



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“OBRAS DE DRENAJE MAYOR Y MENOR EN LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO SALINAS - EL CHILAR, TRAMO DEL KM 8 +251 AL KM 9+840, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DEL ORO, EN EL ESTADO DE MÉXICO”

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:
JOSÉ JAIME MADRIGAL BARRERA**

**ASESOR:
M. en C. PATRICIA ARAIZA CHÁVEZ**

SEPTIEMBRE 2009, MORELIA MICH.

ÍNDICE

Introducción.	I
Capítulo I.- Antecedentes.	1
I.1.- Medio físico.	1
I.1.1.- Localización.	1
I.1.2.- Historia.	4
I.1.3.- Clima.	4
I.1.4.- Actividad económica.	4
I.1.5.- Servicios y vías de comunicación existentes.	6
I.2.- Objetivos y justificación del proyecto.	8
Capítulo II.- Historia de los caminos en México.	9
Capítulo III.- Drenaje.	20
III.1.- Definición.	20
III.2.- Tipos y usos de alcantarillas.	23
III.3.- Delimitación de cuencas.	32
Capítulo IV.- Diseño de las obras de drenaje menor (Alcantarillas).	39
IV.1.- Alcantarillas de tubo.	53
IV.2.- Alcantarillas de losa.	59
IV.3.- Alcantarillas de bóveda.	62
Capítulo V.- Ubicación de las obras de drenaje menor en el camino.	65
V.1.- Resumen del funcionamiento hidráulico del proyecto.	65
V.2.- Localización de las obras de drenaje.	72
Capítulo VI.- Conclusiones y recomendaciones.	81
Bibliografía.	84

INTRODUCCIÓN

Al construir una carretera se interrumpe la continuidad de la red de drenaje natural del terreno, por lo que se deben diseñar obras de drenaje transversal (alcantarillas) que restituyan dicha continuidad, permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que perturben lo menos posible la circulación del agua a través de dicha red.

Las obras de drenaje transversal también se aprovechan para desaguar el caudal recogido a lo largo del camino por cunetas y/o bordillos.

Las alcantarillas además de ayudar a que los escurrimientos naturales no se vean afectados, nos permiten proteger el camino de excesivos escurrimientos en los taludes que pueden provocar una pérdida de estabilidad en las terracerías lo cual ocasionaría la aparición de baches en la superficie de rodamiento e inclusive un colapso total del camino.

El camino que se estudia en este trabajo comunica a los poblados de San Miguel Ixtapan con El Chilar, es un camino de terracería de bajo volumen de tránsito. El camino cuenta actualmente con obras de drenaje transversal las cuales serán revisadas para determinar su estado de servicio, además se realizará el estudio pertinente para diseñar obras adicionales en caso de ser requeridas.

CAPITULO I.- ANTECEDENTES. I. I .- MEDIO FISICO.

I.1.1.- LOCALIZACIÓN.-

El camino Salinas – El Chilar, se localiza en el Municipio de Ixtapan del Oro, el cual se extiende desde la parte central occidente del estado de México, hacia el oeste del municipio de Toluca, en la región montañosa que colinda con el estado de Michoacán, enclavado dentro de la región VII Valle de Bravo, su cabecera municipal se ubica a los 19°16'08" de latitud norte y a los 100°16'52" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, sus coordenadas geográficas son: 19°12'23" de latitud norte mínima y 19°19'07" de latitud norte máxima; y a los 100°13'07" de longitud mínima y 100°19'47" oeste máxima, a una altura de 1,705 msnm; sus límites son: al norte, con el municipio de Donato Guerra (Río Ixtapan y Barranca Honda); al sur, Nuevo Santo Tomás de los Plátanos (Colinas, Barranca

Honda y San Pedro); al este, con Valle de Bravo (Cerro Valiente) y al oeste, limita con el estado de Michoacán (Cerro del Águila). Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 96 kilómetros.

El municipio cuenta con una extensión territorial de 82.49 kilómetros cuadrados; equivalentes a 249 hectáreas, los cuales representan el 0.38% del territorio total estatal.

Al camino en estudio se accede por la carretera Toluca - Zitácuaro, aproximadamente a 60 km recorridos en dirección Surponiente, se encuentra la desviación para el Municipio de Villa de Allende donde se avanzan 7 km aproximadamente para llegar al centro del Municipio antes mencionado, se continúa en la misma dirección (Surponiente) y se recorren alrededor de 20 kilómetros y aproximadamente 2 kilómetros antes de llegar a la Cabecera de Ixtapan del Oro, entronca la desviación que lleva al poblado de San Miguel Ixtapan a partir de este último entronque se avanzan dos kilómetros mas siendo este el inicio del camino a ampliar y mejorar.

Son un poco más de 1.5 kilómetros de camino, los cuales se despliegan en un camino de terracería que comunica a los poblados de San Miguel Ixtapan – El Chilar dicho camino está en uso.

Es un camino de ancho de corona de 7.00 m para dos sentidos de circulación, en el cual se realizarán todas las actividades necesarias para su mejoramiento, eso con la finalidad de no afectar los costados de dicho camino. Este es un camino de bajo volumen de tránsito.

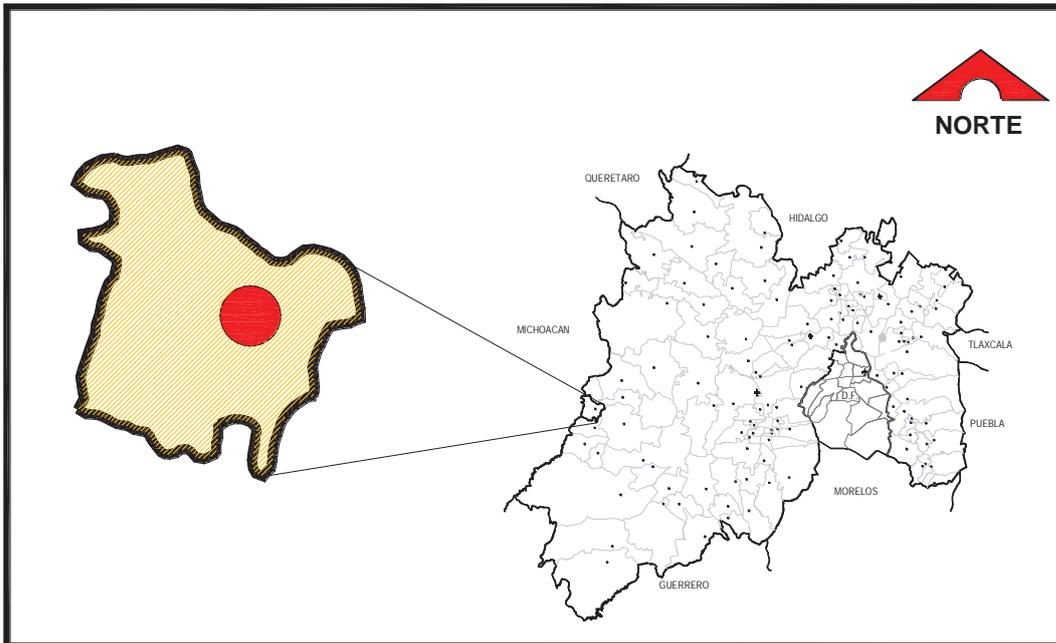


Fig. I.1.- Macrolocalización del municipio Ixtapan del Oro en el Estado de México.



Fig. I.2.- Microlocalización del camino Salinas – El Chilar.

I.1.2.- HISTORIA.-

La etimología de la palabra Ixtapan proviene de la lengua azteca que significa “En las pequeñas salinas”, de las raíces iztatl “sal”, y pan “lugar”.

Durante la dominación española, en el siglo XVI Ixtapan del Oro pertenecía a la alcaldía mayor de San Francisco Temascaltepec (hoy Valle de Bravo) y Tuzantla.

Durante la época independiente, en 1811, el Cerro Valiente fue testigo de una importante batalla que ganó el realista Juan Bautista de la Torre, al luchar contra los insurgentes que operaban en el Valle de Temascaltepec y en Sultepec, el 19 de marzo de ese mismo año fue capturado en San Martín de las Mesas Fray Pedro de Orcilléz, quién junto con el fraile José de Lugo, se había unido a Hidalgo, al pasar por Cocula, en octubre de 1810.

Hasta la fecha no se ha encontrado el decreto de creación del municipio de Ixtapan del Oro, pero desde 1870 ya figuraba como municipio independiente. Con este motivo, y por acuerdo de cabildo, el 23 de febrero de cada año se conmemora un aniversario más del municipio.

I.1.3.- CLIMA.-

El clima predominante del municipio es semicálido, subhúmedo, con lluvias en verano; el rango de precipitación se encuentra entre los 1,000 mm y 1,300 mm; la frecuencia de granizadas va de 0 a 2 días entre los meses de mayo y julio; la escala isotérmica va de los 16°C a 20°C, con una duración de 170 días; las heladas de 0 a 20 días; las corrientes de aire más frecuentes se presentan de mayo a junio, siendo de norte a sur.

I.1.4.- ACTIVIDAD ECONÓMICA.-

Las principales actividades económicas del municipio de Ixtapan del oro son:

AGRICULTURA. La agricultura en el municipio ocupa el lugar más relevante dentro de las actividades económicas, así como en los usos del suelo, ya que del 100% de la población económicamente activa (1,157 habitantes) se dedican a esta actividad; 3,206 hectáreas son de uso agrícola, el 90.93% son de cultivo de temporal y 9.07% al cultivo de riego; el cultivo predominante es maíz y frijol y corte de árboles frutales.

GANADERÍA. La ganadería es una actividad que se realiza en tres aspectos básicos: bovinos, porcinos y aves. En el municipio se tiene una aportación del 45.3% de la producción, siendo el ganado caprino el que incide en segundo término de importancia en la producción pecuaria.

COMERCIO. El comercio es una actividad de mínima relevancia, orientada principalmente al abastecimiento de la población del propio municipio. Se encuentra fundamentalmente en dos ramas: comercial de productos alimenticios y bebidas y tabaco.

INDUSTRIA. Básicamente es de origen familiar y se reduce a la existencia de talleres de carpintería, elaboración de pan, elaboración de tortillas, molinos de nixtamal, carnicerías; se fabrica adobe, ladrillo y teja, obtención de productos derivados del bosque; las artesanías son la fabricación de muebles y casi totalmente desaparecida la elaboración de tapetes; también la extracción de arena y piedra para la construcción.

TURISMO. Ixtapan del Oro, es un sitio ideal para practicar el ecoturismo o turismo social, al contar con diversos escenarios naturales y culturales entre los que sobresale la cascada de Parque, El Salto, ubicado a dos kilómetros de la población, su recorrido se puede hacer a pie o si lo prefiere en automóvil, en su trayecto se puede observar la vegetación, así como de sus frutales en los huertos de plátano, café y guayaba; también se puede visitar el área del pedregal que es una zona arqueológica de origen matlatzinca. En el paraje denominado Las Salinas, se ubica el balneario y campamento municipal que ofrece alojamiento en limpias cabañas, así como de albercas de agua dulce y termales. En San Martín Ocochitepec se ubica una iglesia que data del siglo XVII y a la entrada a esta comunidad puede apreciarse tres sabinos centenarios.

I.1.5.- SERVICIOS Y VIAS DE COMUNICACIÓN EXISTENTES.-

EDUCACIÓN. De la población escolar total del municipio en 1990, el índice de analfabetismo fue de 27.8%, representando el 9.0% a nivel estatal. Para finales del ciclo escolar en 1991, existían 1,522 alumnos, de los cuales el 11% corresponde a estudios de nivel preescolar, el 74.3% básico y el 14.7% se ubican en el nivel medio básico.

Para el año de 1995, el índice de analfabetismo bajo a 24.38%.

SALUD. En la actualidad el municipio cuenta con cuatro clínicas de salud rural dependientes del ISEM con categoría "C"; se ubican en El Chilar, Tutuapan, Miahuatlán de Hidalgo y en la cabecera municipal de Ixtapan del Oro; estas atienden las demandas de sus propios habitantes además de aquellas que no cuentan con el servicio. Los servicios que prestan son básicamente de consulta y medicina externa; cuando el paciente requiere mayor atención médica es canalizada a la clínica regional de Valle de Bravo o de la ciudad de Toluca, en el caso de pacientes con crisis hipertensiva o de partos no complicados se hospitaliza en las propias instalaciones médicas. Del total de población municipal, se atiende el 0.4%; concentra el 1.0% de unidades médicas estatales; el 0.7% de médicos y el 0.5% de enfermedades.

ABASTO. El comercio no establecido se da principalmente sobre la calle el día domingo de tianguis, algunos vendedores ofrecen sus productos de casa en casa, la mayor parte del comercio se da en la cabecera municipal, destacando tiendas, misceláneas y de abarrotes; las tiendas rurales sólo ofrecen productos básicos de primera necesidad.

DEPORTE. Se cuenta con instalaciones deportivas de fútbol, voleibol, frontón, básquetbol y fútbol rápido. Estos deportes se pueden practicar en las canchas deportivas de los planteles educativos, cancha de fútbol municipal y en la unidad deportiva Graciela Mendoza Barrios, así como la natación en las instalaciones del balneario municipal.

VIVIENDA. Para 1990, existían 1,161 viviendas habitadas; de las viviendas particulares son urbanas 322,839; corresponden a viviendas rurales 517, con techos de laminas de asbesto, cartón o metálicas; 127 viviendas están construidas con paredes de tabique; 764

con paredes de adobe; 122 con paredes de madera y 557 con pisos de madera y 582 con pisos de tierra.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 1995, en el municipio hay un total de 1,098 viviendas particulares, en las cuales habitan en promedio 5.2 personas por vivienda.

Cabe señalar, que en el año 2000, de acuerdo a los datos preliminares del Censo General de Población y Vivienda, efectuado por el INEGI, hasta entonces, existían en el municipio 1,369 viviendas en las cuales en promedio habitan 4.69 personas en cada una.

SERVICIOS PÚBLICOS. La cobertura de servicios públicos de acuerdo a apreciaciones del ayuntamiento es:

Agua potable	72.2%
Energía eléctrica	88.8%
Drenaje	28.0%
Pavimentación	30.0%

MEDIOS DE COMUNICACIÓN. En el municipio no se cuenta con establecimientos y puestos de periódicos y revistas, sin embargo de manera ocasional han penetrado diarios de la ciudad de Toluca y Zitácuaro con ediciones mensuales, siendo distribuidos de manera gratuita y directa hacia los voceadores.

El servicio postal, opera con una oficina a través del servicio postal mexicano, que se encuentra ubicado en la cabecera municipal. En cuanto a la telefonía se refiere, la mayor parte de líneas se encuentran en la cabecera, en el resto de las localidades al menos se cuenta con una caseta operadas por Teléfonos de México (TELMEX). La señal televisiva cubre cerca del 25% de la población total llegando a los diversos hogares por una

repetidora de los canales 2 y 5 de la empresa Televisa bajo el sistema de SKY del cual disponen algunas viviendas la señal de radio presenta gran interferencia debido a lo accidentado del terreno del municipio; se llegan a escuchar estaciones de la ciudad de Toluca, Valle de Bravo y de Zitácuaro, Michoacán.

VÍAS DE COMUNICACIÓN. El municipio mantiene una comunicación constante con la ciudad de Toluca a través de 96 kilómetros de vía estatal libre de dos carriles. Así mismo, se comunica con los municipios de Donato Guerra y Villa de Allende, a través de 25 kilómetros de vía estatal; al sur, con Santo Tomás de los Plátanos con 24 kilómetros de vía federal; y al oeste, con el estado de Michoacán a través de 101 kilómetros de vías federales. Al interior del municipio, todas las localidades que lo integran están comunicadas con caminos de terracería que se unen a las principales vías federales y de estas con la cabecera municipal, las cuales tienen una extensión de 44.5 kilómetros.

1.2.- OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La importancia de la rehabilitación del camino “Salinas – El Chilar”, radica en la unión de los poblados de Salinas y El Chilar de de una manera rápida ya que el índice de servicio actual (ISA) es deplorable; los tiempos de recorrido son muy elevados y los vehículos que por él transitan pueden presentar daños severos. Aunque el tránsito no es muy elevado, si es de suma importancia que la vialidad se encuentre en condiciones óptimas ya que es imperativo para los habitantes de Salinas llegar a la cabecera municipal (Ixtapan del Oro), pasando por El Chilar; de manera rápida en algunas ocasiones puesto que algunos de los servicios del municipio solo se encuentran en la cabecera municipal, tales como los servicios médicos.

CAPITULO II.- HISTORIA DE LOS CAMINOS EN MÉXICO.

Los senderos, caminos y rutas son una expresión de la forma en que los grupos humanos organizan el espacio social a partir del geográfico; forman parte de la producción basada en el diseño y la planeación culturales, y son auténticos vehículos para el intercambio. Por esas vías se trasladaban las personas, que a su vez eran portadoras de objetos y tradiciones, de bienes y de ideas, ejes articuladores de procesos históricos. Sin duda, esas rutas tuvieron un papel activo en la vida cotidiana al conectar distintos lugares, cuya relevancia estaba determinada por el nivel de desarrollo social en distintas regiones y épocas. Es por ello que la complejidad de las instituciones culturales, económicas, políticas y religiosas llevó a que se formalizaran estas vías de intercambio terrestre, mediante la transformación del entorno natural.

En el México antiguo, con gran inversión de tiempo y esfuerzo, los indígenas abrieron

caminos entre diferentes núcleos poblacionales, mercados y centros ceremoniales; por esos caminos transitaron viajeros, comerciantes, fieles e incluso tropas, movimientos que a menudo implicaban traslados extenuantes a larga distancia y durante periodos prolongados.



Fig. II.1.- Mercaderes mexicas por los senderos antiguos.

Las veredas y senderos se conformaron gracias al recorrido que seguían una y otra vez los individuos, mientras que los caminos, calzadas y avenidas fueron notables obras de ingeniería, con orientaciones generalmente relacionadas con los sistemas calendáricos establecidos a partir de observaciones astronómicas, reflejo de la ideología de los pueblos prehispánicos.

Las civilizaciones del México antiguo enfrentaron más obstáculos para la transportación que cualquier otro estado en el mundo. Aún así, Tenochtitlan, la ciudad más grande de su

época, con excepción de Asia, aprovechó de manera eficiente las posibilidades de transportación disponibles y desarrolló un sistema de comunicación que fue esencial para la mantención del imperio.

Las principales calzadas de Tenochtitlan partían del centro ceremonial en dirección de los cuatro puntos cardinales. Fabricadas con piedra y con un ancho de hasta 7 m y una extensión de hasta 8 km, llegaban a las orillas norte, oeste y sur del lago. Más allá de la ciudad, los caminos eran de tierra y se habían formado según las necesidades de cada día. Los caminos de Tenochtitlan lo comunicaban con sus tributarios; los que unían los centros más importantes, más que ir directamente de uno a otro pasaban generalmente por centros menores, excepto cuando las condiciones del terreno permitían una comunicación directa.



Fig. II.2.- Rutas prehispánicas.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos; no tanto, si se quiere, por el mero interés que los españoles pudieron haber tenido en el desenvolvimiento social y material del país, sino más bien como resultado de su especial situación geográfica y del uso económico dado a la nación conquistada por sus nuevos gobernantes.

La introducción de animales de tiro y carga y el uso de palanquines y literas tirados por caballos y mulas, originaron las primeras modificaciones a los caminos existentes. Por otra parte, la comunicación del centro de la Nueva España con sus puertos marítimos, requería la construcción de caminos adecuados, para enviar a la madre patria los variados y ricos productos del país y para hacer llegar a la capital los que arribaban del extranjero, como era el caso de la legendaria nao de China, que ya en 1581 atracaba en Acapulco tres veces al año, vaciando en cada uno de sus viajes fabulosas mercancías que eran conducidas a la capital, partiendo cargada con lo que del país se llevaba para su lugar de origen; por cierto que parece ser que la nao era en realidad una flotilla y que no provenía de China sino de Manila.

En 1522 Cortés encomendó a Álvaro López la apertura de un camino entre México y Veracruz, camino que llegaría a ser durante los albores de la Colonia el más importante, mismo que siglos más tarde, en 1803, el Barón de Humboldt llamaría el “camino a Europa”, y en el que pocos años después de iniciada su construcción se realizó un experimento que habría de convertirse en uno de los pasos más trascendentales en los sistemas de transportación del país recientemente conquistado: la introducción de la carretera.

