pendientes en toda la curva.}$$

Elevación de la subrasante (M) = S1 + (Ep - EA) P
 Rasante de cálculo RC = subrasante + espesor de revestimiento (M).
 Espesor de revestimiento = sub-base + base (M).

Semi-corona Y1 (IZQ) (M).
 Y2 (DER) (M).

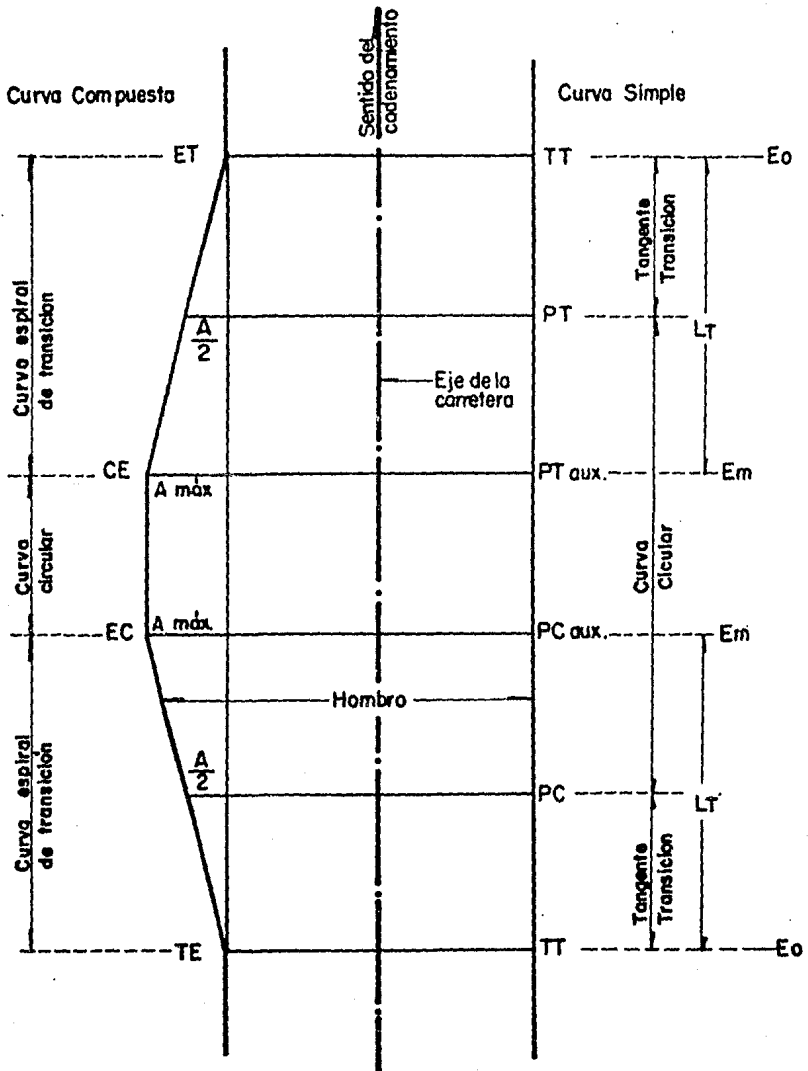
Ampliación de semi-coronas.

En curva circular son valores directos de terracerías.
 En tangente o curva en espiral en transición se calcula:

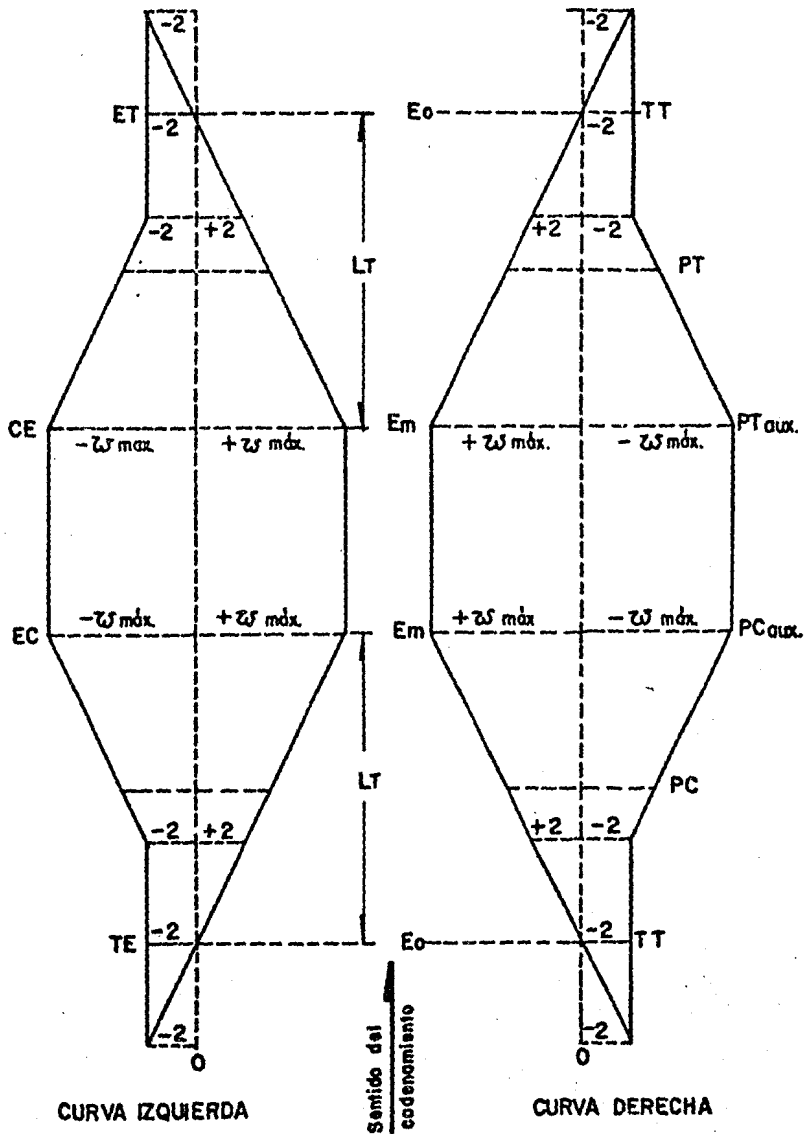
$$A_n = \frac{AML C}{LT} = (M)$$

Sobre-elevación W1 (IZQ) \pm (%)
 W2 (DER) \pm (%)

VARIACION DE LA AMPLIACION



VARIACION DE LA SOBRE-ELEVACION



Al ser la pendiente de las semi-coronas la ampliación en transición - se calcula:

$$W_n = \frac{WMLC}{LT} (\%)$$

CANTIDADES DE OBRA

En alcantarillas de tubo sólo hay que obtener el volumen de excavación, puesto que la longitud del tubo fue calculada anteriormente, el volumen de los muros de cabeza se encuentra tabulado en el perfil del terreno, el eje de la obra se deberá trazar una compensadora para obtener la altura promedio (ht) de excavación de la plantilla del cauce al mismo tiempo se calcularán las alturas promedios de excavación correspondientes a cada muro de cabeza (he y hs) respectivamente.

$$hm = \frac{(he + hs)}{2}$$

Se considera una sección trapecial con taludes de corte (Tc), dejando un espacio libre para trabajo de 25 cm. a cada lado de la base.

