



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

293582

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:
DANIEL RUBEN TRUJILLO MARTINEZ

SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MEXICO 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



VERDAD NACIONAL
SUPREMACÍA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

DANIEL RUBEN TRUJILLO MARTÍNEZ
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 17 de noviembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ PAULO MEJORADA MOTA pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV., LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 27 de noviembre del 2000

EL DIRECTOR

En R.I. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/RCC/lla.

A MIS PADRES:

*POR EL EJEMPLO, AMOR Y APOYO
QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO.
Y POR SU INSISTENCIA EN LA
CULMINACIÓN DE ESTE TRABAJO*

A MIS HERMANOS:

*ARTURO, LAURA, LUIS, ELISEO, GERARDO,
OSCAR Y LUZ MARÍA.
POR QUE CONTINUEMOS POR SIEMPRE
CON ESA UNIÓN Y CARIÑO QUE NOS
PERMITA SALIR ADELANTE EN LA VIDA.*

*A LA MEMORIA DE JOSÉ MANUEL, DONDE
QUIERA QUE SE ENCUENTRE.*

*CON TODO CARIÑO A MI ESPOSA
BENTURINA:*

*POR EL GRAN AMOR, CARIÑO,
COMPAÑÍA Y APOYO QUE SIEMPRE
ME HA DADO. QUE FUERON
DETERMINANTES PARA LA
REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.*

AL ING. J. PAULO MEJORADA MOTA::

*POR SU PACIENCIA, APOYO, CONFIANZA
Y DIRECCIÓN EN LA ELABORACIÓN
DEL PRESENTE TRABAJO*

AL ING. MIGUEL A. FLORES LIRA:

*POR LAS FACILIDADES Y LA AYUDA QUE
ME BRINDO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE
TRABAJO.*

*POR SU COOPERACIÓN DESINTERESADA,
A LOS INGENIEROS:*

*KARLA IVONNE GUTIÉRREZ VÁZQUEZ
PATROCINIO ARROYO HERNÁNDEZ
LUIS P. VIGUERAS MUÑOZ
MARTÍN ORTIZ LEÓN*

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

T E M A R I O

- I.- INTRODUCCIÓN**
- II.- ANTECEDENTES**
- III.- ESTUDIOS PREVIOS**
- IV.- FUNDAMENTOS GENERALES DE CANALES PRISMÁTICOS**
- V. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**
- VI.- DISEÑO HIDRÁULICO DEFINITIVO**
- VII.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**
- VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	ESTUDIOS PREVIOS	9
III.1	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	9
III.2	MARCO FÍSICO	10
III.2.1	Área de Estudio	11
III.2.2	Ubicación Geográfica	13
III.2.3	Clima	13
III.2.4	Hidrografía	14
III.2.5	Suelo y Vegetación	15
III.2.6	Vías de comunicación	15
III.2.7	Aspectos Socioeconómicos	16
III.3	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	16
III.3.1	Trazo De Poligonal de Apoyo	17
III.3.2	Nivelación de Perfil	18
III.3.3	Secciones Transversales	19

ÍNDICE GENERAL

III.3.4	Levantamiento de Detalle	20
III.4	ESTUDIO HIDROLÓGICO	20
III.4.1	Características Fisiográficas de la Cuenca	21
III.4.2	Información Disponible	22
III.4.3	Gastos Máximos	23
III.4.4	Periodo de Retorno	24
III.5	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	25
III.5.2	Exploración y Muestreo	26
III.5.3	Trabajos de laboratorio y análisis de Resultados	26
III.5.4	Procedimiento Constructivo	27
III.5.5	Trabajos realizados para el dren Lerma	28
IV.	FUNDAMENTOS GENERALES DE	29
	CANALES PRISMÁTICOS	
IV.1	CLASIFICACIÓN DE FLUJO EN CANALES	30
IV.1.1	De Acuerdo a su Comportamiento en el tiempo	30
IV.1.2	De Acuerdo a su Comportamiento en el espacio	31
IV.1.3	Según el Estado del Flujo	31
IV.2	ASPECTOS GENERALES PARA EL	32
	CÁLCULO HIDRÁULICO	
IV.2.1	Elementos geométricos de la Sección Transversal	33

ÍNDICE GENERAL

IV.2.2	Energía Especifica y Régimen Crítico	35
IV.2.3	Análisis Hidráulico. Flujo Uniforme	39
IV.2.3.1	Cálculo por Aproximaciones Sucesivas	40
IV.2.3.2	Método Gráfico	41
IV.2.4	Análisis Hidráulico. Flujo Permanente Gradualmente Variado	41
IV.2.4.1	Clasificación de los Perfiles del Flujo	42
IV.2.4.2	Cálculo del Flujo Gradualmente Variado. Método de Pasos	43
IV.3	CONSIDERACIONES COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO DE CANALES REVESTIDOS	46
IV.3.1	Material del Revestimiento	47
IV.3.2	Velocidad Mínima Permisible	47
IV.3.3	Velocidad Máxima Permisible	47
IV.3.4	Taludes	48
IV.3.5	Bordo Libre	48
IV.3.6	Sección más Económica	48

ÍNDICE GENERAL

V.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	50
V.1	ASPECTOS A CONSIDERAR	50
V.1.1	Proyecto de Modernización de la Vialidad	50
V.1.2	Ubicación del Canal	50
V.1.3	Condiciones Límite	52
V.1.4	Pendiente Permisible	53
V.2	PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS	54
V.2.1	Alternativa 1	51
V.2.2	Alternativa 2	60
V.3	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	61
V.4	ALTERNATIVA DEFINITIVA	62
VI.	DISEÑO HIDRÁULICO DEFINITIVO	63
VI.1	DATOS BÁSICOS DE PROYECTO	63
VI.2	ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL DREN LERMA EN CONDICIONES NATURALES	64
VI.3	DISEÑO HIDRÁULICO	67
VI.3.1	Régimen de Flujo	67
VI.3.2	Secuela de Cálculo	70

ÍNDICE GENERAL

VII.	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	75
VII.1	MEMORIA DESCRIPTIVA	75
VII.2	MEMORIA DE CÁLCULO	79
VII.3	CATÁLOGO DE CONCEPTOS	80
VII.4	PRESUPUESTOS	81
VII.5	ESPECIFICACIONES DE OBRA	81
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	95

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

I. INTRODUCCIÓN

I.- INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es el de presentar el diseño hidráulico del encauzamiento de un dren natural que conduce agua pluviales, aplicado a las condiciones específicas del dren existente en al Av. Lerma, tributario del Río Lerma, en el Municipio de San Mateo Atenco, Estado de México, teniendo dos directrices principales:

- La solución propuesta debe tener la capacidad de conducción suficiente para garantizar un eficiente desalojo del gasto pluvial a conducir, para eliminar los problemas de inundaciones que se presentan actualmente.
- Y además, la estructura propuesta en dicha solución debe permitir la modernización de la Av. Lerma.

El presente trabajo, que incluye el desarrollo de los trabajos realizados para lograr tales objetivos esta constituido por VIII capítulos, estructurados de la siguiente manera.

En el Capítulo II se detallan los antecedentes que motivaron la realización del presente trabajo, presentando un panorama general de las condiciones existentes en la zona y la problemática que justifica la necesidad de realizarlo.

Como en todo proyecto de Ingeniería Civil, para el diseño del encauzamiento de un dren es necesario realizar estudios previos que involucran diversas disciplinas como son la Topografía,

la Hidrología, la Geotecnia, entre otras, que permitan obtener la información requerida para la realización del proyecto. En el Capítulo III se presentan los estudios básicos y el análisis de la información obtenida en campo y analizada en Gabinete. Se describen en forma sucinta los levantamientos topográficos realizados y los resultados obtenidos, los criterios empleados en el Estudio Hidrológico realizado para determinar el gasto de diseño, los Estudios geotécnicos realizados, así como la información obtenida en cuanto a infraestructura existente se refiere.

Por los requerimientos específicos del proyecto, la solución adoptada para el encauzamiento del canal que permita la modernización de la vialidad, necesariamente será una estructura del tipo de un canal prismático, ya sea una tubería, un conducto cerrado o un canal a cielo abierto revestido, por lo que en el Capítulo IV se incluyen los fundamentos teóricos para el diseño hidráulico de este tipo de estructuras. El diseño de canales no revestidos queda fuera de los alcances del presente trabajo.

En el capítulo V se presenta el planteamiento de al menos dos alternativas de solución para el encauzamiento del dren, considerando que como en todo proyecto de ingeniería, deben tomarse en cuenta cuando se plantea la solución de un problema dos aspectos fundamentales: el Técnico y el Económico, por lo tanto, se presenta un análisis comparativo de las propuestas de solución y la selección de la alternativa más adecuada desde los dos puntos de vista y de acuerdo con las directrices planteadas para el proyecto.

***DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.***

En el capítulo VI se presenta el Diseño Hidráulico de la alternativa seleccionada, aplicando los conceptos descritos en el capítulo IV.

Por su parte en el Capítulo VII se presenta la integración del proyecto, incluyendo las Memorias Descriptiva y de Cálculo, Cantidades de obra, Catálogo de Conceptos, Presupuestos y los planos de Proyecto correspondientes.

Finalmente, el Capítulo VIII lo conforman las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo de los trabajos.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

II. ANTECEDENTES

II.- ANTECEDENTES

Siendo el agua un elemento fundamental para la vida, desde tiempos remotos y a lo largo de la historia de la humanidad, las grandes civilizaciones fueron fundadas y han florecido en zonas cercanas a ríos y lagos, de los cuales obtenían el vital líquido para su subsistencia además de utilizar las corrientes como medio de transporte y comunicación. Como ejemplo podríamos mencionar a la civilización Egipcia, que se desarrollo en lar márgenes de río Nilo, la civilización de Mesopotanea, ubicada entre los ríos Tigris y Eufrates, y por supuesto, la civilización Azteca, que floreció al amparo del lago de Texcoco, en el Valle de México.

Al paso del tiempo, al alcanzar las civilizaciones un mayor desarrollo, y con la aparición de la agricultura, surgió la necesidad de realizar obras para conducir el agua hacia los campos de cultivo, así como también, para proteger a las comunidades en contra de las inundaciones en los periodos de lluvia y de crecientes de las corrientes.

Sin embargo, las primeras obras construidas, que eran realizadas con conocimientos empíricos, eran frecuentemente destruidas por las primeras avenidas que se presentaban en los cauces. Al paso del tiempo, con el desarrollo de las sociedades y los grandes avances tecnológicos y científicos, en donde se incluye la Ingeniería Hidráulica, es posible en la actualidad, realizar proyectos y obras para el control de inundaciones, con un alto grado de

*DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.*

seguridad para evitar o minimizar los daños causados por las corrientes durante la época de avenidas ocasionadas por las precipitación pluvial.

En México se han realizado desde tiempos remotos una gran cantidad de obras hidráulicas para proteger a las comunidades del País en contra de las inundaciones provocadas por el desbordamiento de las corrientes. Comenzando por el albarradón construido por Netzahualcoyotl, Rey de Texcoco, por encargo del Emperador Moctezuma para proteger a la Gran Tenochtitlán, hasta las obras de encauzamiento y canalización de diversas corrientes en el país, entre las que se encuentran los ríos Piedad y Churubusco.

El presente trabajo presenta el diseño hidráulico de la canalización de un dren natural, que surge de la necesidad de la modernización de una vialidad, como se describe en forma sucinta a continuación.

El Gobierno del Estado de México, como parte de un plan de desarrollo para las vías de comunicación entre la Ciudad de Toluca y los Municipio conurbados de Metepec y San Mateo Atenco, tiene contemplado realizar la modernización de la llamada Av. Lerma, en los límites de los municipios citados. El tramo de proyecto se muestra en la figura II.1, tiene una longitud aproximada de 5.4 km, iniciando a la altura de la Av. De los Eucaliptos, en el Unidad Habitacional San José de la Pila, en el Municipio de Metepec, finalizando a la altura del cruce con la Av. De las Torres, ya dentro del Municipio de San Mateo Atenco.

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO.

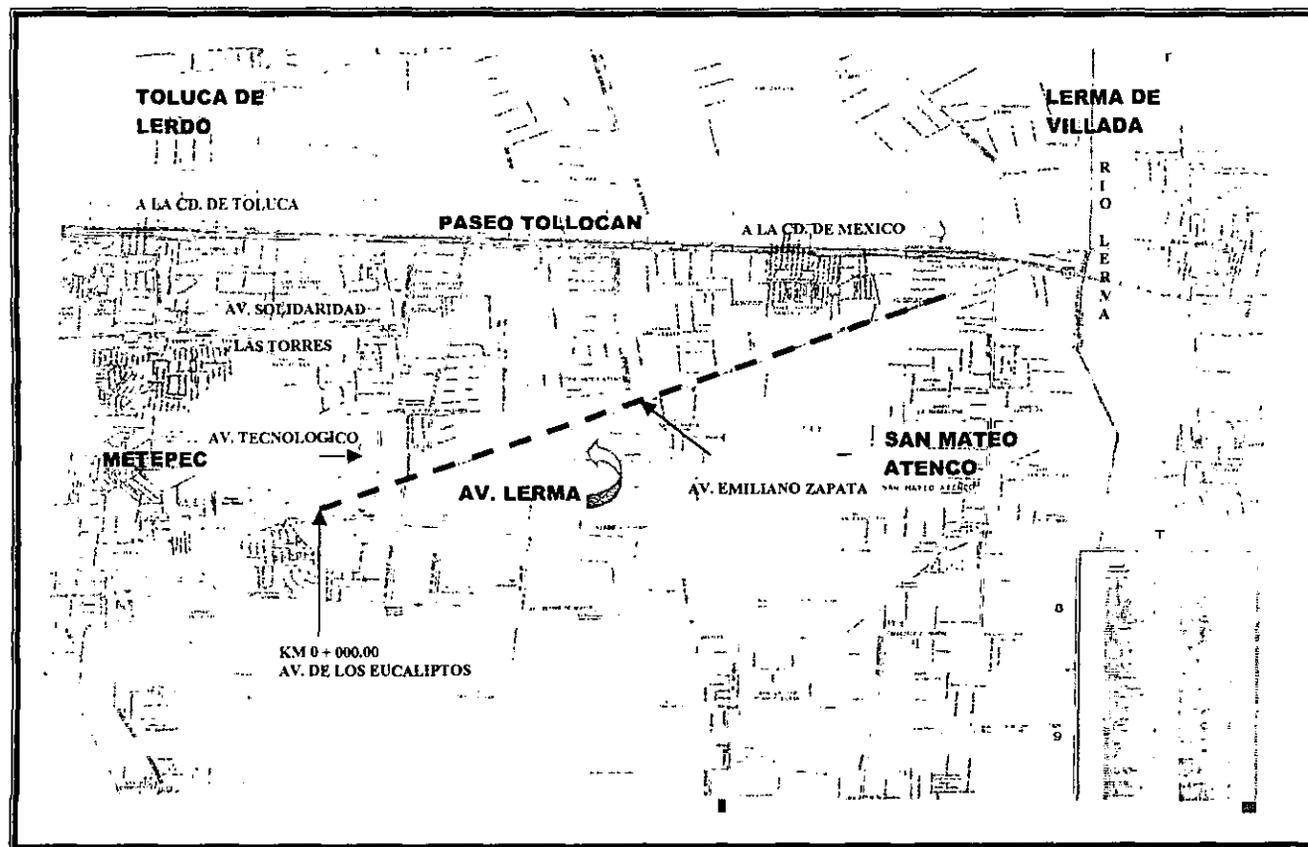


FIG. II.1

UBICACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO

FUENTE: PLANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA. ELABORADO POR GUA ROJI, EN 1994

La finalidad principal de la Modernización de esta avenida, es la de contar con una vía alterna a al Paseo Tollocán, ya que a pesar de la modernización que se ha hecho de este, incluyendo la construcción de varios puentes y la rehabilitación de los existen, sigue padeciendo por el intenso trafico que presenta, principalmente los días Viernes, cuando la actividad comercial en la Cd. de Toluca se incrementa notablemente, y los fines de semana en donde el flujo de paseantes provenientes de la Ciudad de México en transito al Municipio de Valle de Bravo es constante.

De tal manera que además de la modernización de la Av. Lerma en el tramo citado, El gobierno del Estado tiene contempladas otras acciones a realizarse en forma gradual, en concordancia con la disponibilidad de recursos, entre las que se encuentran en la modernización de la prolongación de la Av. Lerma, conocida como Paseo San Isidro hasta la intersección con el Boulevard Toluca Metepec (Paseo Pino Suarez), para después continuar hasta entroncar con el Pase Colón, a la altura de la localidad de Capultitlán, en donde se podrá continuar por la Calzada al Pacifico rumbo a Valle de Bravo, formando una especie de Libramiento de la Cd. de Toluca. Adicionalmente a estas acciones, se tiene contemplada también prolongar la Av. Solidaridad Las Torres hasta entroncar con la Av. Lerma de tal manera que se cuente con alternativas de vialidad que permitan dosificar el flujo de vehículos por las tres vialidades alternas para disminuir los problemas de circulación en el Paseo Tollocan. El volumen de tránsito promedio diario esperado con la modernización de la Av. Lerma es del orden de los 10,000 vehículos por día.

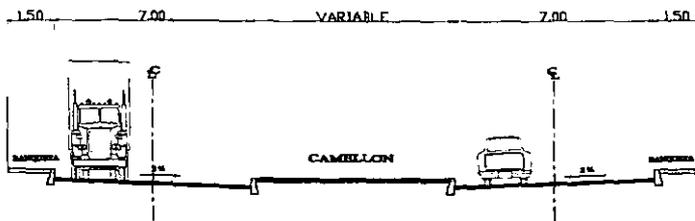
***DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.***

La modernización de la Av. Lerma consiste en la construcción de dos cuerpos de 7.00 m de ancho con dos carriles de circulación cada uno de ellos, con banquetas de 1.50 m de ancho y un camellón central de ancho variable cuya dimensión mínima será de 1.00 m. Por las condiciones existentes en el lugar, en los primeros 3 km, en donde la vialidad consiste en un camino de terracería, el camellón tendrá un ancho variable, mientras que en la longitud restante en donde existe una vialidad con carpeta asfáltica de dos carriles de circulación, por restricciones en el ancho total el camellón será de 1.00 m. Las secciones de proyecto tipo para ambos tramos se muestran en la figura II.2, en donde se muestran también las secciones existentes para ambos tramos.

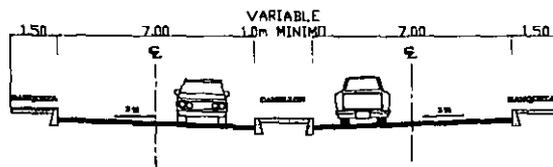
Sin embargo, como se puede apreciar en la figura citada, escurre a lo largo del tramo, paralelo a la vialidad existente, un dren natural que conduce aguas pluviales con algunas descargas de aguas negras, de tal forma que en el proyecto de la Modernización de la Av Lerma, necesariamente debe incluirse el proyecto de canalización del dren existente, debiendo contemplarse en forma integral la solución de ambas problemáticas.

Por su parte el dren existente en la Av. Lerma forma parte de una serie de canales que se utilizan como estructuras de drenaje pluvial para desalojar las aguas generadas en la Región Hidrológica denominada "Orígenes del Río Lerma, la cual se origina en el Nevado de Toluca.

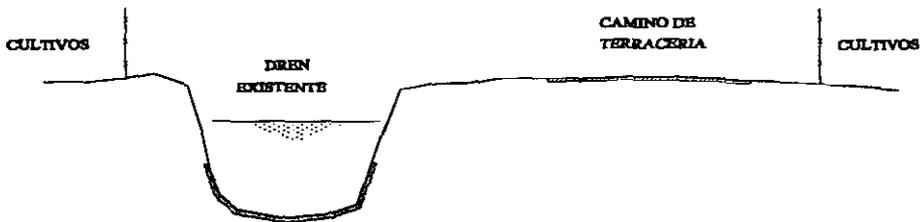
DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO



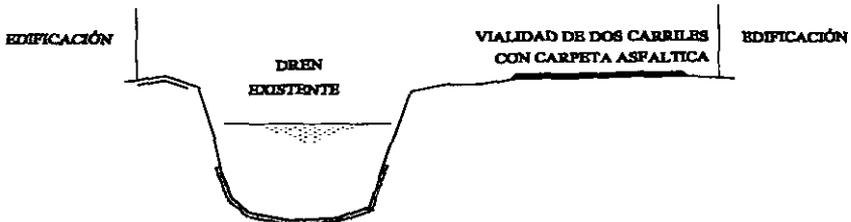
SECCION TIPO DE PROYECTO. DE KM 0+000 A KM 3+000



SECCION TIPO DE PROYECTO. DE KM 3+000 A KM 5+500



SECCION EXISTENTE. DE KM 0+000 A KM 3+000



SECCION EXISTENTE. DE KM 3+000 A KM 5+500

FIG. II.2 SECCIONES TIPO DE MODERNIZACIÓN DE VIALIDAD

Esta corriente se origina en las estribaciones del Nevado de Toluca , a una altitud de 3,500 msnm, es conocido en su nacimiento como "Arroyo Arenal" o "Las Jaras". Su área de aportación es de aproximadamente 24.8 km² con un gasto de aportación en períodos de lluvias del orden 16 m³/s. Esta contemplado dentro del " PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL" para la zona de los Municipios de Metepec, San Mateo Atenco y Toluca de Lerdo realizado por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) hoy Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) en 1983, que se muestra en la Figura II.3, en donde se bautiza como EMISOR METEPEC. En este plan maestro se tiene contemplados dentro del sistema un Interceptor por la Av. Las Torres y un colector denominado San Carlos-San Salvador, el área total de aportación del sistema es del orden de los 77.8 km²

El Colector Metepec en la actualidad inicia propiamente en los límites de los Municipios de Metepec y de Toluca, con tuberías de 0.61 a 1.50 m de diámetro en una longitud aproximada de 2.5 km para después de pasar la Cabecera Municipal de Metepec, continuar como canal a cielo abierto hasta su descarga en el Río Lerma. Como su sección dentro de la zona de proyecto es insuficiente, año con año se presentan inundaciones, que por su ubicación dentro de una zona urbana, tiene un impacto negativo en los habitantes de la zona, generando graves pérdidas materiales y problemas de insalubridad ya que existen descargas de aguas negras. Esta problemática ha generado fricciones entre los pobladores y autoridades de los Municipios de San Mateo Atenco, Metepec y Toluca de Lerdo. Siendo otro de los motivos que justifica la realización de los proyectos de solución planteados.

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

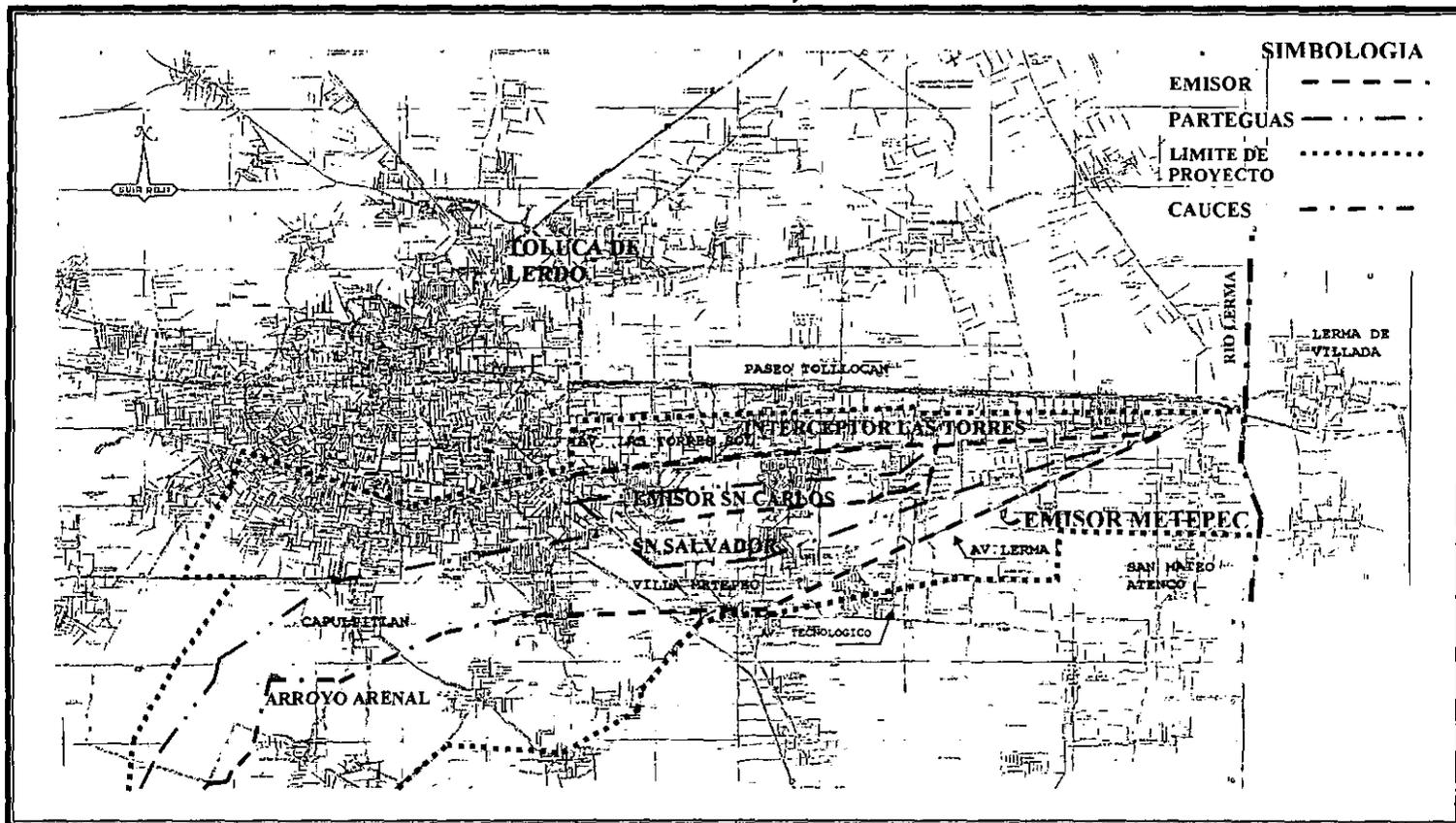


FIG. II-3

PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LOS MUNICIPIOS DE TOLUCA DE LERDO, METEPEC Y SAN MATEO ATENCO

FUENTE: COMISIÓN ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO (CEAS) DEL ESTADO DE MÉXICO (1985)

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

III. ESTUDIOS PREVIOS

III.- ESTUDIOS PREVIOS

Todo proyecto de una obra civil, requiere para su realización de diversos estudios tanto de campo como de gabinete que proporcionen la información necesaria que sirva como base para el diseño, construcción y culminación de dicha obra y que le permita operar de una manera eficiente y económica. De tal manera que para realizar el proyecto de canalización de un dren, se precisan estudios sobre las diversas ramas de la Ingeniería de obras hidráulicas, entre los que se encuentran Estudios de Factibilidad, Marco físico, Topográficos, Hidrológicos, Geotécnicos, etc.

Sin embargo, en el presente capítulo no se pretende desarrollar en forma detallada todas las disciplinas involucradas en la elaboración de un Proyecto de Canalización de una corriente, sino solamente presentar un panorama de los principales estudios y trabajos que deben ejecutarse en la elaboración de un proyecto de este tipo, particularmente los realizados para el dren de la Av. Lerma, los cuales se describen brevemente a continuación.

III.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

El objetivo básico de un estudio de factibilidad económica de un proyecto es el de determinar la conveniencia de su realización. Existen básicamente dos criterios de evaluación, que son el criterio empresarial o privado y el criterio gubernamental o social.

El criterio privado tiene como finalidad el rendimiento del capital invertido buscando la máxima ganancia o rentabilidad; mientras que en el criterio gubernamental se busca principalmente el mejoramiento de la comunidad en su conjunto, tomando como referencia el tener una mayor población servida por unidad de capital invertido, el incremento de la productividad del capital mediante una buena distribución de los servicios, generación de empleos, creación de infraestructura, sustitución de importaciones , etc., considerando como rentable un proyecto cuando la relación beneficio-costos (índice de rentabilidad) es mayor que la unidad.

El presente trabajo surge de la decisión del Gobierno del Estado de México de modernizar la Av. Lerma, lo que genera la necesidad de canalizar el dren que escurre a largo del tramo de proyecto. Por lo que se parte de la idea de que para tomar tal decisión se ha realizado previamente un Estudio de Factibilidad y que es recomendable la elaboración del proyecto.

III.2 MARCO FÍSICO

Aunque no se trata propiamente de un estudio especializado, es importante establecer el marco físico en el cual se desarrollará un proyecto, delimitando el área involucrada, y recopilando la mayor información posible que pueda ser de utilidad de las características del lugar, como son: su localización, ubicación geográfica, clima, hidrografía, suelo y vegetación, aspectos poblacionales, vías de comunicación, etc.

Para esto es importante realizar visitas al sitio de proyecto, con el fin de conocer físicamente la problemática en el lugar, identificando los puntos de mayor interés para el proyecto, zonas de posible conflicto, estructuras existentes, cruces con vialidades, con instalaciones de agua potable, drenaje, Pemex, Telmex, etc, que puedan influir en el desarrollo del proyecto. Adicionalmente se debe recopilar la información disponible en las dependencias tanto federales como estatales que pueda ser de utilidad para el proyecto. Para el presente trabajo, el marco físico es el siguiente

III.2.1 Área de Estudio.

La Av. Lerma se localiza al Sur Este del centro de la Ciudad de Toluca, en dirección a la Ciudad de México, en los límites de los Municipios de Metepec, San Mateo Atenco y Toluca, en el Estado de México. Inicia a la altura de la Av. Tecnológico, en el Municipio de Metepec, continuando hasta interceptar El Paseo Tollocan ya en el Municipio de San Mateo Atenco. Sin embargo, el tramo de inicio para el proyecto de la canalización del dren existente se ubica aproximadamente a 800 m aguas arriba de la Av. Tecnológico, a la altura de la Av. De los Eucaliptos, en la localidad conocida como Fraccionamiento San José de la Pila, en el Municipio de Metepec. En la figura III.1 se presenta un croquis de localización de la zona de estudio.

Las localidades en donde se ubica el tramo de proyecto, motivo por el cual se verán directamente beneficiadas con la modernización de la Av. Lerma, incluyen para el Municipio de Metepec, el Conjunto Habitacional Andrés Molina Enríques, la Unidad Infonavit San Jose la

Pila, el Fracc. Residencial La Virgen, Villa Kent y Lázaro Cárdenas, en tanto que para el Municipio de San Mateo Atenco se incluyen las localidades del Ejido de San Mateo Atenco, Frac. Santa Elena, Barrio Santa María y Barrio La Magdalena.

El dren a cielo abierto inicia en el tramo de proyecto con sección revestida con concreto reforzado en una longitud de aproximadamente 240 m, del km 0+000 al km 0+244. en donde continua con sección natural hasta el cruce con la Av. Tecnológico, en donde cruza con una alcantarilla de sección rectangular. A la altura del km 0+700. Aguas debajo del cruce con la Av. Tecnológico, el dren continúa por el costado derecho del camino de terracería existente, en el sentido de aguas arriba hacia aguas abajo, hasta la altura del km 2+100, en donde cruza hacia el costado izquierdo del derecho de vía, por medio de una loza.

A partir de este punto continúa por el costado izquierdo de la vialidad hasta aproximadamente el km 3+100, a la altura de la Av. Deportiva, ya dentro del Municipio de San Mateo Atenco, en donde cruza hacia el costado derecho del derecho de vía, Continuando por el costado derecho de la vialidad existente hasta su conexión a una tubería de 1.50 m de diámetro a la altura del km 5+640.

Por otro lado a partir del km 5+160, en la calle Buena Vista de la localidad Fraccionamiento Santa Helena, hasta el punto final del tramo de proyecto, se ubica un dren en el costado izquierdo de la vialidad, paralelo al dren Lerma..

Adicional al canal, existe un colector marginal de aguas negras, sin embargo se observan varias descargas directas al dren, lo que origina condiciones de insalubridad que se agravan en la temporada de lluvias. En la figura III.1a, 1b y 1c se presenta un reporte fotográfico en donde se muestran algunos detalles del dren Lerma en el área de estudio.