El gallego Fray Sebastián de Aparicio, quien corriendo el año de 1535 se las ingenió para construir las primeras carreteras, rudimentarias por cierto, a la que uncía novillos y toros mansos que él mismo adiestraba, lanzándolas en forma de “cuadrillas” por la carretera a Veracruz. Estos primeros transportes los inició Sebastián de Aparicio desde la ciudad de Puebla, en la cual residía; pero habiéndose popularizado grandemente para el acarreo de

mercancías y semillas, en 1542 se pasó a la Ciudad de México, dirigiendo ahora sus carros hacia el norte, abriendo la ruta hasta el real de minas de Santa María Zacatecas.

Sebastián de Aparicio fue el introductor de las carreteras en México y estableció la primera ruta de carga a Veracruz.

Al finalizar la Colonia, México contaba ya con un buen número de caminos carreteros y de herradura, que sumaban respectivamente 7,605 y 19,720 kilómetros, variando su estado de conservación de acuerdo con su importancia. Se había realizado una evolución evidentemente, desde las veredas abiertas por los aborígenes, hasta los caminos carreteros, evolución debida al empleo de los diversos vehículos, circunstancia antes desconocida.

En los años inmediatamente posteriores a 1810, poco se hizo en materia de caminos, concretándose los diferentes regímenes a la expedición de una que otra ley relativa a estas vías terrestres, ya que la azarosa situación derivada de la iniciación de la Independencia, impedía la realización de cualquier esfuerzo de orden constructivo que se hubiera intentado.

Las leyes de 1º de junio de 1839, 2 de diciembre de 1842 y 27 de noviembre de 1846, crearon la Dirección General de Colonización e Industria, a cuyo cargo quedó la construcción y reparación de caminos, asignándole fondos especiales para su funcionamiento en la segunda de las leyes citadas. Esta Dirección estuvo en funciones hasta que fue sustituida por la Secretaría de Fomento, creada por decreto de 22 de abril de 1853, cuyo presupuesto, en su mayor parte, provenía de los impuestos de “peaje” recaudados por la Administración de Caminos, establecida un mes después de la Secretaría de Fomento. Y en 1842 se observa cierta disposición del Gobierno para formalizar la construcción de caminos al crear un cuerpo civil de Ingenieros de Caminos, Puentes y Calzadas.

Siempre ha sido la evolución de los vehículos de transporte la que ha forzado los cambios en las vías terrestres. Así sucedía ya en 1849 cuando Don Manuel Escandón estableció la primera línea de diligencias en el país, que corría entre México y Puebla. Posteriormente su sucesor en esta empresa, Don Anselmo de Zurutuza amplió los servicios, estableciendo además de la ruta de Veracruz, la llamada del Interior, que llegaba hasta Tepic, y posteriormente la de Tampico, naciendo así una verdadera organización que a su vez

fomentó o dio razón de ser a postas, paraderos y hoteles, necesarios a lo largo de las rutas. Es indudable que el servicio de estas líneas de diligencias exigía también un adecuado mantenimiento de las carreteras, aunque también sabemos que por esa época el auge de los ferrocarriles hizo que los caminos decayeran lamentablemente.

El 19 de noviembre de 1867 el Presidente, Lic. Benito Juárez, creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos. Poco después el Congreso de la Unión al formular el presupuesto de egresos para 1868 – 1869, derogó ese impuesto y dio el primer paso trascendental y firme en la construcción de caminos, inscribiendo en dicho presupuesto una importante suma, algo mayor a \$1,200,000 para la “apertura y conservación” de estas vías terrestres. Esta cifra era, a no dudarlo, una muy fuerte suma para la época; pero a pesar de tan atinada disposición, en la práctica resultó casi nula la atención impartida a los caminos, pues poco después, en 1870 y 1872 se dictaron medidas tendientes a reducir las asignaciones para tal fin, debido, según se afirmó, a lo precario de la hacienda pública, lo cual es una buena explicación; pero lo que resulta inexplicable es que las asignaciones no llegaron a erogarse en su totalidad como es el caso de los \$360,000 que se autorizaron a la Secretaría de Fomento en 1881, de los cuales únicamente se gastaron \$200,000.

Para el 13 de mayo de 1891 el Presidente de la Republica, Gral. Porfirio Díaz, creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

La Revolución Mexicana, iniciada en 1910, provocó en el país una conmoción profunda, que por largos años impidió la realización de todo intento de carácter constructivo. La rápida sucesión de Gobiernos y la inestabilidad de los mismos, permitían solamente atender los aspectos sociales o políticos; pero hacía imposible formular planes o programas de obras materiales de alguna envergadura.

La aparición del automóvil, acaecida en México en 1906, y que revolucionó definitivamente los viejos sistemas de transportación por carretera entre 1918 y 1920,

influyó más en el incremento y modificación de los caminos, que los cuatrocientos años anteriores de nuestra historia.

Desgraciadamente, la aparición del nuevo vehículo no produjo en los caminos de México la misma evolución que en otros países.

Hasta el momento de la aparición del automóvil, la curvatura, las pendientes y las superficies de rodamiento de los caminos, eran las adecuadas a las limitadas exigencias de los vehículos de tracción animal, entre las cuales destacaba principalmente su reducida velocidad; pero el rápido desarrollo del automóvil de pasajeros y la aparición de los camiones, ambos con velocidades y capacidades de carga desconocidas hasta entonces, exigieron caminos con diferente alineamiento, y con pendientes y superficies de rodamiento apropiadas.

En consecuencia, los antiguos caminos se modificaron y se mejoraron, o bien se construyeron nuevos, de acuerdo con las nuevas exigencias de los vehículos.

En nuestro país no se efectuó ese mejoramiento o más bien estas transformación de los caminos carreteros, por haber coincidido la aparición del automóvil y el rápido desarrollo del mismo, con el movimiento revolucionario; y así tenemos que cuando éste, convertido ya en Gobierno firme volvió la vista hacia tan vital problema, se encontró con una angustiosa realidad: el automóvil había adelantado demasiado para los viejos caminos de México, que resultaban ya totalmente inadecuados. Era preciso y urgente construir los caminos cuya necesidad era obvia y en consecuencia no hubo, ni en realidad se requería, planeación: lo que había que construir estaba a las vista; y así fue realizado, limitado únicamente por los fondos disponibles.

El 30 de marzo de 1925, el entonces Presidente de la República, Gral. Plutarco Elías Calles, consciente de la imperiosa necesidad de construir los nuevos caminos, expidió una ley estableciendo un impuesto sobre la gasolina; en esta misma ley quedó creada la Comisión Nacional de Caminos para, disponiendo del producto de este impuesto, construir, conservar y mejorar los nuevos caminos.

La Comisión Nacional de Caminos fue integrada por tres miembros, dos de los cuales representaban respectivamente a las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Obras Públicas, y el tercero a los causantes y que, designado por ellos, administraba y aplicaba también los fondos del impuesto. Se completaba la Comisión con varios vocales.

El nuevo organismo llegó a alcanzar un gran desarrollo y su actuación fue decisiva en la construcción de nuestros caminos. Posteriormente se convirtió en 1932 en la Dirección Nacional de Caminos, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

En sus primeros tres años de vida, la Comisión ejecutó los siguientes trabajos: 247 kilómetros de caminos petrolizados, 332 kilómetros de caminos revestidos y 700 kilómetros en proceso de construcción.

A pesar de los espectaculares avances obtenidos en los primeros años, la Federación no se encontraba satisfecha y la necesidad de construir caminos secundarios, en los cuales intervinieran los gobiernos de los Estados, se hacía sentir cada día con mayor fuerza.

Por fin, por acuerdo presidencial el 22 de diciembre de 1932, se colocó la primera piedra en el sistema de cooperación federal a los Estados, impartiendo a éstos una ayuda del 50% del costo de caminos nacionales y locales construidos por dicho sistema. Se crearon mediante este mismo acuerdo, Juntas Locales de Caminos en todas las Entidades Federativas, encargadas de dirigir las obras y administrar los fondos. Estas Juntas estaban integradas como mínimo por un representante de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, uno del Gobierno del Estado, uno de las empresas de autotransportes, uno de la Cámara de Comercio y otro más de la Tesorería del Estado.

Desde 1947, siendo Presidente de la República el Lic. Miguel Alemán, se hizo resaltar la urgencia de construir caminos vecinales para ligar todos aquellos pueblos, rancherías, comunidades agrarias y pequeños poblados que integran la gran mayoría de nuestra población y que se hallan incomunicados entre sí y de la red de caminos nacionales y estatales, de los ferrocarriles y de los demás medios de comunicación del país; además, que

la falta de esos caminos constituye un serio obstáculo para el desarrollo de la agricultura, del comercio, de las artes populares, de la industria, del turismo, de la educación y de la salubridad e higiene de dichos pueblos; que por su falta, el país no incrementa debidamente su desenvolvimiento económico y social, privando a los mismos pueblos del derecho de participar de los adelantos de la civilización y sus comodidades. Fue así que el 14 de mayo de 1947, mediante un acuerdo publicado en el Diario Oficial, se creó el Departamento de Planeación y Fomento de Carreteras Vecinales, dentro de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, con la finalidad de coordinar y estimular el anhelo público de caminos vecinales y construirlos.

El primer presupuesto de dicho Departamento fue de dos millones de pesos en 1948.

El plan de caminos vecinales despertó un vivo interés recibiendo de los particulares ofertas de participación en efectivo; en otros casos, cuando sus condiciones económicas no se lo permitían, no tenían otra cosa que ofrecer que su mano de obra gratuita, proporcionándoseles entonces, herramienta, explosivos materiales de construcción, etc.

Se tuvieron así ya implantadas las tres formulas que han prevalecido hasta la fecha:

- a) Carreteras troncales o nacionales, costeadas 100% por la Federación. Son las principales y constituyen la base de la red de carreteras del país.
- b) Carreteras secundarias, comprendidas en el plan llamado de cooperación, costeadas 50% por la Federación y 50% por el Gobierno del Estado correspondiente.
- c) Caminos vecinales, costeados mediante una tercera parte de la Federación, otra tercera parte del Gobierno del Estado correspondiente y otra tercera parte de los particulares.

A principios de 1949, se fundó en México la Asociación Mexicana de Caminos, como asociación civil mexicana desprovista de fines lucrativos, con personalidad jurídica y presupuesto propio; es asociada de la Federación Internacional de Carreteras, fundada en 1948 en la ciudad de Washington, D. C. La Federación Internacional de Carreteras (International Road Federation), es una organización mundial destinada al fomento de las

carreteras y su buen uso; cuenta con 84 instituciones nacionales miembros, con sede en otros tantos países.

En la actualidad la Asociación Mexicana de Caminos tiene unos cuatrocientos miembros, entre empresas y personas, principalmente del sector privado.

El pujante desarrollo del país, el incremento en el número de vehículos de motor y el sorprendente crecimiento demográfico han motivado que numerosos caminos se hayan saturado y no cumplan satisfactoriamente con su misión comunicadora. Este problema planteó la disyuntiva de modernizar los tramos de la red que unían aquellas ciudades que por su alto crecimiento económico y demográfico tenían ya una comunicación precaria, o bien construir nuevas arterias de altas especificaciones. La última alternativa ofrecía grandes ventajas, por que además de que su construcción no interfería con el tránsito existente, cabía la posibilidad de ensayar una nueva fórmula de financiamiento de halagüeñas perspectivas en nuestro país, basada en el cobro de una cuota por transitar por un camino de mejores especificaciones y por lo tanto de mayor seguridad. Este financiamiento tiene la virtud de no restar recursos para la prosecución de la obra integradora en que esta empeñado el Gobierno Federal, a fin de llevar los beneficios de la civilización a tantas regiones aún incomunicadas. Por otra parte, mediante esta modalidad se mantenía incólume el principio de que el tránsito por los caminos del país debe ser libre de peaje, ya que deja al automovilista la opción de escoger la ruta que más le convenga.

Los caminos directos, como se les llamaba también a las carreteras de cuota, proporcionan mayor seguridad, comodidad y economía en tiempo, y en general en costos de transporte, por lo que se considera razonable que se cobre por la prestación de este servicio una cuota que en la mayoría de los casos se calcula con base en el ahorro que presenta para el usuario, y que siempre se procura que sea menor a este ahorro.

Las Primeras carreteras de cuota, entre las que figuran la de la ciudad de México a Cuernavaca, bautizada por el vulgo con el nombre de autopista, fueron administradas y conservadas por una empresa de participación estatal denominada Constructora del Sur. Pronto se popularizó el sistema, con gran aceptación de los usuarios, por lo que se

construyeron más caminos de este tipo; por este motivo el Gobierno decidió crear en 1958 el Organismo Descentralizado Caminos Federales de Ingresos. En el decreto que lo creó, se anunciaba que la operación de esta clase de caminos no tenía como finalidad el lucro. Posteriormente en 1963 se modificó su organización creándose lo que es ahora Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

El nuevo organismo está constituido en tal forma, que puede negociar importantes financiamientos para la construcción de otras carreteras. Esto explica el notable impulso que se ha dado a esta red vial.

La modalidad de operar carreteras de cuota se ha extendido también a los puentes y a los transbordadores. A la fecha Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos administra y conserva una red de más de 1,000 km de carreteras de 2 y 4 vías de circulación, que es equivalente aproximadamente a 1,500 km de caminos de 2 carriles; asimismo, administra y conserva 29 puentes de cuota con longitud total de 8,400 m y opera 8 transbordadores que dan servicio en el noreste del país, entre las costas de Jalisco, Sinaloa y Sonora y las de la Península de Baja California, además de otras embarcaciones menores de este tipo en diversos lugares del país.

Son de mencionarse especialmente, entre las carreteras de cuota, la México-Puebla, la México-Querétaro y la Tijuana-Ensenada; entre los puentes, el Coatzacoalcos, de 985 m de longitud, con un tramo levadizo de 63 m, el Alvarado de 530 m, el Tuxpan con sus tres claros principales de 92 m, cada uno, el Culiacán de 433 m y el Sinaloa de 237 m; y entre los transbordadores merece especial mención el Transbordador La Paz, de 3772 toneladas, con capacidad para 115 automóviles, provisto de camarotes y que a una velocidad de 17 nudos, une en 16 horas los puertos de Mazatlán y de La Paz, cruzando el Golfo de Cortés; el Cozumel con tonelaje bruto de 7,234 toneladas, el Puerto Vallarta de 7,004 toneladas y el Azteca de 6,823 toneladas.

CAPITULO III.- DRENAJE. III. I .-DEFINICIÓN.

Uno de los elementos que mayores problemas causa a los caminos, si no el que más, es el agua, ya que provoca la disminución de la resistencia de los suelos, por lo que se presentan fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Lo anterior, conduce a resolver el drenaje de tal forma, que el agua se aleje del camino lo más pronto posible. Por tanto, un buen drenaje es el alma del camino.

El drenaje es el conjunto de obras que sirven para captar, conducir y alejar del camino el agua que puede causarle problemas.

Tanto durante la construcción como durante la operación de un camino se modifican las condiciones del escurrimiento en las zonas que atraviesan, acarreado problemas tales

como erosiones, depósitos, inundaciones, etc. Así mismo, al construirse el camino, el agua que se infiltró al subsuelo, tiende a aflorar por los taludes y cama del camino dañando su estabilidad, esto se evita cortando los flujos ó profundizando el nivel de las aguas freáticas. El estudio del drenaje, debe iniciarse desde la elección de ruta, para la cual, se deberá elegir la zona que provoque menos problemas de escurrimiento.

Si desde la etapa de elección de la ruta, no se elige la zona más adecuada, se tendrán problemas durante la vida del camino aumentándose innecesariamente los costos de conservación.

Los factores que afectan el escurrimiento del agua son:

- a).- Cantidad y tipo de precipitación
- b).- Ritmo de precipitación
- c).- Tamaño de la cuenca
- d).- Declive superficial
- e).- Permeabilidad del suelo
- f).- Condiciones de saturación
- g).- Cantidad y tipo de vegetación

El drenaje de caminos se clasifica en superficial y subterráneo.

El drenaje superficial se clasifica, según la posición que las obras guardan con respecto al eje del camino, en longitudinal y transversal.

DRENAJE LONGITUDINAL.

El drenaje longitudinal es aquel que tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que no le causen desperfectos.

Los tipos de obras que quedan comprendidas en el drenaje longitudinal son:

Cunetas.- son canales que se hacen a los lados de la cama del camino en cortes y tienen como función interceptar el agua que escurre de la corona, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal para alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa el camino.

Contracunetas.- Son zanjas que se construyen aguas arriba de los cerros de los cortes, con el fin de interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o parte baja del terreno, evitando que al escurrir por el talud lo erosione y que se aumente el caudal de las cunetas.

Canales de encauzamiento.- En terrenos planos, en donde el escurrimiento es del tipo torrencial y no existen cauces definidos, es necesario construir canales que capten el agua antes de que llegue al camino y la conduzca a sitios previamente elegidos para construir una obra y efectuar el cruzamiento.

Bombeo.- El bombeo proporciona a la corona del camino, en las tangentes del trazo horizontal, una pendiente transversal del centro del camino hacia los hombros y su función es la de dar salida expedita al agua que cae sobre la corona y evitar en lo posible que penetre en las terracerías.

Las obras anteriormente mencionadas son llamadas de drenaje longitudinal porque están situadas más o menos en forma paralela al eje del camino.

DRENAJE TRANSVERSAL.

El drenaje transversal es el que tiene por objeto dar paso al agua que cruza de un lado a otro del camino, o retirar el agua de la corona; quedan comprendidos en este tipo de drenaje los tubos, losas, cajones, bóvedas, vados, sifones invertidos y puentes.

III.2.-TIPOS Y USOS DE ALCANTARILLAS.

Las obras de drenaje transversal se dividen en drenaje menor y drenaje mayor, según la dimensión del claro. Siendo el drenaje mayor aquel que requiere obras con claro mayor de seis metros, a este tipo de obras se le conoce con el nombre de Puentes y las obras de drenaje menor se denominan Alcantarillas.

Las alcantarillas son estructuras de forma diversa y tienen como función conducir y desalojar el agua de las hondonadas y partes bajas del terreno que atraviesan el camino, por la forma y el material de que están construidas, estas estructuras de drenaje menor pueden clasificarse en tubos, losas sobre estribos y cajones, y bóvedas.

La característica principal de las alcantarillas es que siempre están alojadas en el cuerpo de la terracería.

Para el proyecto de una alcantarilla se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- a).- Ubicación de la obra.
- b).- Cálculo del área hidráulica
- c).- Elección del tipo de obra

d).- Cálculo dimensional y estructural

a).- Ubicación de la obra.-

Esto se hace conjuntamente con el trazo definitivo, para saber donde se van a ubicar los ejes de las alcantarillas en la planta del camino.

b).- Cálculo del área hidráulica.-

Es el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra a la entrada de la obra, para ello es necesario conocer la precipitación pluvial, área, pendiente y formación geológica de la cuenca.

c).- Elección del tipo de obra.-

Para elegir el tipo de obra a emplearse se deben considerar los siguientes factores:

c.1).- Altura del terraplén

c.2).- Forma de sección en el cruce

c.3).- Capacidad de sustentación del terreno

c.4).- Materiales de construcción disponibles en la región.

c.1).- Altura del terraplén.-

Los tubos y bóvedas requieren un colchón mínimo de terraplén en los hombros de 0.60m y 1.00 m respectivamente.