Excavación de plantilla.

\emptyset , e = Diámetro, espesor.
Lt = Longitud de obra.

Base promedio.

bt = $\emptyset + 2e + 0.5 + Teht$ en tubos sencillos.
bt = $\emptyset + 2e + d + 0.5 + Teht$ en tubos dobles.

Longitud $Lo = LT - 2(b + V + 0.25)$
 $Vt = b + Loht$

Excavación de muros.

Base promedio $bm = B + 0.5 + Tehm$.
Longitud $Lm = 2(L + 0.5)$
Volumen $Vm = bm Lm hm$

Excavación total $Vexc = Vt + Vm$

Cálculo de la sección de las terracerfas en el eje de la obra.

$X = Y \tan E$
 $C = Y/\cos E$
 $R = Rc + PX$
 $H = R + WY$
 $K = P \tan SEN E$

Cálculo de longitud de obra.

Tubo	$M = \emptyset + b$	$M12 = M + Q'S$
Losa	$M = Lz + b + e$	$M12 = M$
Bóveda	$M = Lz/2 + HC + e$	$M12 = M$

$$F = F' + CS$$

$$h = M - F$$

$$d = h/1/TE + S$$

$$Q' = Q/\cos E$$

$$L = \frac{d + C + Q'}{\sqrt{1 + S^2}}$$

$$I = \sqrt{1 + S^2}$$

$$Lt = LI + J \text{ (tubo)}$$

$$J = (\emptyset + e) S$$

Ajuste a números cerrados de tramos de tubo.

$$L' = Lt$$

$$L' = \text{de concreto}$$

$$1.25 M.$$

$$L' = \text{de lámina}$$

$$0.61 M.$$

Formas de ajuste.

Por pendiente se aumenta o disminuye.

Por desplante se aumenta o disminuye.

Por talud se aplican las siguientes fórmulas.

En obras nuevas.

$$Tn' = \frac{d1 + d2 + DIF Tn}{d1 + d2}$$

En prolongaciones.

$$\frac{1}{Tn'} = \frac{h1}{d1 + DIF} + S; \quad \frac{1}{Tn'} = \frac{h2}{d2 + DIF} + S$$

Cálculo dimensional de los aleros en losas y bóvedas.

Nomenclatura:

G : Altura de la guarnición.

Z : Distancia vertical entre el coronamiento de la guarnición y del alero en el arranque.

a : Ancho del coronamiento del alero.

AE: Ancho del coronamiento del estribo en alcantarillas de losa.

b' : Ancho del cuerpo a la altura del escarpio.

b : Ancho de la base del cuerpo.

V : Ancho del volado de la zapata.

B : Ancho de la base de cimentación.

HP: Altura promedio del cuerpo.

EA: Dimensión auxiliar.

Pz: Altura del escarpio.

P'z: Espesor de la zapata.

Cálculo de longitudes y proyecciones de los aleros.

H : Altura del alero.

HR : Recorte del alero.

Condición: JB = GB, U = 30°; Cot X = 1.73205 + 2 TAN E

H - HR =

$$L = \frac{H - HR}{1/\text{TAN } E + S}$$

$$N = L \text{ COS } E$$

$$J = N/\text{COS } (X + E)$$

$$JA = J \text{ COS } X$$

$$JB = J \text{ SEN } X$$

$$G = N/\text{COS } (U - E)$$

$$GA = G \text{ COS } U$$

$$GB = G \text{ SEN } U$$

$$H = HP + Q'S ; Re + Lz/2$$

$$\text{Losas } Hp = h + e + G - Z$$

$$\text{Bóvedas } Hp = h + Re + e$$

Dimensiones en el arranque.

Se obtienen de los proyecto tipo:

Normales

$$\begin{aligned} a &= A \\ az &= B \\ a' &= b \\ VI &= V \\ Vd &= D \\ Pz &= Pz \\ P'z &= E \end{aligned}$$

Auxiliares

$$\begin{aligned} Hp &= \\ Lz/2 &= \\ Y &= Lz/2 \text{ TAN } E \\ h &= \\ AE &= \left[\frac{(b-A)(Hp-h)}{Hp} \right] + A \\ K &= \frac{HR}{HP} \end{aligned}$$

Dimensiones en el recorte de aleros.

$$\begin{aligned} AR &= A/\cos E \\ BR &= K(B-A) + A/\cos E \\ bR &= K(b-A) + A/\cos E \\ VR &= KV/\cos E \\ DR &= KD/\cos E \\ PZR &= Pz \\ ER &= KE/\cos E \end{aligned}$$

Dimensión del coronamiento del aleros.

Altura	Esviaje	
	0° a 10° (cm)	10° a 45 (cm)
0 - 1.0 M	30	35
1.0 - 1.5 M	30	38
1.5 - 3.0 M	35	40
3.0 - mayor	40	45

Cantidades de obra.

En alcantarillas de losa o bóveda se aplicarán las formulas siguientes, según sea el caso.

Estribos sin escalón.

$$V = L \left[(AE + b) h + 2BPZ \right]$$

Estribos con escalón.

$$V = L \left[(AE + b) h + PZV + 2BE \right]$$

Aleros sin recorte y sin escalón.

$$V = L1 + L2 \left[(A + b) \frac{HP}{2} + (A + B) Pz \right]$$

Aleros con recorte y sin escalón.

$$V = L1 + L2 \left[(A + b) \frac{Hp - Pz}{2} + (B + BR) Pz + (A + bR) \frac{HR}{2} \right]$$

Aleros sin recorte y con escalón.

$$V = L1 + L2 \left[(A + b') \frac{HP}{2} + (b' + B) \frac{Pz}{2} + (A + B) E \right]$$

Aleros con recorte y con escalón.

$$V = L1 + L2 \left[(A + b') \frac{HP - Pz}{2} + (b' + B) \frac{Pz}{2} + (A + b'R) \frac{HR}{2} + (b'R + BR) \frac{ER}{2} + (B + BR) Pz \right]$$

Dentellones.

$$V = 0.3 Pz \left[\frac{2 (GB1 + GB2 + LZ)}{\text{COSE}} - 0.3 (\text{TAN } A + \text{TAN } B) \right]$$

Zampeado.

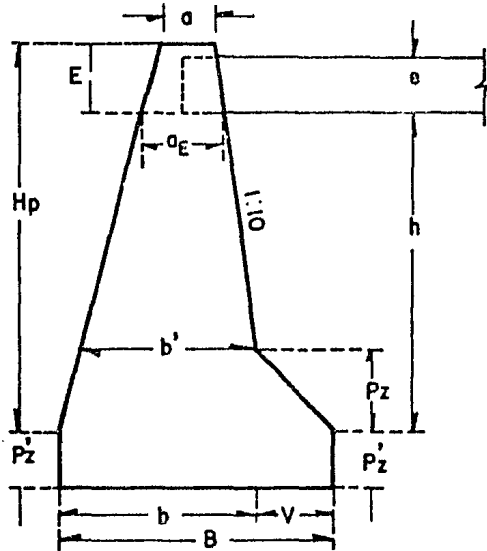
$$V = 0.3 \left[\frac{GB1 + GB2 + LZ + M}{\text{COSE}} - 0.3 (\text{TAN } A + \text{TAN } B) \right. \\ \left. \frac{N1 + N2}{2} - 0.3 \right] + LM$$

Excavación.