III.2.2 Ubicación Geográfica.

El tramo de proyecto comprende parte de los Municipios de San Mateo Atenco y Metepec. Su ubicación geográfica definida en base a la cartografía de INEGI, es la siguiente::

LONGITUD ESTE	99°32' - 99° 36'
LATITUD NORTE:	19° 15 - 19° 18'

Su altitud promedio tiene un valor de 2300 m.s.n.m.

III.2.3 Clima.

El clima predominante en el área de estudio es el Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, presentándose promedios anuales de temperatura que van desde 10° hasta 18° C. La temperatura media mensual más elevada se presenta en el mes de Mayo y promedia más de 18° C, la mínima es en Enero entre 8° y 10° C.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA
AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO**

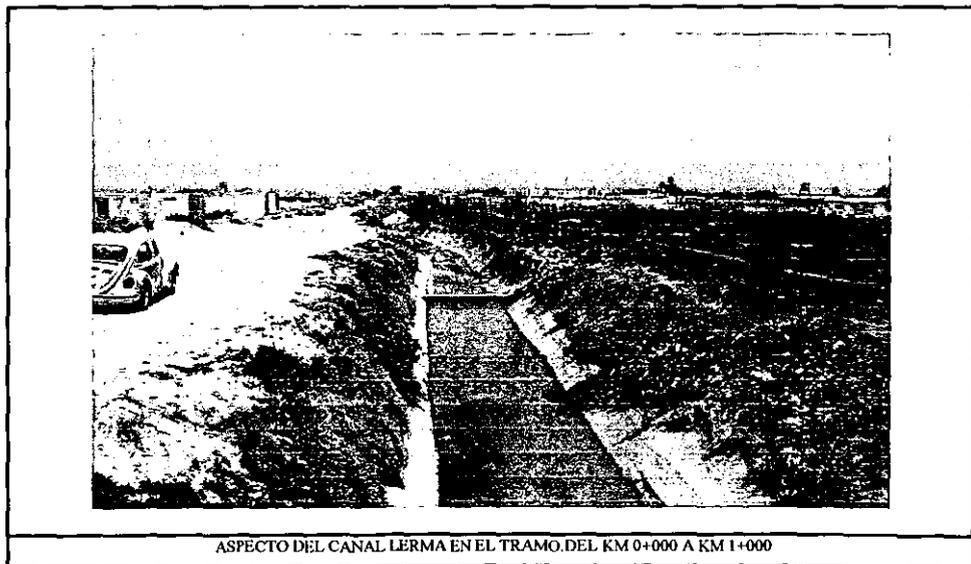


FIG. III.1a

ANEXO FOTOGRÁFICO

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA
AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO**



ASPECTO DEL CANAL LERMA A LA ALTURA DEL KM 2+000.00



ASPECTO DEL CANAL LERMA A LA ALTURA DEL KM 3+100.00

FIG. III.1b

ANEXO FOTOGRÁFICO

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA
AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO**



FIG. III.1c

ANEXO FOTOGRÁFICO

La precipitación total anual promedio registrada en el periodo de 1962-1992 varía entre 546 y 985 mm, siendo el promedio anual por arriba de los 734 mm durante la temporada lluviosa, se llegan a acumular precipitaciones promedio mensuales hasta de 146 mm, aunque en general, no rebasan los 100 mm.

Los meses lluviosos son de Mayo a Septiembre, siendo Agosto el mes más lluvioso con un promedio mensual entre los 234 y 560 mm, mientras que los meses más secos son de Noviembre a Febrero, siendo el mes mas seco el mes de diciembre con promedios mensuales de 2 a 8 mm.

Los parámetros presentados se obtuvieron con base en los datos de los cuadros 1.6.1, 1.6.2, 1.6.2.1, 1.6.2.2, 1.6.3 y 1.6.3.1, del Anuario Estadístico del Estado de México 1999, que edita el INEGI con el apoyo del Gobierno del Estado.

III.2.4 Hidrografía.

La zona de estudio se localiza en la Región Hidrológica denominada "Orígenes del Río Lerma, la cual se origina en el Nevado de Toluca. El río Lerma es el emisor general de las aguas pluviales, y a él descargan ríos, arroyos, canales, interceptores y emisores de los municipios de San Mateo Atenco, Metepec, Toluca, Ocoyoacac. Las principales corrientes son el Río Verdigué, Arroyo Agua Bendita y el Arroyo Arenal o Las Jaras, el cual aguas abajo corresponde al arroyo que escurre por la Av. Lerma.

III.2.5 Suelo y Vegetación.

En el aspecto de Uso de suelo, en los primeros 3+000 Km, de la Av. Lerma en la zona de proyecto, predominan las áreas baldías y terrenos de cultivo, existiendo construcciones esporádicas y algunas escuelas. Los cultivos principales son el maíz y frijol, con algunas zonas de pastizales utilizadas como forraje.

A partir del km 3+000, el área aledaña a la Av. Lerma es predominantemente urbana, a ambos lados de la vialidad y el canal natural existentes.

III.2.6 Vías de Comunicación.

La principal vía terrestre de comunicación regional en el área de estudio es la Autopista México-Toluca y su continuación en el Paseo Tollocan, en tanto que las principales vialidades locales que comunican la zona de estudio son, la Av. De los Eucaliptos, La Av. Tecnológico, la Av. Asunción, la Av. Emiliano Zapata y la Av. Solidaridad las Torres.

Por otro lado, por la cercanía de la zona en estudio con la Ciudad de Toluca, Se tiene prácticamente a la mano toda la infraestructura con que cuenta la capital de estado, incluyendo por supuesto, el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Toluca.

III.2.7 Aspectos Socioeconómicos

En el aspecto socioeconómico, se observó un marcado contraste entre las comunidades localizadas al inicio de la zona de estudio, dentro del Municipio de Metepec, en donde predominan las viviendas del tipo medio y algunas del tipo residencial, en tanto que las comunidades dentro de la zona de estudio correspondientes al Municipio de San Mateo Atenco, las viviendas existentes son predominantemente del tipo popular, y aunque también se cuenta con los servicios básicos como el agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, telefonía, etc. Tiene un menor desarrollo y calidad, en relación con las comunidades del Municipio de Metepec.

III.3 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.

En todo proyecto es básico contar con información suficiente de la topografía del lugar, para lo cual se realizan levantamientos topográficos con la finalidad de proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para representarlas en planos y a una escala adecuada. Estos levantamientos pueden realizarse por procedimientos aéreos o terrestres..

Los levantamientos topográficos por procedimientos aéreos, por su gran amplitud se realizan para fines de estudios preliminares o en forma global. Para su utilización existe en el país cartografía editada por dependencias federales como INEGI, SEDENA, CNA, etc, y los gobiernos estatales.

Por su parte, los levantamientos topográficos por métodos terrestres se realizan para determinar la configuración del terreno a la precisión requerida, pudiendo ser de baja precisión (igual o menor a 1:000), realizados con teodolito con aproximación a 1', brújula, nivel de mano y nivel fijo, que se utilizan como planos de reconocimiento para realizar anteproyectos, o levantamientos topográficos definitivos con una precisión igual o mayor de 1:5000, los cuales se realizan con equipo más sofisticado, como son el distanciómetro, estación total y nivel electrónico.

El levantamiento topográfico realizado para el proyecto del dren natural en la Av. Lerma incluye el trazo de poligonal de apoyo, nivelación y secciones transversales.

III.3.1 Trazo de Poligonal de Apoyo.

Con el apoyo de la información cartográfica existente se propone en gabinete una alternativa para el trazo del conducto, la cual se afina al realizar un reconocimiento en campo, haciendo los ajustes necesarios de acuerdo a las condiciones físicas existentes, estableciendo los puntos de partida y bancos de nivel, para después realizar el trazo de la poligonal de apoyo, mediante el método de deflexiones o ángulos horizontales. El equipo utilizado fue una estación total, marcando sobre de ella todos los puntos de interés y colocando trompos a cada 20 m, los cuales sirven como apoyo para la nivelación de perfil y el levantamiento de las secciones transversales.

El origen de las coordenadas de trazo de apoyo podrá ser arbitrario o estar referido a coordenadas cartesianas determinadas por el INEGI, indicándolo en las notas de los planos. Todos los puntos de inflexión (PI.) y puntos sobre tangente (PST.) deben hacerse con mojoneras de concreto precoladas, quedando referenciados a puntos fijos de la zona (mínimo 2) como son bases de torres de transmisión, estribos de puentes, etc, o en su defecto, con mojoneras precoladas situadas en lugares fijos y seguros.

Adicionalmente se realizan orientaciones astronómicas a cada 5 km y al principio y final del trazo, realizando un mínimo de 4 series para cada una de ellas. La aproximación será de +/- 1 minuto para determinar el azimut de la línea.

La longitud total levantada, fue de 5+640 m. En la figura III.2 se presenta la planta general del levantamiento topográfico de la Av. Lerma en el tramo de proyecto.

III.3.2 Nivelación de Perfil.

La nivelación de perfil se realiza para apreciar con claridad todos los accidentes topográficos por los que atraviesa la línea del trazo, para obtener las elevaciones de todos los puntos de inflexión (PI) y puntos sobre tangente (PST), los trompos que se ubican a cada 20 m sobre la línea del trazo, y todos los puntos que tengan cambios bruscos de pendiente. Esta nivelación deberá estar referida a una serie de bancos de nivel, ubicados fuera de la zona futura

III.3.4 Levantamiento de Detalle

Los levantamientos de detalle de sitios importantes para un proyecto se realizan trazando una poligonal cerrada que incluya al sitio de interés, estacando y nivelando a cada 10 ó 20 m. A partir de estos puntos se trazan y nivelan ejes auxiliares formando una cuadrícula, con la que se hace la configuración, con curvas de nivel a cada 50 cm.

Para el presente trabajo, se hicieron dos levantamientos de detalle, correspondientes a los cruces con las Av. Tecnológico y la Asunción.

III.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

Un estudio hidrológico nos permite determinar la magnitud de los escurrimientos, tanto de la cuenca propia, como de las cuencas extrazonales que pudieran aportar volúmenes de agua a la corriente en estudio, con el fin de definir el gasto de diseño para la estructura a proyectar. Se realizan básicamente como parte de la resolución de dos problemáticas; por una parte, en zonas en donde en época de estiaje la disponibilidad del recurso sea insuficiente, por lo que se requiera construir obras que permitan almacenar los escurrimientos en exceso del período de lluvias para contar con agua en forma regular; a este tipo de obras se les conoce como de aprovechamiento. Por otra parte, en trabajos en donde la finalidad principal es la de construir obras de protección contra inundaciones en épocas de avenidas en donde los escurrimientos

excesivos lleguen a desbordar los cauces. A este tipo de obras, en donde se incluye la propuesta en el presente trabajo, se les conoce como obras de control.

Los principales parámetros a determinar en este tipo de estudios son los siguientes.

III.4.1 Características Fisiográficas de la Cuenca

La cuenca asociada a un punto determinado de una corriente, es el área de drenaje que puede aportar escurrimiento hacia dicho punto. A la línea imaginaria que la delimita se le conoce como parteaguas. Para el análisis hidrológico se clasifica a las cuencas en grandes y chicas. Las cuencas chicas, que de acuerdo con Chow tienen una extensión menor o igual a 250 km² son muy sensibles a las lluvias intensas y de corta duración, y la variación y magnitud de los escurrimientos tienen más influencia por parte de las características físicas del suelo y al cubierta vegetal que del cauce, mientras que en las cuencas grandes el efecto de almacenamiento y regulación de los cauces tiene mayor influencia.

Las principales características fisiográficas que pueden influir en los escurrimientos de una cuenca son el área, que es el área de la proyección horizontal de la superficie encerrada por el parteaguas, y la longitud y pendiente del cauce principal.

Para la cuenca del dren Lerma en el tramo de proyecto se obtuvieron los siguientes valores:

CUENCA	ÁREA Km ²	CAUCE PRINCIPAL		
		LONGITUD (km)	PENDIENTE (%)	DESNIVEL (m)
Principal	23.23	15.15	3.52	700.00

En la figura III.3 se presenta la cuenca de aportación para el dren de Av. Lerma.

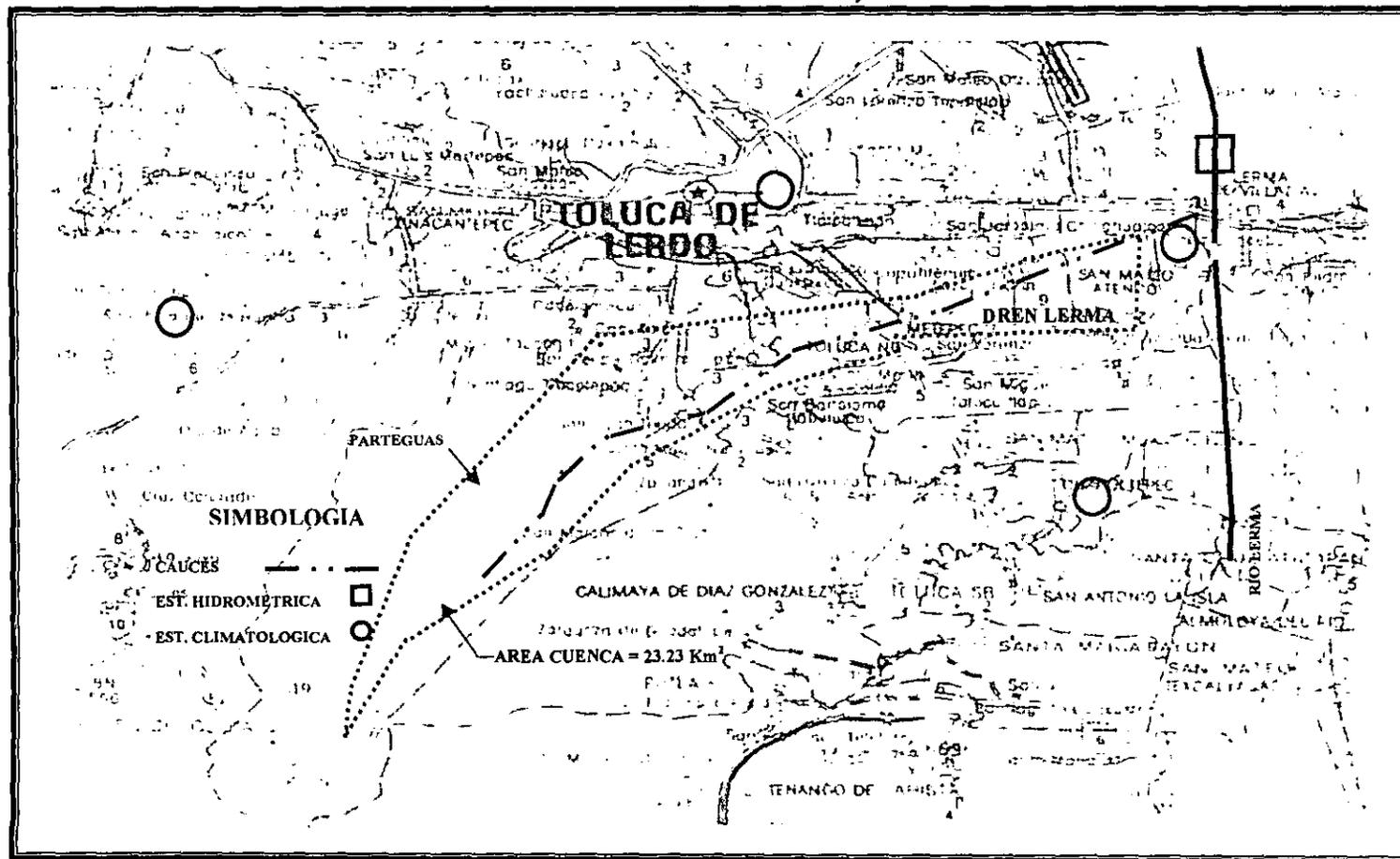
III.4.2 Información disponible.

Cuando en una cuenca se presenta una lluvia de magnitud tal que excede la capacidad de retención del terreno se generan los escurrimientos de agua que fluyen por efecto de la gravedad hacia los arroyos hasta llegar finalmente a los ríos.

Para conocer las características y el comportamiento de una corriente, se emplean estaciones hidrométricas que nos permiten conocer la magnitud de gastos en épocas de avenidas y de estiaje, frecuencia y duración de las avenidas, niveles alcanzados, esto con el fin de estimar los gastos máximos mediante un análisis estadístico de los registros históricos con que se cuente. Mientras más datos se tengan, mayor será la aproximación alcanzada.

Para tal efecto, existe en el país una amplia red de estaciones Climatológicas e Hidrométricas que son operadas por diversas dependencias, tanto federales como estatales,

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO



CUENCA DE APORTACIÓN. DREN LERMA

FIG. III-3

BASE: CARTA GEOGRÁFICA ESC. 1: 500 000, ELABORADA POR EL GOBIERNO DEL EDO. DE MÉXICO

como son la Comisión Nacional del Agua (CNA), la Comisión Federal de Electricidad (CFE.), la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CIIA), el Gobierno del Distrito Federal (GDF), etc., que se encargan de capturar, procesar y analizar periódicamente la información hidrometeorológica registrada, para su posterior publicación y difusión.

Para el presente trabajo, debido a que dentro del área de estudio, no se cuenta con estaciones hidrométricas y por consiguiente con registros hidrométricos, se procedió a calcular los gastos de diseño, con base en los registros de lluvia máxima en 24 hrs, de la estación climatológica más cercana, la cual es "Toluca Oficinas". En la tabla III.1, se presentan éstos registros, donde además se muestra el período de retorno y la probabilidad de excedencia. El período analizado fue de 1960 a 1996.

III.4.3 Gastos Máximos

El gasto máximo en un punto o sección de interés en una corriente es la base para el diseño de la obra que se pretende construir, ya sea de aprovechamiento o protección. Para su determinación, dependiendo de la información disponible, es necesario contar con un modelo matemático que permita estimar los escurrimientos a partir del análisis de las lluvias, considerando las características propias de la cuenca.

Para la determinación de los gastos máximos se utilizaron los siguientes criterios: por fórmulas empíricas y por métodos empíricos. Los resultados se muestran en la tabla III.2

TABLA III.1

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA
AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS
ESTACION CLIMATOLOGICA "TOLUCA OFICINAS, EDO. MEX."

Año	Precipitación Máxima en 24 horas (mm)	Fecha
1960	25.0	25-Ago-60
1961	48.4	20-Jun-61
1962	62.0	13-Abr-62
1963	40.0	27-Jul-63
1964	25.8	28-Sep-64
1965	35.4	24-Sep-65
1966	31.6	11-Sep-66
1967	60.7	16-Sep-67
1968	39.8	21-Jun-68
1969	34.8	21-Ago-69
1970	40.5	8-Ago-70
1971	37.8	11-Ago-71
1972	35.2	13-Jun-72
1973	44.9	29-Jun-73
1974	27.6	26-May-74
1975	35.8	21-Jun-75
1976	32.3	7-Oct-76
1977	29.4	21-Jun-77
1978	41.6	29-Jul-78
1979	31.0	10-Sep-79
1980	37.0	3-Sep-80
1981	28.0	4-Ago-81
1982	27.6	30-May-82
1983	41.5	26-Jul-83
1984	36.5	8-Jul-84
1985	53.8	17-Jun-85
1986	26.4	19-Sep-86
1987	63.2	2-Jun-87
1988	38.2	21-Jul-88
1989	43.6	15-Sep-89
1990	56.8	4-Jul-90
1991	36.2	7-Jun-91
1992	28.4	3-Oct-92
1993	47.6	4-Sep-93
1994	35.8	3-Jun-94
1995	69.4	10-Sep-95
1996	46.5	9-Jun-96

Número de orden	Año	Precipitación Máxima en 24 horas (mm)	Periodo de retorno (años)	Prob. de excedencia (%)
1	1995	69.4	38.00	2.63
2	1987	63.2	19.00	5.26
3	1962	62.0	12.67	7.89
4	1967	60.7	9.50	10.52
5	1990	56.8	7.60	13.15
6	1985	53.8	6.33	15.78
7	1961	48.4	5.43	18.41
8	1993	47.6	4.75	21.04
9	1996	46.5	4.22	23.67
10	1973	44.9	3.80	26.30
11	1989	43.6	3.45	28.93
12	1978	41.6	3.17	31.56
13	1983	41.5	2.92	34.19
14	1970	40.5	2.71	36.82
15	1963	40.0	2.53	39.45
16	1968	39.8	2.38	42.08
17	1988	38.2	2.24	44.71
18	1971	37.8	2.11	47.34
19	1980	37.0	2.00	49.97
20	1984	36.5	1.90	52.60
21	1991	36.2	1.81	55.23
22	1975	35.8	1.73	57.86
23	1994	35.8	1.65	60.49
24	1965	35.4	1.58	63.12
25	1972	35.2	1.52	65.75
26	1969	34.8	1.46	68.38
27	1976	32.3	1.41	71.01
28	1966	31.6	1.36	73.64
29	1979	31.0	1.31	76.27
30	1977	29.4	1.27	78.90
31	1992	28.4	1.23	81.53
32	1981	28.0	1.19	84.16
33	1974	27.6	1.15	86.79
34	1982	27.6	1.12	89.42
35	1986	26.4	1.09	92.05
36	1964	25.8	1.06	94.68
37	1960	25.0	1.03	97.31

FUENTE: BOLETINES HIDROLOGICOS EDITADOS POR LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

TABLA III.2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA
AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
DETERMINACIÓN DE GASTOS MÁXIMOS PROBABLES**

MÉTODO	Tr= 1.05	Tr= 2	Tr= 5	Tr= 10	Tr= 20	Tr= 50	Tr= 100	Tr= 500	Tr= 1000	Tr= 10000
RYVES	83.144	83.144	83.144	83.144	83.144	83.144	83.144	83.144	83.144	83.144
KUICHLING	86.995	86.995	86.995	86.995	86.995	86.995	86.995	86.995	86.995	86.995
BREMNER	84.746	84.746	84.746	84.746	84.746	84.746	84.746	84.746	84.746	84.746
DICKENS	124.859	124.859	124.859	124.859	124.859	124.859	124.859	124.859	124.859	124.859
GETE	57.902	57.902	57.902	57.902	57.902	57.902	57.902	57.902	57.902	57.902
MORGAN	148.930	148.930	148.930	148.930	148.930	148.930	148.930	148.930	148.930	148.930
USSCS	1.787	5.463	11.403	16.054	21.541	27.712	33.121	46.566	52.739	74.574
RACIONAL	11.637	22.291	28.116	31.877	35.848	39.932	43.281	50.988	54.317	65.404
TRIANGULAR	2.125	8.313	17.352	24.429	32.777	42.167	50.398	70.856	80.249	113.474
I-PAI-WU	1.210	5.023	10.483	14.759	19.803	25.476	30.449	42.809	48.484	68.557
VALOR ADOPTADO	2.125	8.313	17.352	24.429	32.777	42.167	50.398	70.856	80.249	113.474

Con los datos obtenidos se calculan los hidrogramas correspondientes, suponiendo que éstos tienen una distribución del tipo logarítmico, para periodos de retorno de 1.05, 2, 5, 25, 50, 100, 500 y 1000 años. Los resultados se muestran la tabla III.3 y en la figura III.4.

Es importante señalar que para realizar estudios hidrológicos, algunas dependencias gubernamentales, principalmente la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), han desarrollado programas de computo para facilitar los cálculos, de acuerdo con la información disponible y los parámetros que se requiere conocer.

III.4.4 Periodo de retorno

El periodo de retorno se define como el intervalo promedio de tiempo dentro del cual un evento hidrológico puede ser igualado o excedido al menos una vez en promedio, se define tomando en cuenta principalmente el factor daño que se pueda producir en caso de falla, influyendo el costo de la obra, de mantenimiento y el riesgo de pérdidas humanas.

De esta manera las estructuras hidráulicas se dividen de acuerdo a este criterio en mayores y menores. Para el presente trabajo se encuentra dentro de las estructuras menores, que incluyen puentes, alcantarillas, sistemas de drenaje, bordos, desvíos y presas pequeñas.

TABLA III.3

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO HIDROGRAMAS

Tiempo hrs	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)									
	1.05	2	5	10	20	50	100	500	1000	10000
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.10	0.007	0.026	0.054	0.075	0.101	0.130	0.156	0.219	0.248	0.350
0.20	0.026	0.103	0.214	0.302	0.405	0.521	0.622	0.875	0.991	1.401
0.30	0.059	0.231	0.482	0.679	0.910	1.171	1.400	1.968	2.229	3.152
0.40	0.105	0.411	0.857	1.206	1.619	2.082	2.489	3.499	3.963	5.604
0.50	0.164	0.641	1.339	1.885	2.529	3.254	3.889	5.467	6.192	8.756
0.60	0.236	0.924	1.928	2.714	3.642	4.685	5.600	7.873	8.917	12.608
0.70	0.321	1.257	2.624	3.694	4.957	6.377	7.622	10.716	12.136	17.161
0.80	0.420	1.642	3.428	4.825	6.475	8.329	9.955	13.996	15.852	22.415
0.90	0.531	2.078	4.338	6.107	8.194	10.542	12.600	17.714	20.062	28.368
1.00	0.656	2.566	5.355	7.540	10.117	13.015	15.555	21.869	24.768	35.023
1.10	0.794	3.105	6.480	9.123	12.241	15.748	18.822	26.462	29.969	42.378
1.20	0.945	3.695	7.712	10.857	14.568	18.741	22.399	31.491	35.666	50.433
1.30	1.109	4.336	9.051	12.742	17.097	21.995	26.288	36.959	41.858	59.189
1.40	1.286	5.029	10.497	14.778	19.828	25.508	30.488	42.863	48.546	68.645
1.50	1.476	5.773	12.050	16.964	22.762	29.283	34.999	49.205	55.728	78.801
1.60	1.679	6.569	13.710	19.302	25.898	33.317	39.821	55.985	63.406	89.658
1.70	1.896	7.415	15.477	21.790	29.237	37.612	44.954	63.202	71.580	101.216
1.80	2.125	8.313	17.352	24.429	32.777	42.167	50.398	70.856	80.249	113.474
1.90	2.032	7.948	16.589	23.355	31.337	40.314	48.183	67.742	76.722	108.487
2.00	1.941	7.591	15.844	22.305	29.929	38.502	46.018	64.697	73.274	103.611
2.10	1.851	7.242	15.115	21.280	28.553	36.732	43.902	61.723	69.906	98.848
2.20	1.764	6.901	14.404	20.279	27.209	35.004	41.837	58.819	66.616	94.197
2.30	1.679	6.569	13.710	19.302	25.898	33.317	39.821	55.985	63.406	89.658
2.40	1.596	6.244	13.033	18.349	24.620	31.672	37.855	53.221	60.276	85.231
2.50	1.516	5.928	12.373	17.420	23.373	30.069	35.938	50.526	57.224	80.917
2.60	1.437	5.620	11.731	16.515	22.159	28.507	34.072	47.902	54.252	76.714
2.70	1.360	5.321	11.105	15.634	20.978	26.987	32.255	45.348	51.359	72.623
2.80	1.286	5.029	10.497	14.778	19.828	25.508	30.488	42.863	48.546	68.645

TABLA III.3

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO HIDROGRAMAS

Tiempo hrs	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)									
	1.05	2	5	10	20	50	100	500	1000	10000
2.90	1.213	4.746	9.906	13.945	18.711	24.072	28.771	40.449	45.811	64.778
3.00	1.143	4.471	9.331	13.137	17.627	22.676	27.103	38.105	43.156	61.024
3.10	1.075	4.204	8.774	12.353	16.575	21.323	25.485	35.830	40.580	57.381
3.20	1.009	3.945	8.235	11.593	15.555	20.011	23.917	33.626	38.083	53.851
3.30	0.945	3.695	7.712	10.857	14.568	18.741	22.399	31.491	35.666	50.433
3.40	0.883	3.453	7.206	10.145	13.613	17.512	20.931	29.427	33.328	47.127
3.50	0.823	3.219	6.718	9.458	12.690	16.325	19.512	27.433	31.069	43.933
3.60	0.765	2.993	6.247	8.794	11.800	15.180	18.143	25.508	28.890	40.851
3.70	0.710	2.775	5.792	8.155	10.942	14.076	16.824	23.654	26.789	37.881
3.80	0.656	2.566	5.355	7.540	10.117	13.015	15.555	21.869	24.768	35.023
3.90	0.605	2.365	4.936	6.949	9.323	11.994	14.336	20.155	22.826	32.277
4.00	0.555	2.172	4.533	6.382	8.563	11.015	13.166	18.510	20.964	29.643
4.10	0.508	1.987	4.147	5.839	7.834	10.078	12.046	16.935	19.180	27.122
4.20	0.463	1.810	3.779	5.320	7.138	9.183	10.976	15.431	17.476	24.712
4.30	0.420	1.642	3.428	4.825	6.475	8.329	9.955	13.996	15.852	22.415
4.40	0.379	1.482	3.093	4.355	5.843	7.517	8.985	12.632	14.306	20.229
4.50	0.340	1.330	2.776	3.909	5.244	6.747	8.064	11.337	12.840	18.156
4.60	0.303	1.186	2.476	3.486	4.678	6.018	7.193	10.112	11.453	16.195
4.70	0.269	1.051	2.194	3.088	4.144	5.331	6.371	8.958	10.145	14.345
4.80	0.236	0.924	1.928	2.714	3.642	4.685	5.600	7.873	8.917	12.608
4.90	0.206	0.805	1.679	2.364	3.173	4.081	4.878	6.858	7.767	10.983
5.00	0.177	0.694	1.448	2.039	2.736	3.519	4.206	5.913	6.697	9.470
5.10	0.151	0.591	1.234	1.737	2.331	2.999	3.584	5.039	5.707	8.069
5.20	0.127	0.497	1.037	1.460	1.959	2.520	3.011	4.234	4.795	6.780
5.30	0.105	0.411	0.857	1.206	1.619	2.082	2.489	3.499	3.963	5.604
5.40	0.085	0.333	0.694	0.977	1.311	1.687	2.016	2.834	3.210	4.539
5.50	0.067	0.263	0.548	0.772	1.036	1.333	1.593	2.239	2.536	3.586
5.60	0.051	0.201	0.420	0.591	0.793	1.020	1.220	1.715	1.942	2.746
5.70	0.038	0.148	0.308	0.434	0.583	0.750	0.896	1.260	1.427	2.017

TABLA III.3

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

HIDROGRAMAS

Tiempo hrs	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)									
	1.05	2	5	10	20	50	100	500	1000	10000
5.80	0.026	0.103	0.214	0.302	0.405	0.521	0.622	0.875	0.991	1.401
5.90	0.017	0.066	0.137	0.193	0.259	0.333	0.398	0.560	0.634	0.897
6.00	0.009	0.037	0.077	0.109	0.146	0.187	0.224	0.315	0.357	0.504
6.10	0.004	0.016	0.034	0.048	0.065	0.083	0.100	0.140	0.159	0.224
6.20	0.001	0.004	0.009	0.012	0.016	0.021	0.025	0.035	0.040	0.056
6.30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO, DE MEXICO

HIDROGRAMAS

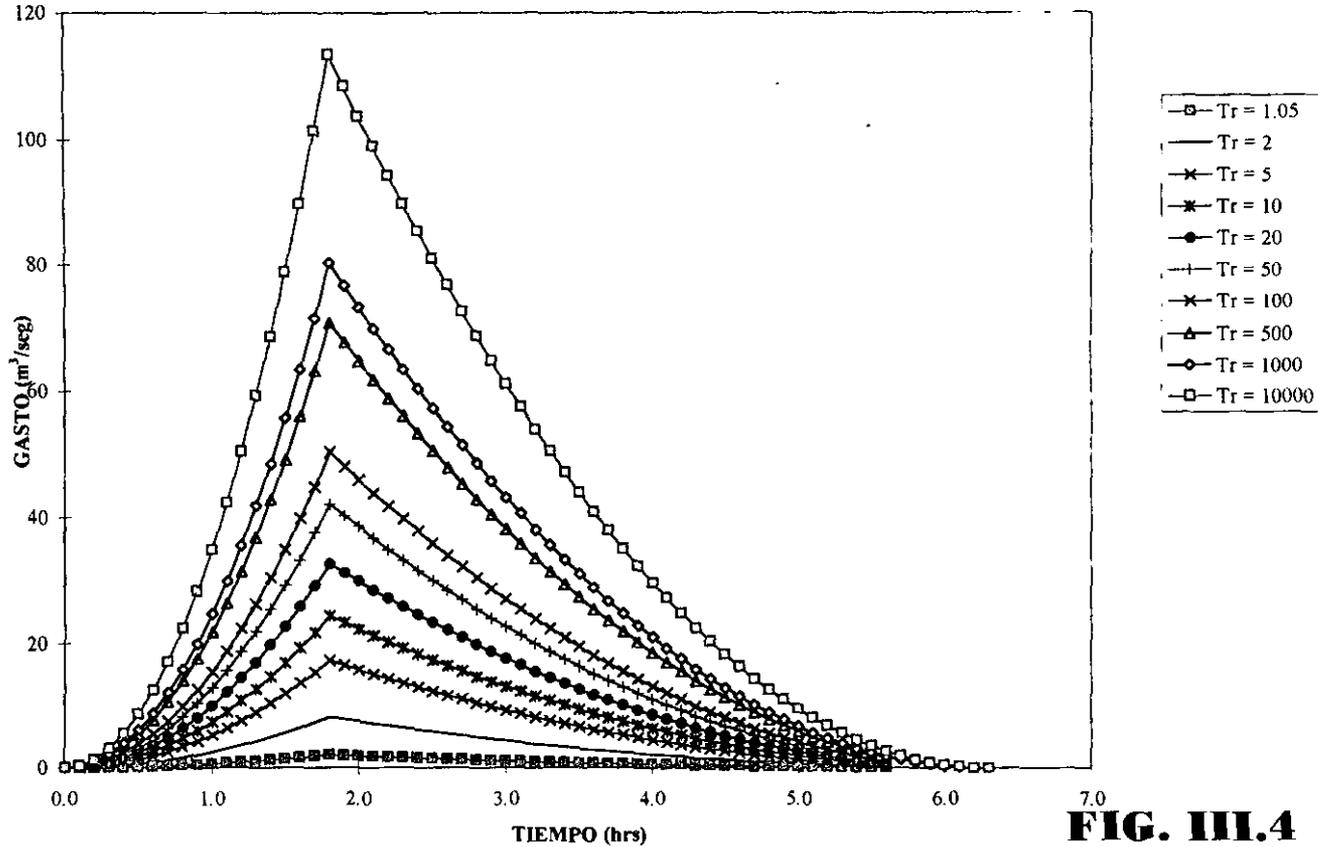


FIG. III.4

Se considero que el drenaje de la Av. Lerma se realizará para un periodo de retorno de $T_r = 5$ años, por lo que el gasto de diseño será de $17.35 \text{ m}^3/\text{seg}$.