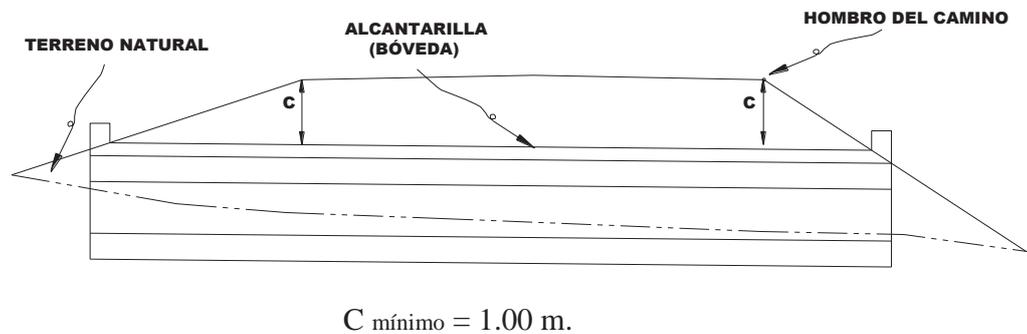
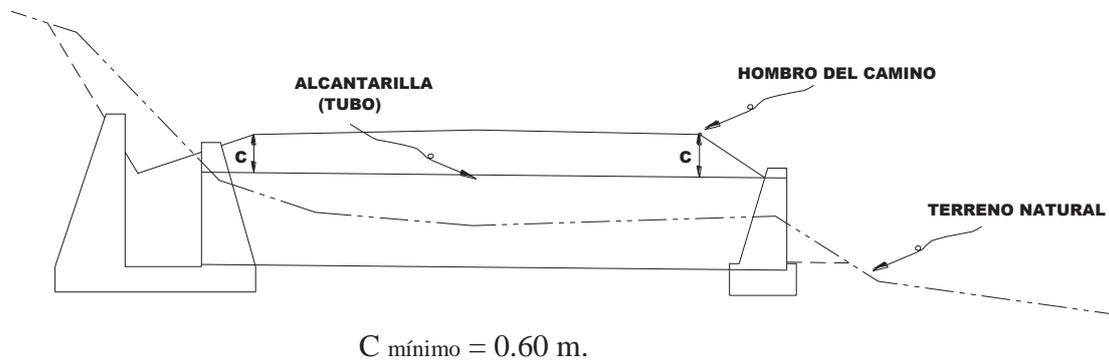


Fig. III.2.1 .- Colchones mínimos en tubos y bóvedas.

Referencia: Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas,
México D. F., 1965.

c.2).- Forma de sección en el cruce.-

Cuando el cruce es amplio o divagante y no esta definido, se recomienda una losa de pequeña altura y con claro amplio o en varios tubos; cuando los escurrideros son definidos y la rasante sea baja, se pueden utilizar tubos o losas. Si las secciones son estrechas y profundas las obras indicadas son las bóvedas esto depende de la altura del terraplén que va a quedar sobre ellas.

c.3).- Capacidad de sustentación del terreno.-

Tiene influencia en el costo de las obras y por lo tanto en la elección del tipo de ellas, ya que la cimentación que requieren en cada caso tiene costos distintos.

c.4).- Materiales de construcción disponibles en la región.

Los materiales de la región juegan un papel importante en la elección del tipo de obra, ya que si para la construcción de la obra elegida es necesario traer los materiales desde un sitio muy retirado, esto puede encarecer el proyecto.

TIPOS DE ALCANTARILLAS.

1.- LOSAS.

Son estructuras formadas por dos muros de mampostería (estribos), sobre los cuales se apoya una losa de concreto reforzado.

Hay losas con colchón y losas sin colchón, la SCT tiene elaborados proyectos tipo de hasta seis metros de luz con un espesor de 4.25 metros de colchón y estribos para diferente capacidad de carga.

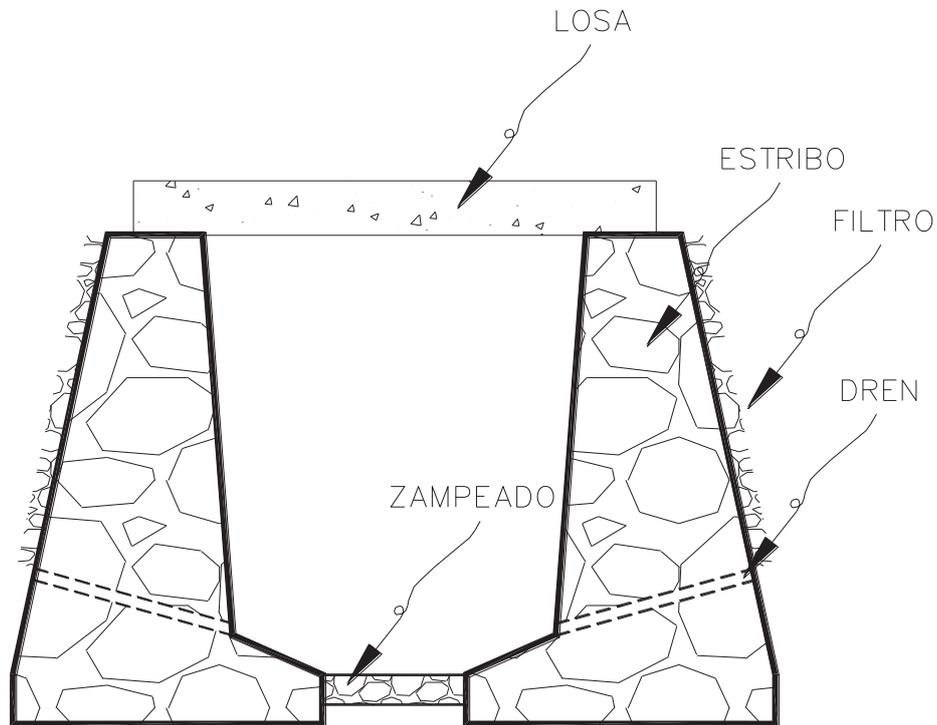


Fig. III.2.2 .- Alcantarilla de losa (Corte transversal).

Referencia: Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas, México D. F., 1965.

Las alcantarillas de losa están constituidas por lo siguientes elementos:

LOSA.- Esta funciona como tapa de la alcantarilla. Para el diseño de la losa se debe considerar que esta soportando además de su propio peso y el de las terracerías que se encuentren sobre ella la carga viva de los vehículos (H15-S12 o H20-S16). Para la losa se recomienda un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ al igual que para las guarniciones.

ESTRIBOS.- Sirven de soporte de la losa. Son de mampostería de 3ª clase con mortero cemento-arena 1:5 y las zapatas pueden ser tanto de mampostería como de concreto.

ALEROS.- Los aleros sirven para encauzar la corriente hacia la alcantarilla. Al igual que los estribos, los aleros son de mampostería de 3ª clase.

ZAMPEADO.- La función del zampeado es evitar posibles erosiones debido a los flujos que estarán presentes en la alcantarilla.

FILTRO.- Es recomendable colocar una capa de piedra de 30 centímetros de espesor en las paredes exteriores de los estribos para encauzar las aguas freáticas hacia los drenes.

DREN.- El dren es un tubo de PVC de 10 centímetros de diámetro el cual se utiliza para evitar la presión hidrostática sobre los estribos. Los drenes se colocaran con una separación de 3 metros a todo lo largo de la alcantarilla.

2.- BÓVEDAS.

Son estructuras cuya sección transversal interior está formada por tres partes principales: el piso, dos paredes verticales que son las caras interiores de los estribos y un arco de medio punto sobre los estribos.

Su construcción es de mampostería de 3ª clase y mortero cemento 1:5 en los estribos y aleros, así como en las guarniciones. Para la construcción del arco se requiere un molde de madera que es también aprovechado para colocar la clave a todo lo largo de la obra. La clave que cierra el arco en el centro es de concreto simple y su sección transversal es la que se muestra en la siguiente figura:

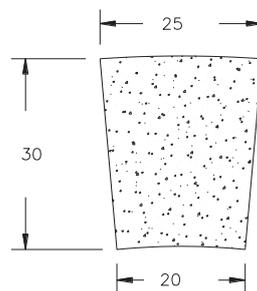


Fig. III.2.3.- Clave de bóveda de medio punto.

Referencia: Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas,
México D. F., 1965.

Las juntas del arco serán radiales y con cuatrapeo longitudinal.

Los zampeados pueden evitarse en suelos de roca.

En las caras exteriores de los estribos se colocará un filtro de piedra de 30 cm de espesor y un dren de tubería de PVC de 10 centímetros de diámetro a cada 3 metros, esto para evitar el empuje hidrostático sobre la alcantarilla.

El colchón mínimo para una alcantarilla de bóveda de medio punto será de 1.00 metro y se debe diseñar para carga viva de camión H15-S12 o H20-S16.

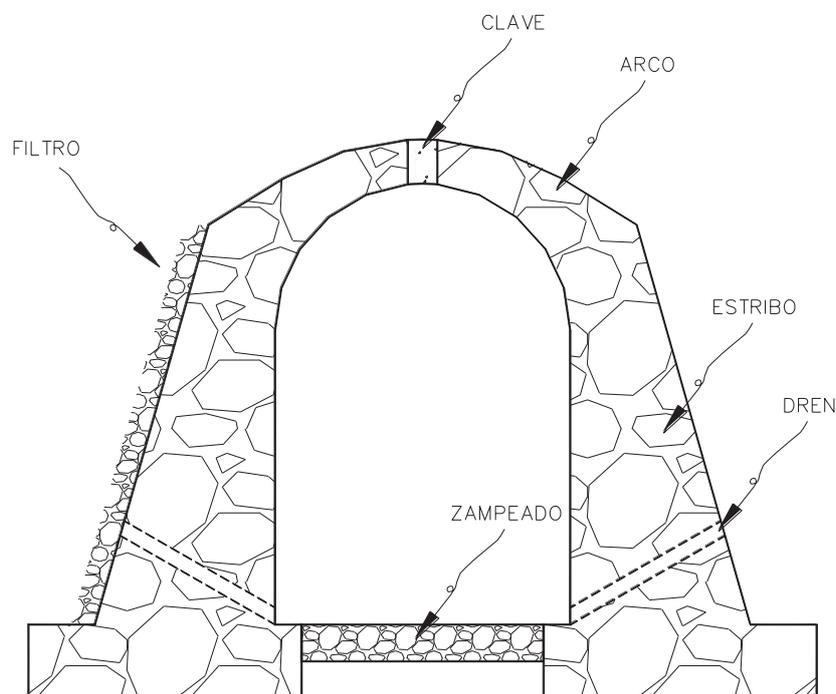


Fig. III.2.4.- Alcantarilla de bóveda de medio punto (Corte transversal).

Referencia: Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas, México D. F., 1965.

3.- TUBOS.

Las alcantarillas de tubos tienen una gran ventaja, pues inmediatamente después de tendido el tubo se puede construir el terraplén; así que se recomienda este tipo de

alcantarillas a menos que la pendiente transversal sea mayor de 30°.

Para anclar la obra e impedir que la tierra del terraplén caiga en los tubos se colocan muros de cabeza tanto en la entrada como en la salida.

Si no hay muros de cabeza a la salida, se debe prolongar cuando menos un metro la longitud del tubo fuera de la traza del talud del terraplén con el terreno.

Cuando se lleva cuneta es recomendable sustituir el muro de cabeza por una caja receptora a la entrada de la obra.

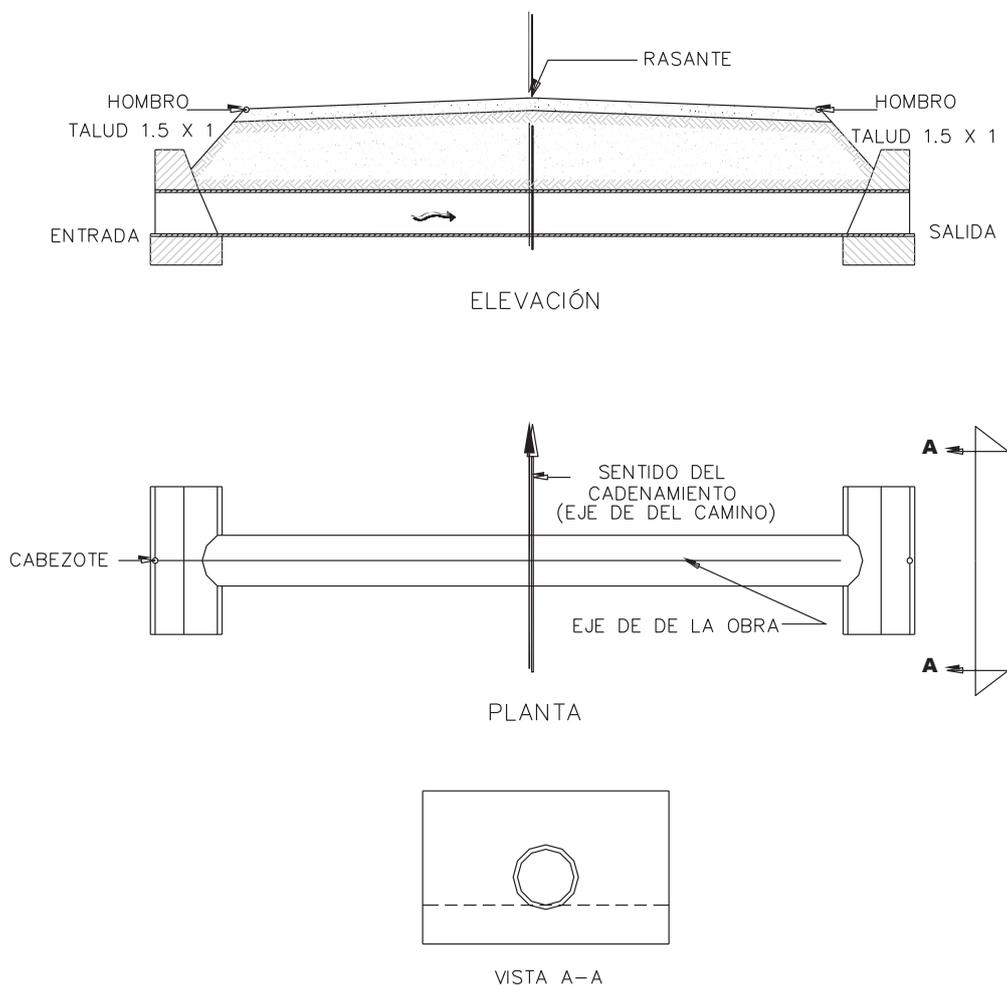


Fig. III.2.5.- Alcantarilla de tubo con doble muro de cabeza.

Referencia: Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas,
México D. F., 1965.

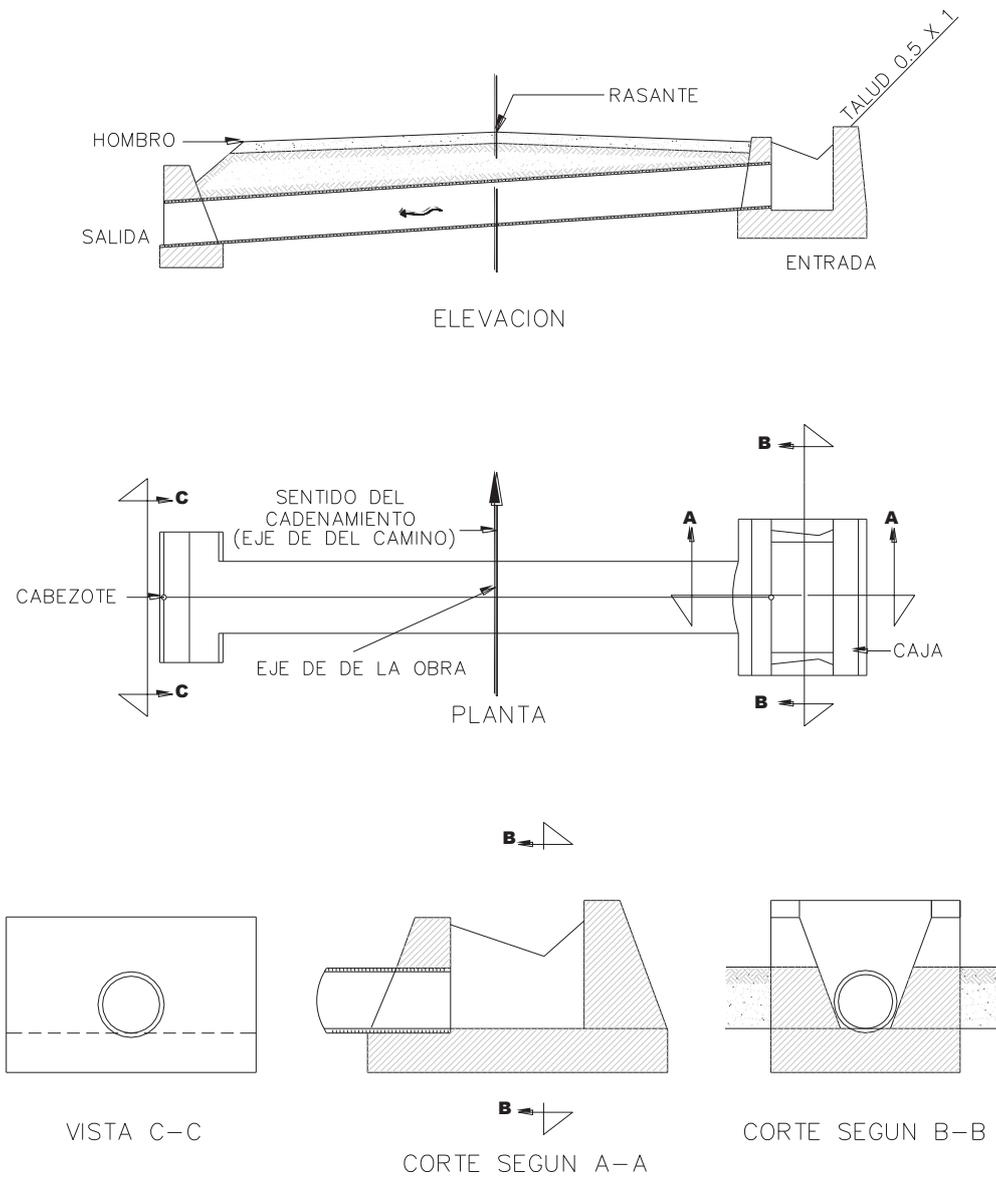


Fig. III.2.6.- Alcantarilla de tubo con caja en la entrada.

Referencia: Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas, México D. F., 1965.

III.3.-DELIMITACIÓN DE CUENCAS.

Una cuenca es la unidad básica en un estudio hidrológico y se define como aquella área de terreno donde el agua de lluvia que cae sobre la superficie y que no se infiltra, es conducida hasta un punto de salida (cuenca abierta) o de almacenamiento (cuenca cerrada).

Los componentes para la definición de una cuenca son:

- Es una unidad territorial;
- Definida por un criterio hidrológico: el drenaje hídrico;
- Delimitada por un parteaguas desde el cual las aguas fluyen hacia puntos divergentes (divortium aquarum);
- Formando un sistema o red natural de drenaje;
- Compuesto por terrenos con pendientes, barrancas, arroyos y ríos;
- En donde el agua que cae escurre hacia un mismo punto;
- Cuya desembocadura puede ser el mar o un cuerpo de agua interior;
- Su dimensión vertical se comprende desde la atmósfera hasta las estructuras geohidrológicas en que se encuentran aguas subsuperficiales y subterráneas;
- En su interior interactúan los seres humanos con diversos recursos naturales: aire, agua, suelo, subsuelo, flora y fauna.

El territorio nacional está dividido en cuencas hidrológicas, identificadas y delimitadas por la Comisión Nacional del Agua (CNA). Estas grandes cuencas hidrológicas se subdividen en subcuencas. Las grandes cuencas se agrupan en regiones hidrológicas para su administración. Las grandes cuencas son administradas por Consejos de Cuencas, que son la instancia responsable de la planeación de su manejo y gestión. En estos niveles de grandes cuencas participan los gobiernos federal y estatales, con frecuente intervención de instituciones internacionales.

De este modo, la división hidrológica de cuencas y subcuencas se hace compatible con las escalas de división entre los tres niveles de gobierno: federal, estatal y municipal.

El escurrimiento del agua en una cuenca depende de diversos factores, siendo uno de los más importantes las características fisiográficas de la cuenca. Entre estas se pueden mencionar principalmente su área, pendiente, características del cauce principal, como son longitud y pendiente, elevación de la cuenca y red de drenaje.

Es de suma importancia realizar la delimitación de una cuenca para poder tener un mejor manejo de los recursos hídricos de una zona, sin embargo en el caso que nos ocupa que es el drenaje de una carretera, cabe mencionar que es indispensable la delimitación de pequeñas cuencas tributarias para poder obtener el caudal de diseño para el cálculo de las alcantarillas.

La delimitación de una cuenca, anteriormente se realizaba sobre cartas topográficas proporcionadas por el INEGI o bien sobre algún plano topográfico, el cual es resultado de un levantamiento en la zona de interés, sin embargo un método más eficiente es aquel que se realiza por procedimientos cartográficos digitales. Este método se describe continuación.