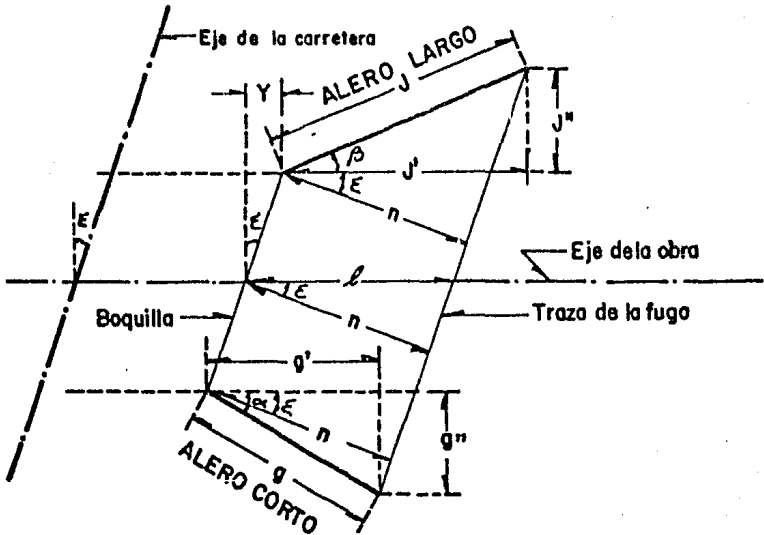
$$L \text{ exc.} = L + L1 + L2 + 0.50 \text{ M}$$

$$V = L \text{ exc.} \times A \text{ exc.}$$

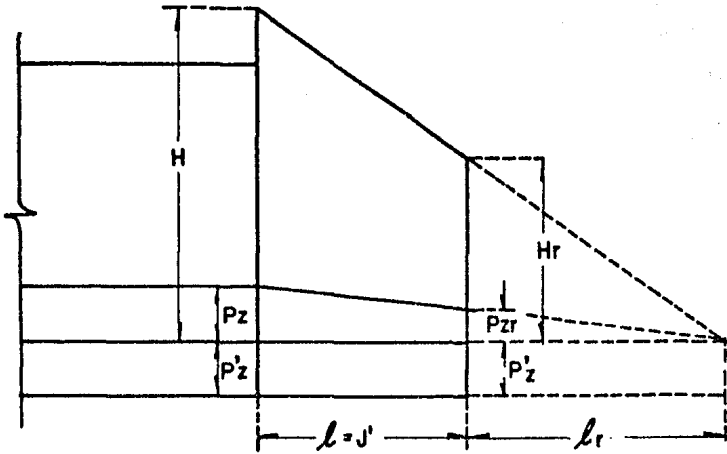
SECCION NORMAL DEL ALERO EN EL ARRANQUE



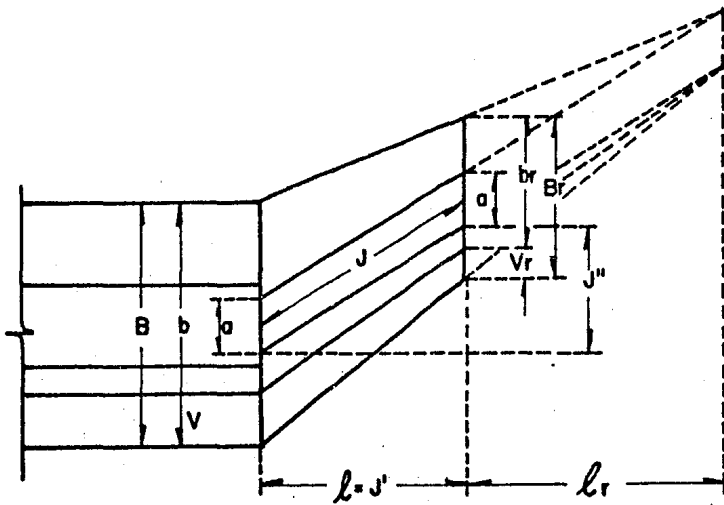
ALEROS ESVIAJADOS



RECORTE DE ALEROS

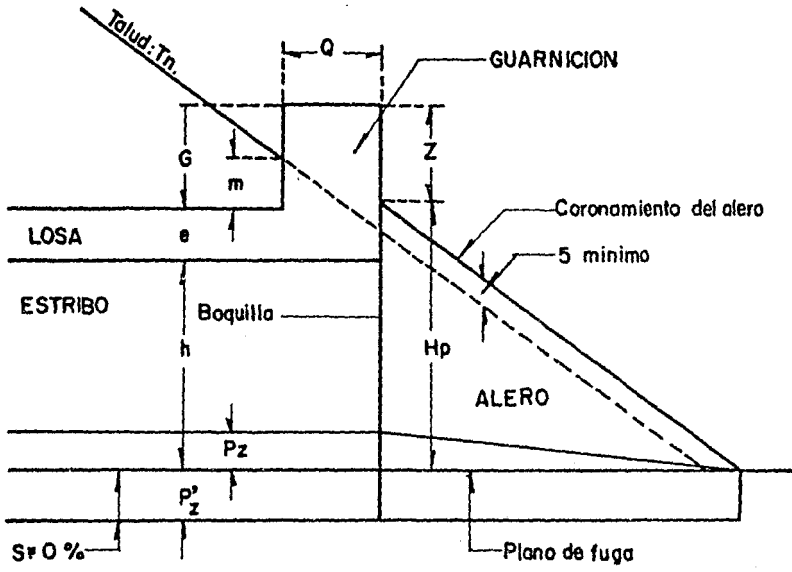


ELEVACION

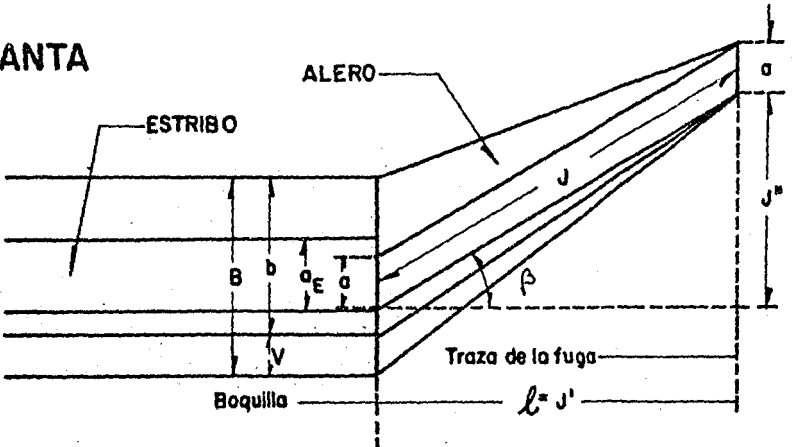


PLANTA

CORTE ELEVACION



PLANTA



4. DESARROLLO DEL PROGRAMA.

4.1 Diseño.

El objetivo del programa es diseñar un sistema operativo que solucione el cálculo geométrico y volumétrico de las alcantarillas de tubo, losa o bóveda.