III.5 ESTUDIOS GEOTÉNICOS.

Los estudios geotécnicos se realizan para conocer la estratigrafía y propiedades del subsuelo, con el fin de definir los tipos de materiales y volúmenes por excavar, analizar la estabilidad de las excavaciones de las zanjas que se utilizan para alojar la estructura y definición de las condiciones de taludes en cortes y laderas naturales. También para definir el tipo de cimentación mas adecuada de las estructuras, el tipo de material de relleno y el procedimiento constructivo de la obra. Finalmente, permiten además, localizar y analizar los potenciales bancos de materiales, necesarios para la construcción de bordos, relleno de zanjas, terracerías y agregados pétreos para la elaboración de concretos hidráulicos.

Las principales etapas a realizar en un estudio geotécnico son: reconocimiento, exploración y muestreo, pruebas de laboratorio, análisis de resultados y elaboración del procedimiento constructivo.

III.5.1 Reconocimiento

Esta etapa consiste en realizar visitas técnicas al sitio de estudio, que sirvan programar las actividades de exploración, además de recopilar la información disponible con respecto a las

características geotécnicas del lugar. En esta etapa se debe establecer el marco geológico regional, que permite interpretar el origen y formación de los suelos, lo que posibilita estimar sus características y sus propiedades.

III.5.2 Exploración y Muestreo

La exploración y muestreo permite definir las condiciones estratigráficas del sitio. Para este tipo de trabajos los trabajos de exploración consisten básicamente en la excavación de pozos a cielo abierto a lo largo del trazo, a una separación de 500 m, complementados con sondeos con equipo de perforación en cruces importantes o en el sitio de ubicación de estructuras especiales, a la profundidad requerida de acuerdo a la importancia del proyecto. El muestreo para conocer las propiedades índice, mecánicas e hidráulicas del suelo puede ser mediante la obtención de muestras alteradas e inalteradas ó integrales, estas últimas se realizan generalmente para el análisis de bancos de materiales.

III.5.3 Trabajos de Laboratorio y análisis de Resultados.

A partir de las muestras obtenidas, se realizan las pruebas de laboratorio que permitan obtener los parámetros que definen las características índice, mecánicas e hidráulicas del suelo.

Las principales propiedades índice a definir para suelos finos son: los límites de consistencia, contenido natural de agua, pérdida por lavado, clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); para suelos granulares, además de dicha clasificación y el contenido natural de agua, se determina su granulometría.

Por su parte, para definir las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos se realizan las siguientes pruebas: de permeabilidad a carga constante y variable, peso volumétrico, pruebas de compresión axial y triaxial, consolidación unidimensional. Expansión libre y/o bajo carga, entre otras. Para muestras de roca las pruebas a realizar son: análisis petrográfico, medición del índice de calidad de la roca (RQD), compresión simple, peso volumétrico.

Con los resultados obtenidos se realiza un análisis geotécnico, para evaluar el comportamiento mecánico e hidráulico del suelo, ante sollicitaciones de carácter estático y transitorio y se estiman los factores de seguridad.

III.5.4 Procedimiento constructivo

Finalmente, el estudio geotécnico debe incluir el procedimiento constructivo, el cual debe ser congruente con el comportamiento mecánico e hidráulico del suelo, para poder garantizar la seguridad de la obra.

III.5.5 Trabajos realizados para el dren Lerma.

Se realizaron quince (15) pozos a cielo abierto (P.C.A) a una profundidad promedio de ochenta y ocho (88) centímetros a cada 500 m aprox. De cada sondeo se obtuvieron muestras alteradas de los materiales encontrados, así como los espesores de cada capa que conforman la estratigrafía. En la fig. III.5 se presenta el perfil estratigráfico obtenido en el PCA N° 1 (Km 0+000).

De las muestras obtenidas de los pozos a cielo abierto (PCA.), que se realizaron a cada 500 m, en el camino en estudio, se enviaron al laboratorio para practicarle los ensayos que indican las especificaciones de la S.C.T., con el fin de determinar los parámetros requeridos. En la tabla III.4 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al PCA N° 1. Adicionalmente se realizó la prueba de granulometría con el fin de determinar la posible utilización del material existente como parte de la estructuración del pavimento para la modernización de la Av. Lerma. La cual se muestra en la tabla III.5

TABLA III.4

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN
DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA,
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO,
ESTADO DE MÉXICO.**

III.- ESTUDIOS PREVIOS

PROCEDENCIA: P.C.A. N° 1			ENSAYE:				
DESCRIPCIÓN: PRUEBAS FÍSICAS EN MATERIAL DE TERRENO NATURAL.			FECHA:				
IDENTIFICACIÓN	NUM. DE ENSAYE ESTACIÓN LADO CAPA	4335 0+000 IZQ. T/N					
C A R A C T E R I S T I C A S	M A T E R I A L	TAMAÑO MÁXIMO mm % RETENIDO EN MALLA DE 75 mm % QUE PASA MALLA DE 4.75 mm % QUE PASA MALLA DE 0.425 mm % QUE PASA MALLA DE 0.075 mm EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO % LÍMITE LÍQUIDO ÍNDICE PLÁSTICO CONTRACCIÓN LINEAL AL % PE. S. SUELTO KG/M ³ PE. S. MÁXIMO KG/M ³ HUMEDAD ÓPTIMA % HUMEDAD NATURAL % COMPACTACIÓN DEL LUGAR % V.R.S. ESTÁNDAR SATURADO EXPANSIÓN % CLASIFICACIÓN	37.0 0.0 79 55 21 23.7 INAP 0.0 1327 1758 10.2 10.7 83 56.0 0.28 SM				
E S T U D I O	T I P O C U R V A C O N D D E L U G A R	DE PRUEBA DE PROYECTO HUMEDAD DE PRUEBA % VALOR RELATIVO DE SOPORTE % ESPESOR REQUERIDO cm HUMEDAD DE PRUEBA % VALOR RELATIVO DE SOPORTE % ESPESOR REQUERIDO cm HUMEDAD DE PRUEBA % VALOR RELATIVO DE SOPORTE % ESPESOR REQUERIDO cm HUMEDAD DE PRUEBA % VALOR RELATIVO DE SOPORTE % ESPESOR REQUERIDO cm	PROCTOR VARIANTE II 13.2 10.0 11.7 54.7 10.2 58.5				
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LA MUESTRA DE MATERIAL ANALIZADA, ESTÁ FORMADA POR SUELOS TIPO SM (ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO) Y EN GENERAL, CUMPLE CON LOS REQUISITOS DE CALIDAD, QUE MARCA LA NORMATIVIDAD VIGENTE DE LA S.C.T. PARA SU EMPLEO COMO TERRACERÍAS							

TABLA III.5

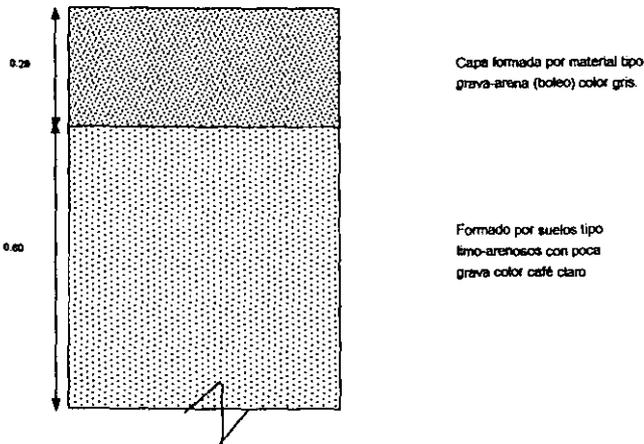
ESTUDIO: DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAN EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO.																																							
OBRA: MODERNIZACIÓN DE LA AV. LERMA PARA: CAPA DE SUB BASE EN ESTADO NATURAL																																							
PROCEDENCIA: Km 0+000	ENSAYE: N° 4334																																						
DESCRIPCIÓN: PRUEBAS FÍSICAS EN MATERIAL DE REVESTIMIENTO COMO SUB BASE	FECHA: 09/05/2000																																						
Datos del muestreo	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Material para capa de:</td> <td style="border: none;">Sub-base</td> <td style="border: none;">Base</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Descripción petrográfica del material:</td> <td style="border: none;">Grava arena (Conglomerado andesítico)</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Clase de depósito muestreado:</td> <td style="border: none;">P.C.A. N° 1</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Tratamiento previo al muestreo:</td> <td style="border: none;">Compactado</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Ubicación de banco:</td> <td style="border: none;">Se desconoce</td> <td style="border: none;"></td> </tr> </table>	Material para capa de:	Sub-base	Base	Descripción petrográfica del material:	Grava arena (Conglomerado andesítico)		Clase de depósito muestreado:	P.C.A. N° 1		Tratamiento previo al muestreo:	Compactado		Ubicación de banco:	Se desconoce																								
Material para capa de:	Sub-base	Base																																					
Descripción petrográfica del material:	Grava arena (Conglomerado andesítico)																																						
Clase de depósito muestreado:	P.C.A. N° 1																																						
Tratamiento previo al muestreo:	Compactado																																						
Ubicación de banco:	Se desconoce																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso suelto (Kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1,487</td></tr> <tr><td>Peso máx.(Kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1,768</td></tr> <tr><td>Humedad op.(%)</td><td style="text-align: right;">15.1</td></tr> <tr><td>Comp. del lugar</td><td style="text-align: right;">81</td></tr> <tr><td>Humedad del lugar</td><td style="text-align: right;">4.6</td></tr> </table>	Peso suelto (Kg/m ³)	1,487	Peso máx.(Kg/m ³)	1,768	Humedad op.(%)	15.1	Comp. del lugar	81	Humedad del lugar	4.6	<div style="text-align: center;">GRÁFICA DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</div>																												
Peso suelto (Kg/m ³)	1,487																																						
Peso máx.(Kg/m ³)	1,768																																						
Humedad op.(%)	15.1																																						
Comp. del lugar	81																																						
Humedad del lugar	4.6																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Composición granulométrica</th> <th>Malla</th> <th>% que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>50.000</td><td>96</td></tr> <tr><td></td><td>37.500</td><td>93</td></tr> <tr><td></td><td>26.000</td><td>93</td></tr> <tr><td></td><td>19.000</td><td>89</td></tr> <tr><td></td><td>9.500</td><td>82</td></tr> <tr><td></td><td>4.750</td><td>74</td></tr> <tr><td></td><td>2.000</td><td>68</td></tr> <tr><td></td><td>0.850</td><td>60</td></tr> <tr><td></td><td>0.425</td><td>48</td></tr> <tr><td></td><td>0.250</td><td>46</td></tr> <tr><td></td><td>0.150</td><td>41</td></tr> <tr><td></td><td>0.075</td><td>20</td></tr> </tbody> </table>	Composición granulométrica	Malla	% que pasa		50.000	96		37.500	93		26.000	93		19.000	89		9.500	82		4.750	74		2.000	68		0.850	60		0.425	48		0.250	46		0.150	41		0.075	20
Composición granulométrica	Malla	% que pasa																																					
	50.000	96																																					
	37.500	93																																					
	26.000	93																																					
	19.000	89																																					
	9.500	82																																					
	4.750	74																																					
	2.000	68																																					
	0.850	60																																					
	0.425	48																																					
	0.250	46																																					
	0.150	41																																					
	0.075	20																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>VRS (estándar) %</td> <td style="text-align: right;">42.0</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">PRUEBAS EN MATERIAL MAYOR QUE LA MALLA 9,5 mm</td> </tr> <tr> <td>Expansión</td> <td style="text-align: right;">0.39</td> <td>Absorción</td> <td style="text-align: right;">7.0</td> </tr> <tr> <td>Valor cementante (Kg/cm²)</td> <td style="text-align: right;">4.8</td> <td>Densidad</td> <td style="text-align: right;">2.08</td> </tr> <tr> <td>Equivalente de arena (%)</td> <td style="text-align: right;">29.2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	VRS (estándar) %	42.0	PRUEBAS EN MATERIAL MAYOR QUE LA MALLA 9,5 mm		Expansión	0.39	Absorción	7.0	Valor cementante (Kg/cm ²)	4.8	Densidad	2.08	Equivalente de arena (%)	29.2																									
VRS (estándar) %	42.0	PRUEBAS EN MATERIAL MAYOR QUE LA MALLA 9,5 mm																																					
Expansión	0.39	Absorción	7.0																																				
Valor cementante (Kg/cm ²)	4.8	Densidad	2.08																																				
Equivalente de arena (%)	29.2																																						
PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMISADO POR LA MALLA N° 0.042																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: right;">22.50</td> <td>Equivalente humedad de campo (%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: right;">INAP.</td> <td>Contracción lineal (%)</td> <td style="text-align: right;">7.0</td> </tr> <tr> <td>Índice plástico (%)</td> <td style="text-align: right;">INAP.</td> <td>Clasificación (SCT)</td> <td style="text-align: right;">SM</td> </tr> </table>	Límite líquido (%)	22.50	Equivalente humedad de campo (%)		Límite plástico (%)	INAP.	Contracción lineal (%)	7.0	Índice plástico (%)	INAP.	Clasificación (SCT)	SM																											
Límite líquido (%)	22.50	Equivalente humedad de campo (%)																																					
Límite plástico (%)	INAP.	Contracción lineal (%)	7.0																																				
Índice plástico (%)	INAP.	Clasificación (SCT)	SM																																				
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LA MUESTRA DE MATERIAL ANALIZADA, ESTÁ FORMADA POR SUELOS TIPO SM (ARENAS LIMOSAS, MEZCLA DE ARENA Y LIMO) PRESENTA DEFICIENCIAS EN SU V.R.S. SE RECOMIENDA UTILIZARLO COMO CAPA SUB-RASANTE.																																							

FIGURA III.5

DISEÑO HIDRÁULICO DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO.

III.- ESTUDIOS PREVIOS.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO
P.C.A. N° 1
KM 0+000
LADO IZQUIERDO
CUERPO IZQUIERDO



LAS ADOTACIONES SON EN METROS

OBSERVACIONES

CAPA	TIPO DE MATERIAL
REVESTIMIENTO	CAPA FORMADA POR MATERIALES GRAVOSOS CON ARENA, LA GRAVA ES TIPO BOLEO COLOR GRIS
TERRENO NATURAL	EL TERRENO NATURAL ESTÁ FORMADO POR SUELOS TIPO SM (ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO) CON Poca GRAVA COLOR CAFÉ CLARO.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

**IV. FUNDAMENTOS GENERALES DE
CANALES PRISMÁTICOS**

IV.- FUNDAMENTOS GENERALES DE CANALES PRISMÁTICOS

El flujo de un líquido en un conducto puede ser a presión o a superficie libre. En este capítulo se presentan los aspectos generales del escurrimiento a superficie libre o hidráulica de canales, privilegiando los conceptos referentes al diseño de canales prismáticos.

El flujo o escurrimiento de un fluido en un canal, generalmente agua, se caracteriza por tener una superficie libre a la presión atmosférica, por lo que generalmente el movimiento del líquido es generado por la acción de la fuerza de gravedad del planeta.

Esta superficie libre, que es realidad una frontera entre dos fluidos, el superior un gas, generalmente la atmósfera y el inferior que sería un líquido en movimiento, está sujeta a variaciones en función del tiempo y el espacio y por la interdependencia de factores como son la profundidad del escurrimiento, el gasto, y la geometría de conducto.

Estas condiciones hacen que el análisis hidráulico de un conducto a superficie libre sea mucho más complicado que el de un conducto a presión, utilizándose muchos conceptos de carácter empírico.

Los canales pueden ser de origen natural (arroyos, ríos, etc.) o artificial, construidos por el hombre para satisfacer una determinada necesidad, (canales de navegación, para obras de

desvío, para riego, obras de excedencias etc.) Y cuando este tipo de canales se construyen con pendiente de plantilla y sección transversal constante, se les conoce como canales prismáticos.

IV.1 CLASIFICACIÓN DE FLUJO EN CANALES

Existen varios criterios para clasificar el flujo en canales, considerando en todos los casos que el flujo es unidimensional, esto es, que sus principales características varían en función de una coordenada lo que permite expresarlas en una sección transversal en valores promedio. En la figura IV.1 se muestra un resumen de los criterios de clasificación del flujo en un canal que se mencionan a continuación.

IV.1.1 De Acuerdo a su Comportamiento en el Tiempo

Utilizando el tiempo como un criterio, el flujo puede ser permanente o no permanente.

- a) **Flujo permanente.** El flujo es permanente cuando sus características no cambian con el tiempo.

- b) **Flujo no permanente.** Las características del flujo pueden variar con el tiempo.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO**

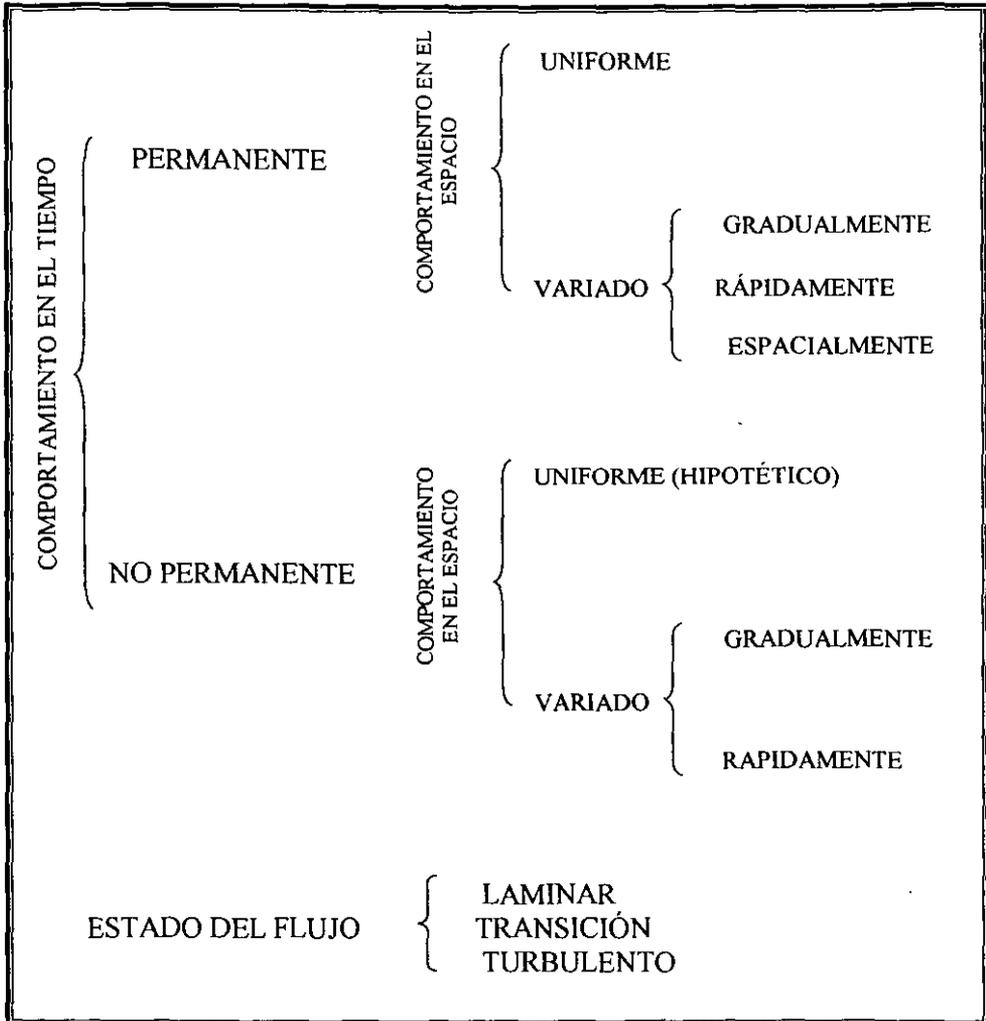


FIG. IV.1

**CLASIFICACIÓN DEL FLUJO
EN CANALES**

IV.1.2 De Acuerdo a su Comportamiento en el Espacio

Con este criterio el flujo se clasifica como uniforme y variado.

a) Flujo uniforme. El flujo uniforme se presenta cuando la velocidad media permanece constante en cualquier sección del canal, puede ser permanente o no permanente.

b) Flujo Variado. El flujo es variado cuando la velocidad media cambia a lo largo del canal, como consecuencia de un cambio en la pendiente o en la sección del canal o por una estructura hidráulica interpuesta en la línea de flujo. Puede ser permanente y no permanente y se subdivide a su vez en gradualmente variado, cuando el tirante cambia en forma suave a lo largo del canal, como son los remansos aguas arriba de embalses o pilas de puentes; rápidamente variado, cuando el tirante varía en forma brusca o rápida a lo largo del canal, como puede ser el salto hidráulico o una caída o espacialmente variado, cuando se dan cambios en el gasto a lo largo del canal.

IV.1.3 Según el Estado del Flujo

El comportamiento de un flujo es gobernado por efecto de la viscosidad relativa a las fuerzas de inercia del flujo. Bajo este criterio, el flujo puede ser laminar, turbulento o en estado de transición, con base al número de Reynolds (Re). Las fronteras son las siguientes:

- a) **Flujo laminar:** $Re < 500$. El movimiento de las partículas es lento y sin mezcla o difusión.
- b) **Flujo Turbulento:** $Re > 2000$. El movimiento de las partículas es errático y hay mezclado y difusión.
- c) **Transición.** Cuando $500 < Re < 2000$.

IV.2 ASPECTOS GENERALES PARA EL CÁLCULO HIDRÁULICO

Por las características específicas del proyecto a realizar descritas en el capítulo II del presente trabajo, la estructura a diseñar es un canal artificial con algún tipo de revestimiento. Para este tipo de estructuras, y en general, de la mayor parte de los problemas de canales abiertos, el análisis hidráulico se realiza haciendo las siguientes consideraciones:

- El flujo es unidimensional
- El flujo es permanente
- El flujo se realiza en régimen turbulento ($Re > 2000$)
- El flujo es irrotacional, esto es, las partículas no giran o su giro es despreciable por lo que se consideran valores medios para la velocidad.

Los principales aspectos a considerar para el diseño de este tipo de canales son los siguientes:

IV.2.1 Elementos Geométricos de la Sección Transversal

La sección hidráulica de un canal se considera normal al escurrimiento, para un canal natural, como los cauces de ríos y arroyos, la sección es de forma irregular y varía a lo largo del mismo. En los canales artificiales se utilizan secciones geométricas regulares, siendo las más comunes la rectangular, trapecial y circular. Pueden ser conductos abiertos o conductos cerrados, los cuales, para considerarlos como canales, deben funcionar con una superficie libre, por lo que funcionan parcialmente llenos. Los elementos geométricos más importantes de una sección son los siguientes:

a) Tirante (y). Es la distancia de la superficie libre del agua al punto más bajo de la sección, medida normal al flujo, si se considera una sección vertical, el tirante vertical sería:

$$d = y \cos \varphi$$

Siendo φ el ángulo de la plantilla del canal con respecto a la horizontal

b) Area hidráulica (A). Es el área de la sección ocupada por el líquido.

c) **Ancho de la superficie libre (B)**. Es el ancho de la sección medido a la altura de la superficie libre. Para las secciones rectangular y trapecial, el ancho de la base (B), corresponde al de la parte más baja de la sección.

d) **Perímetro mojado (P)**. Es el perímetro de la sección en contacto con el agua, sin incluir a la superficie libre.

e) **Radio Hidráulico (R_H)**. Es la relación del área hidráulica entre el perímetro mojado.

$$R_H = \frac{A}{P}$$

f) **Tirante medio**. Es el cociente del área hidráulica entre el ancho de la superficie libre.

$$Y = \frac{A}{B}$$

g) **Pendiente (S)**. Es la inclinación de la plantilla del canal por unidad de longitud en dirección del flujo.

h) **Talúd (k)**. Es la distancia horizontal que hay que recorrer para ascender la unidad de longitud. Se puede expresar como:

$$k = \text{COT } \varphi$$

Donde φ es el ángulo formado por la pared del canal con el plano horizontal.

En las tablas IV.1 y IV.2 se muestran los elementos geométricos de las secciones de canales, tanto abierto como conductos cerrados más usuales en la práctica.

IV. 2.2 Energía Especifica y Régimen Crítico.

La energía específica en la sección de un canal se define como la energía por kilogramo de agua medida con respecto al fondo del canal. Está definida como:

$$E = y + \frac{v^2}{2g}$$

Si consideramos la ecuación de continuidad

$$Q = Av$$

Despejando la velocidad y sustituyendo se tiene

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^3}$$

En donde

E Energía específica, en (m)

y Tirante, en (m)

v Velocidad, en (m/s)

g Fuerza de gravedad de la tierra igual a 9.81 m/s^2

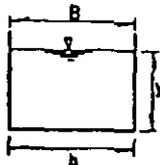
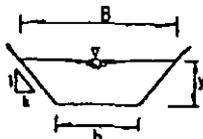
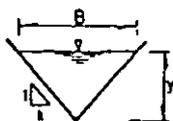
A Área hidráulica, en (m^2)

Q Gasto, en (m^3/s)

TABLA IV.1

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LAS SECCIONES ABIERTAS MÁS COMUNES

	S E C C I O N		
	RECTANGULAR	TRAPECIAL	TRIANGULAR
			
AREA, A	by	$(b + ky)y$	ky^2
PERIMETRO MOJADO, P	$b + 2y$	$b + 2y\sqrt{1 + k^2}$	$2y\sqrt{1 + k^2}$
RADIO HIDRÁULICO, $R_H = A/P$	$\frac{by}{b + 2y}$	$\frac{(b + ky)y}{b + 2y\sqrt{1 + k^2}}$	$\frac{ky}{2\sqrt{1 + k^2}}$
ANCHO DE LA SUPERFICIE LIBRE, B	b	$b + 2ky$	$2ky$
TIRANTE MEDIO $Y = A/B$	y	$\frac{(b + ky)y}{b + 2ky}$	$\frac{1}{2} y$

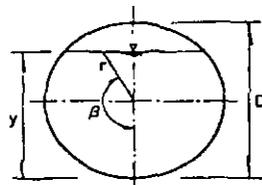
FUENTE: TABLA I.1. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

TABLA IV.2

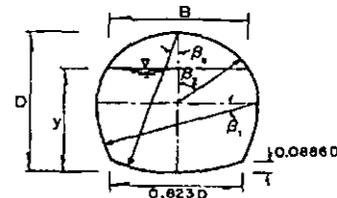
DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICOS DE LAS SECCIÓN HERRADURA Y CIRCULAR

SECCION		ANGULO, EN RADIANTES	ANCHO DE LA SUPERFICIE LIBRE, B	AREA A	PERIMETRO P
CIRCULAR	$0 \leq \frac{y}{D} \leq 1$	$\theta = \text{ang} \cos(1 - \frac{2y}{D})$	$D \sin \theta$	$[8 - \text{sen} \theta \cos \theta] \frac{D^2}{8}$	$D\theta$
HERRADURA	$0 \leq \frac{y}{D} < 0.0885$	$\theta_1 = \text{ang} \cos(1 - \frac{y}{D})$	$2\sqrt{(2D-y)^2}$	$(\theta_1 - \frac{D-y}{D} \frac{\theta_1}{2}) D^2$	$2D\theta_1$
	$0.0885 \leq \frac{y}{D} \leq \frac{1}{2}$	$\theta_1 = \text{ang} \sin(\frac{1}{2} - \frac{y}{D})$	$D[1 + 8\text{sen}^2 \frac{\theta_1}{2} - 4\text{sen}^2 \theta_1]$	$[0.4366 - \theta_1 + \frac{1}{2}(1 - \frac{y}{D}) \text{sen} \theta_1] D^2$	$[1.8962 - 2\theta_1] D$
	$\frac{1}{2} < \frac{y}{D} \leq 1$	$\theta_1 = \text{ang} \cos(\frac{2y}{D} - 1)$	$2\sqrt{(D-y)^2}$	$[0.8293 - \frac{1}{2} \theta_1 + (\frac{y}{D} - \frac{1}{2}) \frac{\theta_1}{2}] D^2$	$[1.7670 - \theta_1] D$



a) sección circular



b) sección herradura

FUENTE: TABLA I.2. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

La energía específica equivale a la suma de tirante y la carga de velocidad, de tal manera que si se considera un gasto constante y el área hidráulica como función del tirante, la energía específica depende únicamente de este último.

La presentación gráfica de la energía específica se muestra en la figura IV.2, en función del tirante. En la gráfica se observa que para una determinada energía específica existen dos valores del tirante, y_1 , y_2 , que se conocen como tirantes alternados (menor y mayor respectivamente). En donde existe un punto donde la energía específica es mínima (punto C en la curva) con la cual puede pasar el gasto Q a través de la sección. El tirante (y_c) para este punto se le conoce como tirante crítico, y la velocidad correspondiente será la velocidad crítica. de tal forma que se pueden definir tres estados o régimen de flujo tomando como referencia esta condición, que son:

- a) **Régimen Subcrítico.** Se presenta cuando el tirante es mayor que el crítico, y la velocidad es menor que la crítica.

 - b) **Régimen Crítico.** Cuando se presenta la condición descrita en párrafos anteriores, por lo que el tirante es el crítico y la velocidad es la crítica.