PROCEDIMIENTO CARTOGRÁFICO PARA DELIMITACIÓN DE UNA CUENCA (DIGITAL).

Para la delimitación de las cuencas, se consideran las siguientes reglas prácticas:

Primera: Se identifica la red de drenaje o corrientes superficiales, y se realiza un esbozo muy general de la posible delimitación. (Ver figuras III.3.1 y III.3.2)

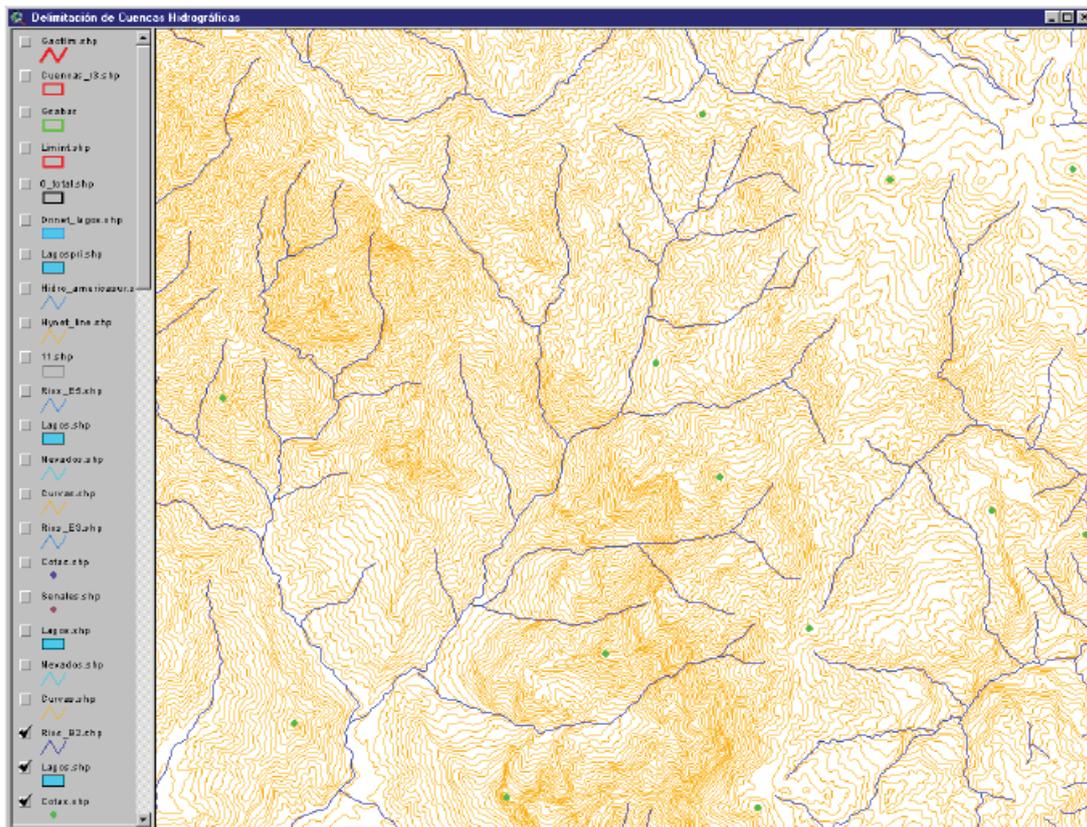


Fig. III.3.1.- Se identifica la red de drenaje o corrientes superficiales.

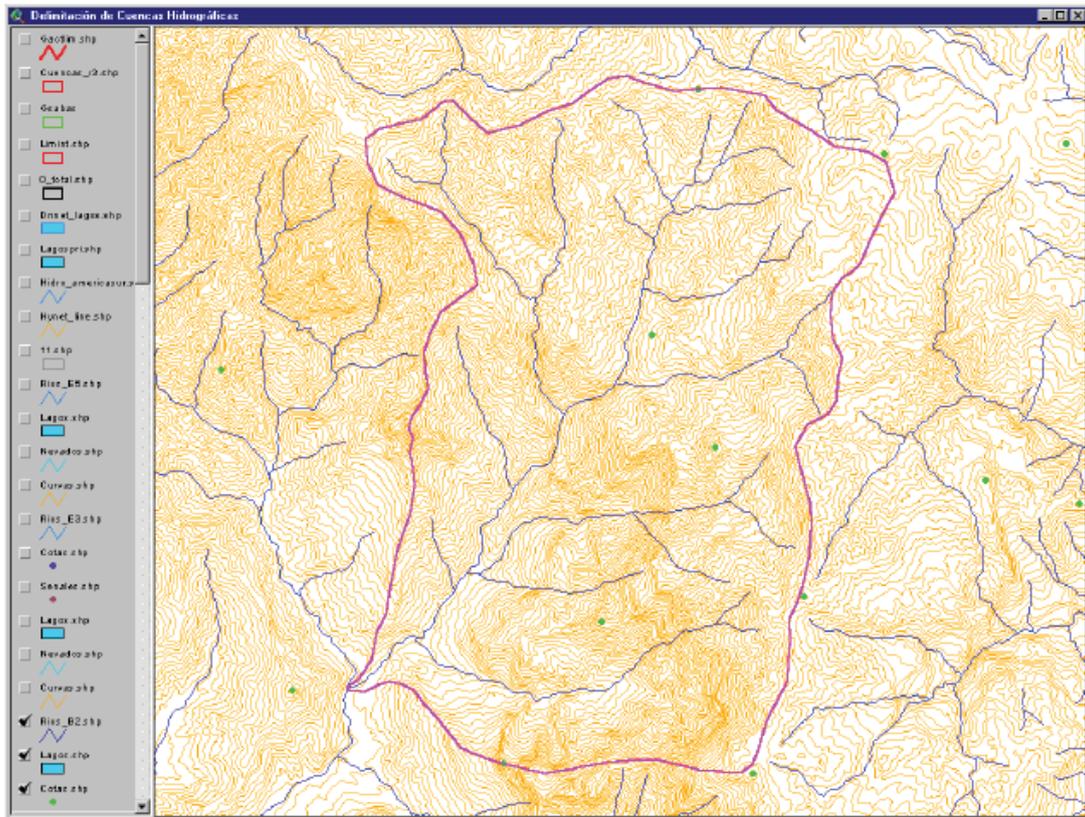


Fig. III.3.2.- Se realiza un esbozo muy general de la posible delimitación.

Segunda: Invariablemente, la línea divisoria (parteaguas) corta perpendicularmente a las curvas de nivel y pasa lo más estrictamente posible, por los puntos de mayor nivel topográfico. (Ver figura III.3.3)

Tercera: Cuando la línea divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa. (Ver figura III.3.4)

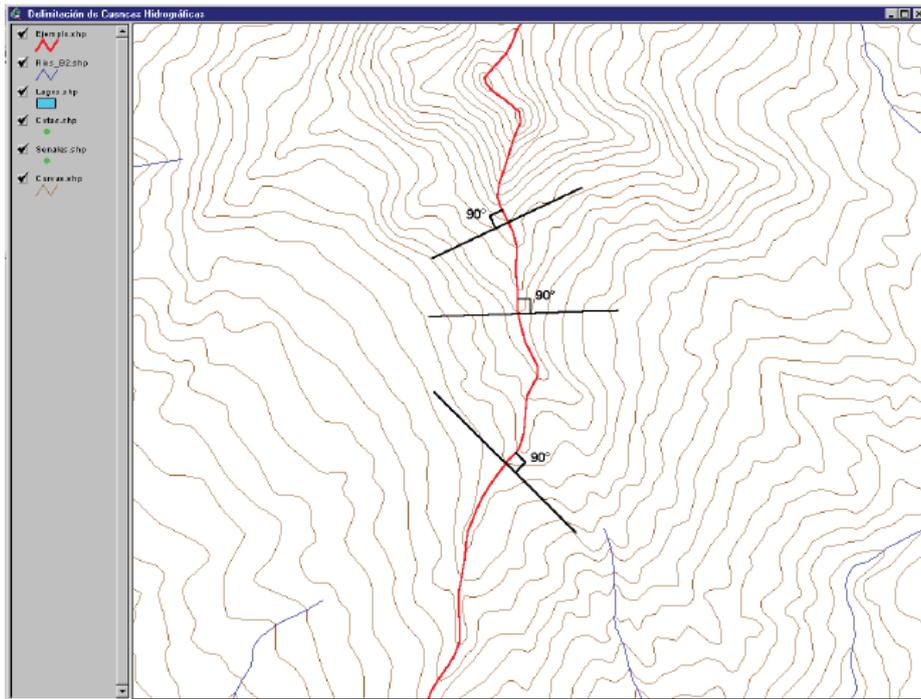


Fig. III.3.3.- La línea divisoria corta perpendicularmente las curvas de nivel.



Fig. III.3.4.- La línea divisoria corta a las curvas de nivel por su parte convexa, tal como muestran las flechas negras.

Cuarta: Cuando la altitud de la línea divisoria va decreciendo, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava. (Ver figura III.3.5)

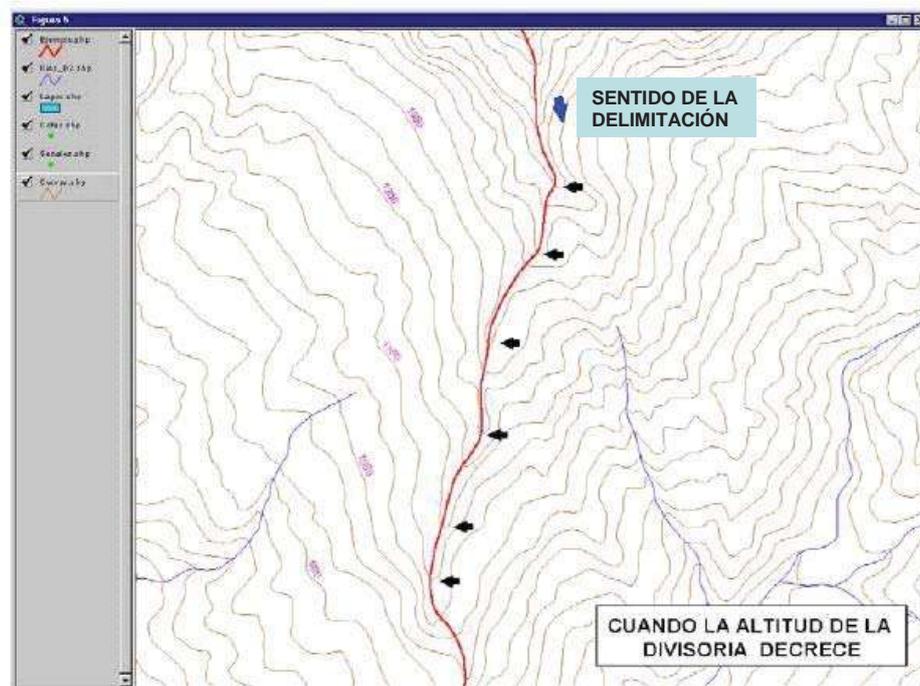


Fig. III.3.5.- La línea divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava, tal como muestra las flechas negras.

Quinta: Como comprobación, la línea divisoria nunca corta una quebrada o río, sea que éste haya sido graficado o no en el mapa, excepto en el punto de interés de la cuenca (salida). (Ver figura III.3.6)

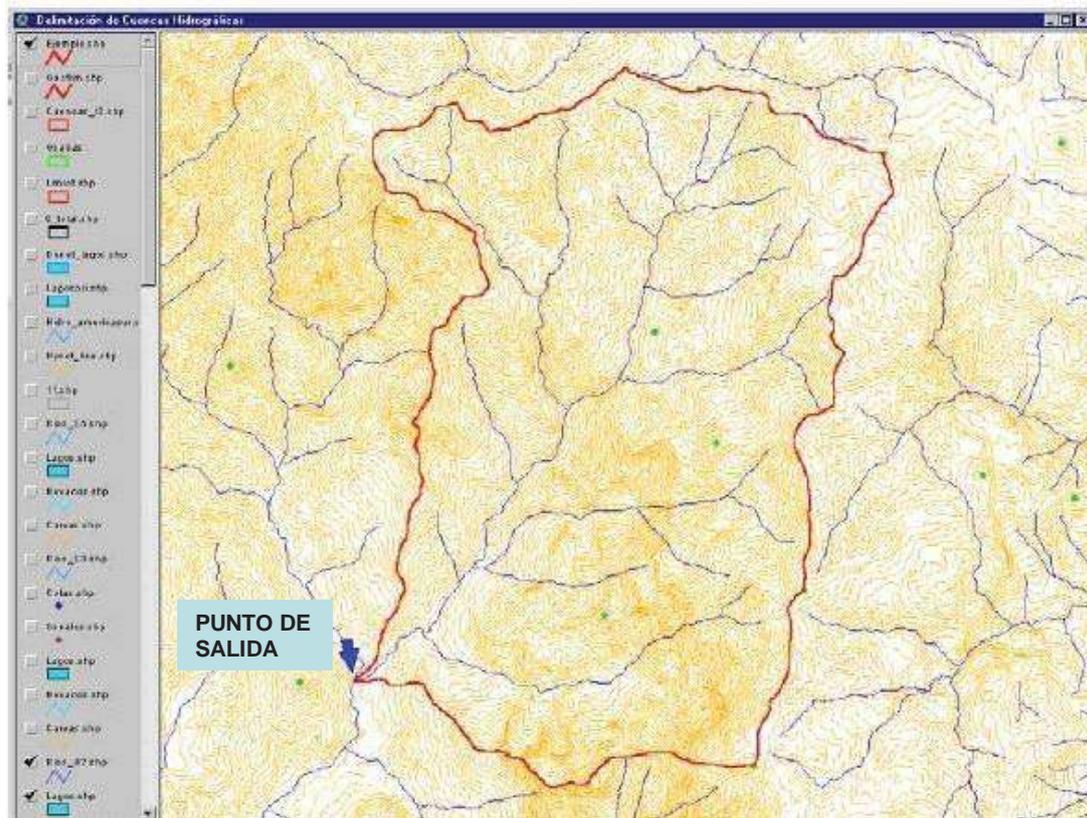


Fig. III.3.6.- La línea divisoria no debe cortar ningún flujo de agua natural, excepto en el punto de salida de la cuenca.

ALGUNAS CONSIDERACIONES ADICIONALES

- La escala ideal de los planos a utilizar es de 1:10 000 o 1:20 000.
- Tener presente que toda línea divisoria de una unidad hidrográfica, se desplaza siempre entre dos curvas con igual valor de cota.
- La línea divisoria debe pasar, en lo estrictamente posible, por los puntos de mayor nivel topográfico; en otras palabras, la línea divisoria debe unir los puntos con mayores valores de altitud, excepto en aquellos casos que obliguen a realizar trazos poco prácticos, complejos y “forzados”, que de cierto modo, desnaturalicen la forma de la unidad hidrográfica.

Una vez delimitada la cuenca se obtiene el área de la misma, la cual estará expresada en hectáreas o km^2 .

CAPITULO IV.- DISEÑO DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR (ALCANTARILLAS).

Para poder realizar el cálculo de las alcantarillas es necesario realizar previamente los siguientes pasos:

LOCALIZACIÓN DEL EJE DE LA OBRA.

El primer paso es localizar el eje de la alcantarilla, el cual deberá preferentemente seguir el cauce del escurrimiento siempre y cuando las características del cauce lo permitan ya que se tienen ciertas restricciones en las pendientes de las alcantarillas.

La pendiente longitudinal de la plantilla para alcantarillas de losa deberá estar entre 0 y 12%, mientras que para bóvedas estará entre 0 y 20% y para las alcantarillas de tubo

deberá tener valores de 0 a 30%. En el caso particular de las alcantarillas de tubo la pendiente se puede incrementar hasta 45% siempre y cuando se coloquen muros de anclaje a cada 5 ó 10 metros. Para las alcantarillas de bóveda también puede haber un incremento en su pendiente hasta 25%, esto si se coloca el cemento escalonado, mientras que en el caso de las losas no es posible incrementar su pendiente ya que el hecho de ser de concreto, su revenimiento nos impide la colocación del material.

Se deberá procurar que el eje de la alcantarilla sea normal o radial al eje del camino; ya sea que este localizado en tangente o curva respectivamente; cuando la dirección del escurrimiento no permita trazarlo de esta manera, tendrá que esviarse de acuerdo con el eje del escurrimiento. El esviaje es el ángulo formado por el eje de la obra de drenaje y una línea imaginaria radial o normal al eje del camino, dicho esviaje puede ser izquierdo o derecho, según se encuentre desplazado con respecto de la normal o radial del camino. El ángulo del esviaje deberá preferentemente variar entre 10 y 45°, sin embargo se permiten valores menores de los 10° y mayores de los 45° en casos que por condiciones especiales se justifiquen.

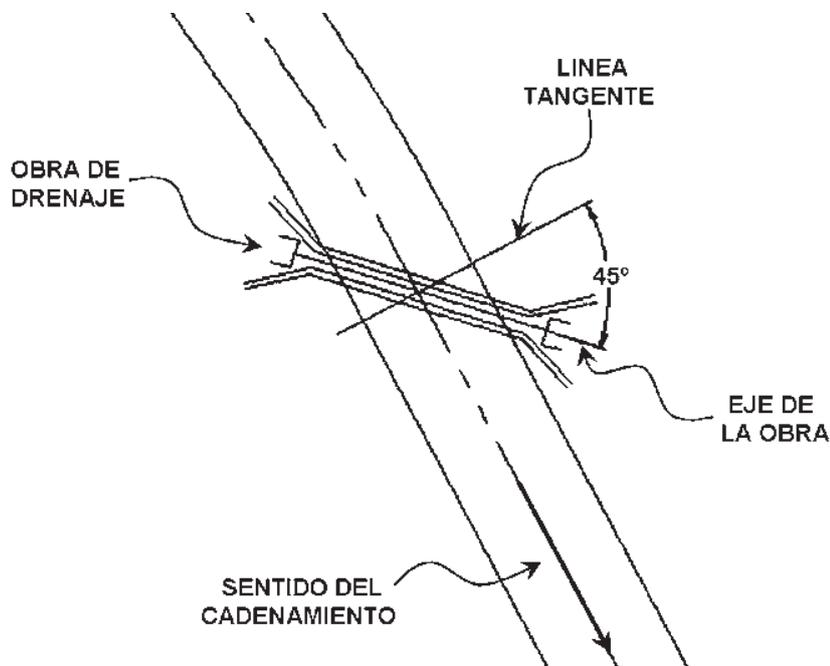


Fig. IV.1.- Esquema de una obra de drenaje en planta.

En la figura anterior se observa la colocación de una obra de drenaje vista en planta. Se puede apreciar claramente el esviaje de la obra que es de 45°. El esviaje es derecho ya que si nos posicionamos en el cruce del eje de la obra y el eje del camino y vemos hacia cualquiera de los extremos del camino, necesitaremos girar hacia nuestro lado derecho para poder localizar el extremo de nuestra obra de drenaje.

Es importante que al momento de localizar el eje de la obra de drenaje, se proyecte la entrada de está en un punto en el que se garantice la correcta captación del agua. Deben evitarse las canalizaciones a la entrada de la obra de drenaje, los cambios bruscos de pendiente entre el fondo del escurrimiento y el cauce de la obra así como deberán evitarse también los cambios fuertes de dirección entre el cauce natural del escurrimiento y el eje de la obra, esto con la finalidad de evitar modificaciones importantes en el funcionamiento hidráulico del escurrimiento.

ÁREA POR DRENAR.

Como se vio en el capítulo anterior, el área por drenar es la superficie con capacidad de aportar escurrimientos hacia el punto de ubicación de nuestra obra de drenaje.

ÁREA HIDRÁULICA NECESARIA.

El área hidráulica necesaria es aquella capaz de dejar pasar un determinado gasto producto de la precipitación del lugar, igual a una lámina de agua de 10 centímetros de altura en un tiempo de una hora.

Existen fórmulas empíricas para determinar el gasto en corrientes de diferentes condiciones hidráulicas, así como otras muy elaboradas y otros métodos hidrológicos; en el caso del diseño de las alcantarillas y para efectos de la magnitud de los volúmenes de agua que se manejan, se considera suficiente utilizar la fórmula de Talbot, que se ha empleado con resultados aceptables hasta la fecha y se expresa de la siguiente manera:

$$a = C \sqrt[4]{M^3}$$

Donde:

a = Área hidráulica necesaria en m².