La microcomputadora que se utilizó en la elaboración del sistema es la HP-41C x de Hewlett-Packard, de tamaño pequeño, portátil, posee elementos de memoria, procesador, sección E/S y capaz de lograr el objetivo deseado.

El programa tiene ventajas en la capacidad de respuesta. Se utiliza en múltiples aplicaciones de obras nuevas o existentes con la alternativa de ser ampliado o combinado en soluciones especiales y también puede integrarse a otras etapas de proyecto.

El lenguaje que utiliza este tipo de microcomputadora es el Basic, con notación Polaca inversa puede ser traducido al lenguaje general de computación para usarse en otras máquinas.

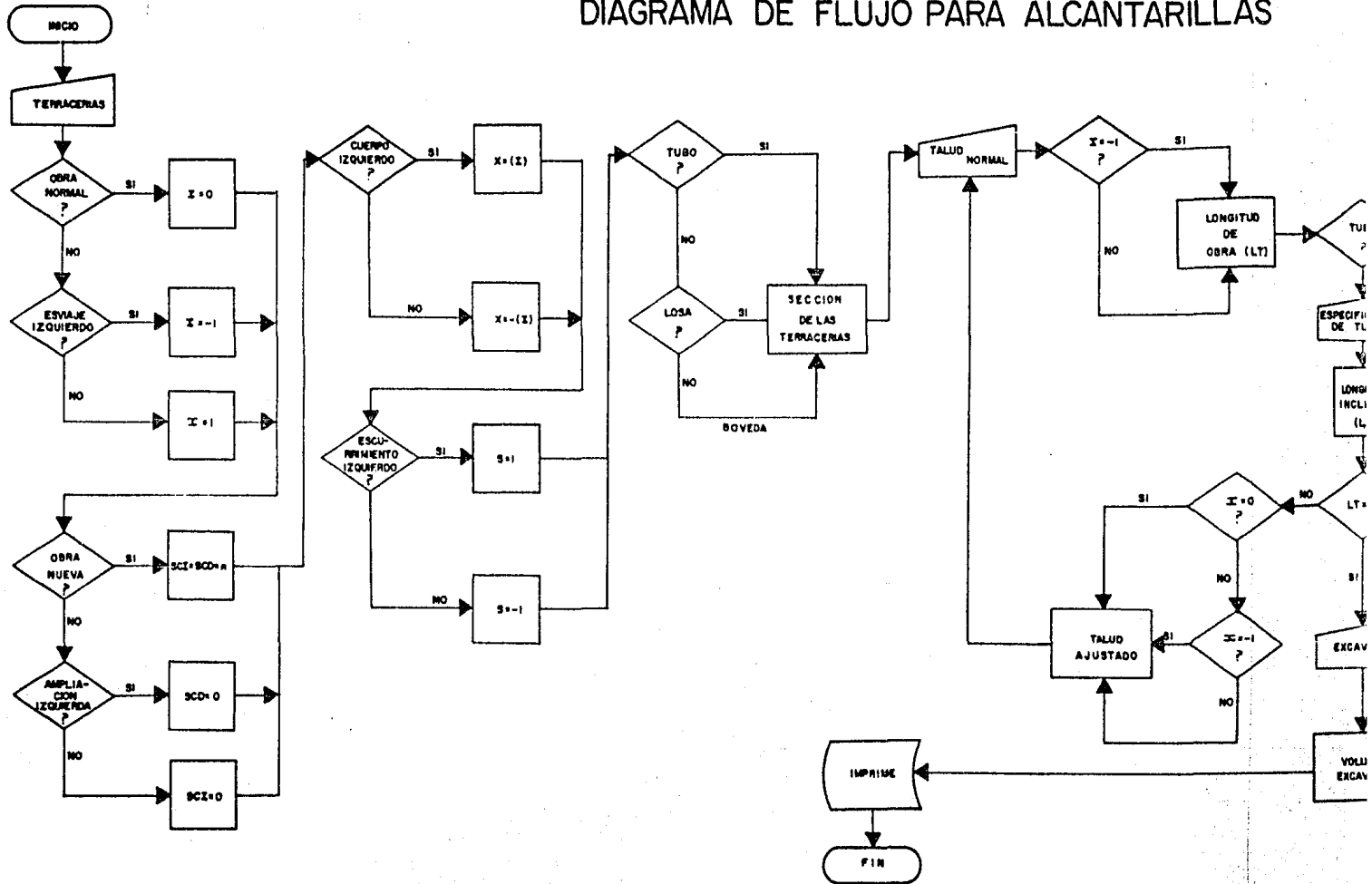
El modelo que se presenta en el diagrama de flujo indica las diferentes alternativas de las variables de E/S, para dirigir las a las funciones correspondientes incorporadas en el sistema operativo.

Las variables de entrada son seleccionadas de acuerdo con los diseños geométrico, hidráulico y estructural de los tres tipos de obras.

Las funciones se han desarrollado en un programa con decisiones de sí o no, que son transferidas a ciclos operativos que conjuntamente con las variables de entrada se relacionan y almacenan en subrutinas.

Las variables de salida son dirigidas a una subrutina general que imprime la información del proceso deseado con la posibilidad de intercambiar información, si la obtención de soluciones no cumple con las especificaciones.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ALCANTARILLAS



4.2 Formato.

A continuación se presenta un formato del programa:

<u>INSTRUCCIONES</u>	<u>ENTRADA</u>	<u>FUNCION</u>	<u>SALIDA</u>
1 Carga del programa.	SIZE 035		
2 Iniciación del programa.	F1 x 3		
3 Datos de las terracerfas. (HMS) del esviaje.	HR	XEQ CF R/S	E=? RC=?
Rasante del cálculo.		.	S=?
Pendiente del camino.		.	SCI=?
Semicorona izq.		.	SCD=?
Semicorona der.		.	SI=?
Sobreelevación izq.		.	SD=?
Sobreelevación der.		.	S=?
Pendiente del cauce.		.	D=?
Elevación del despiante.		.	e=?
Espesor de superestructura.		.	b=?
Altura de la directriz.		.	c=?
Claro horizontal.		.	V=?
Claro vertical.		.	Q=?
Ancho de guarnición.	F1 x 2	.	M={ } QE={ } QES={ }
4 Geometría de las terracerfas en el cuerpo izquierdo.		XEQ 01 R/S	X1={ } C1={ } R1={ } H1={ } M1={ } F1A={ } F1={ } h1={ }
5 Geometría de las terracerfas en el cuerpo derecho.		XEQ 02 R/S	X2={ } C2={ } R2={ } H2={ } M2={ } F2A={ } F2={ } h2={ }