 - c) **Régimen Supercrítico.** El estado o régimen supercrítico ocurre cuando el tirante es menor que el crítico y por lo tanto la velocidad es mayor que la crítica.
-

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO**

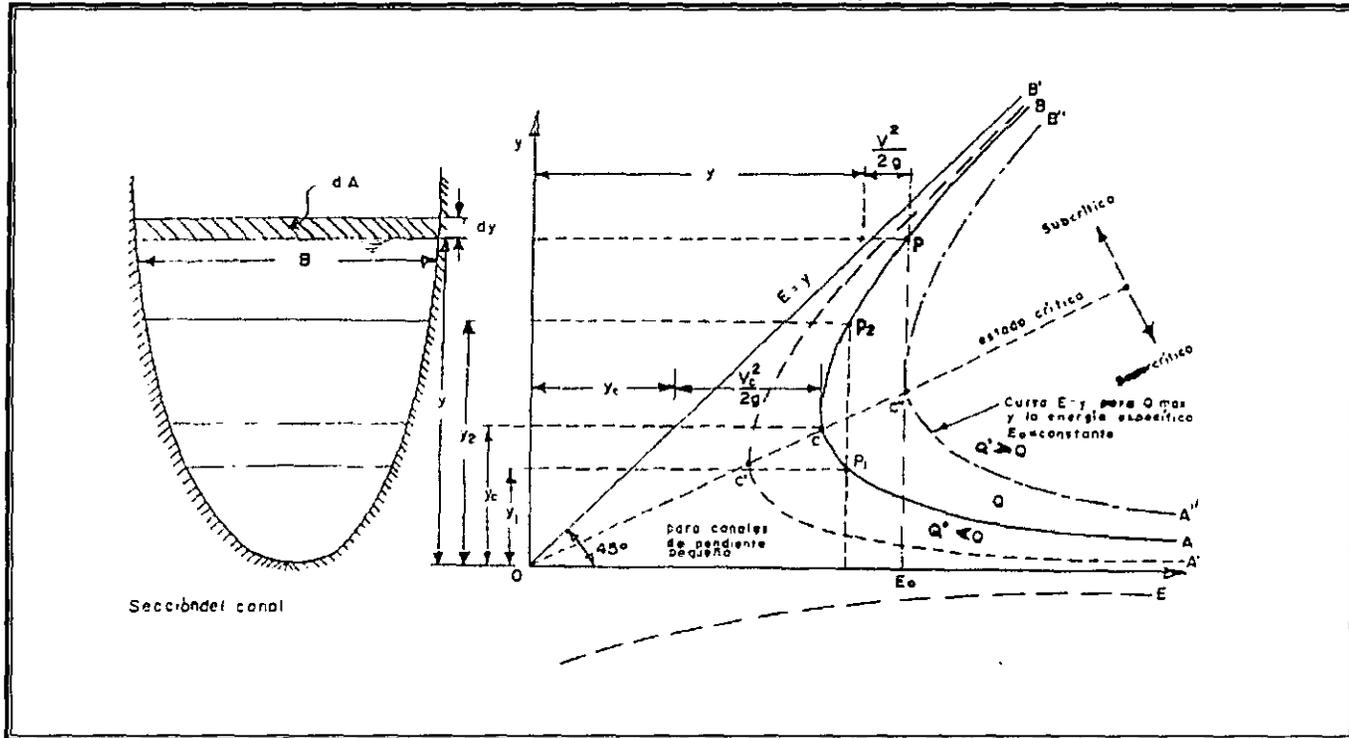


FIG. IV.2

CURVAS DE ENERGÍA ESPECÍFICA

FUENTE: FIG 3.2 . "APUNTES DE HIDRÁULICA". GILBERTO SOTELO AVILA. UNAM FACULTAD DE INGENIERIA. MÉXICO 1988.

Para definir el régimen del flujo bajo este criterio se utiliza el parámetro conocido como número de Froude (Fr) que se define como el cociente de las fuerzas de inercia entre las fuerzas de gravedad.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gY}}$$

Siendo v la velocidad media en el canal en (m/s), g la fuerza gravitacional en (m/s^2) y Y el tirante medio en el canal en (m). Dependiendo del valor obtenido se tiene:

- a) Cuando $Fr = 1$. El flujo es crítico
- b) Cuando $Fr < 1$. El flujo es subcrítico
- c) Cuando $Fr > 1$. El flujo es supercrítico.

Para calcular el tirante en condiciones críticas se utilizan las siguientes expresiones:

$$Fr_c = \frac{v_c}{\sqrt{gY_c}} = \frac{Q}{A_c \sqrt{gY_c}} = 1$$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{B_c}$$

$$\frac{Q}{g} = \frac{A_c^{3/2}}{B_c^{1/2}}$$

Siendo

y_c = Tirante crítico, en (m).

A_c = Area hidráulica crítica, en (m^2).

B_c = Ancho de la superficie libre en el canal para las condiciones críticas, en (m).

Los demás parámetros ya fueron definidos en párrafos anteriores.

Conocido el gasto y la geometría del canal, el cálculo del tirante crítico se puede realizar por aproximaciones sucesivas, proponiendo valores para el tirante hasta cumplir con las igualdades planteadas en las ecuaciones anteriores, o con el empleo de gráficas. En las figuras IV.3 y IV.4 se presentan las curvas para obtener el tirante crítico y la energía específica mínima en secciones trapecial, circular y herradura. Para secciones rectangular y triangular, el cálculo del tirante crítico es directo utilizando las siguientes expresiones.

SECCIÓN RECTANGULAR

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad \text{en donde } q = \frac{Q}{b}$$

$$E_{MIN} = \frac{3}{2} y_c$$

SECCIÓN TRIANGULAR

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{2Q^2}{gk^3}}$$

$$E_{MIN} = \frac{5}{4} y_c$$

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO**

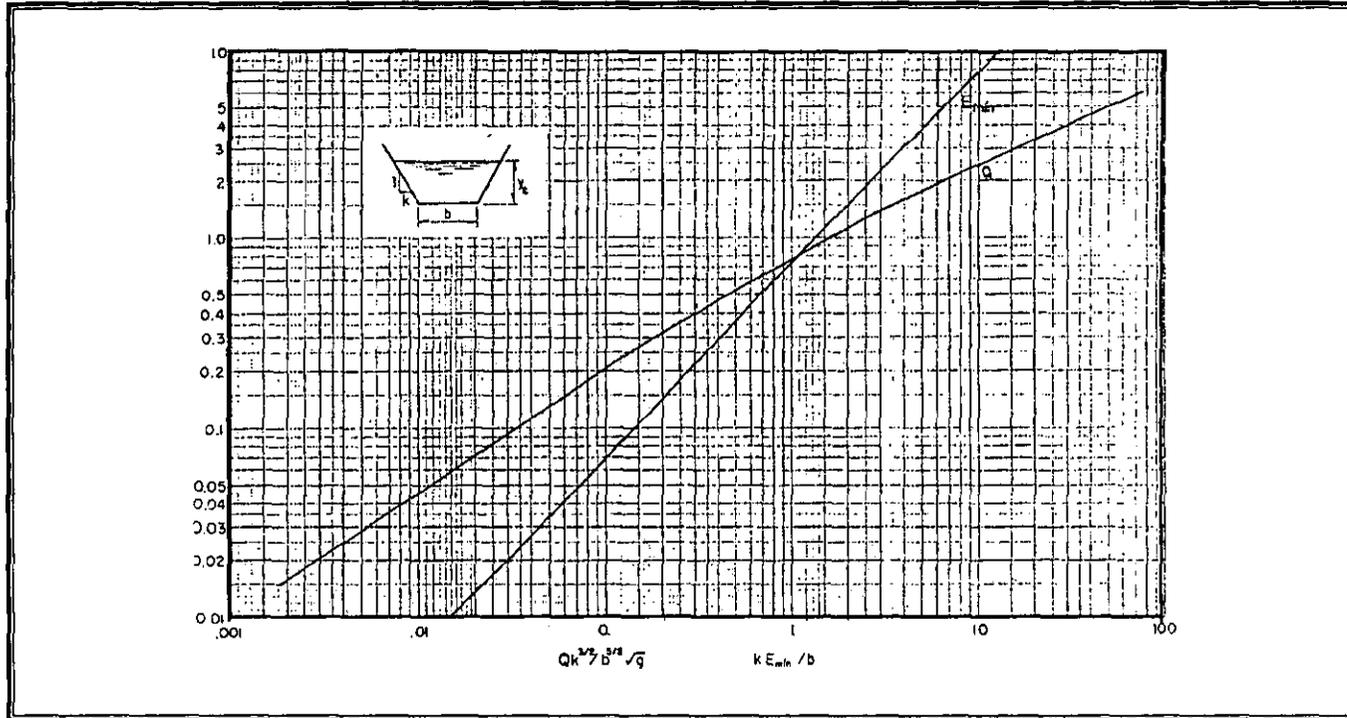


FIG. IV.3

**CURVAS PARA DETERMINAR EL TIRANTE CRÍTICO Y LA ENERGIA
ESPECIFICA MÍNIMA EN SECCIONES TRAPEZOIDALES**

FUENTE: FIG 3.9 . "APUNTES DE HIDRÁULICA". GILBERTO SOTELO ÁVILA. UNAM FACULTAD
DE INGENIERÍA. MÉXICO 1988.

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

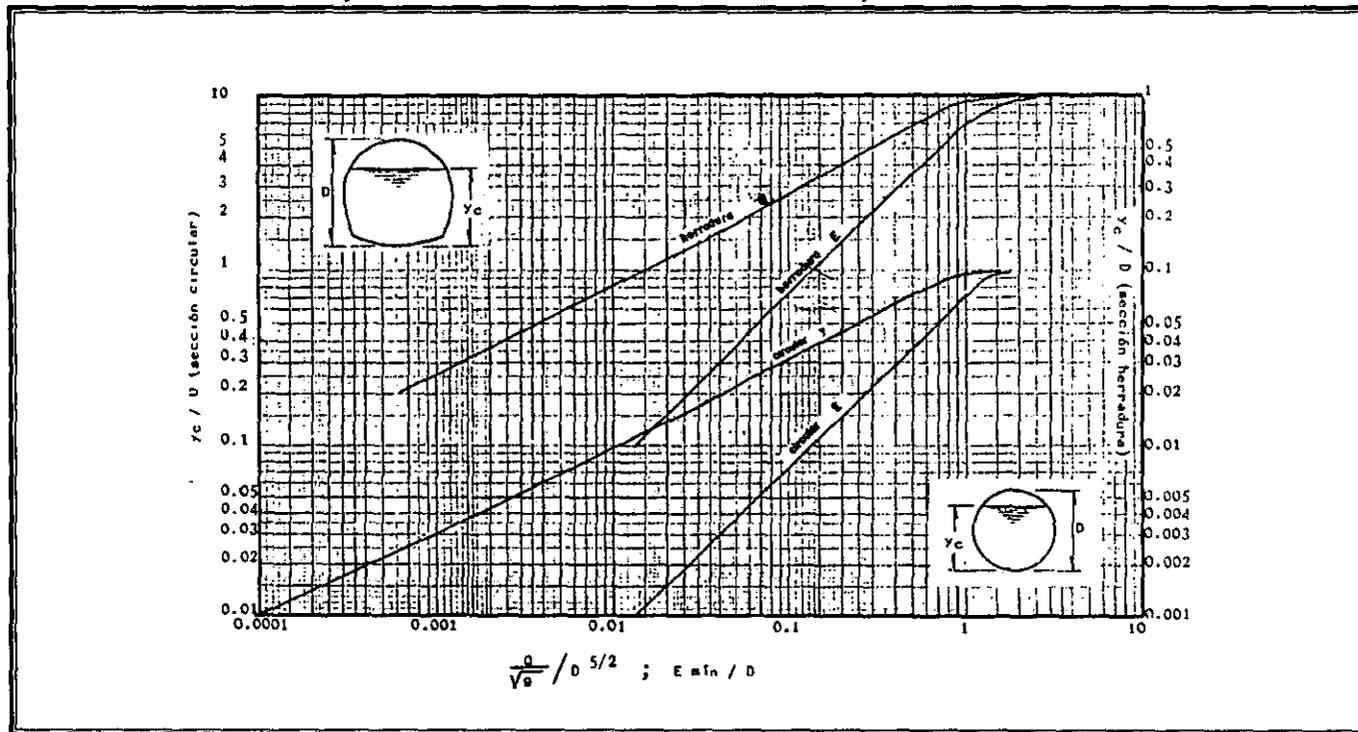


FIG. IV.4

**CURVAS PARA DETERMINAR EL TIRANTE CRÍTICO Y LA ENERGÍA
ESPECIFICA MÍNIMA EN SECCIONES CIRCULAR Y HERRADURA**

FUENTE: FIG. 3.10. "APUNTES DE HIDRÁULICA". GILBERTO SOTELO ÁVILA. UNAM FACULTAD
DE INGENIERÍA. MÉXICO 1988.

En donde q es el gasto unitario, b la base del canal y k el talud de las paredes inclinadas del canal triangular, y se define como la distancia horizontal que hay que recorrer para ascender la unidad de longitud.

IV.2.3 Análisis Hidráulico. Flujo Uniforme

El flujo uniforme se presenta cuando la velocidad media permanece constante en cualquier sección del canal y por lo tanto, dicha sección y el tirante también permanecen constantes. En la figura IV.5 Se muestra gráficamente el flujo uniforme, en donde se observa que la pendiente de la línea de energía de fricción (S_f), la pendiente de la superficie libre del agua (S_a) y la pendiente geométrica del canal (S_o) son iguales. El tirante correspondiente se le conoce como tirante normal.

Para el análisis hidráulico del flujo uniforme se utilizan básicamente dos ecuaciones; La ecuación de continuidad y alguna de las fórmulas de resistencia al flujo más usuales, comúnmente la formula de Manning, cuyas expresiones son las siguientes:

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

$$Q = Av$$

FORMULA DE MANNING

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

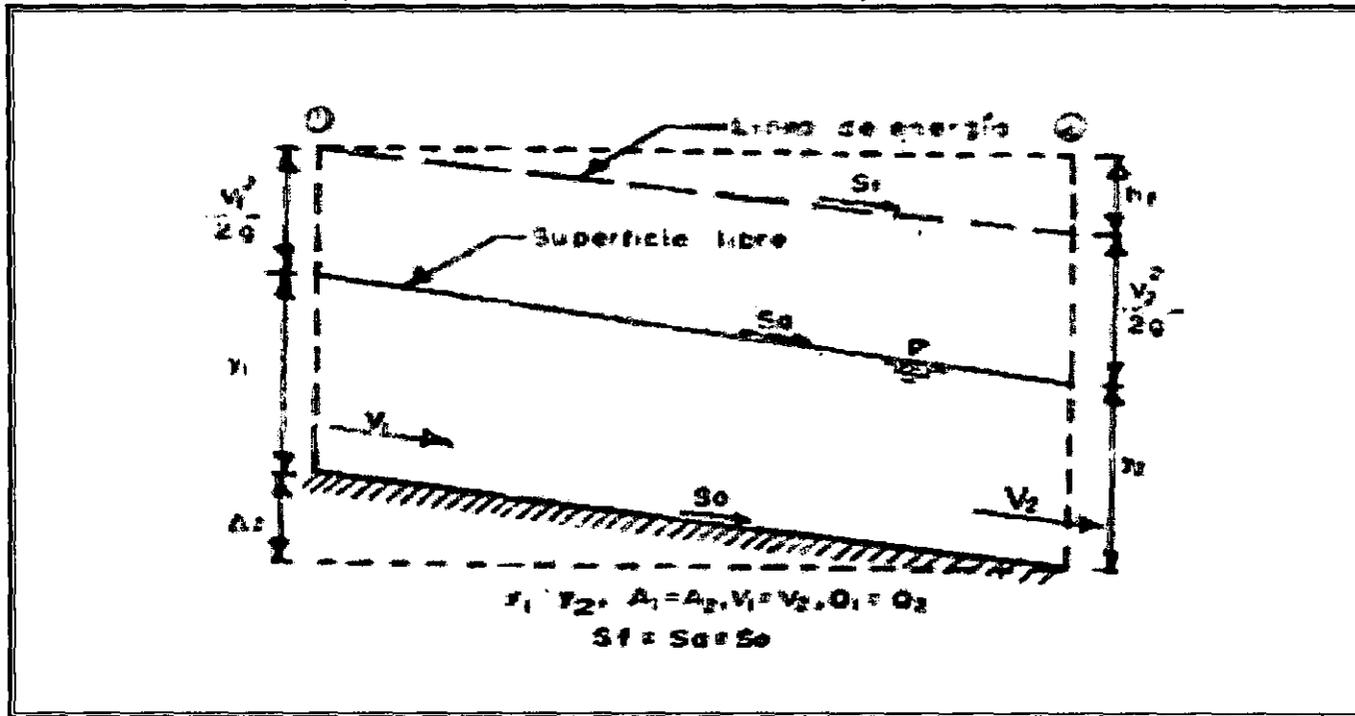


FIG. IV.5

FLUJO UNIFORME

FUENTE: FIG 1.1. "APUNTES DE HIDRÁULICA". GILBERTO SOTELO AVILA. UNAM FACULTAD DE INGENIERIA. MÉXICO 1988.

De donde sustituyendo en la ecuación de continuidad, se tiene:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo

Q = Gasto en (m³/s)

A = Área hidráulica, en (m²)

v = Velocidad media del flujo, en (m/s)

R = Radio Hidráulico, en (m)

S = Pendiente de fricción o gradiente hidráulico, (adimensional)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, (m^{1/3}/s) el cual depende del tipo de material y acabado de la sección del canal. En la tabla IV.3 se presentan los valores del coeficiente "n" de Manning para canales revestido.

El cálculo hidráulico se puede realizar por iteraciones o gráficamente.

IV.2.3.1 Cálculo por Aproximaciones sucesivas

La ecuación de Manning aplicada a la ecuación de continuidad se puede expresar como

$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{S^{1/2}}$$

Teniendo como dato el gasto, el coeficiente de rugosidad y la pendiente del canal (Q , n , S), con una sección geométrica propuesta, se proponen valores para el tirante normal y se calcula

TABLA IV.3

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

COEFICIENTE n DE MANNING PARA CANALES REVESTIDOS

B.1 Metales	MIN.	MED.	MAX.
a) Superficies de acero lisas			
1.- No pintadas	0.011	0.012	0.014
2.- Pintadas	0.012	0.013	0.017
b) Corrugadas	0.021	0.025	0.030
B.2 No metales			
a) Cemento			
1.- Superficie lisa	0.010	0.011	0.013
2.- En mortero	0.011	0.013	0.015
b) Madera			
1.- Plana, no tratada	0.010	0.012	0.014
2.- Plana creosotada	0.010	0.012	0.015
3.- Rústica	0.011	0.013	0.015
4.- Tablones y tejamanil	0.012	0.015	0.018
5.- Cubierta con tela	0.010	0.014	0.017
c) Concreto			
1.- Acabado con llana metálica	0.011	0.013	0.015
2.- Acabado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3.- Acabado con grava en el fondo	0.015	0.017	0.020
4.- Sin acabar	0.014	0.017	0.020
5.- Gunitado, buena sección	0.016	0.019	0.023
6.- gunitado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7.- Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8.- Sobre roca, excavado irregular	0.022	0.027	
d) Plantilla de concreto, acabado con llana y taludes de:			
1.- Mampostería cuidada sobre mortero	0.015	0.017	0.020
2.- Mampostería burda sobre mortero	0.017	0.020	0.024

FUENTE: TABLA.2.4 "APUNTES DE HIDRÁULICA II" GILBERTO SOTELO AVILA. UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA. MÉXICO 1988

el término $AR^{2/3}$ el cálculo termina cuando los valores de ambos términos de la ecuación se aproximen de acuerdo a la precisión deseada.

Cuando se trata de secciones circular o herradura se puede utilizar las tablas IV.4 y IV.5 en donde se presenta los parámetros geométricos e hidráulicos canales con este tipo de secciones.

IV.2.3.2 Método Gráfico.

Este método consiste en determinar el tirante normal utilizando las curvas de la gráfica mostrada en la figura IV.6. Para lo cual, teniendo una sección propuesta, se calculan los términos:

$$\frac{Qn}{S^{1/2}b^{5/2}} \quad \text{ó} \quad \frac{Qn}{S^{1/2}D^{5/2}}$$

De las curvas se obtiene y_n/b ó y_n/D .

IV.2.4 Análisis hidráulico. Flujo Permanente Gradualmente Variado.

Para canales prismáticos, la representación gráfica del flujo permanente gradualmente variado se muestra en la figura IV.7. Este tipo de flujo se caracteriza porque los tirantes varían en forma gradual a lo largo del canal, de tal manera que las líneas de corriente son prácticamente paralelas, por lo que la distribución de presiones se considera hidrostática, lo que hace posible aplicar las fórmulas establecidas para el análisis del flujo uniforme.

TABLA IV.4

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICOS. SECCIÓN CIRCULAR

$\frac{V}{D}$	$\frac{A}{n^2}$	$\frac{R_H}{D}$	$\frac{B}{D}$	$\frac{A^{1.48}}{C D^{2.48}}$	$\frac{A R_H^{2/3}}{C D^{8/3}}$	$\frac{C_{min}}{D}$
0.01	0.0013	0.0066	0.1990	0.0001	0.0000	0.0133
0.02	0.0037	0.0132	0.2800	0.0004	0.0002	0.0267
0.03	0.0069	0.0197	0.3412	0.0010	0.0005	0.0401
0.04	0.0105	0.0262	0.3919	0.0017	0.0009	0.0534
0.05	0.0147	0.0326	0.4359	0.0027	0.0015	0.0668
0.06	0.0192	0.0389	0.4750	0.0039	0.0022	0.0803
0.07	0.0242	0.0451	0.5103	0.0053	0.0031	0.0937
0.08	0.0294	0.0513	0.5426	0.0069	0.0040	0.1071
0.09	0.0350	0.0574	0.5724	0.0087	0.0052	0.1206
0.10	0.0409	0.0635	0.6000	0.0107	0.0065	0.1341
0.11	0.0470	0.0695	0.6258	0.0129	0.0079	0.1476
0.12	0.0534	0.0754	0.6499	0.0153	0.0095	0.1611
0.13	0.0600	0.0813	0.6726	0.0179	0.0113	0.1746
0.14	0.0668	0.0871	0.6940	0.0217	0.0131	0.1882
0.15	0.0739	0.0929	0.7141	0.0238	0.0152	0.2017
0.16	0.0811	0.0986	0.7332	0.0270	0.0173	0.2153
0.17	0.0885	0.1042	0.7513	0.0304	0.0196	0.2289
0.18	0.0961	0.1097	0.7684	0.0339	0.0220	0.2426
0.19	0.1039	0.1152	0.7846	0.0378	0.0247	0.2562
0.20	0.1118	0.1206	0.8000	0.0418	0.0273	0.2699
0.21	0.1199	0.1259	0.8146	0.0460	0.0301	0.2836
0.22	0.1281	0.1312	0.8285	0.0503	0.0333	0.2973
0.23	0.1365	0.1364	0.8417	0.0549	0.0359	0.3111
0.24	0.1449	0.1416	0.8542	0.0597	0.0394	0.3248
0.25	0.1535	0.1466	0.8660	0.0646	0.0427	0.3387
0.26	0.1623	0.1516	0.8773	0.0697	0.0464	0.3525
0.27	0.1711	0.1566	0.8879	0.0751	0.0497	0.3663
0.28	0.1800	0.1614	0.8980	0.0805	0.0536	0.3802
0.29	0.1890	0.1662	0.9075	0.0862	0.0571	0.3942
0.30	0.1982	0.1709	0.9165	0.0921	0.610	0.4021
0.31	0.2074	0.1755	0.9250	0.0981	0.0650	0.4221
0.32	0.2167	0.1801	0.9330	0.1044	0.0590	0.4361
0.33	0.2260	0.1848	0.9404	0.1107	0.0736	0.4502
0.34	0.2355	0.1891	0.9474	0.1172	0.0776	0.4643
0.35	0.2450	0.1935	0.9539	0.1241	0.0820	0.4784
0.36	0.2546	0.1978	0.9600	0.1310	0.0864	0.4926
0.37	0.2642	0.2020	0.9656	0.1381	0.0909	0.5068
0.38	0.2739	0.2061	0.9708	0.1453	0.0955	0.5211
0.39	0.2836	0.2102	0.9755	0.1528	0.1020	0.5354
0.40	0.2934	0.2142	0.9798	0.1603	0.1050	0.5497
0.41	0.3032	0.2181	0.9837	0.1682	0.1100	0.5641
0.42	0.3132	0.2220	0.9871	0.1761	0.1147	0.5786
0.43	0.3229	0.2257	0.9902	0.1844	0.1196	0.5931
0.44	0.3323	0.2294	0.9928	0.1927	0.1245	0.6076
0.45	0.3428	0.2331	0.9950	0.2011	0.1298	0.6223
0.46	0.3527	0.2366	0.9968	0.2098	0.1348	0.6369
0.47	0.3627	0.2400	0.9982	0.2186	0.1401	0.6517
0.48	0.3727	0.2434	0.9992	0.2275	0.1452	0.6665
0.49	0.3827	0.2467	0.9998	0.2366	0.1505	0.6814
0.50	0.3927	0.2500	1.0000	0.2459	0.1558	0.6964
0.51	0.4027	0.2531	0.9998	0.2553	0.1610	0.7114
0.52	0.4127	0.2561	0.9992	0.2650	0.1664	0.7265
0.53	0.4227	0.2591	0.9982	0.2748	0.1715	0.7417
0.54	0.4327	0.2620	0.9968	0.2848	0.1772	0.7570
0.55	0.4426	0.2649	0.9950	0.2949	0.1825	0.7724

FUENTE: TABLA III.2. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

TABLA IV.4

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICOS. SECCIÓN CIRCULAR

DK	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{K_m}{C}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{A^{1.48}}{D^{4.74}}$	$\frac{A R^{7/3}}{D^{4.74}}$	$\frac{E_m D}{D}$
0.56	0.4526	0.2676	0.9928	0.3051	0.1878	0.7879
0.57	0.4625	0.2703	0.9902	0.3158	0.1933	0.8035
0.58	0.4723	0.2728	0.9871	0.3263	0.1987	0.8193
0.59	0.4822	0.2753	0.9837	0.3373	0.2041	0.8351
0.60	0.4920	0.2776	0.9798	0.3484	0.2092	0.8511
0.61	0.5018	0.2797	0.9755	0.3560	0.2146	0.8672
0.62	0.5115	0.2818	0.9708	0.3710	0.2199	0.8835
0.63	0.5212	0.2839	0.9656	0.3830	0.2252	0.8999
0.64	0.5308	0.2860	0.9600	0.3945	0.2302	0.9165
0.65	0.5404	0.2881	0.9539	0.4066	0.2358	0.9333
0.66	0.5499	0.2899	0.9474	0.4188	0.2407	0.9502
0.67	0.5594	0.2917	0.9404	0.4309	0.2460	0.9674
0.68	0.5687	0.2935	0.9330	0.4437	0.2510	0.9848
0.69	0.5780	0.2950	0.9250	0.4566	0.2560	1.0025
0.70	0.5872	0.2962	0.9165	0.4694	0.2608	1.0204
0.71	0.5964	0.2973	0.9075	0.4831	0.2653	1.0386
0.72	0.6054	0.2984	0.8980	0.4964	0.2702	1.0571
0.73	0.6143	0.2995	0.8879	0.5100	0.2751	1.0759
0.74	0.6231	0.3006	0.8773	0.5248	0.2794	1.0952
0.75	0.6318	0.3017	0.8660	0.5392	0.2840	1.1148
0.76	0.6404	0.3025	0.8542	0.5540	0.2888	1.1349
0.77	0.6489	0.3032	0.8417	0.5695	0.2930	1.1555
0.78	0.6573	0.3037	0.8285	0.5850	0.2969	1.1767
0.79	0.6655	0.3040	0.8146	0.6011	0.3008	1.1985
0.80	0.6736	0.3042	0.8000	0.6177	0.3045	1.2210
0.81	0.6815	0.3044	0.7846	0.6347	0.3082	1.2445
0.82	0.6893	0.3043	0.7684	0.6524	0.3118	1.2685
0.83	0.6969	0.3041	0.7513	0.6707	0.3151	1.2938
0.84	0.7043	0.3038	0.7332	0.6897	0.3182	1.3203
0.85	0.7115	0.3033	0.7141	0.7098	0.3212	1.3482
0.86	0.7186	0.3026	0.6940	0.7307	0.3240	1.3777
0.87	0.7254	0.3017	0.6726	0.7528	0.3264	1.4092
0.88	0.7320	0.3008	0.6489	0.7754	0.3286	1.4432
0.89	0.7380	0.2996	0.6258	0.8016	0.3307	1.4800
0.90	0.7445	0.2980	0.6000	0.8285	0.3324	1.5204
0.91	0.7504	0.2963	0.5724	0.8586	0.3336	1.5655
0.92	0.7560	0.2944	0.5426	0.8917	0.3345	1.6166
0.93	0.7612	0.2922	0.5103	0.9292	0.3350	1.6759
0.94	0.7662	0.2896	0.4750	0.9725	0.3353	1.7465
0.95	0.7707	0.2864	0.4359	1.0242	0.3349	1.8341
0.96	0.7749	0.2830	0.3919	1.0888	0.3340	1.9485
0.97	0.7785	0.2787	0.3412	1.1752	0.3322	2.1110
0.98	0.7816	0.2735	0.2800	1.3050	0.3291	2.3758
0.99	0.7841	0.2665	0.1990	1.5554	0.3248	2.9600
1.00	0.7854	0.2500	0.0000	-	0.3117	---

FUENTE: TABA III.2 "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES. ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

TABLA IV.5

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICOS. SECCIÓN HERRADURA

C D	A D ²	K ₁₁ D	$\frac{AK_{11}^{2/3}}{D^{5/3}}$	$\frac{A^{3/2}}{K D^{2.48}}$	$\frac{K_{m1n}}{D}$
0.01	0.0019	0.0066	0.00007	0.0002	0.0133
0.02	0.0053	0.0137	0.00030	0.0005	0.0267
0.03	0.0097	0.0198	0.00071	0.0014	0.0400
0.04	0.0150	0.0264	0.00133	0.0025	0.0534
0.05	0.0209	0.0329	0.00215	0.0038	0.0668
0.06	0.0275	0.0394	0.00318	0.0055	0.0801
0.07	0.0346	0.0459	0.00443	0.0075	0.0935
0.08	0.0421	0.0524	0.00589	0.0098	0.1069
0.09	0.0502	0.0590	0.00761	0.0124	0.1205
0.10	0.0585	0.0670	0.00965	0.0155	0.1351
0.11	0.0670	0.0748	0.01190	0.0186	0.1497
0.12	0.0753	0.0823	0.01425	0.0224	0.1643
0.13	0.0839	0.0895	0.01679	0.0267	0.1789
0.14	0.0925	0.0964	0.01945	0.0302	0.1934
0.15	0.1012	0.1031	0.02225	0.0344	0.2079
0.16	0.1100	0.1097	0.02521	0.0388	0.2224
0.17	0.1188	0.1161	0.02827	0.0434	0.2369
0.18	0.1277	0.1222	0.03145	0.0482	0.2514
0.19	0.1367	0.1282	0.03476	0.0532	0.2658
0.20	0.1457	0.1341	0.03817	0.0584	0.2803
0.21	0.1548	0.1398	0.04172	0.0637	0.2947
0.22	0.1640	0.1454	0.04535	0.0692	0.3091
0.23	0.1733	0.1508	0.04910	0.0749	0.3236
0.24	0.1825	0.1560	0.05292	0.0808	0.3380
0.25	0.1919	0.1611	0.05682	0.0868	0.3524
0.26	0.2013	0.1662	0.06085	0.0930	0.3669
0.27	0.2107	0.1710	0.06491	0.0994	0.3813
0.28	0.2202	0.1758	0.06910	0.1059	0.3958
0.29	0.2297	0.1804	0.07334	0.1126	0.4102
0.30	0.2393	0.1850	0.07769	0.1194	0.4247
0.31	0.2489	0.1895	0.08212	0.1264	0.4392
0.32	0.2586	0.1938	0.08660	0.1336	0.4537
0.33	0.2683	0.1981	0.09118	0.1409	0.4682
0.34	0.2780	0.2023	0.09580	0.1484	0.4827
0.35	0.2878	0.2063	0.10048	0.1560	0.4972
0.36	0.2975	0.2103	0.10521	0.1638	0.5118
0.37	0.3074	0.2142	0.11000	0.1718	0.5263
0.38	0.3172	0.2181	0.11493	0.1798	0.5409
0.39	0.3271	0.2217	0.11982	0.1881	0.5555
0.40	0.3370	0.2252	0.12474	0.1965	0.5702
0.41	0.3469	0.2287	0.12973	0.2050	0.5849
0.42	0.3568	0.2322	0.13479	0.2137	0.5995
0.43	0.3667	0.2356	0.13988	0.2225	0.6143
0.44	0.3767	0.2390	0.14508	0.2315	0.6290
0.45	0.3867	0.2422	0.15025	0.2406	0.6438
0.46	0.3966	0.2454	0.15545	0.2499	0.6586
0.47	0.4066	0.2484	0.16067	0.2593	0.6735
0.48	0.4166	0.2514	0.16594	0.2688	0.6884
0.49	0.4265	0.2544	0.17128	0.2785	0.7033
0.50	0.4365	0.2574	0.17667	0.2883	0.7183
0.51	0.4465	0.2602	0.18202	0.2983	0.7334
0.52	0.4565	0.2630	0.18743	0.3085	0.7485
0.53	0.4665	0.2657	0.19284	0.3188	0.7637
0.54	0.4765	0.2683	0.19826	0.3291	0.7791
0.55	0.4865	0.2707	0.20388	0.3400	0.7945