M = Área por drenar en Has.

C = Coeficiente que depende de las condiciones topográficos de la cuenca a drenar.

TIPO DE TERRENO	C
Montañoso	0.18
Ondulado	0.10
Llano	0.04

Tabla IV.1.- Valores típicos de "C".

Otro procedimiento para obtener el área hidráulica necesaria es el llamado método por comparación. Este método se puede utilizar cuando se va a proyectar un cuerpo adicional al existente en operación y que tiene sus obras construidas o bien cuando se proyecta la rehabilitación de un camino. Para un buen diseño de las alcantarillas por este método, es indispensable que el drenajista tenga en consideración las características del escurrimiento en la obra de drenaje existente para que así tenga las bases necesarias para el dimensionamiento de la nueva alcantarilla. Cabe mencionar que cuando se vaya a construir un cuerpo adicional y la nueva alcantarilla se encuentre aguas arriba de la existente no será necesario incrementar el área hidráulica pero sin embargo, cuando se encuentre aguas abajo si se incrementaran las dimensiones para poder dar paso a las aguas acumuladas entre las dos obras de drenaje.

OBTENCIÓN DEL GASTO DE DISEÑO.

Los métodos más comunes para obtener el gasto de diseño (descarga de la cuenca) son el método de sección y pendiente y el método Racional.

El método Racional se usa con mucha frecuencia para la determinación de caudales en cuencas de captación pequeñas y se puede aplicar en la mayoría de las zonas geográficas, además resulta útil cuando no se tienen datos de flujo de arroyos locales y se puede usar para hacer una estimación aproximada del caudal para grandes cuencas de captación, a falta de otras opciones. Es por eso que la Fórmula Racional es el método más empleado.

El Método de Sección y Pendiente es aplicable cuando se trata de arroyos y escurrideros, con cauces bien definidos y secciones más o menos regulares, así como en canales y zanjas de riego.

MÉTODO RACIONAL.

Si consideramos una lluvia ideal con una intensidad de precipitación constante (I) durante un periodo de tiempo determinado sobre una cuenca de área conocida (A), tendremos que el caudal en el punto de desagüe (Q) en un principio será solo equivalente a la presencia del agua caída en sus proximidades, sin embargo el gasto irá incrementando hasta alcanzar una situación de equilibrio. En ese momento las intensidades de entrada y de salida de la cuenca se igualarán, por lo que tenemos que:

$$Q = I \cdot A$$

Sin embargo, en las lluvias reales, es imposible que la totalidad de la precipitación escurra por nuestra cuenca ya que nunca tendremos una cuenca completamente impermeable, es por este motivo que debemos considerar un factor de escurrimiento (C) en nuestra ecuación.

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Para poder utilizar la formula anterior debemos tener un mismo criterio de unidades, así que si consideramos las unidades más comunes de los términos de la ecuación tenemos lo siguiente:

$C =$ Adimensional.

$I =$ mm/hr.

$A =$ km².

$Q =$ m³/s

Realizando las operaciones necesarias para convertir las unidades de los términos mencionados obtenemos un factor que es 0.277, por lo tanto nuestra ecuación queda como sigue:

$$Q = 0.277 C I A$$

Donde:

$Q =$ Caudal (escurrimiento).

$C =$ Coeficiente de escurrimiento. Este coeficiente se selecciona de tal manera que refleje las características de la cuenca de captación, tales como topografía, tipo de suelo, vegetación y uso de suelo.

$i =$ Intensidad promedio de lluvia para la frecuencia seleccionada y para una duración igual al Tiempo de concentración.

$A =$ Área de la cuenca de captación.

Coeficiente de Escurrimiento (C).- Sus valores se presentan en la Tabla III.3.1. En estos valores se reflejan las diferentes características de la cuenca de captación que afectan el escurrimiento. El diseñador debe desarrollar experiencia y usar su criterio para seleccionar el valor apropiado de “C” dentro del intervalo de variación mostrado. Puede observarse que el valor de “C” es posible que cambie en el curso de la vida útil de la estructura, como

puede ser debido a cambios en el uso del suelo de un bosque para convertirse en terrenos agrícolas, o como resultado de un incendio en la cuenca de captación.

Área (A).- Es simplemente la superficie de la cuenca de captación que contribuye con escurrimientos hacia el cruce de drenaje. Sus límites abarcan desde uno de los parteaguas de drenaje hasta el opuesto y hacia abajo hasta llegar al cruce. En la superficie de un camino, el “área de drenaje” es el talud del corte y el área de la superficie de la calzada entre drenes transversales o las cunetas de salida.

Intensidad de Lluvia (i).- Es el tercer factor, y el que resulta más difícil de obtener. Se expresa como la intensidad promedio de lluvia en milímetros por hora (mm/hr) para una cierta frecuencia de recurrencia y para una duración igual al Tiempo de Concentración de la cuenca de captación. Al inicio de una tormenta, el escurrimiento desde partes distantes de la cuenca de captación no ha llegado al punto de descarga. Una vez que el escurrimiento alcanza el punto de descarga, más allá del tiempo de concentración, tendrá lugar un régimen de flujo estable. Este periodo inicial constituye el “Tiempo de Concentración”. Para el caso de cuencas de captación muy pequeñas, se recomienda un tiempo mínimo de concentración de 5 minutos para encontrar la intensidad que se usará en la determinación de los caudales de diseño. En la Figura III.3.2 se muestra una familia típica de curvas de intensidad-duración para una frecuencia de recurrencia de 2 a 50 años. Tales curvas, desarrolladas a partir de datos locales de precipitación pluvial, deberían localizarse o generarse cuando se trabaja en una zona en particular. Los valores típicos máximos de intensidad para un evento de 25 a 50 años en regiones desérticas es de entre 75 y 100 mm/hr, aproximadamente; algunas regiones costeras y selváticas, o tropicales presentan intensidades máximas de entre 200 y 400 mm/hr, o mayores; y la mayoría de las regiones, incluyendo las zonas semiáridas, los bosques de montaña, y las áreas costeras, poseen típicamente valores de entre 100 y 250 mm/hr. Debido a la amplia gama de valores, y a la magnitud de la variación local que puede ocurrir alrededor de islas y de montañas, los datos locales son muy deseables para el trabajo de diseño del proyecto.

Uso o tipo de suelo	Valor de "C"
Agricultura	
Suelo desnudo	0,20-0,60
Campos cultivados (suelo arenoso)	0,20-0,40
Campos cultivados (suelo arcilloso)	0,30-0,50
Pasto	
Praderas de césped	0,10-0,40
Áreas escarpadas con pastos	0,50-0,70
Regiones Arboladas / Bosques	
Zonas arboladas con terreno a nivel	0,05-0,25
Zonas boscosas con laderas empinadas	0,15-0,40
Zonas desnudas, abruptas y rocosas	0,50-0,90
Caminos	
Pavimento asfáltico	0,80-0,90
Pavimento de cantos rodados o concreto	0,60-0,85
Superficie de grava	0,40-0,80
Superficie con suelo nativo	0,30-0,80
Zonas Urbanas	
Residenciales, planas	0,40-0,55
Residenciales, moderadamente empinadas	0,50-0,65
Comerciales o céntricas	0,70-0,95

Tabla IV.2.- Coeficientes de escurrimiento.

Referencia: Keller, G. y Sherar, J., Ingeniería de Caminos Rurales, Ed. US Agency for International Development, Trad. Instituto Mexicano del Transporte, México D. F., 2004.

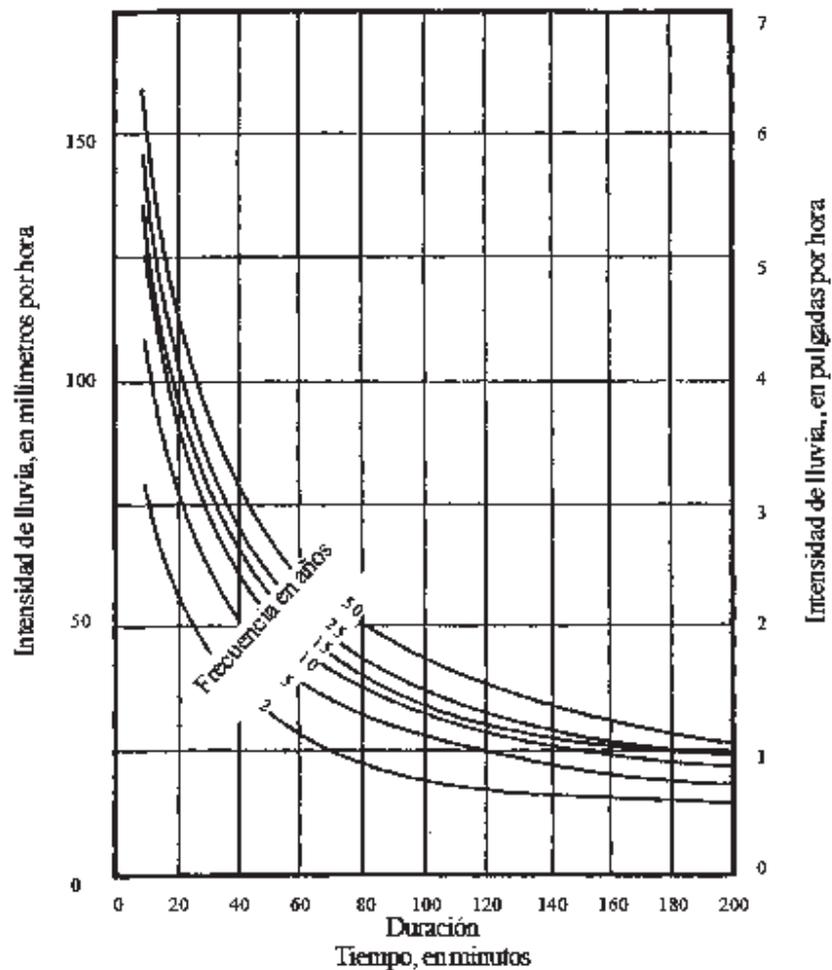


Tabla IV.3.- Curvas típicas de frecuencia de intensidad -duración de la precipitación pluvial. (Adaptado de FHWA Hydraulic Design Series No. 4, 1997).

Referencia: Keller, G. y Sherar, J., Ingeniería de Caminos Rurales, Ed. US Agency for International Development, Trad. Instituto Mexicano del Transporte, México D. F., 2004.

Nota: Valores comunes de intensidad máxima para una frecuencia de eventos de 25-50 años:

- Zonas selváticas: 200-400 mm/hr
- Desiertos: 50-100 mm/hr

- La mayor parte de las zonas (Semiáridos, Montañosas y costeras): 100-250 mm/hr

La obtención del valor de la intensidad de lluvia (I) se puede obtener también de isoyetas que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para los distintos estados de la República Mexicana y para las diferentes combinaciones de tiempo de concentración y periodo de retorno.

Este método nos ofrece una manera más sencilla y precisa de obtener la intensidad de lluvia, lo cual nos permite un ahorro de tiempo considerable en el cálculo del gasto de diseño.

Ejemplo:

Obtener el gasto máximo en m^3/s , a la salida de una cuenca ubicada en el sur de la ciudad de Morelia junto a la colonia denominada Rincón Ocolusen, dicha cuenca esta junto al margen derecho del Río Chiquito. La cuenca cuenta con un área de 0.10 km^2 .

Considerar un periodo de retorno de 20 años y un tiempo de concentración de 5 minutos.



Fig. IV.2.- Ubicación del área por drenar.

La ecuación a utilizar es:

$$Q=0.277 C I A$$

De acuerdo con los datos proporcionados se prosigue a obtener los valores del coeficiente de escurrimiento y de la intensidad de lluvia.

Considerando que la cuenca se encuentra en una zona boscosa con laderas de mucha pendiente, y de acuerdo con los valores de la tabla III.3.1 tenemos que el coeficiente de escurrimiento (C) es **0.40**.

Por ultimo utilizaremos las isoyetas de intensidad de lluvia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para obtener el valor de la intensidad de tormenta (I).

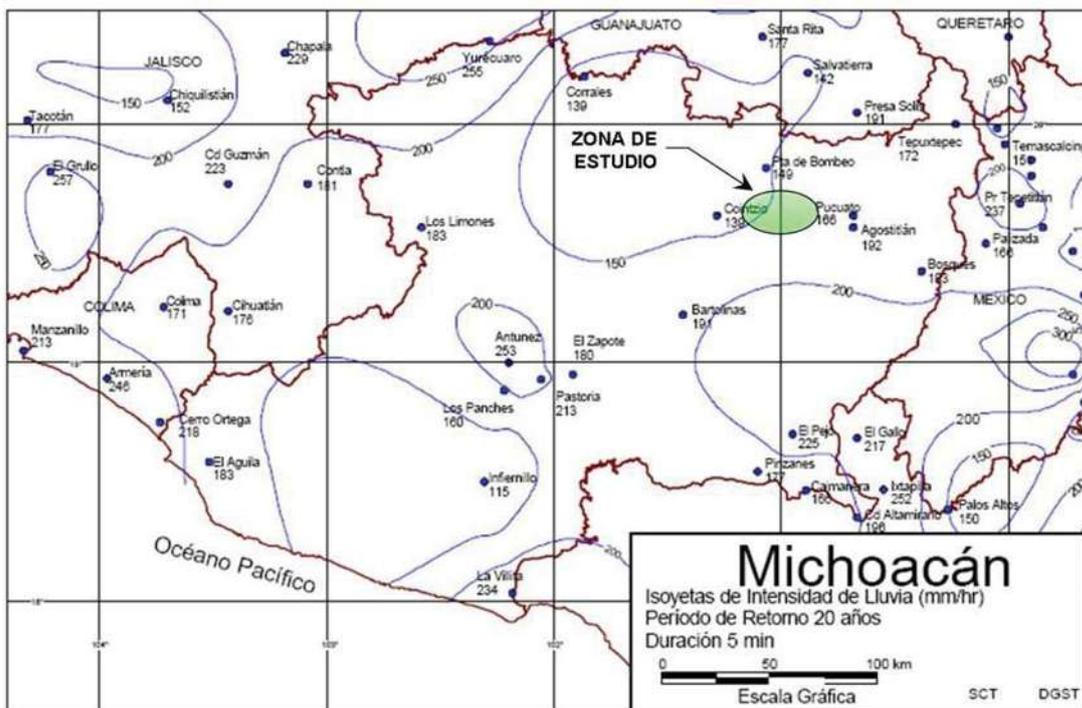


Fig. IV.3.- Plano de isoyetas de intensidad de lluvia para el estado de Michoacán, para un periodo de retorno de 20 años y un tiempo de concentración de 5 minutos.

Referencia: <http://dgst.sct.gob.mx/fileadmin/Isoyetas/michoacan>.

De la figura anterior obtenemos que nuestra intensidad de lluvia es:

$$I_{20,5} = 150 \text{ mm/hr}$$

Por lo tanto tenemos que el gasto máximo en la salida de la cuenca es:

$$Q = 0.277 C \cdot I \cdot A$$

$$Q = (0.277)(0.40)(150)(0.10)$$

$$\underline{Q = 1.66 \text{ m}^3 / \text{s}}$$

Por lo tanto el gasto máximo de nuestra cuenca para un periodo de retorno de 20 años y un tiempo de concentración de 5 minutos es de **1.66 m³/s**.

MÉTODO DE SECCIÓN Y PENDIENTE.

Para la realización de este método es necesario que se haga un levantamiento topográfico muy cuidadoso, tanto del perfil del cauce como de las secciones transversales, las cuales se deberán realizar por lo menos en tres lugares, una aguas arriba, mínimo a 50.00 metros y otra aguas abajo a la misma distancia y la más importante en el cruce con el trazo del camino.

En las secciones transversales levantadas en el campo, se tomaran las lecturas de las elevaciones del nivel de aguas máximas extraordinarias, para tener datos de los escurrimientos del cauce. Una vez que se tienen los datos mencionados se aplica la fórmula de Manning para obtener la velocidad del escurrimiento.

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad (m/seg)

n = coeficiente de rugosidad

r = radio hidráulico (m)

s = pendiente del cauce (decimales)

El radio hidráulico se obtiene dividiendo el área hidráulica entre el perímetro mojado

$$r = \frac{Ah}{Pm}$$

El perímetro mojado es la parte del cauce que está en contacto con el agua.

Una vez obtenida la velocidad, se procede a la determinación del gasto con la fórmula de la continuidad.

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

A = área hidráulica (m²)

V = velocidad (m/seg)

ELECCIÓN DEL TIPO DE OBRA.

La elección del tipo de obra se describe ampliamente en el capítulo III.2 inciso c, relacionado al tipo y uso de alcantarillas.

Una vez obtenidos los datos anteriores tales como el gasto de diseño, el área hidráulica necesaria, etc. se procede a realizar el diseño y cálculo de las alcantarillas.

Como se menciona en el capítulo anterior, dentro de las obras menores tenemos alcantarillas de tubo, alcantarillas de losa y alcantarillas de bóveda.

IV. I .- ALCANTARILLAS DE TUBO.

Para el diseño geométrico de una alcantarilla de tubo se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El espesor mínimo de terraplén sobre el tubo deberá ser de 0.60m, aunque en casos especiales se podrá reducir hasta 0.45m.
- El diámetro mínimo a utilizar será de 75cm y en caso de ser necesario se utilizarán diámetros más pequeños para obras auxiliares.
- Las tuberías de concreto serán de una resistencia de 250 kg/cm^2 , el acero de refuerzo de la tubería será de un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- La pendiente con la cual se proyectará la alcantarilla de tubo deberá ser la que proporcione el proyecto más económico siempre y cuando se garantice el perfecto funcionamiento hidráulico de ésta.
- La pendiente máxima será de 45% y se deberán colocar muros de anclaje para evitar el deslizamiento del tubo.
- Cuando exista muro de contención, éste se podrá utilizar como muro de anclaje.
- Cuando la alcantarilla se encuentre al final de un tramo de cuneta se colocará una caja de llegada para poder canalizar de buena manera todo el flujo de la cuneta hacia la alcantarilla, ésta caja llevará un vertedor únicamente del lado aguas arriba, salvo en los casos que se encuentre en columpio.
- El material de las cajas será de mampostería de 3^{ra} clase con mortero cemento-arena 1:5.
- Existen también alcantarillas de doble tubo aunque no es muy recomendable usarlas, puesto que si es necesario incrementar el área hidráulica es preferible colocar una losa que cumpla con el área necesaria a colocar tubos ya que esto podría provocar que los tubos se tapen.

NOTA:

Existen formatos para el diseño de las alcantarillas así como tablas para el cálculo rápido del área hidráulica para los diferentes diámetros de tubos y de las dimensiones de los muros de cabeza y de las cajas de llegada.

Para obtener el área en hectáreas que puede drenar una alcantarilla de uno o de dos tubos tenemos las siguientes tablas:

AREA EN HECTAREAS QUE PUEDE DRENAR UN TUBO										
C	PLANO			ONDULADO		LOMERIO			MONTAÑOSO	
φ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
75	69.7	27.7	16.1	11.0	8.2	6.4	5.2	4.4	3.7	3.2
90	113.3	45.0	26.2	17.9	13.3	10.4	8.5	7.1	6.1	5.3
105	170.9	67.8	39.5	26.9	20.0	15.7	12.8	10.7	9.1	7.9
120	244.0	96.8	56.4	38.4	28.5	22.4	18.2	15.3	13.0	11.3
150	442.3	175.8	102.3	69.7	51.7	40.6	33.0	27.6	23.6	20.5

Tabla IV.4.- Área que puede drenar una alcantarilla de un tubo.

AREA EN HECTAREAS QUE PUEDEN DRENAR DOS TUBOS										
C	PLANO			ONDULADO		LOMERIO			MONTAÑOSO	
φ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
75	139.4	55.4	32.2	22.0	18.4	12.8	10.4	8.8	7.4	6.4
90	226.6	90.0	52.4	35.8	26.6	20.8	17.0	14.2	12.2	10.6
105	341.8	135.6	79.0	53.8	40.0	31.4	25.6	21.4	18.2	15.8
120	488.0	198.6	112.8	76.8	57.0	44.8	36.4	30.6	26.0	22.6
150	884.6	351.2	204.6	139.4	103.4	81.2	66.0	55.2	47.2	41.0

Tabla IV.5.- Área que puede drenar una alcantarilla de dos tubos.