6 Dato del talud normal.	F1 x 5	XEQ 03 R/S	Tn=? K=()
7 Calcula longitud de obra cuerpo izquierdo.	RND F1 x 2 F1 x 5 F1 x 2	XEQ 04 R/S . . .	T1=() TS1=() d1=() L1=()
8 Calcula longitud de obra cuerpo derecho.	RND F1 x 2 F1 x 5 F1 x 2	XEQ 05 R/S . . .	T2=() TS2=() d2=() L2=()
9 Opera en ampliaciones.		XEQ 06 R/S	L1=? L2=?
10 Calcula longitud total		XEQ 07 R/S .	ELEV1=() L=() ELEV2=()
11 Opera auxiliarmente en las longitudes de aleros y calcula longitud de aleros -- en el cuerpo izquierdo.	F1 x 5 F1 x 2	XEQ AF R/S	H1=? HR1=? L1=() N1=() J1=() J1A=() J1B=() G1=() G1A=() G1B=()

12 Calcula longitud de aleros
en el cuerpo derecho.

	XEQ 12	H2=?
F1 x 2		H2R=?
	R/S	HR2=(
	.	L2=(
	.	N2=(
	.	J2=(
	.	J2A=(
	.	J2B=(
	.	G2=(
	.	G2A=(
	.	G2B=(

13 Datos de proyectos tipo

	XEQ 13	
	R/S	A=?
	.	B=?
	.	b=?
	.	V=?
	.	D=?
	.	Pz=?
	.	E=?

14 Opera longitud de dentellón
y zampeado.

XEQ 14

15 Dato complementario de recorte

XEQ 15	V=?
R/S	

16 Opera en el cuerpo izquierdo -
del recorte.

XEQ 16

17 Opera en el cuerpo derecho del
recorte.

XEQ 17

18 Opera en dirección cuerpo iz--
quierdo.

XEQ 18

19 Opera en dirección cuerpo --
derecho.

XEQ 19

20 Volumen dentellones y volumen zampeado.		XEQ 20 R/S	V DEN={ } V ZAM={ }
21 Longitudes en el recorte.	F1 x 5 F1 x 2 RND	XEQ 21 R/S . . .	K={ } AR={ } BR={ } VR={ } DR={ }
22 Opera en dirección de los estribos.		XEQ 22 R/S	AE=()
23 Opera en dirección de la zapa ta.		XEQ 23 R/S	bR=()
24 Opera en dirección del --- escarpio.		XEQ 24 R/S . .	ER={ } b1={ } b1R={ }
25 Opera en los estribos.		XEQ 25	
26 Opera en los aleros.		XEQ 26	
27 Opera en el recorte.		XEQ 27	
28 Opera en dirección de las bóvedas.		XEQ 28	
30 Opera en los aleros		XEQ 30	
31 Dato de bóvedas.		XEQ 31 R/S	V=?
33 Volumen de estribos y volumen de aleros.		XEQ 33 R/S .	VE=? VA=?
34 Instrucciones para imprimir.		XEQ 56	

1 LBL CF	56 STO17
2 E=?	57 RCL10
3 PROMPT	58 RCL11
4 MR	59 +
5 STO00	60 RCL13
6 D=I=?	61 +
7 PROMPT	62 FIX 2
8 STO01	63 M=
9 RC=?	64 XEQ 56
10 PROMPT	65 STO18
11 STO02	66 RCL14
12 P=?	67 RCL16
13 PROMPT	68 /
14 ST003	69 OE=
15 SCT=?	70 XEQ56
16 PROMPT	71 STO19
17 STO04	72 RCL19
18 SCD=?	73 RCL08
19 PROMPT	74 #
20 STO05	75 OES=
21 SI=?	76 XEQ56
22 PROMPT	77 STO20
23 STO06	78 RCL12
24 SD=?	79 X=0?
25 PROMPT	80 STO01
26 STO07	81 RCL20
27 S=?	82 0
28 PROMPT	83 *
29 STO08	84 STO20
30 D=?	85 LBL01
31 PROMPT	86 RCL04
32 STO09	87 X=0?
33 e=?	88 STO02
34 PROMPT	89 RCL17
35 STO10	90 RCL04
36 b=?	91 #
37 PRDHT	92 RCL01
38 STO11	93 #
39 C=?	94 X1=
40 PROMPT	95 XEQ56
41 STO12	96 STO14
42 U=?	97 RCL04
43 PROMPT	98 RCL16
44 STO13	99 /
45 Q=?	100 C1=
46 PROMPT	101 XEQ56
47 STO14	102 STO21
48 RCL00	103 RCL03
49 SIN	104 RCL14
50 STO15	105 #
51 RCL00	106 RCL02
52 COS	107 '+
53 STO16	108 R1=
54 RCL00	109 XEQ56
55 TAN	110 STO22

111 RCL04	166 RCL04
112 RCL06	167 *
113 *	168 RCL02
114 RCL22	169 †
115 †	170 R2=
116 H1=	171 XE056
117 XE056	172 ST023
118 ST023	173 RCL07
119 RCL18	174 RCL05
120 RCL20	175 *
121 -	176 RCL23
122 H1=	177 †
123 XE056	178 FIX2
124 ST024	179 H2=
125 RCL24	180 XE056
126 RCL09	181 ST024
127 †	182 RCL18
128 F1A=	183 RCL20
129 XE056	184 †
130 ST025	185 H2=
131 RCL08	186 XE056
132 RCL21	187 ST025
133 *	188 RCL25
134 RCL25	189 RCL09
135 -	190 †
136 ABS	191 F2A=
137 F1=	192 XE056
138 XE056	193 ST026
139 ST026	194 RCL22
140 RCL23	195 RCL08
141 RCL26	196 *
142 -	197 RCL26
143 h1=	198 †
144 XE056	199 F2=
145 ST027	200 XE056
146 LBL02	201 ST029
147 RCL05	202 RCL14
148 X=0?	203 RCL29
149 GT003	204 -
150 RCL17	205 h2=
151 RCL05	206 XE056
152 *	207 ST030
153 RCL01	208 LBL03
154 *	209 TN=?
155 CHS	210 PROMPT
156 X2=	211 ST011
157 XE056	212 FIX 5
158 ST014	213 RECL03
159 RCL05	214 RCL15
160 RCL60	215 *
161 /	216 RCL11
162 C2=	217 *
163 XE056	218 RCL01
164 ST022	219 *
165 RCL03	220 X=