FUENTE: TABLA III.2. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

TABLA IV.5

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICOS. SECCIÓN HERRADURA

$\frac{V}{D}$	$\frac{A}{b^2}$	$\frac{R_H}{D}$	$\frac{A R_H^{2/3}}{n^{2/3}}$	$\frac{A^{1.48}}{b D^{0.54}}$	$\frac{E_{min}}{D}$
.56	.4965	.2733	.20910	.3509	.8100
.57	.5064	.2757	.21431	.3619	.8257
.58	.5163	.2781	.21957	.3731	.8415
.59	.5261	.2804	.22538	.3845	.8574
.60	.5359	.2824	.23067	.3961	.8735
.61	.5457	.2844	.23600	.4079	.8897
.62	.5555	.2864	.24136	.4199	.9061
.63	.5651	.2884	.24667	.4321	.9226
.64	.5748	.2902	.25195	.4445	.9394
.65	.5843	.2920	.25717	.4571	.9563
.66	.5938	.2937	.26237	.4699	.9734
.67	.6033	.2953	.26753	.4829	.9908
.68	.6126	.2967	.27251	.4967	1.0083
.69	.6219	.2981	.27752	.5097	1.0262
.70	.6312	.2994	.28249	.5234	1.0463
.71	.6403	.3006	.28633	.5375	1.0628
.72	.6493	.3018	.29214	.5518	1.0819
.73	.6582	.3028	.29580	.5664	1.1007
.74	.6671	.3036	.30134	.5813	1.1207
.75	.6758	.3044	.30581	.5966	1.1402
.76	.6844	.3050	.31011	.6122	1.1606
.77	.6929	.3055	.31430	.6282	1.1816
.78	.7012	.3060	.31841	.6447	1.2032
.79	.7094	.3064	.32242	.6616	1.2254
.80	.7175	.3067	.32631	.6791	1.2484
0.81	0.7254	0.3067	0.32990	0.6971	1.2723
.82	.7332	.3066	.33338	.7158	1.2971
.83	.7408	.3064	.33669	.7351	1.3230
.84	.7482	.3061	.33983	.7549	1.3502
.85	.7554	.3056	.34273	.7765	1.3789
.86	.7625	.3050	.34549	.7987	1.4094
.87	.7693	.3042	.34796	.8223	1.4419
.88	.7759	.3032	.35018	.8473	1.4769
.89	.7823	.3020	.35214	.8742	1.5151
.90	.7884	.3005	.35371	.9033	1.5570
.91	.7943	.2988	.35561	.9351	1.6039
.92	.7999	.2969	.35798	.9706	1.6571
.93	.8052	.2947	.35658	1.0107	1.7189
.94	.8101	.2922	.35672	1.0573	1.7928
.95	.8146	.2893	.35632	1.1130	1.8245
.96	.8188	.2858	.35527	1.1827	2.0046
.97	.8224	.2816	.35332	1.2762	2.1753
.98	.8256	.2766	.35049	1.4255	2.4542
.99	.8280	.2696	.34555	1.6879	3.0704
1.00	.8293	.2638	.33243	---	---

FUENTE: TABA III.2 "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO**

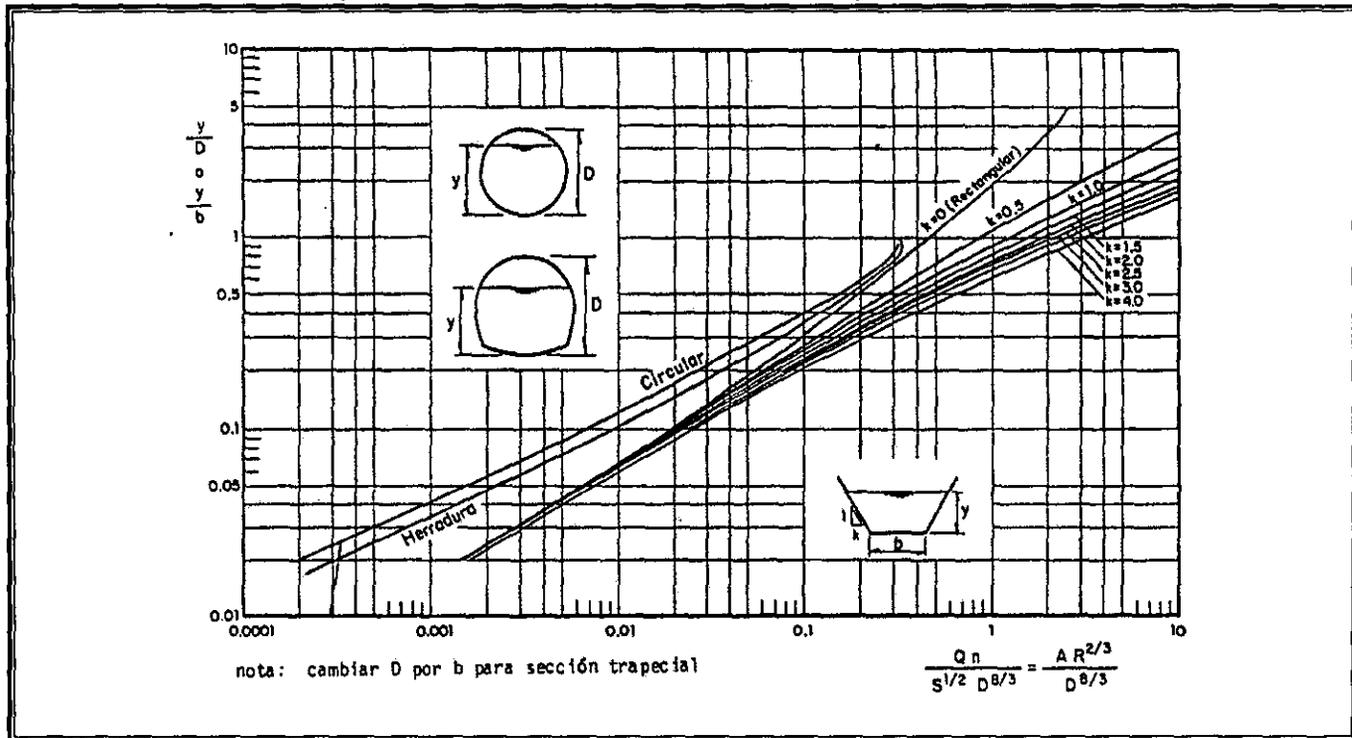


FIG. IV.6

CURVAS PARA LA DETERMINACION DEL TIRANTE NORMAL

FUENTE: FIG 111.2. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES". FASCÍCULO A.2.9. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980.

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

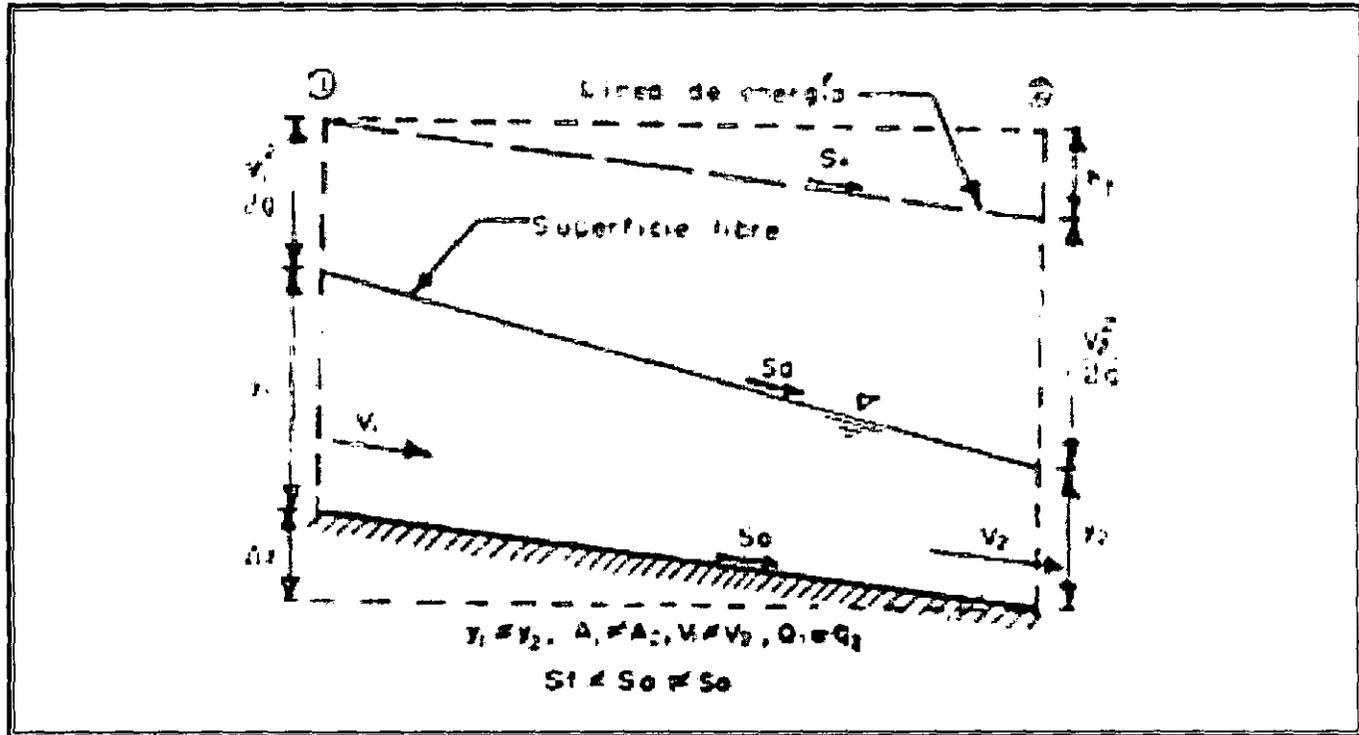


FIG. IV.7

FLUJO VARIADO PERMANENTE

FUENTE: FIG 1.2. "APUNTES DE HIDRÁULICA". GILBERTO SOTELO AVILA. UNAM FACULTAD DE INGENIERIA. MÉXICO 1988.

El análisis hidráulico para este tipo de flujo consiste en determinar la forma de la superficie líquida. Para lo cual se requiere conocer los tirantes críticos y normal (y_c , y_n), y si existe alguna sección de control en el canal, que se define como la sección en donde sea posible establecer una relación definida entre el nivel de la superficie libre del agua y el gasto correspondiente, como por ejemplo los cimacios, vertedores, compuertas, caídas, etc.

IV.2.4.1 Clasificación de los Perfiles del Flujo

Los perfiles se clasifican en función de la pendiente del canal y la zona en que se aloja.

Con respecto a la plantilla del canal (S_0), se considera pendiente positiva cuando el fondo desciende en la dirección del flujo; es negativa en caso contrario y cero si la plantilla del canal es horizontal. Bajo estas condiciones, tomando como base los tirantes normal y crítico, los perfiles del flujo pueden ser:

- a) **Perfiles tipo "M"**. La pendiente se considera suave, y $y_n > y_c$.
 - b) **Perfiles tipo "C"**. La pendiente es la crítica y $y_n = y_c$.
 - c) **Perfiles tipo "S"**. La pendiente se considera pronunciada y $y_n < y_c$.
-

- d) **Perfiles tipo "H"**. La pendiente del fondo es horizontal, por lo que y_n tiende al infinito.
- e) **Perfiles tipo "A"**. Cuando se tiene pendiente adversa o negativa. En este caso el tirante normal (y_n) no existe.

Además de esta clasificación, independientemente de la plantilla del canal, el perfil puede desarrollarse en tres zonas formadas por los espacios entre la plantilla del canal, el tirante normal y el tirante crítico, que son:

- Zona 1.** El espacio arriba del tirante normal y del tirante crítico.
- Zona 2.** El espacio entre el tirante normal y el tirante crítico.
- Zona 3.** El espacio por debajo del tirante que sea menor, ya sea el crítico o el normal

De acuerdo con estos criterios, existen 12 diferentes formas para el perfil de la superficie libre en un flujo gradualmente variado. En la figura IV.8 se muestran los perfiles clasificados bajo estos criterios.

IV.2.4.2 Cálculo del Flujo Gradualmente Variado. Método de Pasos.

Existen varios métodos para calcular la superficie libre del flujo para el escurrimiento gradualmente variado, sin embargo se ha seleccionado el método de pasos o incrementos finitos, debido a que puede utilizarse para el análisis de perfiles de flujo tanto en canales

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

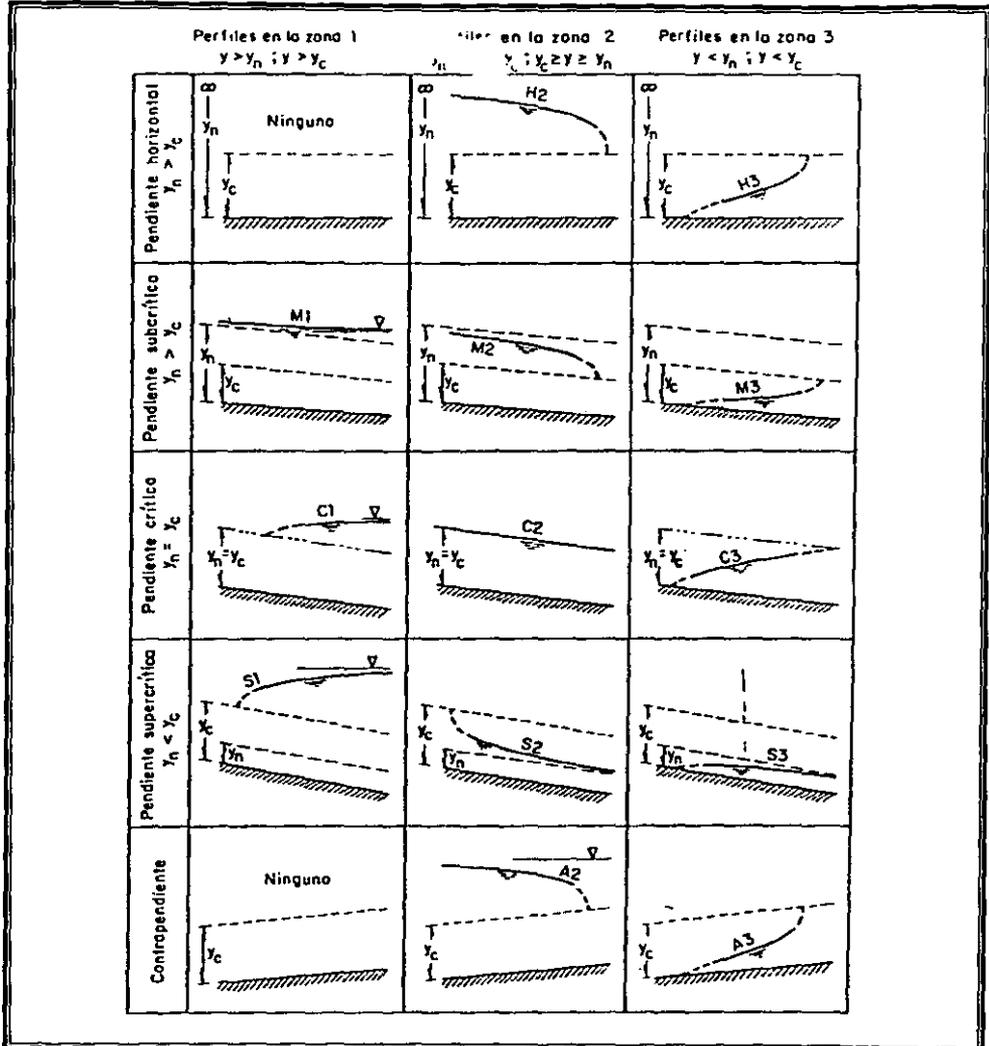


FIG IV.8

CLASIFICACION DE PERFILES

FUENTE: FIG. I.8 "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INV. ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

prismáticos como no prismáticos. Así mismo, permite determinar el tirante en secciones previamente especificadas, por lo que es posible realizar el análisis en secciones equidistantes entre sí. Por otro lado, el procedimiento a seguir hace factible formular un modelo matemático que puede solucionarse mediante el uso de equipo de cómputo.

La ecuación que define el flujo permanente no uniforme, conocida como ecuación dinámica, de acuerdo con la figura IV.7. es la siguiente:

$$\frac{\Delta E}{\Delta x} = S_o - Sf$$

Que se puede expresar como:

$$E_2 - E_1 = (S_o - Sf)\Delta x$$

Siendo

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$S_o = \frac{\Delta z}{\Delta x}$$

$$\Delta z = Z_1 - Z_2$$

$$Sf = \frac{Sf_1 + Sf_2}{2}$$

$$Sf_1 = \left[\frac{v_1 n}{R_1^{2/3}} \right]^2$$

$$Sf_2 = \left[\frac{v_2 n}{R_2^{2/3}} \right]^2$$

Siendo:

- E_1 y E_2 = Energía específica en la sección, en (m)
- Sf_1 y Sf_2 = Pendiente hidráulica o de fricción en las secciones 1 y 2, (adimensional)
- Sf = Pendiente hidráulica media. (adimensional).
- S_o = Pendiente del fondo, (adimensional).
- Δx = distancia horizontal entre las secciones 1 y 2. en (m).
- Δz = Diferencia de niveles del fondo del canal entre las secciones 1 y 2. en (m)
- Z_1 y Z_2 = Cota o elevación, desde un plano de referencia del punto más bajo de la sección transversal, en (m).
- v_1 y v_2 = Velocidad media del flujo en las secciones 1 y 2, en (m).
- R_1 y R_2 = Radio hidráulico en las secciones 1 y 2, en (m).
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning
- y_1 y y_2 = Tirantes en las secciones 1 y 2, en (m).

Quando los perfiles se localicen en régimen subcrítico, el cálculo es hacia aguas arriba.
Mientras que los perfiles que se ubiquen en régimen supercrítico, se calculan hacia aguas abajo.

IV.2.4.2.1 Calculo Hacia Aguas Arriba

Cuando los datos de la sección aguas abajo son conocidos, correspondiendo a la sección 1 para el análisis, la ecuación es

$$E_1 + \frac{1}{2}Sf_1\Delta x + Z_1 - Z_2 = E_2 + \frac{1}{2}Sf_2\Delta x$$

IV.2.4.2.2 Calculo Hacia Aguas Abajo

Cuando los datos de la sección aguas arriba son conocidos, por lo que seria la sección 1 para el análisis, la ecuación es

$$E_1 - \frac{1}{2}Sf_1\Delta x + Z_1 - Z_2 = E_2 + \frac{1}{2}Sf_2\Delta x$$

El método consiste básicamente en que conocido el tirante en la sección 1, y por lo tanto los datos del término izquierdo de las ecuaciones anteriores, se proponen valores para el tirante y se calcula por iteraciones el término derecho de la ecuación, hasta encontrar el valor que la satisfaga.

IV.3 Consideraciones Complementarias para el Diseño de Canales Revestidos

El revestimiento de un canal se justifica cuando la velocidad en el canal pueda tener problemas de erosión en las paredes del cauce; para evitar pérdidas por infiltración; para disminuir la rugosidad de las paredes; cuando pueda existir oleaje o cuando se tenga flujo subterráneo que genere riesgo para la estabilidad de los taludes. Para el diseño de canales

revestidos deben considerarse algunos factores que pueden influir para un mejor diseño. A continuación se mencionan brevemente.

IV.3.1 Material del revestimiento

La selección del material de revestimiento depende de la disponibilidad, costo, procedimiento constructivo y del tipo de suelo existente en el área de desplante. Los materiales más comunes que se utilizan para revestimiento de canales son el concreto, mampostería, asbesto, asfalto, etc.

IV.3.2 Velocidad mínima permisible.

El valor mínimo permisible para la velocidad será el que evite la sedimentación del material que pudiera transportarse en suspensión. Algunos autores recomiendan valores de 0.4 a 0.5 m/s para evitar crecimiento de vegetación, mientras que otros consideran valores de 0.10 y 0.20 m/s para agua completamente limpia y para cuando el agua lleve material en suspensión, adoptar valores entre 0.60 y 0.90 m/s.

IV.3.3 Velocidad Máxima Permisible

Se considera un límite máximo para la velocidad media del flujo, con el fin de evitar, en el caso de que el fluido transporte material grueso en suspensión, pueda causar daño en el

revestimiento del canal. En la tabla IV.6 se presentan los valores recomendados para el valor de la velocidad en canales revestidos.

IV.3.4 Taludes

Para secciones de canal trapecial o triangular se recomienda que la inclinación de los taludes sea lo más cercano a la vertical, de acuerdo a la estabilidad del material base y el procedimiento constructivo. En la tabla IV.7 se muestran algunos taludes recomendados.

IV.3.5 Bordo Libre

El bordo libre es la distancia entre la superficie del agua a la parte más alta de las paredes del canal. Oscila entre el 5 y 30% del tirante. En la figura IV.9 se presentan los valores recomendados por el U.S. Bureau of Reclamation (USBR) para bordo libre (BL) y altura de revestimiento (hr) por encima de la superficie libre del agua.

IV.3.6 Sección más Económica

La sección de máxima eficiencia hidráulica de un canal es en la que el área, y por lo tanto el perímetro, son mínimos. Sin embargo esto no significa que dicha sección resulte la más económica, ya que no garantiza que la excavación sea mínima y además, existen otros factores como son el volumen y el costo de excavación y de revestimiento, las condiciones topográfica

TABLA IV.6

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO**

VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES REVESTIDOS

TIPO Y RESISTENCIA DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD PERMISIBLE (m/s)
Ladillo (resistencia al aplastamiento en agua 16-30 kg/cm ²)	1.40
Roca sedimentaria suave	2.40
Clinker o escoria (resistencia al aplastamiento 120 kg/cm ²)	5.80
Madera	6.00
Concreto después de 28 días de colado: Resistencia a la probeta en kg/cm ² <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> $\left\{ \begin{array}{l} 210 \\ 170 \\ 130 \\ 110 \\ 90 \end{array} \right.$ </div>	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> $\left\{ \begin{array}{l} 7.40 \\ 6.60 \\ 5.80 \\ 4.40 \\ 2.80 \end{array} \right.$ </div>

FUENTE: TABA I.4 "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES" FASCÍCULO A.2.9 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES,
ELÉCTRICAS. CFE. MÉXICO 1980

TABLA IV.7

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO

TALUDES RECOMENDABLES PARA CANALES CONSTRUIDOS EN VARIAS CLASES DE MATERIAL

MATERIAL	TALUD
Roca sana no estratificada	0 a 0.25
Roca escarificada ligeramente alterada	0.25 a 0.50
Rocas alteradas, tepetate duro	1.00
Grava angulosa	1.00
Arcilla densa o tierra con revestimiento de concreto	0.50 a 1.00
Suelo limo-arenoso con grava suelta	1.00 a 1.50
Areniscas blandas	0.75 a 1.00
Limo arcilloso	0.75 a 1.00
Limo arenoso	1.50 a 2.00
Material poco estable, arena, tierras arenosas, etc.	2.00
Arcilla saturada	3.00

FUENTE: TABLA.2.7 "APUNTES DE HIDRÁULICA II" GILBERTO SOTELO AVILA. UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA.
MÉXICO 1988

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV.
LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO**

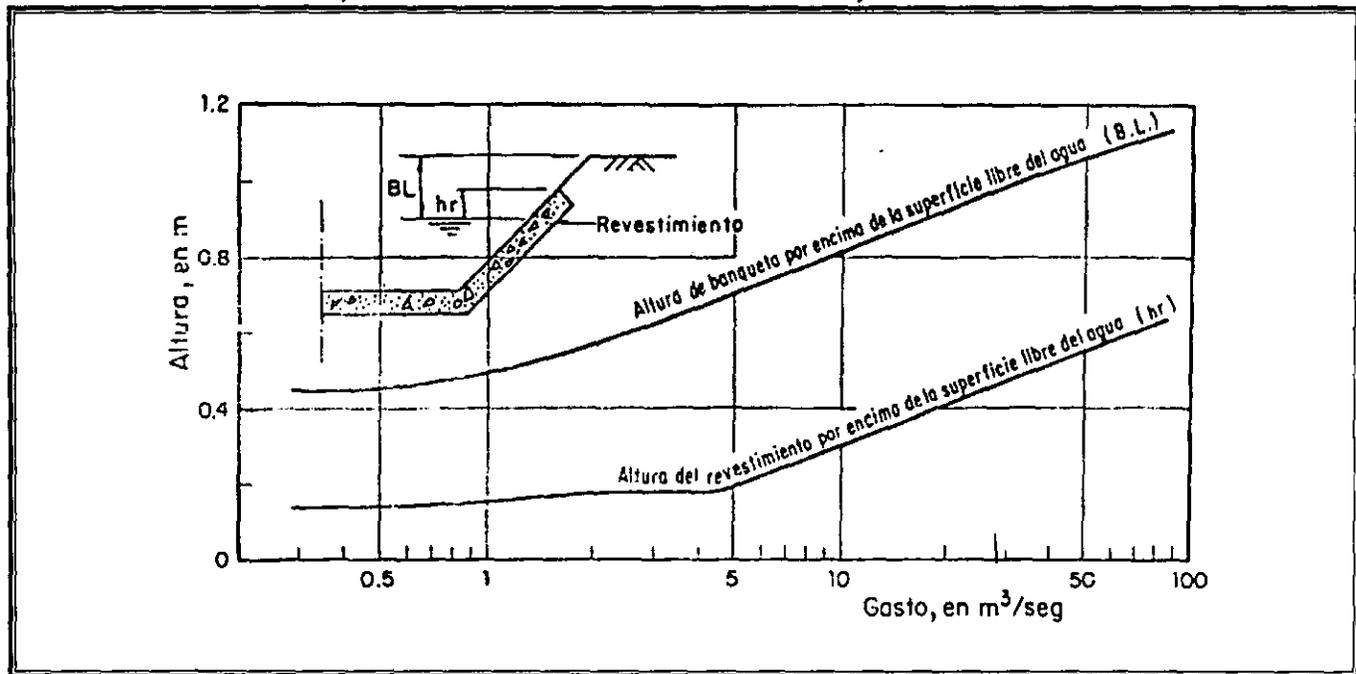


FIG. IV.9

**CURVAS PARA ESTIMAR EL BORDO LIBRE Y LA ALTURA
DE BANQUETA EN CANALES REVESTIDOS**

FUENTE: FIG 1.5. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES". FASCÍCULO A.2.9. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
ELECTRICAS. CFE. MÉXICO 1980.

que obliguen a una pendiente determinada, el costo y disponibilidad de los materiales para revestimiento, etc. que pueden influir y deben tomarse en cuenta para un análisis de la sección más económica para un canal, considerando las condiciones existentes en cada caso.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

**V. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE
SOLUCIÓN**

V.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

En el presente capítulo se proponen y se analizan dos alternativas de solución, tomando en cuenta las condiciones específicas para la modernización de la Av. Lerma en el tramo en estudio.

V.1 ASPECTOS A CONSIDERAR.

V.1.1 Proyecto de la Modernización de la Vialidad

La modernización de la Av. Lerma contempla la construcción de dos cuerpos de dos carriles con un ancho de 7 m, banquetas laterales de 1.5 m y un camellón central con un ancho variable, mínimo de 1 m, por lo que el planteamiento para la solución de la canalización del dren debe adecuarse a los requerimientos mencionados, considerando la ubicación del canal encauzado bajo la vialidad y en aquellos tramos donde sea posible, ubicarlo dentro del camellón, buscando siempre, que las afectaciones sean mínimas.

V.1.2 Ubicación del Canal

Teniendo definido el trazo de los dos cuerpos de la vialidad la ubicación del canal, de acuerdo a las restricciones marcada por los cuerpos de la vialidad, es la siguiente.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.**

Tramo del km 0+000 al km 0+160. Teniendo como origen del cadenamamiento la Av. de los Eucaliptos, en este tramo el ancho del camellón es de 1 a 1.5 m, por lo que la canalización tendrá que ubicarse en el alguno de los dos cuerpos, preferentemente en el cuerpo en donde se localiza actualmente el dren existente.

Tramo del km 0+160 al km 0+700. en este tramo el ancho del terreno permite que el camellón tenga a su vez un ancho suficiente para permitir la ubicación del canal dentro del mismo.

Tramo del km 0+700 al km 0+900. Al igual que en el primer tramo, el ancho del canal es menor a los 2.00 m, por lo que la canalización tiene que ser por medio de un conducto cerrado, además de que aproximadamente del km 0+700 al km 0+740 la canalización cruza la Av. Tecnológico.

Tramo del km 0+900 al km 3+000. En este tramo el ancho del camellón es suficiente para alojar la canalización, por lo que la ubicación de la estructura sería dentro del camellón. En este tramo parte del colector de aguas negras existente se localiza también dentro del camellón, sin embargo el ancho es suficiente para alojar las dos estructuras.

Tramo del km 3+000 al 5+460. En este tramo, el ancho del camellón es de 1 m, por lo que la canalización, se ubicará preferentemente en el cuerpo derecho de la vialidad de proyecto, que es donde se localiza actualmente el den existente, mediante un conducto cerrado.

V.1.3 Condiciones Limite

A parte de las restricciones para la ubicación del canal, por las características del proyecto de los dos cuerpos de vialidad, existen otras condiciones propias del proyecto que limitan la selección del tipo de estructura para la canalización del dren, que son, por un lado, la restricción en cuanto a la elevación de plantilla al inicio y final de la canalización, y por otra parte, el limite en la altura de la estructura que representa la rasante de proyecto de la vialidad.

La elevación de inicio de la rasante hidráulica de la canalización corresponde a la cota de plantilla en la salida de la alcantarilla existente en el cruce del dren Lerma con la Av. de los Eucaliptos, cuyo valor, referido a la nivelación establecida en el levantamiento topográfico, es la 96.83 m.

Para el final de la canalización, la elevación que debe respetarse es la de la plantilla de la tubería existente de 183 cm de diámetro, donde descarga el dren Lerma. La elevación en este punto es la 70.70 m.