Donde:

φ = Diámetro de la tubería en cm.

C = Coeficiente de fricción del terreno.

Por ejemplo, si tenemos una alcantarilla de un tubo de 120 cm de diámetro y la obra se encuentra en un terreno ondulado con un coeficiente de 0.5, tenemos que el área máxima que puede drenar nuestra alcantarilla es de 57.0 Has.

Los muros de cabeza que nos ayudan a evitar el deslizamiento del tubo normalmente son de mampostería de 3^{ra} clase aunque también pueden construirse de concreto.

A continuación se muestran las tablas correspondientes para obtener las dimensiones de los muros.

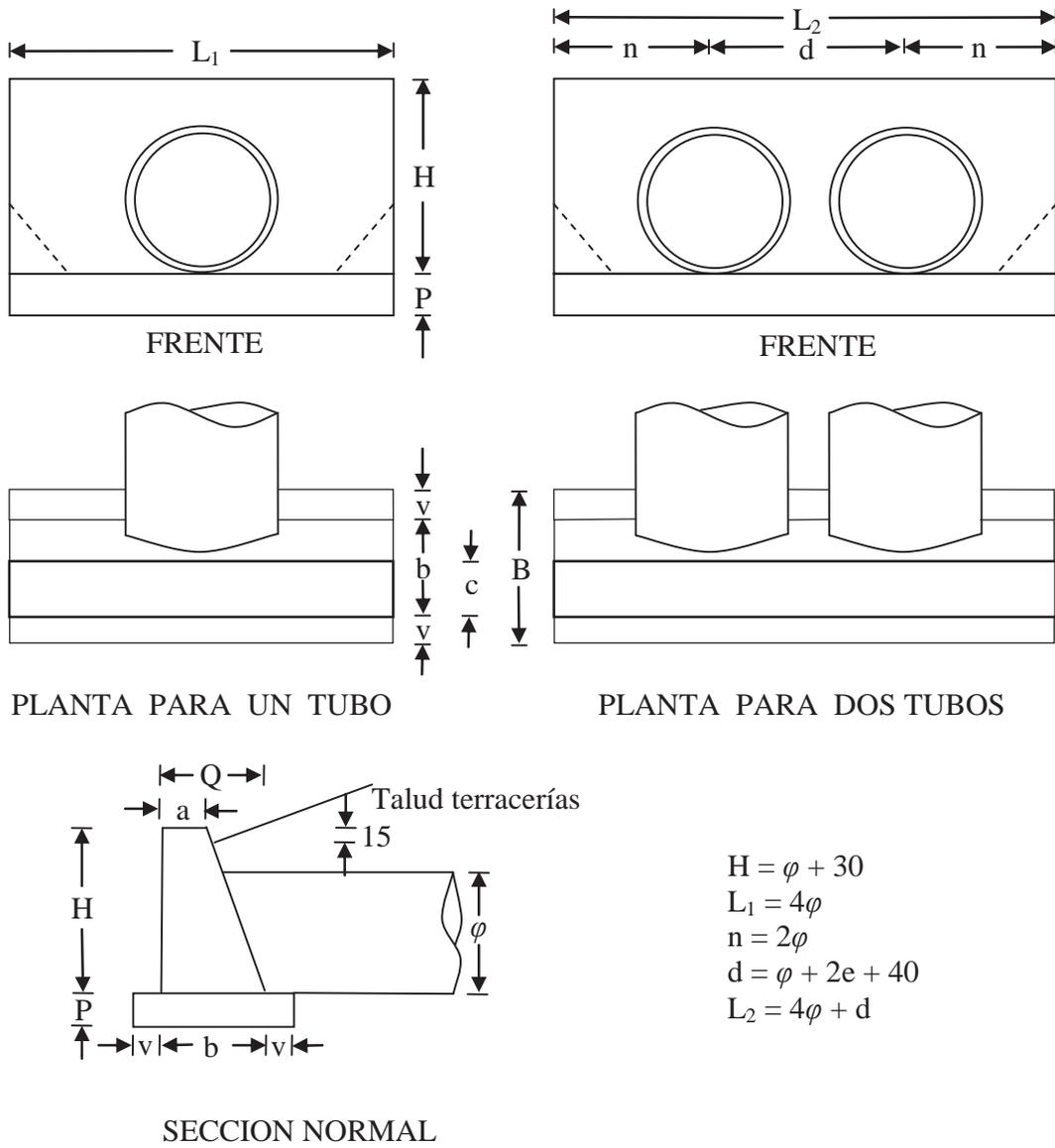


Fig. IV.4.- Esquema de muros de cabeza.

MUROS DE MAMPOSTERIA																	
TUBOS				DIMENSIONES COMUNES PARA UNO Y DOS TUBOS							UN MURO CON						
φ	e	AREAS		a	Q	b	V	B	P	H	UN TUBO		DOS TUBOS				
		UN TUBO	DOS TUBOS								L ₁	Vol.	n	d	L ₂	Vol.	
cm	cm	m ²	m ²	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m ³	cm	cm	cm	m ³	
75	9	0.442	0.884	30	34	60	15	90	50	105	300	2.45	150	131	431	3.33	
90	10	0.636	1.272	30	34	65	15	95	50	120	360	3.29	180	148	508	4.36	
105	11.5	0.866	1.732	30	34	70	15	100	50	135	420	4.27	210	165	585	5.54	
120	12.5	1.131	2.262	30	34	75	15	105	50	150	480	5.36	240	184	664	6.87	
150	15	1.767	3.534	30	34	85	15	115	50	180	600	8.10	300	220	820	10.08	

Tabla IV.6.- Dimensiones de muros de cabeza de mampostería.

MUROS DE CONCRETO																	
TUBOS				DIMENSIONES COMUNES PARA UNO Y DOS TUBOS							UN MURO CON						
φ	e	AREAS		a	Q	b	V	B	P	H	UN TUBO		DOS TUBOS				
		UN TUBO	DOS TUBOS								L ₁	Vol.	n	d	L ₂	Vol.	
cm	cm	m ²	m ²	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m ³	cm	cm	cm	m ³	
75	9	0.442	0.884	25	28	45	10	65	45	105	300	1.73	150	131	431	2.35	
90	10	0.636	1.272	25	28	50	10	70	45	120	360	2.36	180	148	508	3.14	
105	11.5	0.866	1.732	25	28	50	10	75	545	135	420	3.16	210	165	585	4.08	
120	12.5	1.131	2.262	25	28	60	10	80	45	150	480	4.05	240	184	664	5.14	
150	15	1.767	3.534	25	28	70	10	90	45	180	600	6.27	300	220	820	7.76	

Tabla IV.7.- Dimensiones de muros de cabeza de concreto.

A continuación se muestra la tabla para obtener las dimensiones de las cajas receptoras.

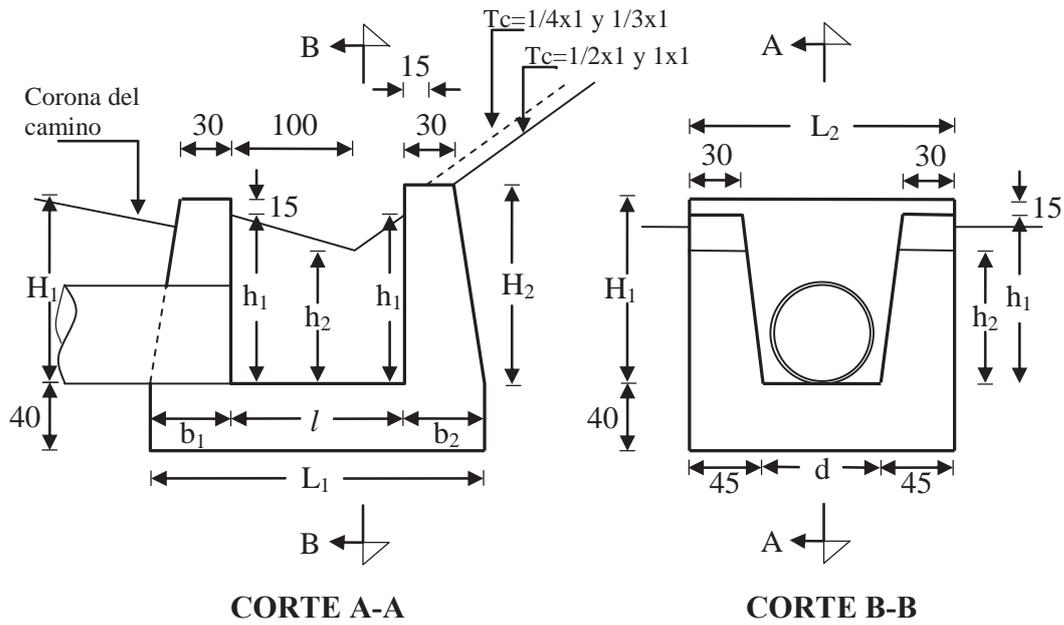


Fig. IV.5.- Esquema de cajas.

TUBO	TALUD DE CORTE	MURO ADYACENTE A LA CORONA DEL CAMINO			MURO ADYACENTE AL CORTE		CORTE A-A		CORTE B-B		VOL.		
		T_c	h_1	H_1	b_1	H_2	b_2	l	L_1	L_2		d	h_2
ϕ	Relación	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm^3
75	1x1	135	150	65	165	75	135	275	210	120	100	6.44	
	1/2x1	135	150	65	195	85	115	265	210	120	100	6.78	
	1/3x1	135	150	65	180	80	110	255	210	120	100	6.36	
	1/4x1	135	150	65	195	85	110	260	210	120	100	6.62	
90	1x1	150	165	75	180	80	135	290	230	140	115	7.64	
	1/2x1	150	165	75	210	95	115	285	230	140	115	8.19	
	1/3x1	150	165	75	195	85	110	270	230	140	115	7.55	
	1/4x1	150	165	75	210	95	110	280	230	140	115	8.02	
105	1x1	165	180	80	195	85	135	300	245	155	130	8.82	
	1/2x1	165	180	80	225	100	115	295	245	155	130	9.47	
	1/3x1	165	180	80	210	95	110	285	245	155	130	8.92	
	1/4x1	165	180	80	225	100	110	290	245	155	130	9.28	
120	1x1	180	195	85	210	95	135	315	265	175	145	10.28	
	1/2x1	180	195	85	240	110	115	315	265	175	145	11.04	
	1/3x1	180	195	85	225	100	110	295	265	175	145	10.23	
	1/4x1	180	195	85	240	110	110	305	265	175	145	10.83	

Tabla IV.8.- Dimensiones de cajas de mampostería para alcantarillas de tubo.

IV.2.- ALCANTARILLAS DE LOSA.

Para el diseño de una alcantarilla de losa las consideraciones generales a tomar son:

- Los claros serán de máximo 6.00 metros.
- El colchón máximo para este tipo de alcantarillas es de 4.25 metros.
- No existe un colchón mínimo.
- La losa será de concreto reforzado de un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ para claros de 1.00 a 4.00 metros y para claros mayores el concreto será de resistencia de 200 kg/cm^2 .
- Los estribos y los aleros serán de mampostería de 3ª clase, existen estribos mixtos de mampostería con zapatas de concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.

Al igual que para las alcantarillas de tubo, existen tablas para el diseño rápido de las alcantarillas de losa.

A continuación se muestra una tabla para el cálculo de las longitudes y de los diámetros del acero de refuerzo para losas con claro de 1.00m. Estas losas no llevan parrilla superior (Varillas "D" y "E") y en la parrilla inferior solo llevan varillas "A" y "C".

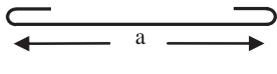
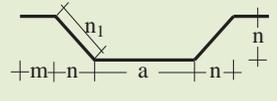
LISTA DE VARILLAS	
TIPO	CROQUIS
Varillas "A"	
Varillas "B"	
Varillas "C"	
Varillas "D"	
Varillas "E"	
Varillas "F"	

Tabla IV.9.- Tipos de varillas.

COLCHON	e	$\frac{L}{2}$	VOL. m ³ /m	PARRILLA INFERIOR													
				VARILLAS "A"				VARILLAS "B"						VARS. "C"			
				φ	ESP	a	LONG	φ	ESP	a	n	n ₁	m	LONG	φ	ESP	N°
0.00 a 0.75	18	70	0.252	1.27	10	120	154	-	-	-	-	-	-	-	1.27	20	7
0.75 a 1.25	12	70	0.168	0.95	11	124	150	-	-	-	-	-	-	-	0.95	24	6
1.25 a 1.75	11	70	0.154	0.95	12	124	150	-	-	-	-	-	-	-	0.95	24	6
1.75 a 2.25	10	70	0.140	0.95	11	124	150	-	-	-	-	-	-	-	0.95	24	6
2.25 a 2.75	12	70	0.168	0.95	10.5	124	150	-	-	-	-	-	-	-	0.95	21	7
2.75 a 3.25	12	70	0.168	0.95	10	124	150	-	-	-	-	-	-	-	0.95	20	7
3.25 a 3.75	12	70	0.168	1.27	12.5	120	154	-	-	-	-	-	-	-	1.27	30	5
3.75 a 4.25	12	70	0.168	1.27	11.5	120	154	-	-	-	-	-	-	-	1.27	30	5

Tabla IV.10.- Acero de refuerzo para losas de 1.00 metros de claro.

Para el diseño de estribos de una losa de 1.00 metros de claro y considerando una altura del estribo de 1.50 metros y una capacidad de carga del terreno de 1.00 kg/cm², tenemos la siguiente información:

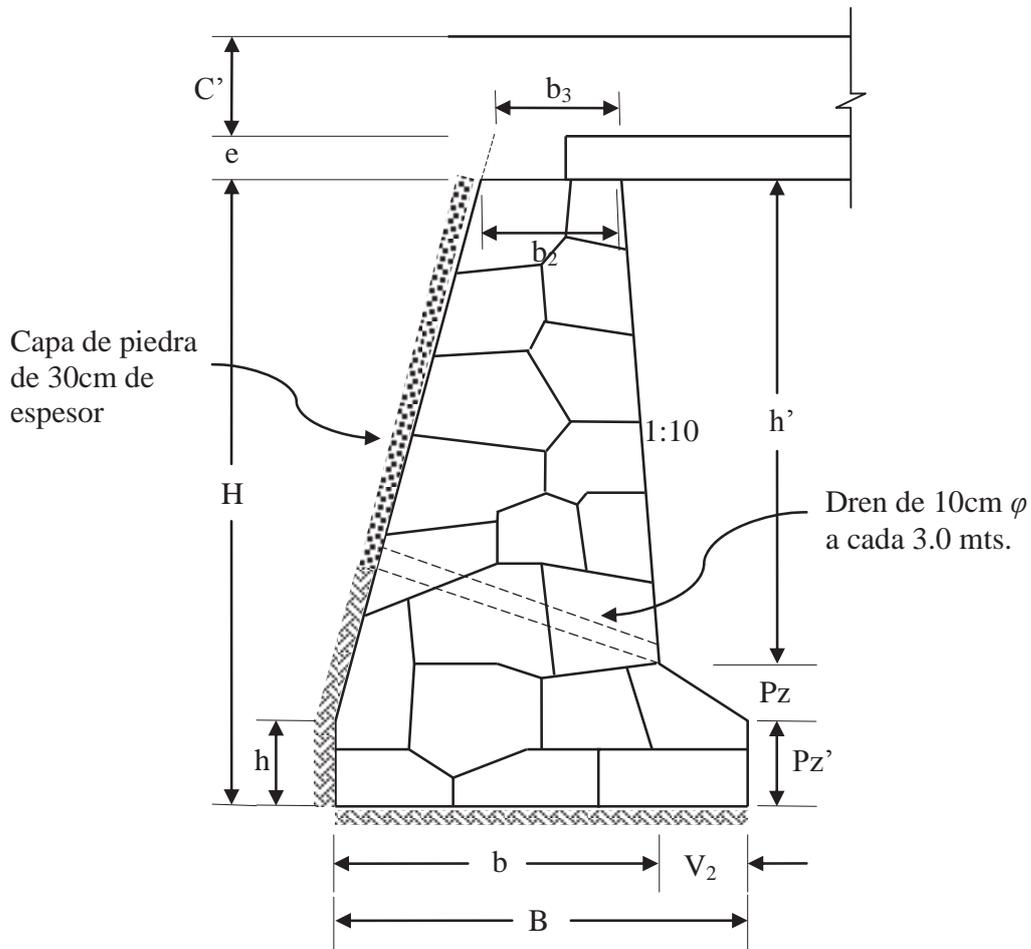


Fig. IV.6.- Estribos de mampostería para losas.

H (m)	C' (m)	B (m)	b (m)	v _z (m)	b ₂ (m)	b ₃ (m)	H (m)	h' (m)	Pz (m)	Pz' (m)	ft (kg/cm ²)
1.50	0.30	0.96	0.71	0.25	0.35	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00
1.50	1.00	1.02	0.77	0.25	0.35	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00
1.50	1.50	1.06	0.81	0.25	0.34	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00
1.50	2.00	1.11	0.83	0.28	0.35	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00
1.50	2.50	1.17	0.87	0.30	0.35	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00
1.50	3.00	1.34	1.04	0.30	0.40	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00
1.50	3.50	1.67	1.36	0.31	0.40	0.30	0.50	1.00	0	0.50	1.00

Tabla IV.11.- Dimensiones de estribos para claros de un metro, altura de estribos de 1.50 metros y capacidad de carga del terreno de 1 kg/cm².

IV.3.- ALCANTARILLAS DE BOVEDA.

Consideraciones generales para el diseño de alcantarillas de bóveda de medio punto.

- Para las alcantarillas de bóveda se requiere un colchón mínimo de 1.00 metros.
- Se construirán de mampostería de 3^{ra} clase con mortero cemento-arena 1:5.
- En el cierre del arco se colocará una clave de concreto simple de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$
- Las juntas del arco serán radiales y con cuatrapeo longitudinal.
- Los terraplenes se deberán colocar 15 días después de haber construido la alcantarilla, mediante capas de 30 centímetros de espesor atacándose ambos lados simultáneamente.

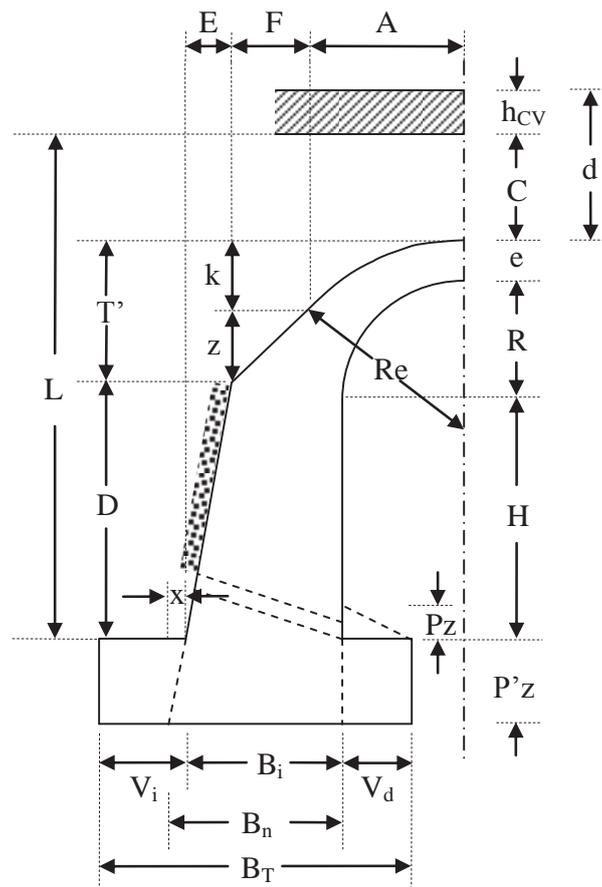


Fig. IV.7.- Estribos de mampostería para bóvedas.