221 XE056	276 ST023
222 ST002	277 RCL05
223 LBL04	278 X=01
224 RCL04	279 ST006
225 X=01	280 LBL05
226 ST005	281 RCL16
227 RCL16	282 RCL02
228 RCL02	283 †
229 -	284 INV
230 INV	285 RCL11
231 RCL11	286 *
232 *	287 RDN
233 FIX 2	288 FIX2
234 RDN	289 T2=
235 T1=	290 XE056
236 XE056	291 ST024
237 ST003	292 RCL24
238 RCL03	293 INV
239 INV	294 RCL00
240 RCL00	295 †
241 -	296 FIX 5
242 FIX 5	297 T52=
243 T51=	298 XE056
244 XE056	299 ST025
245 ST006	300 RCL30
246 RCL27	301 RCL25
247 RCL06	302 /
248 /	303 RND
249 FIX 2	304 FIX 2
250 d1=	305 d2=
251 XE056	306 XE056
252 ST007	307 ST026
253 RCL19	308 RCL19
254 RCL21	309 RCL22
255 †	310 †
256 RCL07	311 RCL26
257 †	312 †
258 ST014	313 ST029
259 L1=†	314 L2=†
260 PROMPT	315 PROMPT
261 ST010	316 ST020
262 RCL14	317 RCL29
263 RCL10	318 RCL20
264 -	319 -
265 L1=	320 L2=
266 XE056	321 XE056
267 ST020	322 ST031
268 RCL00	323 RCL00
269 RCL14	324 RCL29
270 *	325 *
271 CMS	326 RCL09
272 RCL09	327 †
273 †	328 ELEV 2=
274 ELEV 1=	329 XE056
275 XE056	330 ST032

331 RCL04	386 RCL13
332 X=0?	387 COS
333 GT007	388 ST014
334 RCL20	389 RCL13
335 RCL31	390 TAN
336 †	391 ST015
337 L=	392 RCL00
338 XE056	393 30
339 ST033	394 -
340 RCL12	395 ABS
341 X=0?	396 ST018
342 GT008	397 RCL18
343 GT0 AF	398 COS
344 LBL06	399 ST019
345 RCL20	400 RCL18
346 /	401 TAN
347 *	402 ST020
348 L1=	403 RCL15
349 XE056	404 RCL20
350 ST033	405 †
351 RCL12	406 ST021
352 X=0?	407 0.3
353 GT008	408 ST017
354 GT0 AF	409 RCL17
355 LBL07	410 2
356 RCL31	411 /
357 /	412 ST018
358 *	413 RCL21
359 L=	414 RCL18
360 XE056	415 *
361 ST033	416 ST015
362 RCL12	417 RCL04
363 X=0?	418 X=0?
364 GT008	419 GT0 12
365 LBL AF	420 H1=?
366 RCL17	421 PROMPT
367 2	422 ST001
368 *	423 HIR=?
369 1.73205	424 PROMPT
370 †	425 ST007
371 IMV	426 RCL01
372 ATAN	427 RCL02
373 ABS	428 -
374 FIX 5	429 HRI=
375 ST008	430 FIX 2
376 RCL08	431 XE056
377 COS	432 ST000
378 ST009	433 RCL00
379 RCL08	434 RCL06
380 SIN	435 /
381 ST011	436 L1=
382 RCL00	437 XE056
383 RCL08	438 ST022
384 †	439 RCL22
385 ST013	440 RCL16

441 *	496 GT013
442 M1=	497 H2=7
443 XE056	498 PRONPT
444 ST023	499 ST003
445 RCL23	500 H2R=7
446 RCL14	501 PRONPT
447 /	502 ST007
448 J1=	503 RCL03
449 XE056	504 RCL07
450 ST024	505 -
451 RCL24	506 HR2=
452 RCL09	507 XE056
453 *	508 ST000
454 J1n=	509 RCL00
455 XE056	510 RCL25
456 ST026	511 /
457 RCL24	512 L2=
458 RCL11	513 XE056
459 *	514 ST008
460 J1B=	515 RCL08
461 XE056	516 RCL16
462 ST027	517 *
463 RCL23	518 H2=
464 RCL19	519 XE056
465 /	520 ST013
466 G1=	521 RCL13
467 XE056	522 RCL14
468 ST028	523 /
469 RCL28	524 J2=
470 0.86603	525 XE056
471 *	526 ST024
472 G1A=	527 RCL24
473 XE056	528 RCL09
474 ST029	529 *
475 RCL28	530 J1A=
476 0.5	531 XE056
477 *	532 ST026
478 G1B=	533 RCL24
479 XE056	534 RCL11
480 ST030	535 *
481 RCL23	536 J2B=
482 2	537 XE056
483 /	538 ST027
484 RCL18	539 RCL13
485 -	540 RCL19
486 ST021	541 /
487 RCL30	542 G2=
488 2	543 XE056
489 *	544 ST028
490 RCL12	545 RCL28
491 †	546 0.86603
492 ST006	547 *
493 L.N.12	548 G2A=
494 RCL05	549 XE056
495 X=0?	550 ST029

551 RCL28	606 ST020
552 0,5	607 RCL20
553 †	608 RCL33
554 62B=	609 *
555 XE056	610 ST023
556 ST031	611 RCL11
557 RCL13	612 RCL17
558 2	613 *
559 /	614 ST026
560 RCL18	615 RCL01
561 -	616 X=0?
562 ST024	617 GT014
563 RCL31	618 RCL06
564 2	619 RCL16
565 †	620 /
566 RCL12	621 RCL15
567 †	622 -
568 ST025	623 RCL26
569 LBL13	624 *
570 A=?	625 ST027
571 PROMPT	626 RCL06
572 ST000	627 RCL20
573 B=?	628 †
574 PROMPT	629 RCL12
575 ST004	630 2
576 b=?	631 /
577 PROMPT	632 -
578 ST005	633 RCL16
579 V=?	634 /
580 PROMPT	635 RCL15
581 ST009	636 -
582 D=?	637 RCL21
583 PROMPT	638 †
584 ST010	639 RCL23
585 PZ=?	640 †
586 PROMPT	641 RCL17
587 ST011	642 *
588 E=?	643 ST028
589 PROMPT	644 LBL14
590 ST013	645 RCL03
591 RCL04	646 X=0?
592 RCL00	647 GT015
593 -	648 RCL25
594 ST014	649 RCL16
595 RCL05	650 /
596 RCL00	651 RCL15
597 -	652 -
598 ST019	653 RCL26
599 RCL12	654 *
600 RCL16	655 ST029
601 *	656 RCL25
602 2	657 RCL20
603 /	658 †
604 RCL09	659 RCL12
605 -	660 2

661 /	716 /
662 -	717 ST024
663 RCL16	718 RCL24
664 /	719 RCL23
665 RCL15	720 /
666 -	721 ST025
667 RCL24	722 XE020
668 *	723 LBL16
669 RCL23	724 RCL27
670 †	725 1
671 RCL17	726 *
672 *	727 ST006
673 ST030	728 RCL28
674 LBL15	729 1
675 U=?	730 *
676 PROMPT	731 ST015
677 ST020	732 RCL01
678 RCL01	733 1
679 X=0?	734 *
680 GT017	735 ST023
681 RCL03	736 RCL22
682 X=0?	737 1
683 GT016	738 *
684 RCL27	739 ST034
685 RCL29	740 RCL23
686 †	741 RCL20
687 ST006	742 -
688 RCL28	743 ST012
689 RCL30	744 RCL02
690 †	745 X=0?
691 ST015	746 GT017
692 RCL01	747 RCL02
693 RCL03	748 RCL01
694 †	749 /
695 2	750 ST025
696 /	751 RCL02
697 ST023	752 1
698 RCL22	753 *
699 RCL08	754 ST024
700 †	755 XE020
701 ST034	756 LBL17
702 RCL23	757 RCL29
703 RCL20	758 1
704 -	759 *
705 ST012	760 ST006
706 RCL02	761 RCL30
707 X=0?	762 1
708 GT018	763 *
709 RCL07	764 ST015
710 X=0?	765 RCL01
711 GT019	766 1
712 RCL02	767 *
713 RCL07	768 ST023
714 †	769 RCL08
715 2	770 /