En lo que se refiere a la altura de la canalización del dren, la restricción es la rasante de proyecto de la vialidad. Para darnos una idea del rango en la variación de la altura de la canalización, en la tabla V.1 se presenta la profundidad entre la rasante de proyecto de la vialidad y el fondo del dren existente, el cual se obtuvo de las secciones transversales a cada 20

TABLA V.I

DISÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

CÁLCULO DEL DESNIVEL ENTRE EL FONDO ACTUAL Y LA RASANTE DE PROYECTO

CADEN.	FONDO ACTUAL	RASANTE PROYECTO	DESNIV (m)	CADEN.	FONDO ACTUAL	RASANTE PROYECTO	DESNIV (m)	CADEN.	FONDO ACTUAL	RASANTE PROYECTO	DESNIV (m)	CADEN.	FONDO ACTUAL	RASANTE PROYECTO	DESNIV (m)
+0.00		100.12		1+520.00	87.46	91.01	3.55	3+020.00	80.40	82.68	2.28	4+578.00	74.46	76.77	2.31
+20.00	96.90	99.87	2.97	1+540.00	87.30	90.91	3.61	3+040.00	80.40	82.64	2.24	4+548.00	74.40	76.65	2.25
+40.00	96.46	99.52	3.06	1+560.00	87.17	90.81	3.64	3+060.00	80.34	82.60	2.26	4+568.00	74.46	76.62	2.16
+60.00	96.23	99.72	3.49	1+580.00	87.16	90.71	3.55	3+080.00	80.27	82.56	2.29	4+588.00	74.35	76.59	2.24
+80.00	96.41	98.91	2.50	1+600.00	87.06	90.61	3.55	3+100.00	80.15	82.50	2.35	4+608.00	74.27	76.56	2.29
+100.00	96.31	98.62	2.29	1+620.00	87.05	90.51	3.46	3+120.00	80.07	82.72	2.65	4+628.00	74.20	76.53	2.33
+120.00	96.37	98.48	2.11	1+640.00	87.10	90.41	3.31	3+140.00	80.13	82.44	2.31	4+648.00	74.17	76.49	2.22
+140.00	95.67	98.34	2.67	1+660.00	86.91	90.31	3.39	3+160.00	80.04	82.16	2.12	4+668.00	74.24	76.46	2.22
+160.00	96.20	98.20	2.00	1+680.00	86.85	90.21	3.36	3+180.00	80.14	81.88	1.74	4+688.00	73.96	76.43	2.47
+180.00	96.11	98.06	1.95	1+700.00	86.66	90.11	3.45	3+200.00	80.06	81.85	1.79	4+708.00	74.10	76.40	2.30
+200.00	96.07	97.91	1.85	1+720.00	86.55	90.01	3.46	3+220.00	80.11	81.83	1.72	4+728.00	73.99	76.31	2.32
+220.00	95.98	97.78	1.80	1+740.00	86.58	89.91	3.33	3+240.00	80.14	81.80	1.66	4+748.00	73.85	76.27	2.37
+240.00	95.92	97.95	2.03	1+760.00	86.53	89.91	3.38	3+260.00	80.20	81.78	1.58	4+768.00	73.71	76.14	2.43
+260.00	94.56	98.12	3.56	1+780.00	86.54	89.87	3.33	3+280.00	80.00	81.75	1.75	4+788.00	73.69	76.05	2.36
+280.00	94.33	98.30	3.97	1+800.00	86.15	89.85	3.48	3+300.00	78.83	81.57	2.74	4+808.00	73.49	75.96	2.47
+300.00	94.19	98.47	4.28	1+820.00	86.26	89.79	3.53	3+320.00	78.63	81.39	2.76	4+828.00	73.51	75.87	2.36
+320.00	94.10	98.45	4.35	1+840.00	86.30	89.75	3.45	3+340.00	78.50	81.20	2.70	4+848.00	73.67	75.79	2.12
+340.00	94.63	98.25	3.63	1+860.00	86.25	89.71	3.46	3+360.00	78.56	81.10	2.54	4+868.00	73.66	75.70	2.04
+360.00	94.63	98.05	3.42	1+880.00	86.20	89.63	3.43	3+380.00	78.58	81.00	2.42	4+888.00	73.52	75.66	2.14
+380.00	95.96	97.85	1.89	1+900.00	86.05	89.63	3.58	3+400.00	78.52	80.90	2.38	4+908.00	73.47	75.62	2.15
+400.00	95.80	97.65	1.85	1+920.00	86.20	89.59	3.39	3+420.00	78.30	80.80	2.50	4+928.00	73.59	75.57	1.98
+420.00	95.83	97.45	1.62	1+940.00	86.11	89.53	3.44	3+440.00	78.42	80.70	2.28	4+948.00	73.15	75.53	2.38
+440.00	95.42	97.25	1.83	1+960.00	85.81	89.51	3.70	3+460.00	78.37	80.60	2.23	4+968.00	72.85	75.49	2.64
+460.00	95.93	97.05	1.12	1+980.00	85.98	89.47	3.49	3+480.00	78.33	80.50	2.17	4+988.00	72.77	75.45	2.68
+480.00	95.31	96.83	1.52	2+000.00	85.74	89.43	3.69	3+500.00	78.23	80.40	2.17	5+008.00	72.71	75.36	2.65
+500.00	95.24	96.63	1.41	2+020.00	85.70	89.39	3.69	3+520.00	78.33	80.30	1.97	5+028.00	72.62	75.26	2.64
+520.00	95.14	96.45	1.31	2+040.00	85.57	89.59	4.02	3+540.00	77.96	80.20	2.24	5+048.00	72.65	75.17	2.52
+540.00	95.08	96.25	1.17	2+060.00	85.60	89.79	4.19	3+560.00	77.89	80.10	2.21	5+068.00	72.68	75.08	2.40
+560.00	95.16	96.05	0.89	2+080.00	86.15	89.99	3.84	3+580.00	77.75	80.00	2.25	5+088.00	72.63	74.99	2.36
+580.00	95.06	95.85	2.29	2+100.00	86.63	89.60	4.97	3+600.00	77.58	79.91	2.33	5+108.00	72.47	74.89	2.42
+600.00	95.99	95.65	0.66	2+120.00	86.90	89.20	4.30	3+620.00	77.51	79.81	2.30	5+128.00	72.47	74.80	2.33
+620.00	95.87	95.45	0.42	2+140.00	86.17	88.81	4.64	3+640.00	77.41	79.72	2.31	5+148.00	72.47	74.72	2.25
+640.00	92.95	95.25	2.30	2+160.00	86.76	88.67	4.11	3+660.00	77.43	79.62	2.19	5+168.00	72.31	74.63	2.32
+660.00	95.01	95.19	2.18	2+180.00	83.58	88.53	4.95	3+680.00	77.46	79.53	2.07	5+188.00	72.45	74.53	2.10
+680.00	92.94	95.13	2.19	2+200.00	83.52	88.38	4.86	3+700.00	77.03	79.43	2.40	5+208.00	72.38	74.50	2.12
+700.00	92.45	95.07	2.62	2+220.00	83.21	88.24	5.03	3+720.00	76.90	79.33	2.43	5+228.00	72.31	74.45	2.14
+720.00	92.17	95.01	2.84	2+240.00	83.36	88.10	4.74	3+740.00	76.95	79.23	2.27	5+248.00	72.23	74.40	2.17
+740.00	96.90	94.05	4.05	2+260.00	83.14	87.96	4.82	3+760.00	76.88	79.13	2.25	5+268.00	72.16	74.33	2.19
+760.00	91.13	94.87	3.74	2+280.00	83.24	87.82	4.58	3+780.00	76.84	79.03	2.19	5+288.00	72.19	74.30	2.11
+780.00	90.81	94.79	3.98	2+300.00	83.14	87.67	4.53	3+800.00	76.80	78.93	2.13	5+308.00	72.07	74.25	2.18
+800.00	90.74	94.71	3.97	2+320.00	83.24	87.53	4.29	3+820.00	77.83	78.87	1.04	5+328.00	72.13	74.20	2.07
+820.00	90.51	94.63	4.12	2+340.00	82.68	87.35	4.67	3+840.00	76.48	78.80	2.32	5+348.00	72.01	74.16	2.15
+840.00	90.71	94.53	3.84	2+360.00	82.34	87.17	4.83	3+860.00	76.44	78.74	2.30	5+368.00	72.04	74.13	2.07
+860.00	90.55	94.47	3.92	2+380.00	82.57	86.99	4.42	3+880.00	76.36	78.68	2.32	5+388.00	71.97	74.07	2.10
+880.00	90.33	94.39	4.07	2+400.00	82.83	86.81	3.98	3+900.00	76.37	78.62	2.25	5+408.00	71.95	74.02	2.07
+900.00	90.53	94.31	3.78	2+420.00	82.32	86.63	4.31	3+920.00	76.20	78.55	2.35	5+428.00	71.89	73.98	2.09
+920.00	90.16	94.23	4.07	2+440.00	82.05	86.45	4.40	3+940.00	76.03	78.50	2.47	5+448.00	71.82	73.93	2.11
+940.00	89.89	94.15	4.26	2+460.00	82.09	86.27	4.18	3+960.00	76.11	78.45	2.33	5+468.00	71.95	73.89	1.94
+960.00	90.00	94.15	4.15	2+480.00	81.78	86.09	4.31	3+980.00	75.99	78.39	2.40				
+980.00	90.96	94.14	4.08	2+500.00	81.86	85.91	4.05	4+000.00	76.12	78.34	2.22				
1+000.00	89.64	94.14	4.50	2+520.00	81.89	85.73	3.84	4+020.00	75.91	78.28	2.37				
1+020.00	89.64	94.13	4.49	2+540.00	81.71	85.55	3.84	4+040.00	75.93	78.23	2.30				
1+040.00	89.67	94.13	4.46	2+560.00	81.64	85.37	3.73	4+060.00	75.88	78.19	2.31				
1+060.00	89.41	94.12	4.71	2+580.00	81.61	85.19	3.58	4+080.00	75.61	78.15	2.54				
1+080.00	89.45	94.12	4.66	2+600.00	81.59	85.01	3.42	4+100.00	75.59	78.11	2.52				
1+100.00	89.31	94.11	4.80	2+620.00	81.59	84.89	3.30	4+120.00	75.64	78.07	2.43				
1+120.00	89.40	94.11	4.71	2+640.00	81.44	84.65	3.21	4+140.00	75.63	78.04	2.38				
1+140.00	89.30	94.11	4.81	2+660.00	81.37	84.41	3.04	4+160.00	75.51	78.00	2.49				
1+160.00	89.28	94.11	4.83	2+680.00	81.32	84.17	3.15	4+180.00	75.39	77.96	2.57				
1+180.00	89.19	94.11	4.92	2+700.00	81.26	84.33	3.07	4+200.00	75.46	77.92	2.46				
1+200.00	88.65	94.61	5.96	2+720.00	81.22	84.19	2.97	4+220.00	75.38	77.88	2.50				
1+220.00	88.59	94.21	5.62	2+740.00	81.12	84.05	2.93	4+240.00	75.14	77.84	2.70				
1+240.00	88.54	94.11	5.57	2+760.00	79.99	83.91	3.92	4+260.00	75.20	77.80	2.60				
1+260.00	88.55	94.11	5.56	2+780.00	80.88	83.77	2.89	4+280.00	74.89	77.73	2.84				
1+280.00	88.32	94.21	5.89	2+800.00	81.00	83.63	2.63	4+300.00	74.82	77.66	2.84				
1+300.00	88.33	94.11	5.78	2+820.00	80.85	83.49	2.64	4+320.00	74.68	77.58	2.90				
1+320.00	88.32	94.01	5.69	2+840.00	80.83	83.35	2.52	4+340.00	74.72	77.51	2.79				
1+340.00	88.39	94.01	5.62	2+860.00	80.69	83.21	2.52	4+360.00	74.74	77.44	2.70				
1+360.00	88.35	94.11	5.76	2+880.00	80.62	83.07	2.45	4+380.00	74.68	77.37	2.69				
1+380.00	88.19	94.11	5.92	2+900.00	80.63	82.93	2.30	4+400.00	74.71	77.40	2.69				
1+400.00	87.62	94.61	6.99	2+920.00	80.60	82.89	2.29	4+420.00	74.70	77.32	2.62				
1+420.00	87.51	94.51	7.00	2+940.00	80.53	82.85	2.32	4+440.00	74.62	77.15	2.53				
1+440.00	87.37	94.41	7.04	2+960.00	80.65	82.81	2.16	4+460.00	74.71	77.08	2.37				
1+460.00	87.30	94.31	7.01	2+980.00	80.56	82.76									

metros obtenidas en el levantamiento topográfico. Así mismo, en la fig. V.1 se muestra la representación grafica de dicha tabla.

V.1.4 Pendiente Permisible

Como se mencionó en el inciso anterior, las elevaciones fijas al inicio y final de la canalización limitan la pendiente de la plantilla de la canalización. Calculando la pendiente con base en estos parámetros se tiene

$$S = \frac{96.83 - 70.70}{5460} = 0.00478571$$

Sin embargo, como se muestra en la fig. V.2, al trazar esta rasante de canalización, se observa que en el tramo 2+600 a 4+000, sobresale a la rasante de proyecto de la vialidad, lo que significa que la canalización quedaría por arriba del camino. Por tal motivo, se procedió a proponer otras pendientes, tomando como referencia el fondo del dren existente.

Después de analizar varias pendientes, se adoptaron los valores de $S=0.0057$ en el tramo comprendido del 0+000 al 3+000 y del tramo 3+000 al 5+460, sea de $S=0.00325$. La representación grafica de esta solución se presenta en la fig V.3.

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO

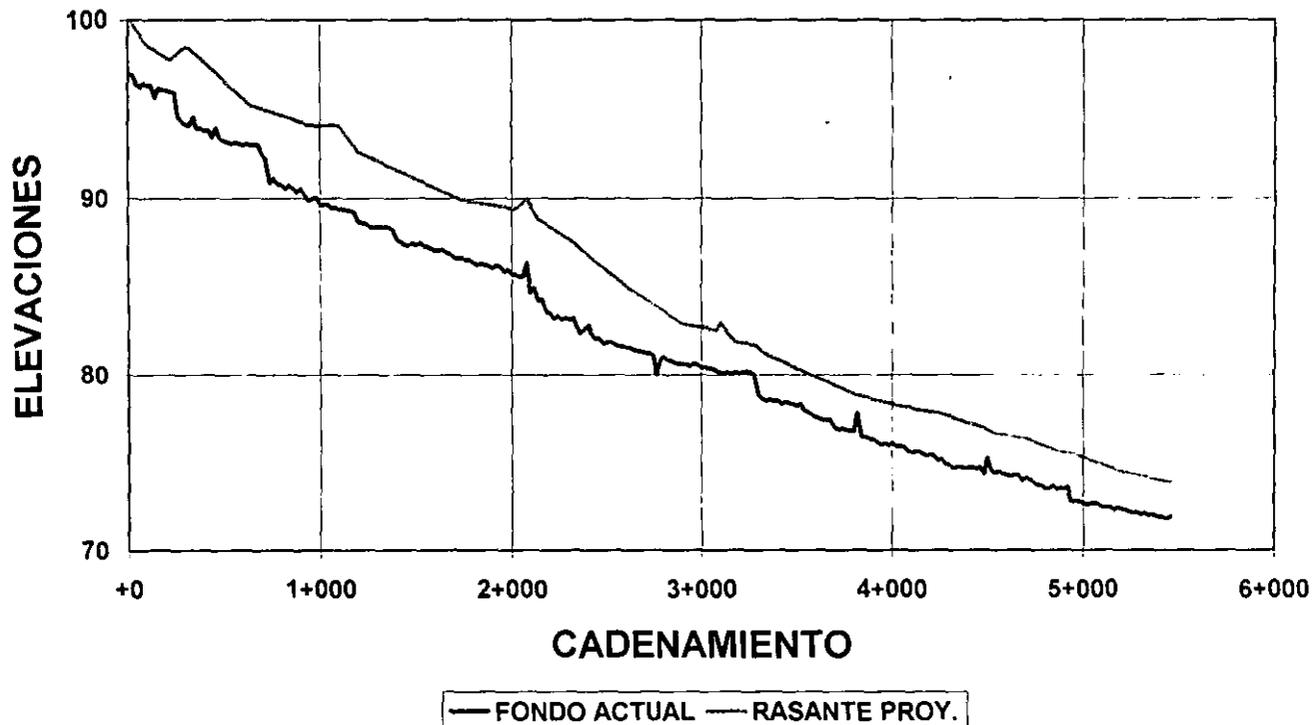


FIG. V.1

PERFILES DEL FONDO EXISTENTE Y RASANTE DE VIALIDAD (PROYECTO)

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO

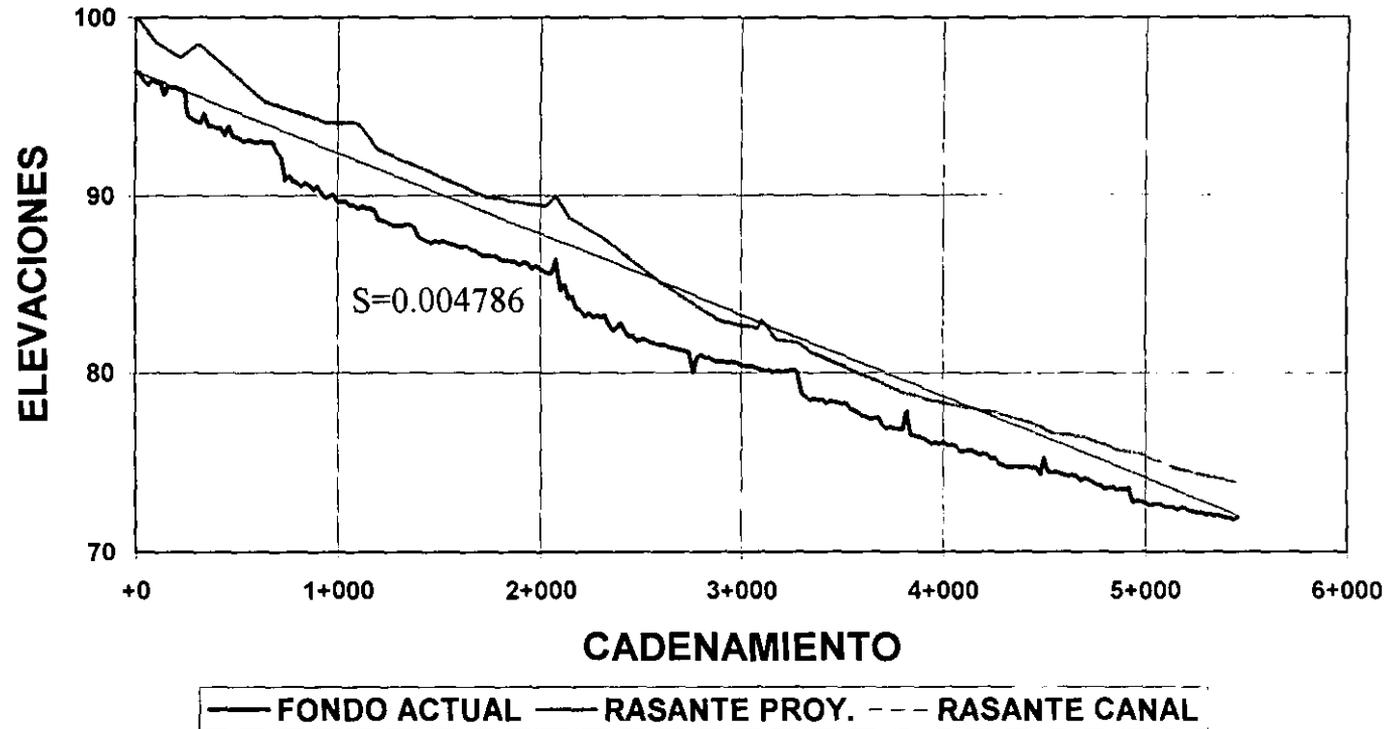
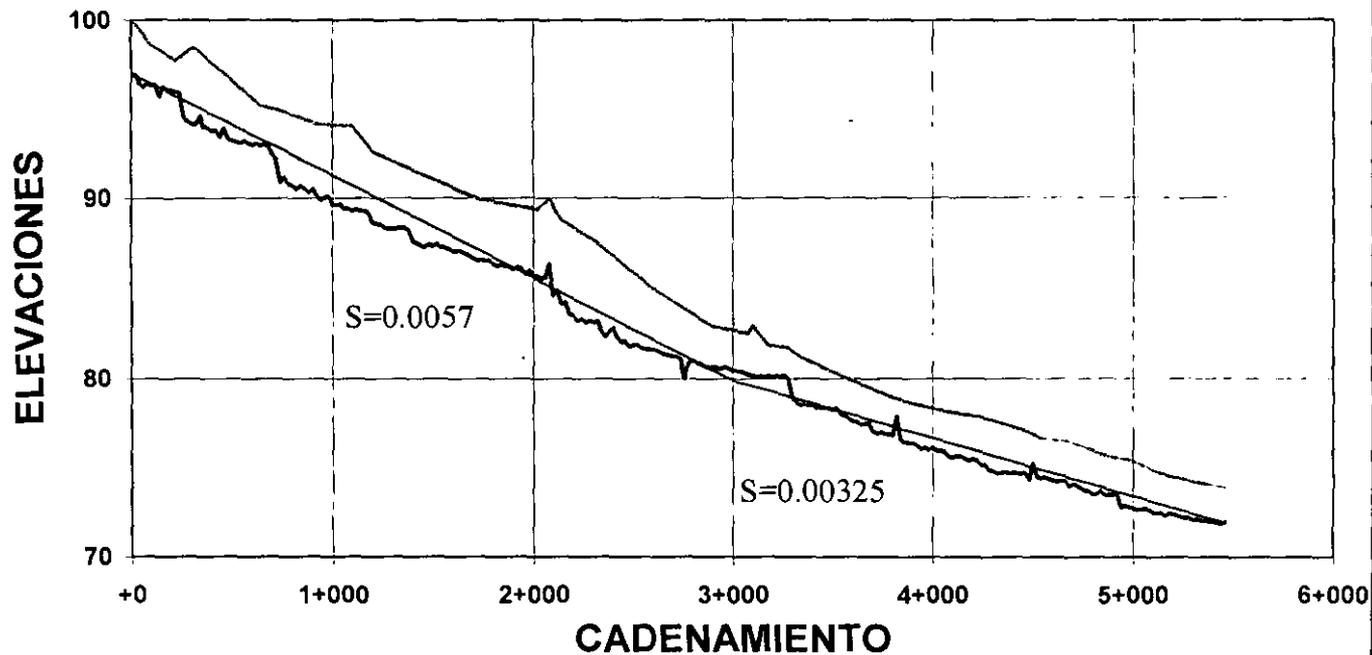


FIG. V.2

**ALTERNATIVA CON PENDIENTE UNICA
DE LA PLANTILLA DEL CANAL**

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO



— FONDO ACTUAL — RASANTE PROJ. --- RASANTE CANAL

FIG. V.3

**PENDIENTES DE LA PLANTILLA
DEL CANAL**

V.2 PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS.

Una vez establecida la ubicación y la pendiente de la plantilla de la canalización, se propusieron dos alternativas de solución para la estructuración, considerando varias secciones tipo y haciendo su revisión hidráulica, con base en la teoría de flujo uniforme descrita en el capítulo IV del presente trabajo, aplicando la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} * A$$

Donde:

Q = Gasto de diseño, en (m³/seg.)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio hidráulico, en (m).

S = Pendiente.

A = Área hidráulica, en (m²).

Las alternativas planteadas son las siguientes.

V.2.1 Alternativa I

En la Alternativa I se plantea utilizar una sección de canal abierto en todos los tramos donde sea posible, considerando conducto cerrado solamente en aquellas partes en donde por

las limitaciones de espacio no sea posible utilizar una estructura a cielo abierto. Para esto, se proponen varias secciones tipo para la canalización, y se hace la revisión hidráulica de cada una de ellas para obtener su dimensionamiento y sus parámetros hidráulicos y con esto poder establecer si son factibles de considerar para la estructuración de la canalización. Para este caso se consideraron las secciones rectangular, trapecial y circular. Esto se realiza para los tramos, en este caso 2, en donde existan pendientes de la canalización diferentes. En la tabla V.2 se presenta el ordenamiento de cálculo y los resultados obtenidos del análisis hidráulico realizado para las secciones propuestas. La secuela es la siguiente:

Columnas 1 y 2. N° de sección tipo considerada y tipo de estructura en análisis.

Columna 3. Gasto (Q) en (m³/s). El gasto de diseño se definió en el capítulo 2 del presente trabajo. Tiene un valor de 17.35 m³/s.

Columna 4. "n" de Manning (adimensional). Valor adoptado para el coeficiente de rugosidad. El valor adoptado para el análisis es de n = 0.013.

Columna 5. Pendiente (S) en (m/m). Valor de la pendiente de la plantilla del canal.

Columna 6. Si la fórmula de Manning se expresa como:

$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{S^{1/2}}$$

TABLA V.2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA,
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

SECCIONES TIPO DE CANALIZACIÓN. ANALISIS HIDRÁULICO

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
SECCION TIPO		Q	n	S	Q ² /n ⁵ S ^{0.5}	Y	k	b ó D	A	P	R	R ^{2/3}	A ² /R ^{2/3}	V															
N°	SECCION	m ³ /s		m/m		m		m	m ²	m	m	m	m	m/s															
TRAMO DE KM 0+000 A KM 3+000																													
1	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.985		2.00	3.93	5.93	0.68	0.76	2.987	4.41															
2	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.535		2.50	3.84	5.57	0.69	0.78	2.993	4.52															
3	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.276		3.00	3.83	5.55	0.69	0.78	2.988	4.53															
4	TRAPECIAL	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.497	1.00	1.00	3.74	5.23	0.71	0.80	2.987	4.64															
5	TRAPECIAL	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.917	0.50	1.00	3.75	5.29	0.71	0.80	2.989	4.62															
6	TUBERIA	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.51		3.05	3.60	4.76	0.76	0.83	2.995	4.81															
7	TUBERIA	17.35	0.013	0.00570	2.987	1.73		2.52	3.65	4.92	0.74	0.82	2.991	4.75															
8	TUBERIA	17.35	0.013	0.00570	2.987	2.07		2.07	3.37	6.50	0.52	0.64	2.169	5.16															
TRAMO DE KM 3+000 A KM 5+460																													
1	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00325	3.956	2.479		2.00	4.96	6.96	0.71	0.80	3.955	3.50															
2	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.908		2.50	4.77	6.32	0.76	0.83	3.956	3.64															
3	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.573		3.00	4.72	6.15	0.77	0.84	3.957	3.68															
4	RECTANGULAR	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.199		4.00	4.80	6.40	0.75	0.83	3.958	3.62															
5	TRAPECIAL	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.497	1.00	1.00	3.74	5.23	0.71	0.80	2.987	4.64															
6	TRAPECIAL	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.917	0.50	1.00	3.75	5.29	0.71	0.80	2.989	4.62															
7	TUBERIA	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.65		3.50	4.44	5.29	0.84	0.89	3.957	3.90															
8	TUBERIA	17.35	0.013	0.00325	3.956	1.79		3.05	4.46	5.32	0.84	0.89	3.959	3.89															
9	TUBERIA	17.35	0.013	0.00325	3.956	2.50		2.50	4.91	7.85	0.63	0.73	3.588	3.53															

SECCION RECTANGULAR
SECCIONES TIPO 1, 2, 3, 4

SECCION TRAPECIAL
SECCIONES TIPO 5, 6

SECCION CIRCULAR
SECCIONES TIPO 7, 8, 9

Sustituyendo los valores adoptados en las columnas 3, 4 y 5, se conoce el valor del término derecho de la ecuación.

Columna 7. Tirante (y) en (m). Para conocer el término izquierdo de la ecuación, se proponen valores para el tirante, con el cual se calculan los demás parámetros hidráulicos para verificar el cumplimiento de la igualdad.

Columna 8. Talud (k). Valor adoptado para el talud de la sección en caso de tratarse de sección trapezoidal.

Columna 9. Base (b ó D) en (m). Corresponde al valor adoptado para la base de la estructura si se trata de sección rectangular y trapezoidal o para el diámetro si trata de sección circular.

Columna 10. Área (A) en (m^2). Valor del área hidráulica de la sección. El cálculo para diferentes secciones se obtiene con las siguientes expresiones

Sección rectangular

$$A = by$$

Sección trapezoidal

$$A = (b + ky)y$$

Sección circular

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.**

$$A = (\beta - \text{sen } \beta \cos \beta) \frac{D^2}{4} \quad \text{siendo } \beta = \text{ang } \cos \left(1 - \frac{2y}{D} \right)$$

Columna 11. Perímetro mojado (P) en (m). Valor del perímetro hidráulico de la sección. Se calcula con las siguientes expresiones:

Sección rectangular

$$P = b + 2y$$

Sección trapecial

$$P = b + 2y\sqrt{1 + k^2}$$

Sección circular

$$A = D\beta$$

Columna 12. Radio hidráulico de la sección (R) en (m). Se obtiene con las siguiente expresion:

$$R = \frac{A}{P}$$

Columna 13. Corresponde al valor del radio hidráulico (columna 12) elevado a la potencia (2/3).

Columna 14. Con los parámetros hidráulicos obtenidos, se calcula el termino izquierdo de la ecuación:

$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{S^{1/2}}$$

Y se verifica el cumplimiento de la igualdad. Si esto no se cumple, se hacen interacciones variando el tirante hasta obtener el valor que haga cierta dicha expresión, que corresponde al tirante normal y_n

Columna 15. Velocidad media (V) en (m/s). Una vez obtenido el tirante normal, se calcula el valor de la velocidad media en la sección, aplicando la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{Q}{A}$$

El siguiente paso es determinar cual de estas secciones tipo es la más conveniente, desde el punto de vista Técnico – Económico, que se acople al proyecto de vialidades. La propuesta es la siguiente

Tramo del km 0+000 al km 0+160, el ancho del camellón es de 1.00 m y el desnivel mínimo entre la rasante del camino y el canal es de 2.03 m y un máximo de 3.18 m, la única alternativa es la de un cajón cerrado sección rectangular con un ancho de plantilla de 3.00 m. (Sección tipo 3 cerrada).

Para el tramo del km 0+160 al km 0+700, se tiene un camellón de 5.00 m promedio, con un desnivel mínimo de 1.90 m y un máximo de 3.27 m, por lo que se recomienda un canal a cielo abierto de sección rectangular, con ancho de plantilla de 3 m. (Sección tipo 3 abierta).

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.**

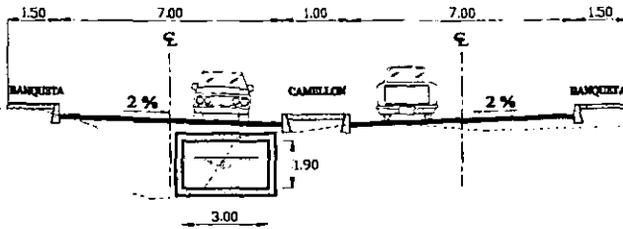
Tramo del km 0+700 al km 0+900, en este tramo el camellón se angosta por el cruce con la Av. Tecnológico, por lo que se recomienda la sección rectangular en cajón, con ancho en la base de 3.00 m. (Sección tipo 3 cerrada).

En el tramo del km 0+900 al km 3+000, se tiene un camellón de 4.00 a 5.00, el desnivel máximo entre las rasantes del camino y el canal es de 4.85 m y un mínimo de 2.45 m, por lo que en este tramo se puede utilizar cualquier tipo de cajón o tubería, pero la experiencia indica que no es recomendable cambiar la sección en un cadenamiento, a menos que sea inevitable, por lo que se recomienda un canal a cielo abierto sección rectangular. (Sección tipo 3 abierta).

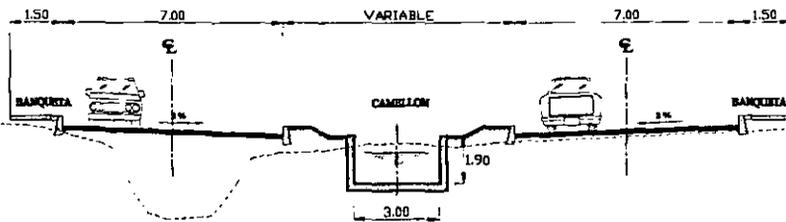
En el tramo del km 3+000 a km 5+460, prácticamente no se tiene camellón, por lo que necesariamente se deberá utilizar cajón, el desnivel entre las rasantes es de 3.00 m como máximo y de 1.63 como mínimo, por lo que se deberá poner un cajón de sección rectangular más ancho, con un ancho de plantilla de 4.00 m como mínimo. (Sección tipo 4 cerrada)

En la fig. V.4 se presentan las secciones tipo adoptadas para la canalización en esta alternativa y su dimensionamiento adoptado con base en el análisis hidráulico realizado.

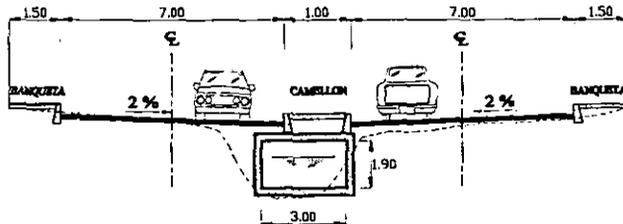
DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO



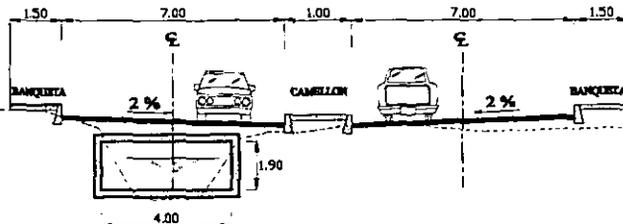
TRAMO: DE KM 0+000 A KM 0+160
 $s = 0.0057$



TRAMO: DE KM 0+160 A KM 0+700
 Y DE KM 0+900 A KM 3+000
 $s = 0.0057$



TRAMO: DE KM 0+700 A KM 0+900
 $s = 0.0057$



TRAMO: DE KM 3+000 A KM 5+460
 $s = 0.00325$

FIG. V.4 ALTERNATIVA I. SECCIONES TIPO

V.2.2 Alternativa 2

En esta alternativa se plantea utilizar un conducto cerrado para todo el tramo de proyecto de la canalización, para lo cual, al igual que en la alternativa anterior, se propusieron varias secciones tipo y se siguió el mismo procedimiento, utilizando la tabla V.2.