H	D	e	Re	A	F	D	B _i	V _i	V _d	B _T	Pz'	Pz	f	F ₁	F ₂	V
R = 0.50m																
1.00	2.00	0.25	1.05	0.49	0.31	1.47	0.75	0.25	0.30	1.30	0.50	-	0.59	0.60	1.50	3.210
1.00	3.00	0.25	1.04	0.50	0.31	1.46	0.75	0.25	0.20	1.20	0.50	-	0.87	0.70	1.80	3.122
1.00	4.00	0.25	1.03	0.51	0.30	1.44	0.75	0.25	0.20	1.20	0.50	-	1.14	0.80	2.16	3.108
1.00	5.00	0.25	1.02	0.52	0.30	1.43	0.75	0.25	0.15	1.15	0.50	-	1.38	0.90	2.45	3.068
1.00	6.00	0.25	1.00	0.53	0.29	1.42	0.75	0.25	0.15	1.15	0.50	-	1.60	1.02	2.76	3.058
1.00	7.00	0.25	0.99	0.54	0.29	1.41	0.75	0.25	0.15	1.15	0.50	-	1.80	1.20	3.00	3.066
1.00	8.00	0.25	0.98	0.55	0.28	1.39	0.75	0.25	0.15	1.15	0.50	-	1.97	1.40	3.27	3.050

Tabla IV.12.- Dimensiones de estribos para claros de un metro, altura de estribos de 1.50 metros y capacidad de carga del terreno de 1 kg/cm².

NOMENCLATURA:

d = Espesor del colchón sobre la clave más la carga viva traducida a espesor de colchón. (metros).

C = Espesor real del colchón sobre la clave, (metros).

h_{CV} = Carga viva traducida a espesor de colchón, (metros).

R = Radio del intradós, (metros).

Re = Radio del extradós, (metros).

e = Espesor de la clave, (metros).

B_T = Ancho total del cimiento, (metros).

V_i, V_d = Escalones del cimiento, (metros).

P'z = Peralte del cimiento, (metros).

f = Esfuerzo unitario de compresión en el desplante del cimiento (kg/cm²).

F₁, F₂ = Esfuerzos unitarios en el desplante, cuando se eliminan escalones, (kg/cm²).

V = Volumen de mampostería (m³/m).

Para obtener el área hidráulica efectiva en el cañón de las bóvedas se tiene la siguiente tabla.

LUZ (2R)	ESPACIO LIBRE (E)	ALTURA (h)	AREA EN EL CAÑÓN (Az)
mts.	mts.	mts.	m ² .
1.00	0.30	0.20	0.195
1.50	0.40	0.35	0.505
2.00	0.50	0.50	0.957
2.50	0.60	0.65	1.548
3.00	0.70	0.80	2.281
3.50	0.80	0.95	3.153
4.00	0.90	1.10	4.166

Tabla IV.13.- Tabla para la obtención del área efectiva en el cañón de las bóvedas.

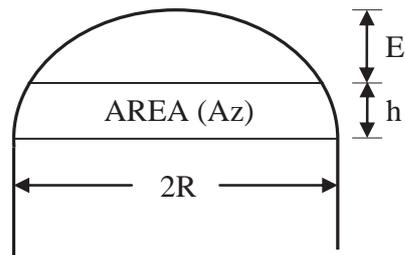


Fig. IV.8. Área en el cañón de una bóveda.

CAPITULO V.- UBICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR EN EL CAMINO.

V. I .- RESUMEN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL PROYECTO.

Como se menciona en el Capítulo I, el camino que se rehabilitará y el cual es el centro de este trabajo; se localiza en la parte sur-poniente de la cabecera municipal de Ixtapan del Oro.

El tramo carretero a rehabilitar cuenta con una longitud total de 1589 metros, contando con el cadenamiento 8+251 de inicio y 9+840 como cadenamiento final. En general el camino tiene una pendiente longitudinal positiva contando solo con pequeños tramos en los que la pendiente es negativa, y debido a estos cambios de pendiente tenemos dos columpios ubicados en los cadenamientos 8+340 y 9+010.

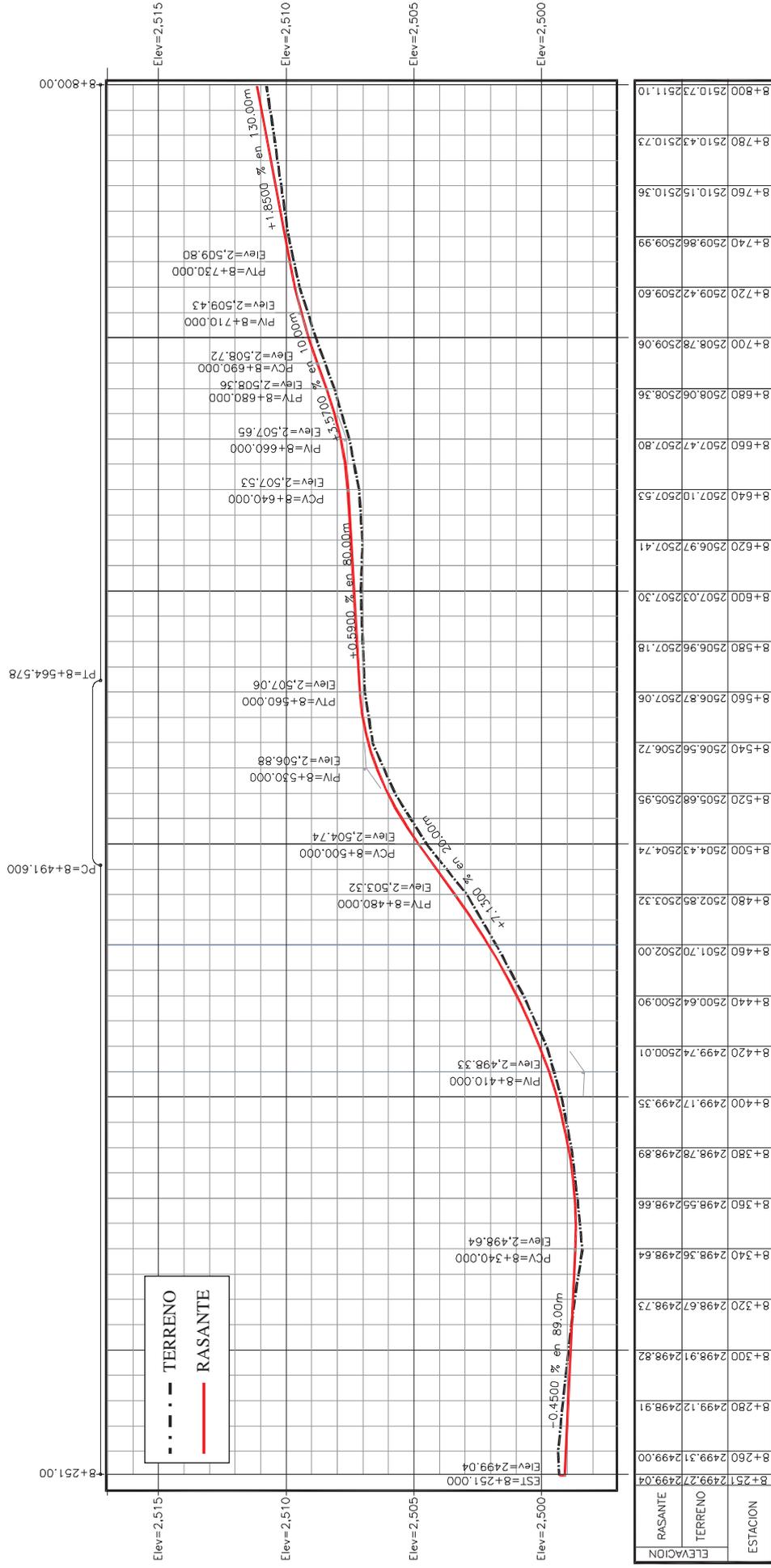


Fig. V.1.- Perfil del camino 1/3.

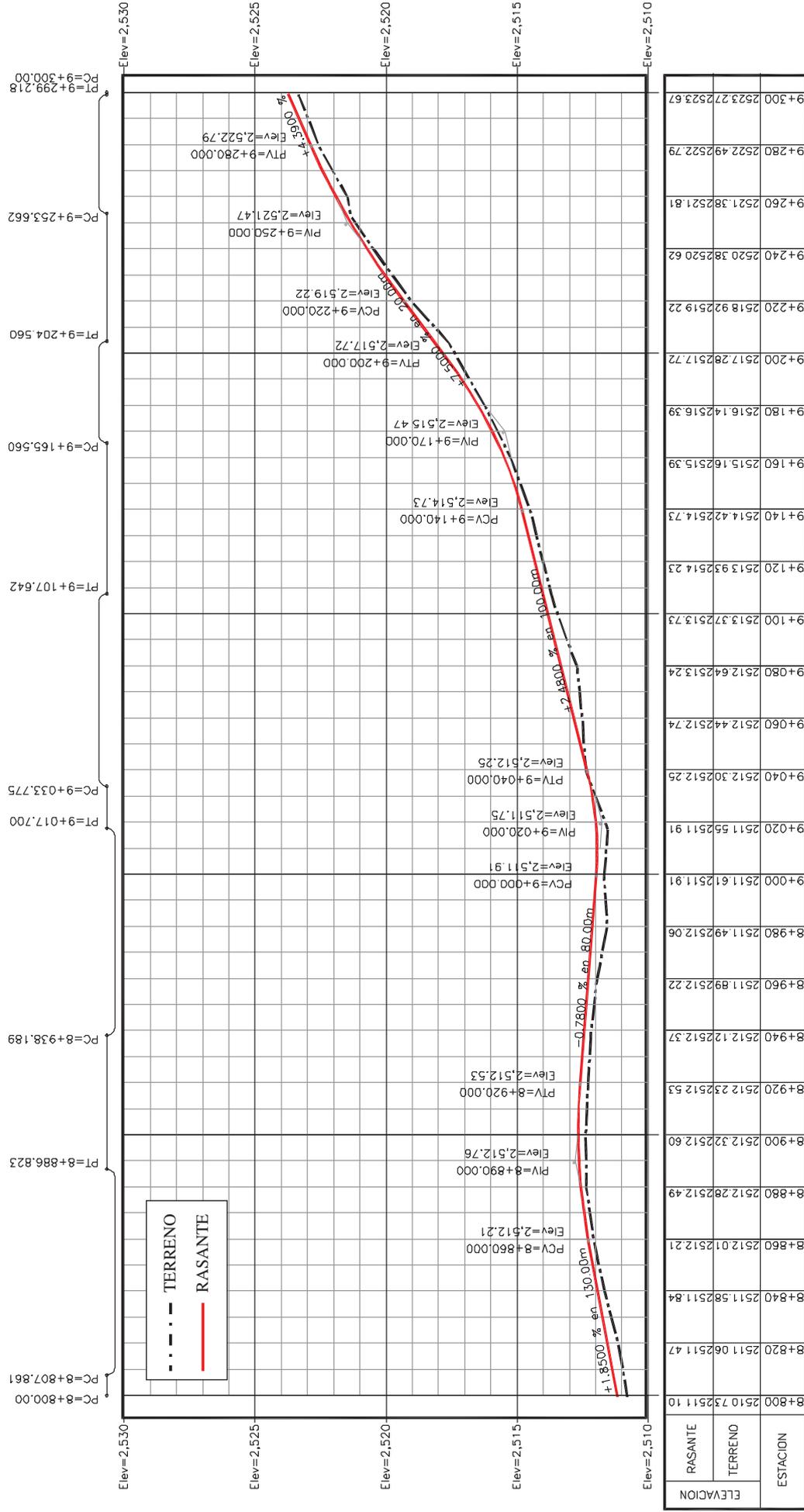


Fig. V.2.- Perfil del camino 2/3.

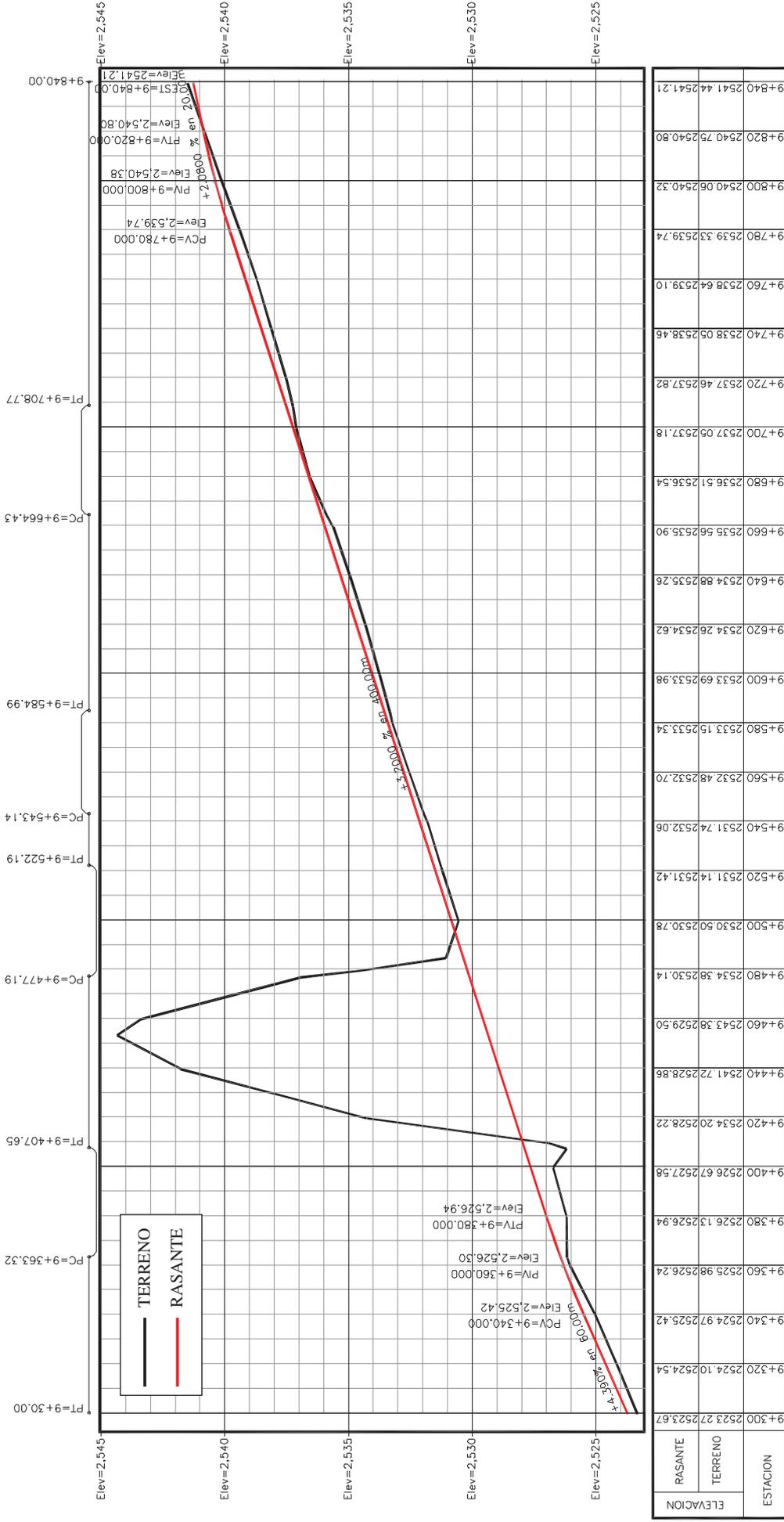


Fig. V.3.- Perfil del camino 3/3.

Las secciones transversales obtenidas, en su gran mayoría son mixtas (balcón) con escurrimiento hacia el lado izquierdo del camino, tal como se puede apreciar en las siguientes imágenes:



Fig. V.4.- Topografía del camino en el cadenamiento 9+020.



Fig. V.5.- Topografía del camino en el cadenamiento 9+640.

En cuanto a lo que se refiere al drenaje longitudinal del camino tenemos que debido al perfil y a las secciones transversales obtenidas se requieren las siguientes obras de drenaje complementarias:

CUNETAS			
LADO IZQUIERDO	LONGITUD	LADO DEREHO	LONGITUD
KM. 9+120 – KM. 9+140	20 M.	KM. 8+280 – KM. 8+340	60 M.
KM. 9+420 – KM. 9+500	80 M.	KM. 8+420 – KM. 8+440	20 M.
KM. 9+680 – KM. 9+720	40 M.	KM. 8+500 – KM. 8+600	100 M.
		KM. 8+700 – KM. 8+800	100 M.
		KM. 8+840 – KM. 8+960	120 M.
		KM. 9+010 – KM. 9+120	110 M.
		KM. 9+140 – KM. 9+400	260 M.
		KM. 9+420 – KM. 9+840	420 M.
TOTAL	140 M.	TOTAL	1,190 M.

Tabla. V.1.- Resumen de cunetas.

BORDILLOS			
LADO IZQUIERDO	LONGITUD	LADO DEREHO	LONGITUD
KM. 8+251 – KM. 8+460	209 M.	KM. 8+251 – KM. 8+280	29 M.
KM. 8+520 – KM. 8+580	60 M.	KM. 8+340 – KM. 8+420	80 M.
KM. 8+620 – KM. 9+040	420 M.	KM. 8+440 – KM. 8+500	60 M.
KM. 9+080 – KM. 9+120	40 M.	KM. 8+600 – KM. 8+700	100 M.
KM. 9+140 – KM. 9+160	20 M.	KM. 8+800 – KM. 8+840	40 M.
KM. 9+220 – KM. 9+240	20 M.	KM. 9+120 – KM. 9+140	20 M.
KM. 9+320 – KM. 9+420	100 M.		
KM. 9+500 – KM. 9+540	40 M.		
KM. 9+600 – KM. 9+640	40 M.		
KM. 9+740 – KM. 9+840	100 M.		
TOTAL	1,049 M.	TOTAL	329 M.

Tabla. V.2.- Resumen de bordillos.

LAVADEROS			
LADO IZQUIERDO	LONGITUD	LADO DEREHO	LONGITUD
KM. 8+340	2.00 M.	KM. 8+340	1.20 M.
KM. 8+400	1.50 M.	KM. 8+420	1.80 M.
KM. 8+620	1.10 M.	KM. 8+500	3.60 M.
KM. 8+680	1.40 M.	KM. 8+600	1.90 M.
KM. 8+740	1.20 M.	KM. 8+630	2.40 M.
KM. 8+800	1.20 M.	KM. 8+700	2.20 M.
KM. 8+860	1.00 M.	KM. 8+800	3.10 M.
KM. 8+920	1.40 M.	KM. 8+840	3.00 M.
KM. 8+980	2.40 M.	KM. 9+010	1.25 M.
KM. 9+120	1.50 M.	KM. 9+140	1.50 M.
KM. 9+220	1.75 M.	KM. 9+420	1.75 M.
KM. 9+320	1.80 M.	KM. 9+500	2.50 M.
KM. 9+360	1.50 M.		
KM. 9+420	1.80 M.		
KM. 9+600	2.50 M.		
KM. 9+680	2.10 M.		
KM. 9+740	1.75 M.		
KM. 9+800	2.25 M.		

Tabla. V.3.- Resumen de lavaderos.

De acuerdo con lo visto en el perfil del camino, se requieren dos alcantarillas de alivio, es decir, alcantarillas para poder encauzar el agua de las cunetas a algún escurrimiento natural.

Estas alcantarillas estarán ubicadas en los cadenamientos 8+340 y 9+010. El tipo de alcantarillas para estos casos serán de tubo con cajas de llegada aguas arriba de las alcantarillas.

V.2.- LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE.

Tal como se indicó anteriormente se requerirán dos alcantarillas de alivio en los cadenamientos 8+340 y 9+010, y además de éstas, existen dos alcantarillas más, una alcantarilla de losa y una bóveda.

A continuación se muestra la relación de todas las alcantarillas de este camino:

OBRA	CADENAMIENTO	DESCRIPCION
1	8+340.00	Nueva alcantarilla de tubo (Alivio). Drenara a la izquierda. Normal en tangente.
2	8+873.90	Obra existente de losa de 1.0 x 1.0 mts. Radial en curva izquierda, drena a la izquierda.
3	9+010.00	Nueva alcantarilla de tubo (Alivio). Drenara a la izquierda. Normal en tangente.
4	9+398.90	Obra existente de bóveda de 2.60x2.60 mts. Esviaje de 41° izquierdo, drena a la izquierda.

Tabla. V.4.- Tabla de alcantarillas.