771 *	826 2
772 ST034	827 /
773 RCL23	828 ST001
774 RCL20	829 RCL24
775 -	830 RCL13
776 ST012	831 -
777 RCL07	832 2
778 X-07	833 /
779 GT020	834 ST002
780 RCL07	835 LBL21
781 RCL03	836 RCL00
782 /	837 RCL16
783 ST025	838 /
784 RCL07	839 AR=
785 1	840 XE056
786 *	841 ST021
787 ST024	842 RCL14
788 XE020	843 *
789 LBL18	844 RCL00
790 RCL07	845 +
791 RCL03	846 RCL16
792 /	847 /
793 ST025	848 AR=
794 RCL07	849 XE056
795 1	850 ST017
796 *	851 RCL09
797 ST024	852 RCL25
798 XE020	853 *
799 LBL19	854 RCL16
800 RCL02	855 /
801 RCL01	856 VR=
802 /	857 XE056
803 ST025	858 ST018
804 RCL02	859 RCL00
805 /	860 RCL04
806 *	861 +
807 ST024	862 RCL11
808 LBL20	863 *
809 RCL06	864 RCL06
810 VOLUMEN DENTELLON =	865 RCL04
811 XE056	866 RCL17
812 ST02	867 +
813 RCL15	868 RCL11
814 VOLUMEN ZANPEADO =	869 *
815 XE056	870 RCL10
816 ST028	871 X-07
817 RCL25	872 GT022
818 FIX 5	873 RCL10
819 K=	874 RCL25
820 XE056	875 RCL25
821 ST031	876 *
822 FIX 2	877 RCL16
823 RCL23	878 /
824 RCL13	879 DR=
825 -	880 XE056

881	STO21	936	RCL25
882	STO23	937	*
883	LRL22	938	RCL00
884	RCL12	939	+
885	RCL19	940	RCL16
886	*	941	/
887	RCL23	942	b1R=
888	/	943	XEQ56
889	RCL00	944	STO32
890	+	945	RCL26
891	AE=	946	2
892	XEQ56	947	/
893	STO27	948	STO15
894	RCL20	949	RCL13
895	RCL3	950	2
896	-	951	/
897	2	952	STO31
898	/	953	LRL25
899	STO18	954	RCL00
900	LRL23	955	RCL05
901	RCL19	956	+
902	RCL25	957	RCL01
903	*	958	*
904	RCL00	959	STO12
905	+	960	RCL05
906	RCL16	961	RCL04
907	/	962	+
908	bR=	963	RCL31
909	XEQ56	964	*
910	STO32	965	STO24
911	LRL24	966	RCL10
912	RCL13	967	X=0?
913	X=0?	968	STO26
914	STO25	969	RCL27
915	RCL13	970	RCL05
916	RCL25	971	+
917	*	972	RCL18
918	RCL16	973	*
919	/	974	RCL04
920	ER=	975	RCL11
921	XEQ56	976	*
922	STO26	977	+
923	RCL23	978	STO21
924	RCL13	979	RCL02
925	-	980	X=0?
926	RCL05	981	STO28
927	*	982	LRL26
928	RCL23	983	RCL00
929	/	984	RCL32
930	b1=	985	+
931	XEQ56	986	RCL02
932	STO05	987	*
933	RCL05	988	RCL32
934	RCL00	989	RCL17
935	-	990	+

991 RCL15
 992 *
 993 RCL28
 994 +
 995 ST025
 996 LBL27
 997 RCL24
 998 RCL12
 999 +
 1000 RCL25
 1001 +
 1002 RCL34
 1003 *
 1004 ST023
 1005 RCL02
 1006 X=0?
 1007 ST030
 1008 LBL28
 1009 RCL24
 1010 RCL12
 1011 +
 1012 RCL03
 1013 +
 1014 RCL24
 1015 *
 1016 ST023
 1017 LBL30
 1018 RCL10
 1019 X=0?
 1020 ST031
 1021 RCL04
 1022 RCL11
 1023 *
 1024 RCL21
 1025 +
 1026 RCL33
 1027 *
 1028 ST032
 1029 ST032
 1030 LBL31
 1031 U=?
 1032 PROMPT
 1033 ST001
 1034 RCL33
 1035 RCL01
 1036 *
 1037 ST032
 1038 LBL33
 1039 RCL32
 1040 VOLUMEN ESTRIBOS =
 1041 XE056
 1042 ST002
 1043 RCL23
 1044 VOLUMEN ALEROS =
 1045 XE056

1046 ST001
 1047 RCL03
 1048 X=0?
 1049 ST056
 1050 ST016
 1051 LBL56
 1052 ARCLX
 1053 PROMPT
 1054 RTN
 1055 END

4.3 Ejemplo.

Aplicación.

Obra vial: Camino México-Laredo.
 Tramo: Huehuetoca-Viborillas.
 Subtramo: Huehuetoca-El Jardín.
 Estación: 4 + 340.00.
 Cruce: ESV. 43° 48' IZQ. en curva.
 Sentido del escurrimiento:
 Alcantarilla de losa de 4.00 x 2.00 M.

Datos de las terracerías (variables de entrada).

RC = 76.61M	S = 4.0%
P = 0.00%	D = 74.12M
SCI = 3.37M	e = 0.44M
SCE = 3.23M	b = 0.00M
SI = -4.0%	Q = 0.35M
SD = +4.0%	

Geometría de las terracerías (variables de salida).

M= 2.44	QE = 0.48	QES= 0.02
X1=-3.23	X2= 3.10	
C1= 4.67	C1= 4.48	
R1=76.61	R2=76.61	
H1=76.48	H2=76.74	
M1= 2.44	F2A=76.56	
F1A=76.56	F2=76.74	
h1= 0.10	h2= 0.00	

Talud esviado (variables de entrada).

Tn = 1.5 x 1	K = 0.00000
Tl = 2.08 x 1	T2= 2.08 x 1

Longitud de obra (variables de salida).

TS1 = 0.44077	TS2 = 0.52077
d1 = 0.23	d2 = 0.00
L = 0.00	L = 0.00
L1 = 5.39	L2 = 4.96

Elevación 1 = 73.90

Elevación 2 = 74.32

Cálculo dimensional de los aleros (variables salida).

H1 = 2.28	H2 = 2.24
HR1 = 0.50	H2R = 0.00
HR1 = 1.78	HR2 = 2.24
L1 = 4.04	L2 = 4.30
N1 = 2.91	N2 = 3.10
J1 = 5.68	J2 = 6.05
J1A = 5.48	J2A = 5.83
J1B = 1.50	J2B = 1.60
G1 = 3.00	G2 = 3.20
G1A = 2.60	G2A = 2.77
G1B = 1.50	G2B = 1.60

Datos de proyectos tipo

(variables de entrada).