Del análisis por tramos realizado en la alternativa anterior, se observa en la tabla V.2, que si se quisiera utilizar un conducto de sección circular, para conducir el gasto de diseño, considerando las pendientes adoptadas, se requeriría una tubería con un diámetro de 2.52 m y como puede observarse en las figuras V.1, 2 y 3, la profundidad entre las rasantes de vialidad y la rasante de la canalización fluctúa entre los 2.50 a los 3.3 m, por lo que en algunos tramos no se tendría el colchón suficiente e incluso en algunas partes la tubería quedaría sobre el terreno lo que no sería adecuado. Por lo tanto se determino adoptar un conducto cerrado de sección rectangular para todo el tramo de proyecto, considerando dos anchos de plantilla según el análisis hidráulico presentado en la tabla V.2 en los tramos siguientes:

Tramo del km 0+000 al km 3+000. En este tramo la pendiente de la plantilla del canal tiene un valor de $S = 0.0057$, adoptándose para todo el tramo un conducto de sección rectangular con un ancho de plantilla de $b = 3.00$ m. (Sección tipo 3 cerrada)

Tramo del km 3+000 al km 5+460. Para este tramo el valor de la pendiente de la plantilla del canal es de $S = 0.00325$, por lo que se adoptó un conducto de sección rectangular con un

anche de plantilla de $b = 4.00$ m. En la fig. V.5 se muestran las secciones tipo adoptadas para la canalización en esta alternativa. (Sección tipo 3 cerrada)

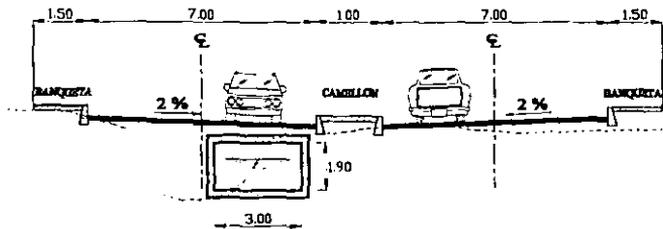
V.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En las dos alternativas planteadas en el inciso anterior del presente capítulo se adoptó para la canalización del dren una sección rectangular para todo el tramo de proyecto, con un ancho de plantilla de $b = 3.00$ m del inicio al km 3+000, y del km 3+000 al km 5+460 un ancho de plantilla de $b = 4.00$ m. La principal diferencia entre ambas es de que en la alternativa I se tienen tramos con sección al cielo abierto, mientras que en la alternativa II no se tiene esta condición.

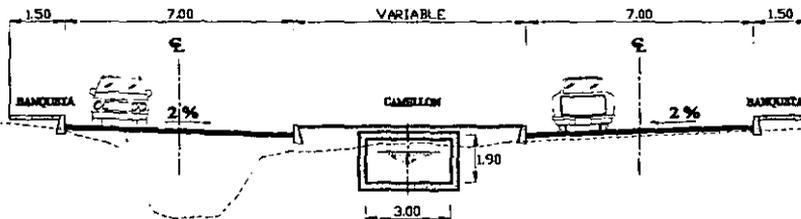
Con base en estas condiciones, se puede afirmar que el funcionamiento hidráulico será el mismo para las dos alternativas, por tratarse de la misma sección transversal, el cual se muestra en la fig. V.6

Sin embargo, desde el punto de vista del costo de construcción, la alternativa I requiere de un menor volumen de concreto por lo que resulta más económica en ese aspecto. En la tabla V.3 se presenta un estimado de costos y una comparación entre ambas alternativas, considerando los principales conceptos de obra que influyen para la construcción de la estructura, en donde muchos de ellos coinciden por tratarse de la misma sección transversal.

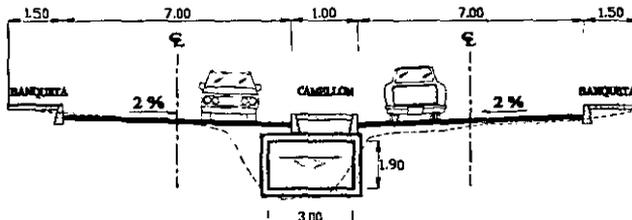
DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO. DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO



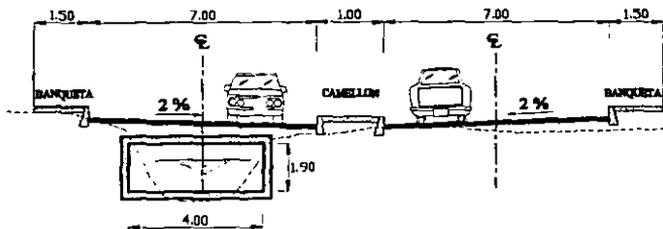
TRAMO: DE KM 0+000 A KM 0+160
 $S = 0.0057$



TRAMO: DE KM 0+160 A KM 0+700
 Y DE KM 0+900 A KM 3+000
 $S = 0.0057$



TRAMO: DE KM 0+700 A KM 0+900
 $S = 0.0057$



TRAMO: DE KM 3+000 A KM 5+460
 $S = 0.00325$

FIG. V.5 ALTERNATIVA II. SECCIONES TIPO

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO

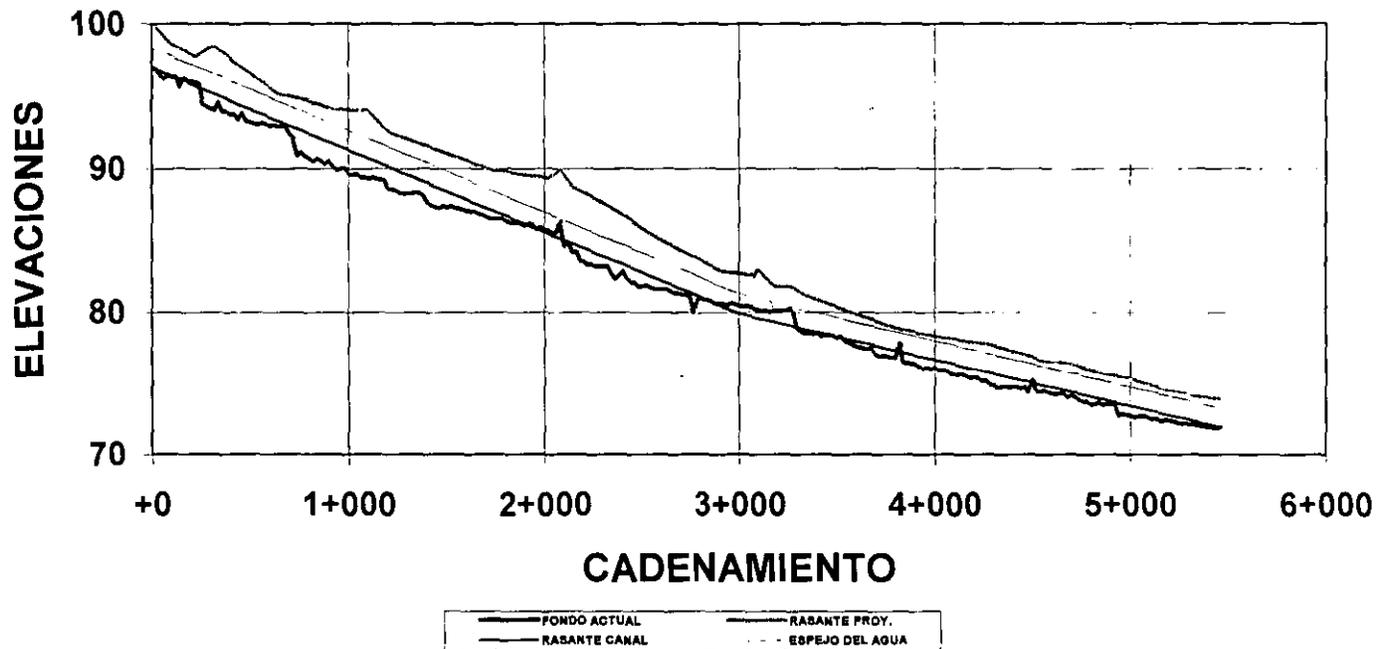


FIG. V.6

PERFIL HIDRÁULICO EN LA CANALIZACIÓN

Por otro lado, desde el punto de vista del mantenimiento, la alternativa I presenta mayores desventajas, ya que por tener tramos a cielo abierto y por tratarse de zona urbana, se corre el riesgo de que el canal se convierta en un cuerpo receptor de basura y otro tipo de desechos, por lo que se requerirían mayores trabajos de desasolve y limpieza.

Debe considerarse además, que por esta condición, el riesgo de accidentes, como podría ser que algún animal o lo que es más grave, alguna persona cayera al canal, es mayor que cuando se tiene un conducto cerrado.

V.4 ALTERNATIVA DEFINITIVA

Se tomó la decisión de considerar como definitiva la alternativa I, tomando como aspecto principal el costo de construcción, de acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla V.3.

Sin embargo es importante señalar que se requiere el compromiso de los Municipios involucrados en el tramo de proyecto, para implementar un programa de mantenimiento adecuado que garantice el correcto funcionamiento de la obra, así como también, crear un programa eficiente de recolección de basura que evite que las personas depositen sus desechos en la canalización.

TABLA V.3

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA,
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO**

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS. COSTOS ESTIMADOS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO	IMPORTE	
		ALT-1	ALT-2	UNITARIO	ALT-1	ALT-2
Excavación para desplante de canalización en cualquier material que no sea roca	m ³	63,100.00	63,100.00	46.51	2,934,907.20	2,934,907.20
Relleno compactado con material producto de excavación.	m ³	9,940.00	13,900.00	21.19	210,648.48	294,568.80
Concreto fabricado en obra de f'c=250 kg/cm ²	m ³	10,700.00	18,200.00	965.76	10,333,632.00	17,576,832.00
Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	kg	1,391.00	2,350.00	7,544.58	10,494,477.40	17,729,706.60
excavación						
1er km	m ³	53,160.00	49,200.00	31.10	1,653,488.64	1,530,316.80
kilometros subsecuentes al primero (10 km)	m ³ -km	531,600.00	492,000.00	3.47	1,844,652.00	1,707,240.00
Cimbra	m ²	59,000.00	77,800.00	57.83	3,411,852.00	4,499,018.40
IMPORTE TOTAL					\$30,883,657.72	\$46,272,589.80

NOTAS :

- * LOS PRECIOS SE OBTUVIERON CON BASE EN EL TABULADOR DE PRECIOS UNITARIOS PUBLICADO POR EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL EN 1999, MULTIPLICADO POR UN FACTOR DE ACTUALIZACION DE 1.20

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

VI. DISEÑO HIDRÁULICO DEFINITIVO.

VI.- DISEÑO HIDRÁULICO DEFINITIVO

Una vez realizado el análisis de las alternativas propuestas, en el presente capítulo se realiza el diseño hidráulico de la alternativa seleccionada como definitiva en el capítulo anterior del presente trabajo.

VI.1 DATOS BÁSICOS DE PROYECTO.

Los datos básicos de proyecto, definidos en los capítulos anteriores del presente trabajo son los siguientes:

TIPO DE PROYECTO	CANALIZACIÓN DE DREN NATURAL
ÁREA DE CUENCA DE APORTACIÓN	22.7 Km²
PERÍODO DE RETORNO	5 años
GASTO DE DISEÑO	17.5 m³/s
TIPO DE ESTRUCTURA	CANAL DE SECCIÓN RECTANGULAR
MATERIAL DE REVESTIMIENTO	CONCRETO REFORZADO
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (MANNING)	
CONCRETO REFORZADO	0.015

TIPO DE FLUIDO	AGUAS PLUVIALES
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	POR GRAVEDAD

VI.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL DREN LERMA EN CONDICIONES NATURALES

Con objeto de determinar la magnitud del gasto que fluye en el canal Lerma en el tramo en estudio, puede contener en su cauce sin que desborde hacia sus márgenes, se procedió a realizar la revisión hidráulica del canal en condiciones naturales, basándose en la información obtenida en el estudio topográfico realizado para el tramo en análisis, que comprende una longitud de 5.60 km.

Para esto se utilizó un modelo matemático elaborado para flujo permanente y gradualmente variado en secciones no prismáticas, basado en el método de las diferencias finitas descrito en el capítulo IV del presente trabajo, con el cual se realiza la simulación del comportamiento del cauce del arroyo para un determinado caudal y obteniéndose el perfil de la elevación del agua para cualquier tipo de régimen.

Con la aplicación de dicho modelo, se obtienen las elevaciones de la superficie libre del agua para un determinado gasto. Para la implementación del modelo, fue necesario contar con una base de datos, obtenida de las secciones transversales y parámetros hidráulicos con los que se lleva a cabo la simulación; con la primera información se introducen al programa a través de

coordenadas con respecto al plano "x" y "y" de los diferentes puntos de la sección transversal del cauce en un determinado punto; los segundos son: el coeficiente de rugosidad y el tirante inicial en la sección de inicio.

Para la aplicación del simulador matemático, se establecieron las siguientes consideraciones:

En la determinación del tirante, el modelo matemático considera que el flujo es gradual y es permanentemente variado y aplica las ecuaciones de la energía y continuidad entre dos secciones, mediante las siguientes ecuaciones:

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

$$Q = AV$$

En donde:

Z_1 y Z_2 = Elevación de la superficie del agua sobre un plano horizontal de comparación en las secciones 1 y 2 respectivamente, en (m)

V_1 y V_2 = Velocidades en las secciones 1 y 2 respectivamente, en (m/s)

h_f = Pérdidas por fricción en el tramo, en (m)

Q = Gasto seleccionado para el tramo, en (m³/s)

V = Velocidad media, en (m/s)

A = Área hidráulica, en (m²)

De acuerdo con el sentido en que se efectúa el cálculo, para un gasto determinado, se conocerán las características en alguna de las dos secciones. En ambas secciones se debe disponer de la información que permita conocer el área, perímetro mojado y radio hidráulico, para distintos valores de la elevación de la superficie del agua.

De acuerdo al tipo de régimen, el proceso de cálculo para un determinado gasto se efectúa hacia aguas abajo o hacia aguas arriba, el cual se define conociendo las características hidráulicas en alguna de las dos secciones en análisis.

La ecuación de la energía se resuelve mediante tanteos y cuando los valores de ambos miembros se igualan, entonces el tirante supuesto es el correcto. Por lo que el proceso de cálculo del modelo se genera de acuerdo a la siguiente secuela:

- 1) De acuerdo al tipo de régimen en el tramo analizado se obtienen las características hidráulicas en la sección inicial. si es subcrítico, la sección inicial será la de aguas abajo. Si por el contrario, se trata de régimen supercrítico, la sección inicial será la de aguas arriba.
 - 2) Se propone una elevación de la superficie del agua en la sección inmediata.
 - 3) Se calculan las cargas de velocidad, así como las pérdidas por fricción y pérdidas locales.
 - 4) Se obtiene la energía en la sección inmediata y se compara con la de la sección inicial, si son iguales, el valor de la superficie del agua supuesta es la correcta; de lo contrario se repite el proceso con un nuevo valor.
-

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla VI-1. de donde se observa que el gasto mínimo y máximo es de 0.90 y 34.84 m³/seg, por lo que el gasto que puede transportar el canal Lerma es de 0.90 m³/seg.

VI.3 DISEÑO HIDRÁULICO

El escurrimiento a superficie libre en un canal que conduce aguas pluviales por donde transita una avenida es en general no permanente, ya que el gasto varía en el tiempo, lo que hace que el análisis hidráulico, considerando rigurosamente estas condiciones sea complicado, sin embargo en la mayoría de los problemas prácticos para la revisión se hacen simplificaciones suponiendo que el flujo es permanente, aunque en rigor no lo sea.

De esta manera, el diseño hidráulico de la canalización se realiza con base en la teoría del flujo unidimensional permanente gradualmente variado, para lo cual el primer paso es determinar el tipo de régimen de que se trata.

VI.3.1 Régimen de Flujo

El régimen de flujo puede ser subcrítico, crítico o supercrítico dependiendo si el tirante normal en el canal es menor, igual o mayor al tirante crítico en la canalización, para lo cual se requiere conocer las características hidráulicas de la sección, las cuales fueron definidas en el

TABLA VI.1

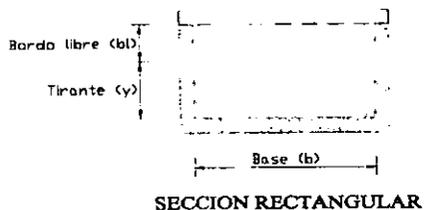
DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA
AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, EDO. DE MÉXICO.

ANÁLISIS HIDRÁULICO EN CONDICIONES NATURALES

CADEN.	FONDO CANAL	PEND. S	GASTO m ³ /seg
+0.00	97.00		
+100.00	96.33	0.00670	11.78
+200.00	96.07	0.00260	6.05
+300.00	94.19	0.01880	34.84
+400.00	93.80	0.00390	8.99
+500.00	93.24	0.00560	10.77
+600.00	92.99	0.00250	7.20
+700.00	92.45	0.00540	10.58
+800.00	90.74	0.01710	18.83
+900.00	90.53	0.00210	6.60
1+000.00	89.64	0.00890	13.58
1+100.00	89.31	0.00330	8.27
1+200.00	88.65	0.00660	11.70
1+300.00	88.33	0.00320	8.14
1+400.00	87.62	0.00710	12.13
1+500.00	87.33	0.00290	7.75
1+600.00	87.06	0.00270	7.48
1+700.00	86.66	0.00400	9.11
1+800.00	86.35	0.00310	8.02
1+900.00	86.05	0.00300	7.89
2+000.00	85.74	0.00310	8.02
2+100.00	84.63	0.01110	15.17
2+200.00	83.52	0.01110	15.17
2+300.00	83.14	0.00380	8.87
2+400.00	82.83	0.00310	8.02
2+500.00	81.86	0.00970	14.18
2+600.00	81.59	0.00270	7.48
2+700.00	81.26	0.00330	8.27
2+800.00	81.00	0.00260	7.34

CADEN.	FONDO CANAL	PEND. S	GASTO m ³ /seg
2+900.00	80.63	0.00370	8.76
3+000.00	80.41	0.00220	6.75
3+100.00	80.15	0.00260	7.34
3+200.00	80.06	0.00090	3.06
3+300.00	78.83	0.01230	8.91
3+400.00	78.52	0.00310	8.02
3+500.00	78.23	0.00290	7.75
3+600.00	77.58	0.00650	11.18
3+700.00	77.03	0.00550	10.68
3+800.00	76.80	0.00230	6.90
3+900.00	76.37	0.00430	2.00
4+000.00	76.12	0.00250	7.20
4+100.00	75.59	0.00530	10.48
4+200.00	75.46	0.00130	5.19
4+300.00	74.82	0.00640	11.52
4+400.00	74.71	0.00110	4.77
4+500.00	75.23	0.00010	0.90
4+600.00	74.27	0.00960	
4+700.00	74.10	0.00170	5.94
4+800.00	73.49	0.00610	11.24
4+900.00	73.47	0.00020	2.04
5+000.00	72.71	0.00760	12.30
5+100.00	72.47	0.00240	7.05
5+200.00	72.38	0.00090	4.32
5+300.00	72.07	0.00310	8.02
5+400.00	71.95	0.00120	4.99
5+460.00	71.95	0.00090	3.99
Gasto mínimo			0.90
Gasto máximo			34.84

capítulo anterior del presente trabajo, resultando en la alternativa seleccionada como definitiva son los siguientes:



TRAMO DE KM 0+000 A KM 3+0180

$$b = 3.00 \text{ m}$$

$$y_n = 1.276 \text{ m}$$

$$A = 3.83 \text{ m}^2$$

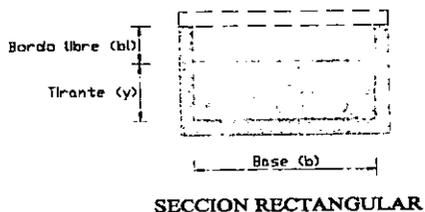
$$S_o = 0.00570$$

$$H = 1.90 \text{ m}$$

$$bl = 0.62 \text{ m}$$

$$v = 4.53 \text{ m/s}$$

$$n = 0.013$$



TRAMO DE KM 3+180 A KM 5+640

$$b = 4.00 \text{ m}$$

$$y_n = 1.20 \text{ m}$$

$$A = 4.80 \text{ m}^2$$

$$S_o = 0.003250$$

$$H = 1.90 \text{ m}$$

$$bl = 0.70 \text{ m}$$

$$v = 3.62 \text{ m/s}$$

$$n = 0.013$$

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MÉXICO.**

Para calcular las condiciones críticas en un canal de sección rectangular se utilizan las siguientes expresiones:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad \text{en donde } q = \frac{Q}{b}$$

Sustituyendo, se tiene:

DE KM 0+000 A KM 3+180

$$q = \frac{17.35}{3.00} = 5.783$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{5.783^2}{9.81}} = 1.505m$$

DE KM 3+180 A KM 5+640

$$q = \frac{17.35}{4.00} = 4.338$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{5.783^2}{9.81}} = 1.242m$$

De donde el régimen de flujo será

TRAMO DE KM 0+000 A KM 3+180

$$1.28 < 1.505, \quad y_n < y_c$$

Por lo tanto, el régimen es supercrítico

TRAMO DE KM 3+180 A KM 5+460

$$1.20 < 1.24, \quad y_n < y_c$$

Por lo tanto, el régimen es supercrítico, y el análisis hidráulico se realiza de aguas arriba hacia aguas abajo.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

VI.3.2 Secuela de Cálculo.

Para el cálculo se utilizó un modelo matemático elaborado para flujo permanente y gradualmente variado en secciones prismáticas, basado en el método de las diferencias finitas descrito en el capítulo IV del presente trabajo, con el cual se realiza la simulación del funcionamiento de la canalización de proyecto para el gasto de diseño obteniéndose el perfil de la elevación del agua para el régimen de que se trate. La secuela de cálculo, que se presenta en la tabla VI.1 es la siguiente:

Columnas 1 y 2. Para el análisis la canalización se divide en secciones equidistantes. Para este caso el cálculo se realizará en secciones a cada 20 m. Las columnas 1 y 2 corresponden a las secciones inicial (1) y final (2) del tramo.

Columna 3. Distancia en (m). Es la longitud entre las secciones en que se ha dividido el tramo para el análisis hidráulico.

Columna 4. Pendiente de la canalización (S_0) en (m/m). Corresponde a la pendiente longitudinal de la plantilla del canal.

Columna 5. Gasto (Q), en (m^3/s). Se refiere al gasto de diseño de la canalización, que tiene un valor de $17.35 m^3/s$.

Columna 6 y 7. Tirante (y) en (m). Valor adoptado para las secciones inicial y final del tramo en análisis. De acuerdo al modelo matemático, el tirante inicial tendrá un valor conocido. Para los subsecuentes tramos el valor inicial corresponderá al valor del tirante final calculado para el tramo anterior.

Columnas 8 y 9. Talud k . Se refiere al talud de las secciones inicial y final del tramo en análisis. Para este caso, por tratarse de una sección rectangular, el talud tiene un valor de cero.

Columnas 10 y 11. Ancho de la Base (b) en (m). Corresponde al ancho de la base de la sección al inicio y al final del tramo.

Columnas 12 y 13. Área hidráulica (A) en (m^2). Valor del área hidráulica en las secciones inicial final del tramo. Para sección rectangular se tiene

$$A = by \quad (\text{Columnas 10-11} \times \text{Columnas 6-7}).$$

Columnas 14 y 15. Perímetro mojado (P) en (m). Valor del perímetro hidráulico de las secciones 1 y 2. Se calcula con las siguiente expresion para sección rectangular:

$$P = b + 2y \quad (\text{Columnas 10-11}) + (\text{Columnas 6-7}) \times 2$$

Columnas 16 y 17. Radio hidráulico (R) de la secciones 1 y 2 en (m). Se obtiene con las siguiente expresion:

$$R = \frac{A}{P} \quad (\text{Columnas 12-13 / Columnas 14-15})$$

Columnas 18 y 19. Radio hidráulico (columnas 13-14) elevado a la potencia (2/3).

Columnas 20 y 21. Velocidad (V) en (m/s). Corresponde a la velocidad media en las secciones 1 y 2 al inicio y final del tramo en análisis. Se obtiene aplicando la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{Columna 5 / Columnas 12-13})$$

Columnas 22 y 23. Carga de velocidad en la ec. de la energía, en (m), que es igual al valor de la velocidad (Columnas 20 y 21) elevado al cuadrado entre 2 veces el valor de la fuerza de gravedad del planeta ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

Columnas 24 y 25. Pendiente hidráulica o de fricción (m/m). Se calcula la pendiente de fricción en las secciones inicial y final de tramo con las siguientes expresiones

$$Sf_1 = \left[\frac{v_1 n}{R_1^{4/3}} \right]^2 \quad Sf_1 = \left[\frac{\text{Columna 20} \times 0.015}{\text{Columna 18}} \right]^2$$

$$Sf_2 = \left[\frac{v_2 n}{R_2^{4/3}} \right]^2 \quad Sf_2 = \left[\frac{\text{Columna 21} \times 0.015}{\text{Columna 19}} \right]^2$$

Columna 26. (ΔZ). Diferencia de niveles del fondo del canal entre las secciones 1 y 2 en (m).

Se obtiene con la expresión:

$$\Delta z = S_o \Delta x \quad \text{Columna 4} \times \text{columna 3.}$$

Columnas 27 y 28. Energía específica (E_1 y E_2) en (m) en las secciones inicial y final del tramo. Se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} \quad E_1 = \text{Columna 6} + \text{Columna 22}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad E_2 = \text{Columna 7} + \text{Columna 23}$$

Columnas 29 y 30. Cuando el análisis se realiza hacia agua abajo, siendo los datos de la sección aguas arriba conocidos, por lo que sería la sección inicial, se utiliza en el método de diferencias finitas la ecuación de la energía expresada de la siguiente forma

$$E_1 - \frac{1}{2} Sf_1 \Delta x + \Delta Z = E_2 + \frac{1}{2} Sf_2 \Delta x$$

Siendo conocidos los datos de la sección inicial (1), se calcula el término izquierdo de la ecuación anterior

$$E_1 - \frac{1}{2} Sf_1 \Delta x + \Delta Z = \text{Columna 27} - \frac{1}{2} \text{Columna 24} \times \text{Columna 3} + \text{Columna 26}$$

El término derecho de la ecuación se determina por iteraciones, proponiendo valores del tirante en la sección 2 hasta cumplir con la igualdad expresada en la ecuación. En referencia a la tabla de cálculo, el término derecho de la ecuación citada se obtiene como se indica a continuación

$$E_2 - \frac{1}{2} Sf_2 \Delta x + \Delta Z = \text{Columna 28} + \frac{1}{2} \text{Columna 25} \times \text{Columna 3}$$

Una vez obtenido el valor del tirante en la sección 2 del tramo que hace válida la igualdad en la ecuación de continuidad, se continúa de igual manera con las secciones subsiguientes, en donde

el tirante y_2 de la sección de salida de un tramo será el tirante y_1 del tramo siguiente. Esto se realiza hasta obtener el perfil de la superficie libre del agua a lo largo de toda la canalización.