A continuación su muestra el reporte fotográfico de los sitios donde estarán las alcantarillas nuevas, así como las imágenes de las alcantarillas existentes:

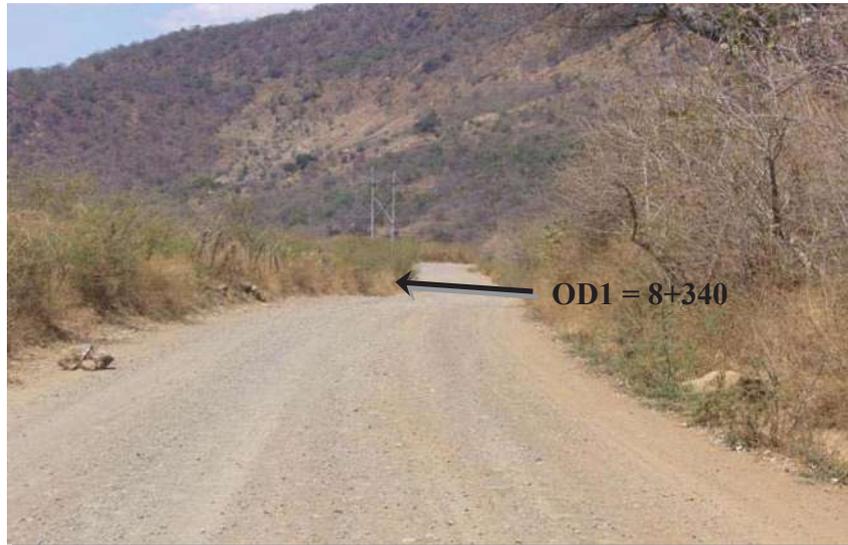


Fig. V.6.- Localización de la primera alcantarilla en el cadenamiento 8+340.
(Alcantarilla nueva.)



Fig. V.7.- Localización de la segunda alcantarilla en el cadenamiento 8+873.90.
(Alcantarilla de losa de 1.00 x 1.00 mts.)



Fig. V.8.- Localización de la tercera alcantarilla en el cadenamiento 9+010.
(Alcantarilla nueva.)

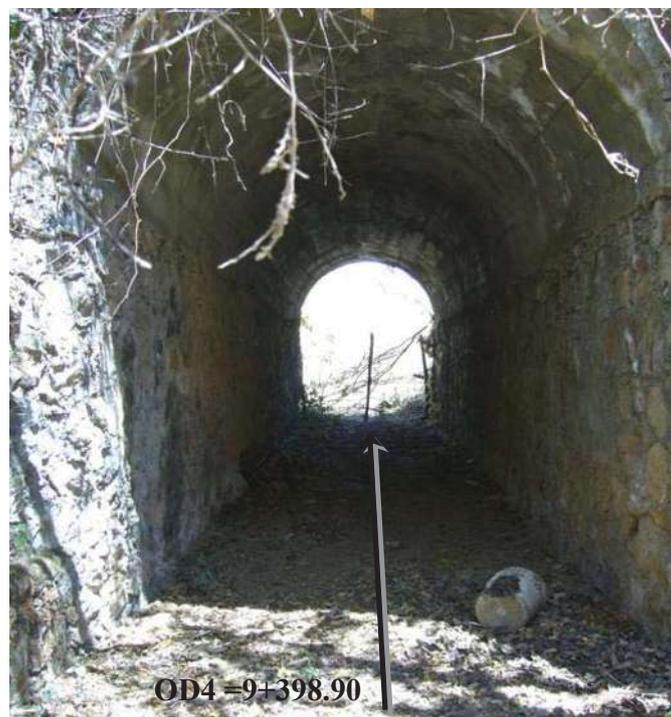


Fig. V.9.- Localización de la cuarta alcantarilla en el cadenamiento 9+398.90.
(Alcantarilla de bóveda de 2.60 x 2.60 mts.)

De acuerdo con lo visto en el recorrido que se realizó para reconocimiento del camino, se observó que las obras de drenaje existentes, tanto la de losa como la de bóveda están en excelentes condiciones y que son funcionales, por tal motivo se considera que no es necesaria la rehabilitación de estas alcantarillas ya que además de su buen estado físico su longitud es tal que permite que las terracerías del nuevo proyecto queden completamente apoyadas.

Para las nuevas obras de drenaje, se diseñarán alcantarillas de tubo y se les colocaran cajas en la llegada para captar los escurrimientos de las cunetas y/o bordillos.

De acuerdo con lo especificado en el contrato que celebraron la empresa proyectista y la dependencia gubernamental para la cual se hizo el proyecto ejecutivo de la rehabilitación de éste camino, las alcantarillas de tubo deberán tener un diámetro de 1.20 metros.

REHABILITACIÓN DEL CAMINO SALINAS - EL CHILAR, TRAMO DEL KM 8+251 AL KM 9+840, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DEL ORO, EN EL ESTADO DE MÉXICO.

OBRA EXISTENTE: NO EXISTE.

ALCANTARILLA DE TUBO DE CONCRETO REFORZADO DE $\phi=1.20$ MTS, NORMAL EN TANGENTE, ESTACION 8+340.00, DRENA A LA IZQUIERDA.

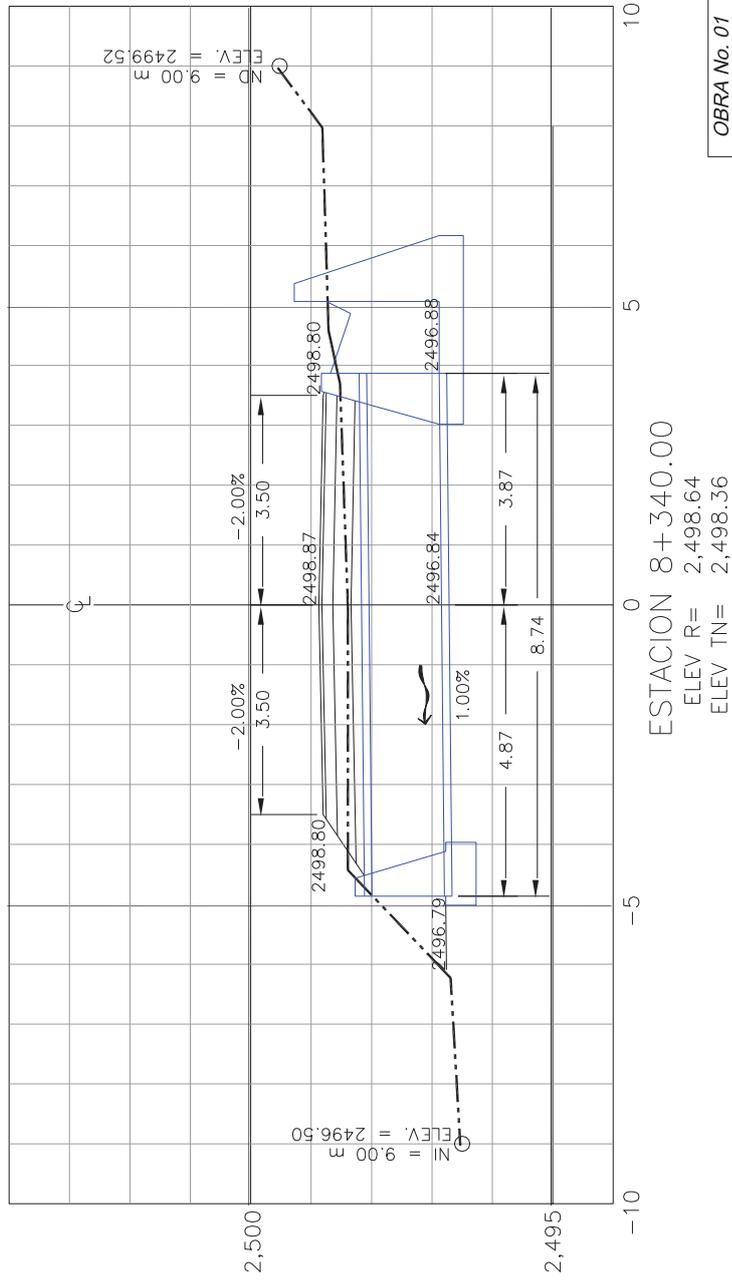


Fig. V.10.- Perfil de Alcantarilla 1.

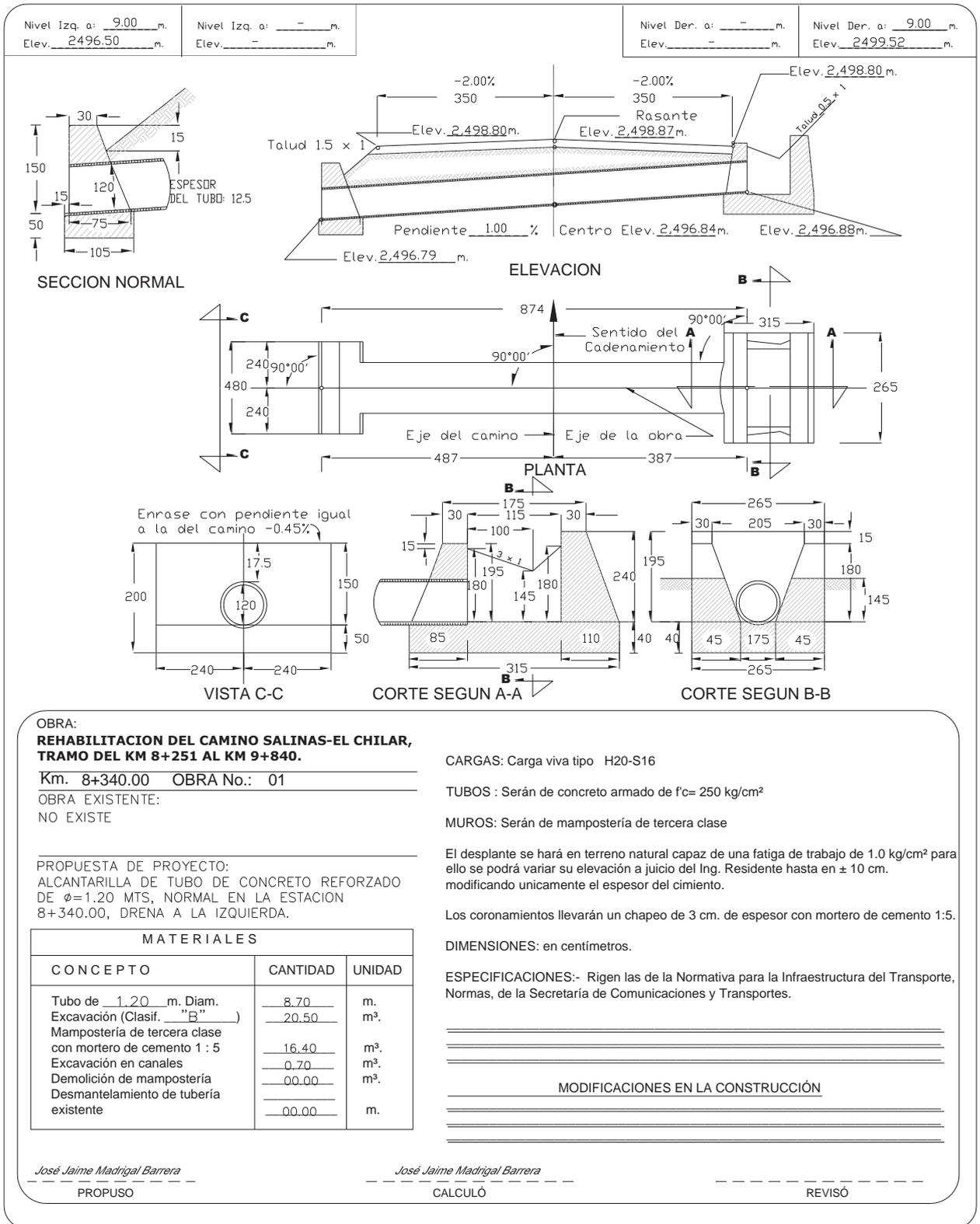


Fig. V.11.- Diseño de Alcantarilla 1.

REHABILITACIÓN DEL CAMINO SALINAS - EL CHILAR, TRAMO DEL KM 8+251 AL KM 9+840, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DEL ORO, EN EL ESTADO DE MÉXICO.

PERFIL TOPOGRÁFICO

OBRA EXISTENTE: NO EXISTE.

ALCANTARILLA DE TUBO DE CONCRETO REFORZADO DE $\phi=1.20$
 PROPUESTA DE PROYECTO: MTS, NORMAL EN TANGENTE, ESTACION 9+010.00, DRENA A LA IZQUIERDA.

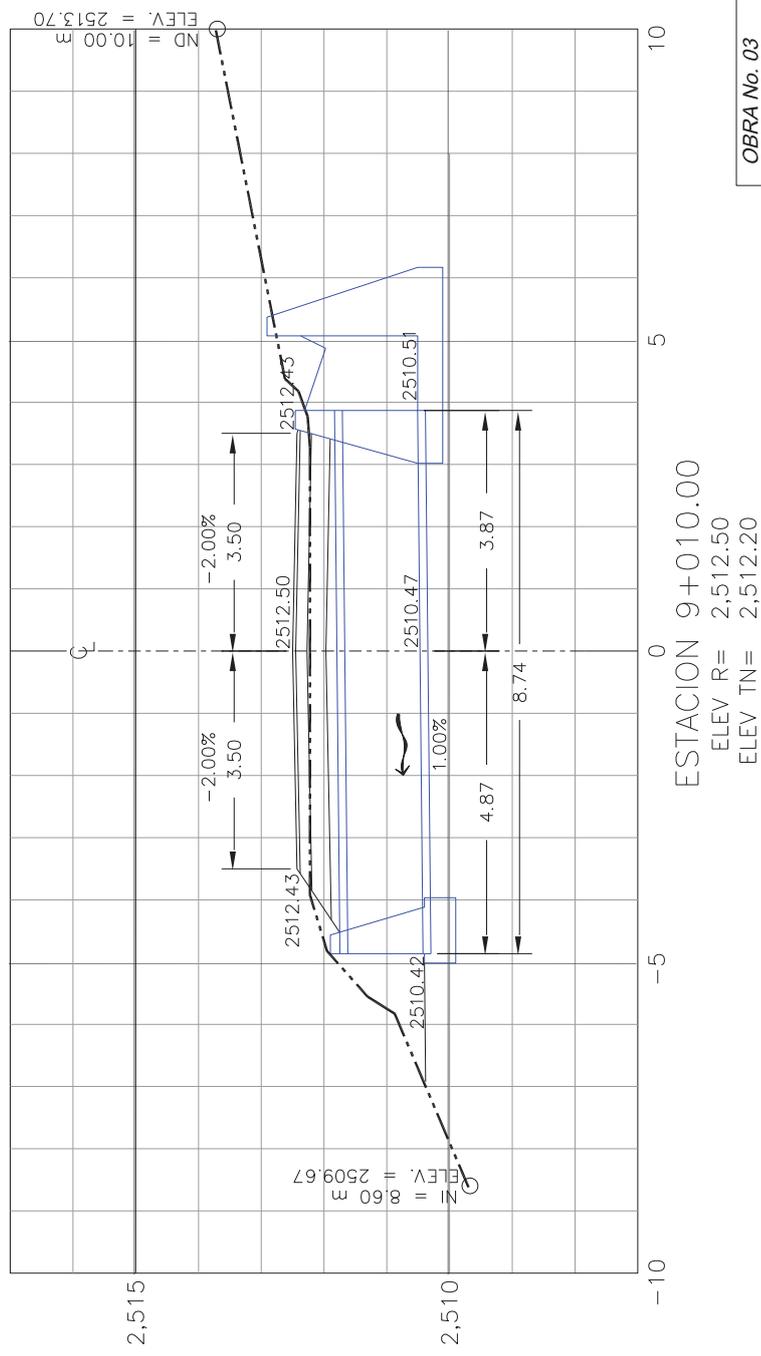


Fig. V.12.- Perfil de Alcantarilla 3.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ALCANTARILLAS		VOLUMENES DE OBRA						
No	KM	OBRA EXISTENTE	PROYECTO	EXC. PARA ESTRUCTURAS m ³	EXC. EN CANALES m ³	MAMPOSTERIA 3ra m ³	ZAMPEADO m ³	TUBO DE CONCRETO REFORZADO $\phi=1.20m$ m
1	8+340.00	No existe.	Alcantarilla de tubo (Alivio). Drenara a la izquierda. Normal en tangente.	20.50	0.70	16.40	0.00	8.70
2	8+873.90	Obra existente de losa de 1.0 x 1.0 mts. Radial en curva izquierda, drena a la izquierda.	Sin trabajos adicionales.	-	-	-	-	-
3	9+010.00	No existe.	Alcantarilla de tubo (Alivio). Drenara a la izquierda. Normal en tangente.	23.00	1.30	16.40	0.00	8.70
4	9+398.90	Obra existente de bóveda de 2.60x2.60 mts. Esviaje de 41° izquierdo, drena a la izquierda.	Sin trabajos adicionales.	-	-	-	-	-
TOTAL				43.50	2.00	32.80	0.00	17.40

Tabla. V.5.- Tabla de resumen de alcantarillas.

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Para la rehabilitación del camino Salinas-El Chilar, y de acuerdo con el drenaje longitudinal, se requerirá de la construcción de dos alcantarillas de alivio, las cuales serán de tubo de concreto reforzado de 1.20 metros de diámetro. Estas alcantarillas estarán ubicadas en los cadenamientos 8+340 y 9+010, con la finalidad de retirar del camino el agua acumulada en las cunetas y en los bordillos.

Para el paso de los escurrimientos que se presentan de manera transversal al camino, son suficientes las dos alcantarillas existentes, la alcantarilla de losa en el cadenamiento 8+873.90 y la alcantarilla de bóveda ubicada en el cadenamiento 9+398.90.

En la realización de este proyecto, así como en la gran mayoría de los proyectos de caminos de nuestro país, se carece del diseño de pasos a desnivel para animales así como el diseño de alcantarillas para el paso de peces. La realización de este tipo de obras es de suma importancia ya que al realizar un camino no solo se afecta la topografía de la zona y el escurrimiento natural del agua, sino que también se altera considerablemente la vida silvestre.

Al no realizar este tipo de cruces se daña el hábitat de los animales que viven en la zona además de que esto representa un peligro para los automovilistas que transitan por el camino ya que puede presentarse algún accidente al encontrarse algún animal sobre la vialidad. Por tanto es recomendable que se preste más atención al estudio de impacto ambiental al momento del diseño del camino, principalmente por parte de las dependencias al momento de realizar las bases de licitación, para con ello obligar a las empresas a realizar este tipo de trabajos.

En cuanto al diseño de las alcantarillas, es muy importante el estudio hidrológico para así poder diseñar obras realmente funcionales. En ocasiones el tiempo apremia y se tienen que realizar los trabajos de gabinete de manera ágil pero sin dejar de lado el correcto diseño del camino. En la actualidad existen diversos programas para el diseño de alcantarillas de manera rápida y precisa.

Un ejemplo de este tipo de programas es “HY-8”, este programa fue diseñado en el 2008 por “Federal Highway Administration” de los Estados Unidos.

Este programa nos permite un diseño sencillo y rápido de las alcantarillas ya que nos presenta una tabla de datos donde se colocan los valores de cada obra de drenaje y en automático nos despliega una serie de tablas de resultados así como los dibujos correspondientes de la alcantarilla. La única limitante de este programa es que solo existe en inglés.

Al igual que el programa “HY-8” existe una variedad de software que nos permite diseñar alcantarillas. Al usar este tipo de programas se debe tener atención en los valores que se le da a cada alcantarilla así como en los parámetros de diseño que tienen por defecto estos programas, ya que al ser diseñados en otro país, probablemente no cumplan con los valores establecidos por la SCT.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Keller, G. y Sherar, J., Ingeniería de Caminos Rurales, Ed. US Agency for International Development, Trad. Instituto Mexicano del Transporte, México D. F., 2004.
- 2.- Etcharren, R., Manual de caminos vecinales. Representación y Servicios de Ingeniería, S.A. México, 1972
- 3.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. “Estructuras y Obras de Drenaje”. México D. F. 1983.
- 4.- Proyectos tipo de obras de drenaje para carreteras, Secretaría de obras Publicas, México D. F., 1965.
- 5.- Bocco, G., Cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo de integrado de cuencas, En: Cottler, H. (Comp.), El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios de Reflexiones para Orientar la Política Ambiental. Instituto de Ecología-Secretaria del Medio Ambiente, 2004.
- 6.- <http://dgst.sct.gob.mx/fileadmin/Isoyetas/michoacan>