A = 0.40
 B = 1.75
 b = 1.20
 V = 0.55
 D = 0.00
 Pz = 0.50
 E = 0.30
 U = 2.00

Dimensiones en el recorte

(variables salida).

AR = 0.55	AE=0.49	AR = 0.55
BR = 0.96		BR = 0.55
bR = 0.80		bR = 0.55
VR = 0.17		VR = 0.00
DR = 0.00		DR = 0.00
P2R = 0.50		P2R = 0.50
ER = 0.09		ER = 0.00

Volúmenes

(variables de salida).

DEN = 2.86
 2AM = 12.07
 V.E. = 14.79
 V.A. = 39.15

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

Se han dividido las conclusiones en dos grandes grupos, el primer grupo engloba aquellas que se derivan del estudio de los métodos de cálculo seguidos para el diseño geométrico de las alcantarillas, desarrollado como parte del temario. El segundo grupo presenta las conclusiones generales que tienen que ver con las demás secuencias del cálculo que se usa para definir el comportamiento hidráulico y estructural de las diferentes partes que componen el sistema.

En el primer grupo tenemos las siguientes conclusiones :

- a) La computadora utilizada permite elaborar los programas con facilidad y rapidez, teniendo una buena capacidad de memoria que fue suficiente para desarrollar este programa de diseño y presupuestación.
- b) Al ir elaborando el programa se pudieron plantear un buen número de simplificaciones orientadas a utilizar más eficientemente la memoria, por lo que se aprovechó mejor la capacidad de la máquina.
- c) Conforme se vaya preparando el programa se debe pensar en la impresión de los datos relevantes, a fin de que ésta contenga to--

dos los que se requieran para la construcción de la obra.

- d) Mediante un sistema muy simple de decisiones se puede pasar de un tipo de drenaje a otro, lo que resulta muy útil, ya que con la misma entrada se pueden lograr hasta tres alternativas que se compararían en su caso desde el punto de vista económico.
- e) Con este mismo sistema se incluyen en el programa los casos de obra nueva y ampliación, y es fácil generar alternativas de tubos múltiples, por ejemplo para aumentar la capacidad

Relacionadas con el resto de los cálculos, esto es principalmente el hidráulico y el estructural, se presentan las siguientes conclusiones:

- a) En términos generales se utilizan para el diseño hidráulico fórmulas muy simplificadas, por lo que se generaliza demasiado y se sobrediseña en un buen número de casos. No se considera por otro lado el tipo de condición o condiciones en que va a trabajar la estructura, también desde el punto de vista hidráulico. El uso de una o varias fórmulas que representen mejor los diferentes casos puede, con gran facilidad, manejarse en un programa simple de esta computadora.
- b) Lo mismo puede decirse del cálculo estructural, aunque no es tan importante desde el punto de vista económico, pues influye en

forma importante la estandarización en el costo total del sistema de drenaje.

5.2 Recomendaciones.

- a) El ingeniero debe conocer en forma completa el uso, las ventajas y las desventajas de esta nueva herramienta "La Computación". - En la actualidad las máquinas se han vuelto muy económicas y fáciles de programar, por lo que se han desarrollado junto con el equipo gran cantidad de paquetes de programación.
- b) La computación especialmente en equipo de tamaño pequeño, seguirá desarrollándose gracias a la competencia entre marcas que existen actualmente. Es pues importante estar atentos a estos cambios, a fin de no sufrir obsolescencia.
- c) Se recomienda realizar una investigación sobre el comportamiento hidráulico de las alcantarillas, analizando las causas cuando se haya detectado un mal funcionamiento, y especialmente en casos de fallas que provoquen destrucción de la estructura ----- o del terraplen. Con los datos hacer un estudio estadístico para perfeccionar los modelos que calculan el gasto y los que basándose en el gasto nos dan el diámetro del tubo o las dimensiones de la bóveda o del área hidráulica en el caso de la losa.
- d) Una investigación igual podrá realizarse para revisar fallas es-

tructurales y en la misma forma plantear las modificaciones que deban hacerse al método de diseño correspondiente. Algo que es básico, es considerar en alguna forma cuál podrá ser la carga viva futura, de acuerdo al cambio que viene sufriendo el equipo de transporte, y considerar de una buena vez esta carga dejando a la estructura con una vida más larga.

- e) En el ejemplo presentado a lo largo del trabajo se ve palpablemente que aún para el caso de una estructura sencilla como es el caso, se requiere el conocimiento de varias disciplinas de la Ingeniería Civil; estructuras, mecánica de suelos, sistemas, topografía, matemáticas y construcción. Se recomienda pues que el ingeniero mantenga vivos y al día todos sus conocimientos, aunque sea en forma general, sin tratar de especializarse en todos los campos.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Franzini Joseph B. y Linsley Ray K.
Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.
Editorial Continental, S.A. México.
Séptima impresión.
México, Agosto 1976.
599-649 pp.
- 2.- Chow Vente, Ph. D.
Open - Channel Hidraulics.
International Student Edition.
Mc Graw-Hill Book Company, Inc.
Tosho Printing Co., Ltd., Tokyo, Japan 1959
461-517 pp.
- 3.- Hewlett-Packard HP-41CX
Owner's Manual "Basic Operation"
"Operation in Detail"
Hewlett-Packard
Printed in Singapore, August 1983.
- 4.- J. Sippl - Charles.
Diccionario de Términos de Microcomputadoras.
Segunda Edición.
Mc Graw Hill
México, 1985.
- 5.- Félix Valdés Rodolfo, Ing. "Moderador Capítulo 5"
Memorias de la Reunión Internacional sobre Planeación, Construcción y
Conservación de Caminos Rurales (RICARU).
"Obras de Drenaje".
Editorial Penelope.
México, 1979.
69-76 pp.
- 6.- Gómez Cantú Manuel, Ing.
La Hidrología en el Diseño de las Alcantarillas.
Dirección General de Conservación O.P. S.C.T.
México, junio 1985.
1-47 pp.
- 7.- Fregoso Vázquez Alberto, Ing.
Procedimiento Racional para permitir sobrecargas en Estructuras de Puentes.
Dirección General de Conservación O.P. S.C.T.
México, noviembre de 1985..
20-36 pp.

- 8.- Jiménez González Raúl, Ing.
Daños, Calificación y Corrección de la Estructura de una carretera.
"Drenaje".
Dirección General de Conservación O.P. S.C.T.
México, 1985.
1-39 pp.
- 9.- Proyectos de Alcantarillado y Estructuras Menores.
Proyecto de Drenaje de una Obra Vial.
Dirección General de Carreteras Federales S.C.T.
México, abril 1984
1-102 pp.
- 10.- Juárez Badillo, Ing. y Rico Rodríguez, Ing.
Mecánica de Suelos, Tomo II Teoría y Aplicaciones
Segunda Edición.
Editorial Limusa.
México, enero de 1979.
296-305, 401-427, 529-537 pp.
- 11.- Traducción de Especificaciones para Puentes.
Dirección General de Servicios Técnicos S.C.T.
Especificaciones de la American Association of State Highway of-
Officials.
5-35 pp.
México, 1978.