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist. (m)	So (pantilla)	Q (m ³ /seg)	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.				INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
0+000	0+020	20.00	0.00570	17.35	1.2800	1.3340	0.00	0.00	3.00	3.00	3.84	4.00	5.58	5.67	0.69	0.71
0+020	0+040	20.00	0.00570	17.35	1.3340	1.3760	0.00	0.00	3.00	3.00	4.00	4.13	5.67	5.75	0.71	0.72
0+040	0+060	20.00	0.00570	17.35	1.3760	1.4000	0.00	0.00	3.00	3.00	4.13	4.20	5.75	5.80	0.72	0.72
0+060	0+080	20.00	0.00570	17.35	1.4000	1.4110	0.00	0.00	3.00	3.00	4.20	4.23	5.80	5.82	0.72	0.73
0+080	0+100	20.00	0.00570	17.35	1.4110	1.4150	0.00	0.00	3.00	3.00	4.23	4.25	5.82	5.83	0.73	0.73
0+100	0+120	20.00	0.00570	17.35	1.4150	1.4160	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.83	5.83	0.73	0.73
0+120	0+140	20.00	0.00570	17.35	1.4160	1.4170	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.83	5.83	0.73	0.73
0+140	0+160	20.00	0.00570	17.35	1.4170	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.83	5.84	0.73	0.73
0+160	0+180	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+180	0+200	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+200	0+220	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+220	0+240	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+240	0+260	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+260	0+280	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+280	0+300	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+300	0+320	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+320	0+340	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+340	0+360	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+360	0+380	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+380	0+400	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+400	0+420	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+420	0+440	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+440	0+460	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+460	0+480	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+480	0+500	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+500	0+520	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+520	0+540	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
0+540	0+560	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73

TABLA VI-2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA**

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25		26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)		v/2g		Sf ₁	Sf ₂		Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.		(m)	(m)	(m)	0.65f ₁ Δx	0.55f ₂ Δx
0+000	0+020	0.78	0.79	4.52	4.34	1.04	0.96	0.00752	0.00673	0.00713	0.114	2.320	2.292	2.359	2.359
0+020	0+040	0.79	0.80	4.34	4.20	0.96	0.90	0.00673	0.00619	0.00646	0.114	2.292	2.276	2.339	2.338
0+040	0+060	0.80	0.81	4.20	4.13	0.90	0.87	0.00619	0.00590	0.00605	0.114	2.276	2.270	2.329	2.329
0+060	0+080	0.81	0.81	4.13	4.10	0.87	0.86	0.00590	0.00578	0.00584	0.114	2.270	2.267	2.325	2.325
0+080	0+100	0.81	0.81	4.10	4.09	0.86	0.85	0.00578	0.00574	0.00576	0.114	2.267	2.266	2.323	2.324
0+100	0+120	0.81	0.81	4.09	4.08	0.85	0.85	0.00574	0.00573	0.00573	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+120	0+140	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00573	0.00572	0.00572	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+140	0+160	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00572	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+160	0+180	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+180	0+200	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+200	0+220	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+220	0+240	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+240	0+260	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+260	0+280	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+280	0+300	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+300	0+320	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+320	0+340	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+340	0+360	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+360	0+380	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+380	0+400	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+400	0+420	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+420	0+440	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+440	0+460	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+460	0+480	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+480	0+500	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+500	0+520	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+520	0+540	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+540	0+560	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
CADENAMIENTO		Dist.		So		Q		TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)															
INIC.	FIN.	(m)	(pantilla)	(m ³ /seg)	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.			
0+560	0+580	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+580	0+600	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+600	0+620	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+620	0+640	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+640	0+660	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+660	0+680	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+680	0+700	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+700	0+720	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+720	0+740	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+740	0+760	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+760	0+780	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+780	0+800	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+800	0+820	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+820	0+840	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+840	0+860	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+860	0+880	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+880	0+900	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+900	0+920	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+920	0+940	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+940	0+960	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+960	0+980	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
0+980	1+000	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+000	1+020	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+020	1+040	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+040	1+060	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+060	1+080	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+080	1+100	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+100	1+120	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)		v ^{2/2g}		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.65f ₁ Δx	0.65f ₂ Δx
0+560	0+580	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+580	0+600	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+600	0+620	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+620	0+640	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+640	0+660	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+660	0+680	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+680	0+700	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+700	0+720	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+720	0+740	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+740	0+760	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+760	0+780	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+780	0+800	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+800	0+820	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+820	0+840	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+840	0+860	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+860	0+880	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+880	0+900	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+900	0+920	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+920	0+940	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+940	0+960	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+960	0+980	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
0+980	1+000	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+000	1+020	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+020	1+040	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+040	1+060	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+060	1+080	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+080	1+100	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+100	1+120	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
CADENAMIENTO		Dist. (m)	So (pentilla)	Q (m³/seg)	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)																		
INIC.	FIN.				INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.															
1+120	1+140	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+140	1+180	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+180	1+200	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+200	1+220	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+220	1+240	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+240	1+260	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+260	1+280	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+280	1+300	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+300	1+320	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+320	1+340	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+340	1+360	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+360	1+380	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+380	1+400	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+400	1+420	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+420	1+440	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+440	1+460	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+460	1+480	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+480	1+500	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+500	1+520	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+520	1+540	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+540	1+560	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+560	1+580	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+580	1+600	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+600	1+620	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+620	1+640	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+640	1+660	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	
1+660	1+680	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73																	

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)		v/2g		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.6Sf ₁ Δx	0.6Sf ₂ Δx
1+120	1+140	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+140	1+160	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+160	1+180	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+180	1+200	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+200	1+220	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+220	1+240	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+240	1+260	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+260	1+280	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+280	1+300	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+300	1+320	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+320	1+340	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+340	1+360	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+360	1+380	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+380	1+400	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+400	1+420	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+420	1+440	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+440	1+460	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+460	1+480	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+480	1+500	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+500	1+520	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+520	1+540	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+540	1+560	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+560	1+580	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+580	1+600	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+600	1+620	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+620	1+640	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+640	1+660	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+660	1+680	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist.	So	Q	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.	(m)	(pantilla)	(m ³ /seg)	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
1+680	1+700	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+700	1+720	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+720	1+740	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+740	1+760	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+760	1+780	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+780	1+800	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+800	1+820	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+820	1+840	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+840	1+860	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+860	1+880	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+880	1+900	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+900	1+920	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+920	1+940	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+940	1+960	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+960	1+980	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
1+980	2+000	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+000	2+020	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+020	2+040	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+040	2+060	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+060	2+080	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+080	2+100	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+100	2+120	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+120	2+140	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+140	2+160	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+160	2+180	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+180	2+200	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+200	2+220	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+220	2+240	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)		v/2g		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.6Sf ₁ Δx	0.6Sf ₂ Δx
1+680	1+700	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+700	1+720	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+720	1+740	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+740	1+760	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+760	1+780	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+780	1+800	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+800	1+820	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+820	1+840	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+840	1+860	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+860	1+880	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+880	1+900	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+900	1+920	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+920	1+940	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+940	1+960	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+960	1+980	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
1+980	2+000	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+000	2+020	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+020	2+040	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+040	2+060	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+060	2+080	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+080	2+100	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+100	2+120	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+120	2+140	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+140	2+160	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+160	2+180	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+180	2+200	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+200	2+220	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+220	2+240	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323

TABLA VI-2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist. (m)	So (pantilla)	Q (m ³ /seg)	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.				INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
2+240	2+260	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+260	2+280	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+280	2+300	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+300	2+320	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+320	2+340	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+340	2+360	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+360	2+380	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+380	2+400	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+400	2+420	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+420	2+440	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+440	2+460	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+460	2+480	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+480	2+500	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+500	2+520	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+520	2+540	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+540	2+560	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+560	2+580	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+580	2+600	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+600	2+620	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+620	2+640	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+640	2+660	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+660	2+680	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+680	2+700	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+700	2+720	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+720	2+740	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+740	2+760	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+760	2+780	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+780	2+800	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)		v/2g		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.5Sf ₁ Δx	0.5Sf ₂ Δx
2+240	2+260	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+260	2+280	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+280	2+300	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+300	2+320	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+320	2+340	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+340	2+360	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+360	2+380	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+380	2+400	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+400	2+420	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+420	2+440	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+440	2+460	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+460	2+480	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+480	2+500	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+500	2+520	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+520	2+540	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+540	2+560	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+560	2+580	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+580	2+600	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+600	2+620	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+620	2+640	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+640	2+660	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+660	2+680	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+680	2+700	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+700	2+720	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+720	2+740	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+740	2+760	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+760	2+780	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+780	2+800	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist. (m)	So (pantilla)	Q (m ³ /seg)	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.				INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
2+800	2+820	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+820	2+840	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+840	2+860	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+860	2+880	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+880	2+900	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+900	2+920	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+920	2+940	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+940	2+960	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+960	2+980	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
2+980	3+000	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+000	3+020	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+020	3+040	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+040	3+060	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+060	3+080	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+080	3+100	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+100	3+120	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+120	3+140	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+140	3+160	20.00	0.00570	17.35	1.4180	1.4180	0.00	0.00	3.00	3.00	4.25	4.25	5.84	5.84	0.73	0.73
3+160	3+180	20.00	0.00570	17.35	1.4180	0.8390	0.00	0.00	3.00	4.00	4.25	3.36	5.84	5.68	0.73	0.59
3+180	3+200	20.00	0.00325	17.35	0.8390	0.9205	0.00	0.00	4.00	4.00	3.36	3.68	5.68	5.84	0.59	0.63
3+200	3+220	20.00	0.00325	17.35	0.9205	1.0080	0.00	0.00	4.00	4.00	3.68	4.02	5.84	6.01	0.63	0.67
3+220	3+240	20.00	0.00325	17.35	1.0080	1.1020	0.00	0.00	4.00	4.00	4.02	4.41	6.01	6.20	0.67	0.71
3+240	3+260	20.00	0.00325	17.35	1.1020	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	4.41	5.24	6.20	6.62	0.71	0.79
3+260	3+280	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+280	3+300	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+300	3+320	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+320	3+340	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+340	3+360	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79

TABLA VI-2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA**

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		$R^{2/3}$		VELOCIDAD (V)		$v^2/2g$		Sf_1	Sf_2	Δz	E_1	E_2	$E_1 + \Delta z$	E_2
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	$0.5Sf_1 \Delta x$	$0.5Sf_2 \Delta x$
2+800	2+820	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+820	2+840	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+840	2+860	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+860	2+880	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+880	2+900	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+900	2+920	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+920	2+940	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+940	2+960	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+960	2+980	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
2+980	3+000	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+000	3+020	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+020	3+040	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+040	3+060	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+060	3+080	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+080	3+100	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+100	3+120	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+120	3+140	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+140	3+160	0.81	0.81	4.08	4.08	0.85	0.85	0.00571	0.00571	0.114	2.266	2.266	2.323	2.323
3+160	3+180	0.81	0.70	4.08	5.17	0.85	1.36	0.00571	0.01212	0.114	2.266	2.201	2.323	2.322
3+180	3+200	0.70	0.74	5.17	4.71	1.36	1.13	0.01212	0.00924	0.065	2.201	2.052	2.145	2.145
3+200	3+220	0.74	0.77	4.71	4.31	1.13	0.95	0.00924	0.00714	0.065	2.052	1.954	2.025	2.025
3+220	3+240	0.77	0.80	4.31	3.94	0.95	0.79	0.00714	0.00550	0.065	1.954	1.892	1.947	1.947
3+240	3+260	0.80	0.86	3.94	3.31	0.79	0.56	0.00550	0.00337	0.065	1.892	1.869	1.902	1.902
3+260	3+280	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+280	3+300	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+300	3+320	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+320	3+340	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+340	3+360	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist. (m)	So (pantilla)	Q (m ³ /seg)	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.				INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
3+360	3+380	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+380	3+400	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+400	3+420	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+420	3+440	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+440	3+460	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+460	3+480	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+480	3+500	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+500	3+520	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+520	3+540	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+540	3+560	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+560	3+580	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+580	3+600	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+600	3+620	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+620	3+640	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+640	3+660	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+660	3+680	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+680	3+700	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+700	3+720	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+720	3+740	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+740	3+760	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+760	3+780	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+780	3+800	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+800	3+820	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+820	3+840	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+840	3+860	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+860	3+880	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+880	3+900	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
3+900	3+920	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79

TABLA VI-2
DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)		v ^{2/2g}		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.5Sf ₁ Δx	0.5Sf ₂ Δx
3+360	3+380	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+380	3+400	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+400	3+420	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+420	3+440	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+440	3+460	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+460	3+480	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+480	3+500	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+500	3+520	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+520	3+540	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+540	3+560	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+560	3+580	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+580	3+600	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+600	3+620	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+620	3+640	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+640	3+660	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+660	3+680	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+680	3+700	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+700	3+720	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+720	3+740	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+740	3+760	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+760	3+780	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+780	3+800	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+800	3+820	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+820	3+840	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+840	3+860	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+860	3+880	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+880	3+900	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+900	3+920	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902

TABLA VI-2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA**

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
CADENAMIENTO		Dist.		So		Q		TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)															
INIC.	FIN.	(m)	(pantilla)	(m ³ /seg)	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.			
3+920	3+940	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
3+940	3+960	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
3+960	3+980	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
3+980	4+000	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+000	4+020	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+020	4+040	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+040	4+060	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+060	4+080	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+080	4+100	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+100	4+120	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+120	4+140	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+140	4+160	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+160	4+180	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+180	4+200	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+200	4+220	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+220	4+240	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+240	4+260	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+260	4+280	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+280	4+300	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+300	4+320	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+320	4+340	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+340	4+360	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+360	4+380	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+380	4+400	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+400	4+420	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+420	4+440	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+440	4+460	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	
4+460	4+480	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79																	

TABLA VI-2
DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO
ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CADENAMIENTO		$R^{2/3}$		VELOCIDAD (V)		$v/2g$		Sf_1	Sf_2	Δz	E_1	E_2	$E_1 + \Delta z$	$E_2 +$
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	$0.5Sf_1\Delta x$	$0.5Sf_2\Delta x$
3+920	3+940	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+940	3+960	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+960	3+980	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
3+980	4+000	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+000	4+020	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+020	4+040	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+040	4+060	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+060	4+080	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+080	4+100	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+100	4+120	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+120	4+140	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+140	4+160	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+160	4+180	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+180	4+200	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+200	4+220	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+220	4+240	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+240	4+260	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+260	4+280	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+280	4+300	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+300	4+320	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+320	4+340	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+340	4+360	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+360	4+380	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+380	4+400	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+400	4+420	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+420	4+440	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+440	4+460	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902
4+460	4+480	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist.	So	Q	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.	(m)	(partilla)	(m ³ /seg)	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
4+480	4+500	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+500	4+520	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+520	4+540	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+540	4+560	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+560	4+580	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+580	4+600	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+600	4+620	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+620	4+640	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+640	4+660	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+660	4+680	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+680	4+700	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+700	4+720	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+720	4+740	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+740	4+760	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+760	4+780	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+780	4+800	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+800	4+820	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+820	4+840	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+840	4+860	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+860	4+880	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+880	4+900	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+900	4+920	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+920	4+940	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+940	4+960	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+960	4+980	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
4+980	5+000	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+000	5+020	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+020	5+040	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)				v/2g		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.6Sf ₁ Δx	0.6Sf ₂ Δx		
4+480	4+500	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+500	4+520	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+520	4+540	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+540	4+560	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+560	4+580	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+580	4+600	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+600	4+620	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+620	4+640	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+640	4+660	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+660	4+680	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+680	4+700	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+700	4+720	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+720	4+740	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+740	4+760	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+760	4+780	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+780	4+800	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+800	4+820	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+820	4+840	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+840	4+860	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+860	4+880	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+880	4+900	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+900	4+920	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+920	4+940	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+940	4+960	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+960	4+980	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
4+980	5+000	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+000	5+020	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+020	5+040	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CADENAMIENTO		Dist. (m)	So (pantilla)	Q (m ³ /seg)	TIRANTE (m)		TALUD (K)		BASE (b)		AREA (A)		PERIMETRO (P)		RADIO (R)	
INIC.	FIN.				INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.
5+040	5+060	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+060	5+080	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+080	5+100	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+100	5+120	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+120	5+140	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+140	5+160	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+160	5+180	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+180	5+200	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+200	5+220	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+220	5+240	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+240	5+260	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+260	5+280	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+280	5+300	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+300	5+320	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+320	5+340	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+340	5+360	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+360	5+380	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+380	5+400	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+400	5+420	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+420	5+440	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79
5+440	5+460	20.00	0.00325	17.35	1.3100	1.3100	0.00	0.00	4.00	4.00	5.24	5.24	6.62	6.62	0.79	0.79

TABLA VI-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA CANALIZACIÓN DE LA AV. LERMA

1	2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
CADENAMIENTO		R ^{2/3}		VELOCIDAD (V)				v/2g		Sf ₁	Sf ₂	Δz	E ₁	E ₂	E ₁ +Δz-	E ₂ +
INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	INIC.	FIN.	(m)	(m)	(m)	0.6Sf ₁ Δx	0.6Sf ₂ Δx		
5+040	5+060	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+060	5+080	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+080	5+100	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+100	5+120	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+120	5+140	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+140	5+160	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+160	5+180	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+180	5+200	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+200	5+220	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+220	5+240	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+240	5+260	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+260	5+280	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+280	5+300	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+300	5+320	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+320	5+340	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+340	5+360	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+360	5+380	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+380	5+400	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+400	5+420	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+420	5+440	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		
5+440	5+460	0.86	0.86	3.31	3.31	0.56	0.56	0.00337	0.00337	0.065	1.869	1.869	1.900	1.902		

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

VII. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

VII.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto definitivo se integra con la memoria descriptiva, memoria de cálculo, catalogo de conceptos y presupuestos, especificaciones de construcción y los planos de proyecto correspondientes, que son resultado de los trabajos desarrollados descritos en los capitulos anteriores del presente trabajo, desde el punto de vista del diseño hidráulico. El proyecto Estructural de la canalización queda fuera del alcance de este trabajo.

VII.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.

En la memoria descriptiva se hace una descripción breve del proyecto y los trabajos realizados. Para el presente trabajo la memoria descriptiva es la siguiente

El Gobierno del Estado de México, a través de la **Junta de Caminos del Estado de México (JCEM)**, realiza obras y proyectos tendientes al mejoramiento y modernización de caminos y vialidades en diversos municipios del Estado.

Dentro de estas acciones se encuentra el proyecto de Modernización de la Av. Lerma, que a su vez implica el proyecto de la canalización del dren existente que corre paralelo a la vialidad existente en el tramo de proyecto, en el Municipio de San Mateo Atenco, Estado de México.

VII.-PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

La Av. Lerma se localiza al Sur Este del centro de la Ciudad de Toluca, en dirección a la Ciudad de México, en los límites de los Municipios de Metepec, San Mateo Atenco y Toluca, en el Estado de México. Inicia a la altura de la Av. Tecnológico, en el Municipio de Metepec, continuando hasta interceptar El Paseo Tollocan ya en el Municipio de San Mateo Atenco. Sin embargo, el tramo de inicio para el proyecto de la canalización del dren existente se ubica aproximadamente a 800 m aguas arriba de la Av. Tecnológico, a la altura de la Av. De los Eucaliptos, en la localidad conocida como Fraccionamiento San José de la Pila, en el Municipio de Metepec. Las principales vialidades que comunican la zona de estudio son el Paseo Tollocan, La Av. Tecnológico, la Av. Emiliano Zapata y la Av. Solidaridad las Torres.

Las localidades en donde se ubica el tramo de proyecto, motivo por el cual se verán directamente beneficiadas con la modernización de la Av. Lerma, incluyen para el Municipio de Metepec, el Conjunto Habitacional Andrés Molina Enríques, la Unidad Infonavit San José la Pila, el Fracc. Residencial La Virgen, Villa Kent y Lázaro Cárdenas, en tanto que para el Municipio de San Mateo Atenco se incluyen las localidades del Ejido de San Mateo Atenco, Frac. Santa Elena, Barrio Santa María y Barrio La Magdalena.

El proyecto de modernización de la Av. Lerma, consiste en la construcción de dos cuerpos, con un ancho de vialidad de 7.00 m, cada uno y contempla también la canalización del dren Lerma, el cual escurre paralelo a la vialidad, y que corresponde al proyecto que se ha desarrollado en el presente trabajo.

El dren a cielo abierto que escurre a lo largo de la Av. Lerma es conocido con el nombre de “Arroyo Lerma”, que conduce las aguas pluviales generadas en la región Hidrológica N° 12, Parcial (Orígenes del Río Lerma), la cual tiene su origen en el Nevado de Toluca. En todo el tramo de estudio escurre a cielo abierto, en un canal excavado en terreno natural.

En el tramo de proyecto, el arroyo tiene un ancho promedio, en su parte superior de unos 5 m y divaga en una franja de entre 20 y 30 m, a todo lo largo de la zona de estudio (0+000 al 5+640), por lo que el proyecto de vialidad de la Av. Lerma aprovechará esta franja hasta donde, con la condición de hacer una rectificación, a todo lo largo del mencionado arroyo.

Por lo tanto, el proyecto de la canalización del dren debe adecuarse al proyecto de modernización de la vialidad, considerando la ubicación del canal encauzado bajo la vialidad y en aquellos tramos donde sea posible, ubicarlo dentro del camellón, buscando siempre, que las afectaciones sean mínimas.

La canalización inicia a la altura de la Av. de los Eucaliptos, en el Fraccionamiento San Jose de la Pila, Mpio. de Metepec. El km 0+000 se ubica a la salida de la alcantarilla existente justamente en el cruce de la Avenida citada. La canalización inicia con una pendiente longitudinal de $s = 0.0057$. Del punto de origen al km 0+160, el ancho del camellón es de 1.00 m en promedio por lo que la canalización, consistente en un cajón cerrado sección rectangular con un ancho de plantilla de 3.00 m, se ubica en el cuerpo izquierdo de la vialidad. Este ancho de plantilla y arrastre hidráulico se conservan hasta la altura del km 3+180.00.

Para el tramo del km 0+160 al km 0+680, el ancho del camellón es de 5.00 m promedio, por lo que el canal se ubica dentro del mismo, cambiando a un canal a cielo abierto de sección rectangular.

De este punto, hasta el km 0+900, el camellón se angosta, y se localiza el cruce con la Av. Tecnológico, por lo que la canalización consiste en una sección rectangular en cajón, con ancho en la base de 3.00 m x 1.90 m de altura, que se ubica bajo el camellón, abarcando también una parte del cuerpo izquierdo de la vialidad de proyecto.

Del km 0+900 al km 3+180, se tiene un camellón de 4.00 a 5.00, por lo que en este tramo la estructura del canal será canal a cielo abierto sección rectangular. En el km 3+180 cambia la pendiente de arrastre hidráulico a un valor de $s = 0.00325$. Así mismo, de este punto al km 3+200 hay una transición en el ancho de plantilla del canal, para cambiar de 3.00 a 4.00 m.

Del km 3+200 a km 5+460, en donde prácticamente no se tiene camellón, la canalización se ubica en el cuerpo izquierdo de la vialidad, consistiendo en un cajón de sección rectangular con un ancho de plantilla de 4.00 m, con una pendiente longitudinal de 0.00325.

La modernización de la vialidad concluye en el km 5+460, sin embargo, la canalización del dren Lerma se prolongará hasta la altura del km 5+640, en donde el arroyo se encauza en una tubería de 1.50 m de diámetro.

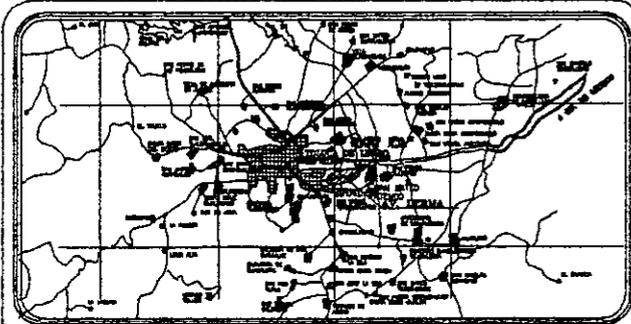
En el plano VII.1 se muestra el proyecto de la canalización, que incluye los datos de proyecto, cantidades de obra, la estructuración de la canalización, y la planta y perfil del proyecto de la misma.

Por otra parte, el drenaje pluvial de la vialidad de proyecto consiste en coladeras pluviales colocadas a cada 20 m en ambos cuerpos de la vialidad, las cuales descargarán las aguas recolectadas hacia la canalización. Dependiendo de las condiciones en el punto, el ancho del camellón y la ubicación de la canalización, estas coladeras pluviales pueden ser del tipo de banquetas, de piso o especiales directamente sobre la canalización. En el plano VII.1 se muestra la ubicación y el tipo de coladeras pluviales en la planta de proyecto de la canalización, mientras que en el plano VII.2 se presentan en detalle la estructuración de dichas coladeras.

VII.2 MEMORIA DE CÁLCULO.

La memoria de cálculo se desarrolló y corresponde al capítulo VI del presente trabajo, y consiste básicamente en el dimensionamiento de la estructura de la canalización, utilizando la teoría y los fundamentos del diseño de canales descritos en el capítulo IV.

Para tal efecto se hizo la revisión hidráulica de las condiciones actuales del arroyo, encontrándose que tiene una capacidad de conducción que varía de 0.90 a 34.84 m³/seg, para la determinación de estos gastos se realizó un estudio hidráulico, mediante un modelo



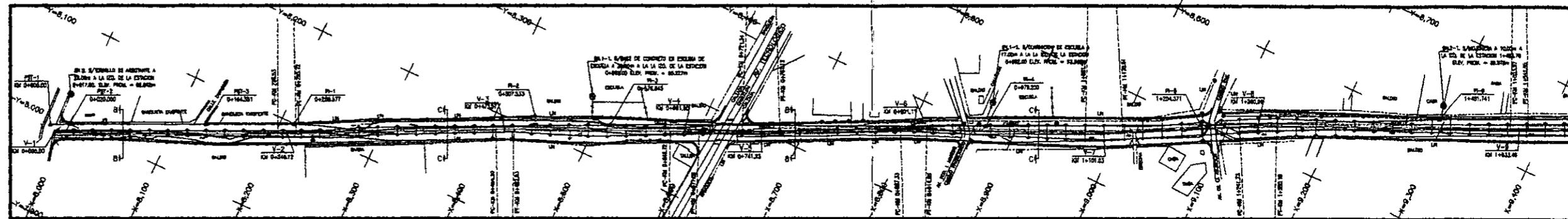
CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

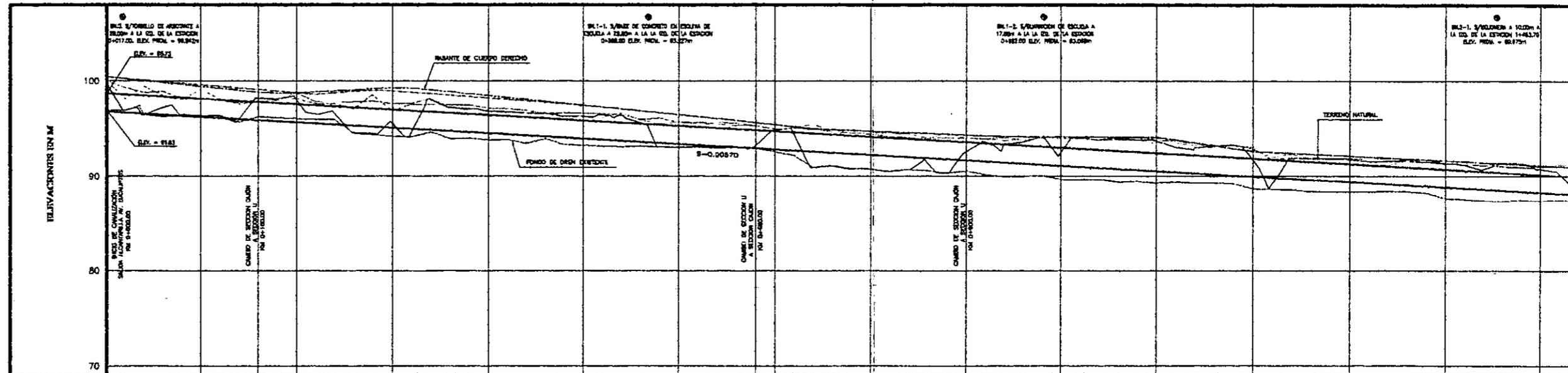
- POLIGONAL DE APOYO
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA
- PLANIMETRIA
- PUNTO DE INFLEXION
- CADENAMIENTO
- PUENTE
- CARRETERA
- CAMINO DE TERRACERA
- POSTE EL / TEL
- CANAL NATURAL
- BANCO DE NIVEL
- CANALIZACION DE PROYECTO
- COLADERA PLUVIAL DE BANQUETA
- COLADERA PLUVIAL DE PISO
- COLADERA PLUVIAL SOBRE CANAL TIPO I
- COLADERA PLUVIAL SOBRE CANAL TIPO II
- EJE DE CANALIZACION
- VERTICE DE EJE DE CANAL
- PERFIL DEL TERRENO (EJE DE CANAL)
- PERFIL DEL FONDO EXISTENTE
- PERFIL DEL BORDO IZQUIERDO
- PERFIL DEL BORDO DERECHO
- PERFIL DE RASANTE CPO. IZQUIERDO
- PERFIL DE RASANTE CPO. DERECHO
- PERFIL DE PLANTILLA/CLAVE DE CANAL
- ELEVACION DE PLANTILLA/CLAVE DE CANAL

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACION
DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA,
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO
ESTADO DE MEXICO**

**PLANO VII.1
PROY. DE CANALIZACION
DE KM 0+000.00 A KM 5+628.48**

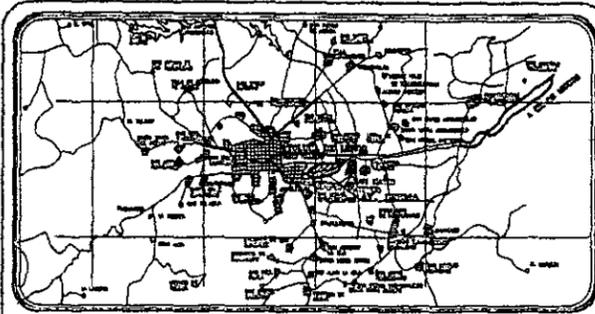


PLANTA



TIPO DE ESTRUCTURA	CANAL DE SECCION RECTANGULAR DE CONCRETO REFORZADO DE 3.00 m DE BASE POR 1.90 m DE ALTURA. L = 520 m		CANAL A CILO ABIERTO DE SECCION RECTANGULAR DE CONCRETO REFORZADO DE 3.70 m DE BASE POR 1.90 m DE ALTURA. L = 220.00 m	
ELEV. BORDO DERECHO (M)	87.00	87.00	87.00	87.00
ELEV. BORDO IZQUIERDO (M)	87.00	87.00	87.00	87.00
ELEV. FONDO EXISTENTE (M)	87.00	87.00	87.00	87.00
ELEV. CLAVE CAJON (M)	87.00	87.00	87.00	87.00
ELEV. PLANTILLA CAJON (M)	87.00	87.00	87.00	87.00
ELEV. TERRENO (M)	87.00	87.00	87.00	87.00
CADENAMIENTO (C/M)	0+000	0+520	0+740	0+960

PERFIL DEL TRAZO



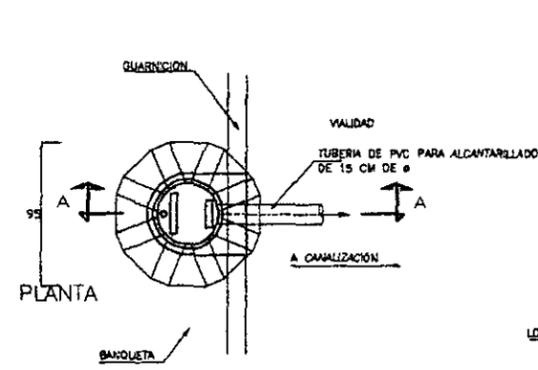
CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS

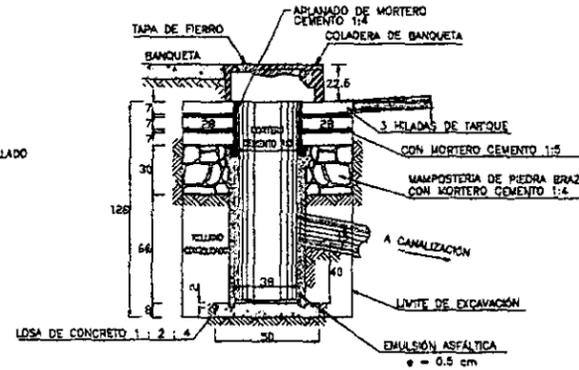
- ACOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD
- LAS ELEVACIONES Y CADENAMIENTOS ESTAN EN METROS.
- EL CONCRETO SERA VIBRADO Y CURADO CON UNA MEMBRANA Y DEBERA TENER UN REVENIMIENTO DE 6 A 10 cm. EL TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO SERA DE 19 mm (3/4").
- EL CONCRETO EN LA PLANTILLA SERA DE $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ Y DE 5 cm DE ESPESOR, EN LAS ESTRUCTURAS SERA DE $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$
- EL ACERO DE REFUERZO SERA DE $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 5 cm.
- LA CUBRA SERA RETIRADA A LOS 14 DIAS DE COLADO SALVO EN EL CASO DE USAR ACELERANTES.
- EL RELLENO SERA CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACION, COMPACTADO A JUNCO DEL RESIDENTE DE CONSTRUCCION.
- SE DEBERAN COLOCAR LAS COLADERAS DE FIERRO FUNDIDO ANTES DE INICIAR EL COLADO DE LA LOSA TAPA.
- EN LOS DETALLES, LAS ACOTACIONES TIENEN PRIORIDAD SOBRE LA ESCALA.
- LA UBICACION DE LAS COLADERAS SE PRESENTA EN EL PLANO DE PROYECTO DE CANALIZACION, CLAVE VII.1

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACION DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO ESTADO DE MEXICO

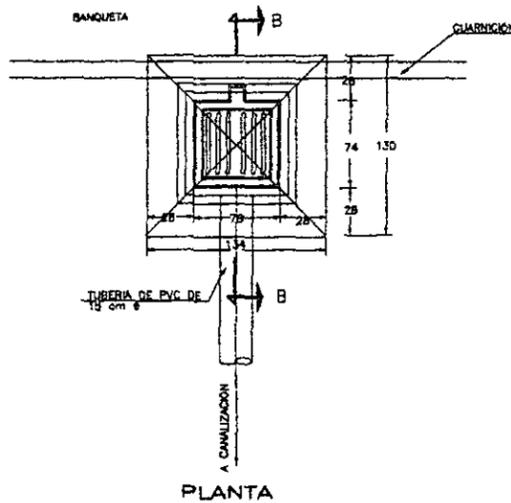
PLANO VII.2 COLADERAS PLUVIALES TIPO



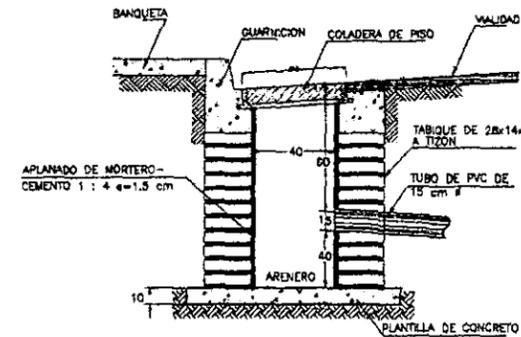
PLANTA



CORTE A - A

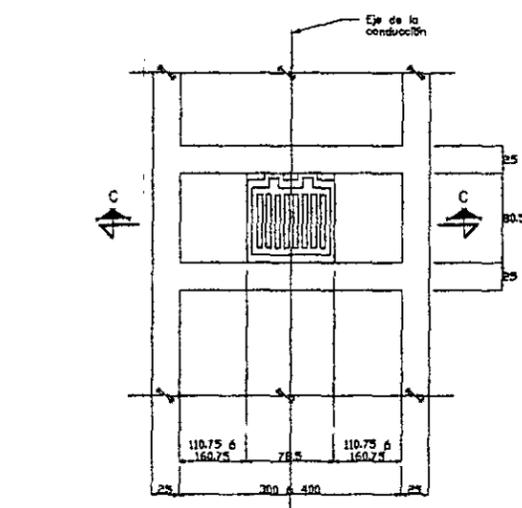


PLANTA

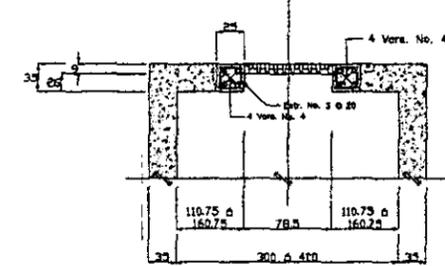


CORTE B - B

COLADERA PLUVIAL DE PISO

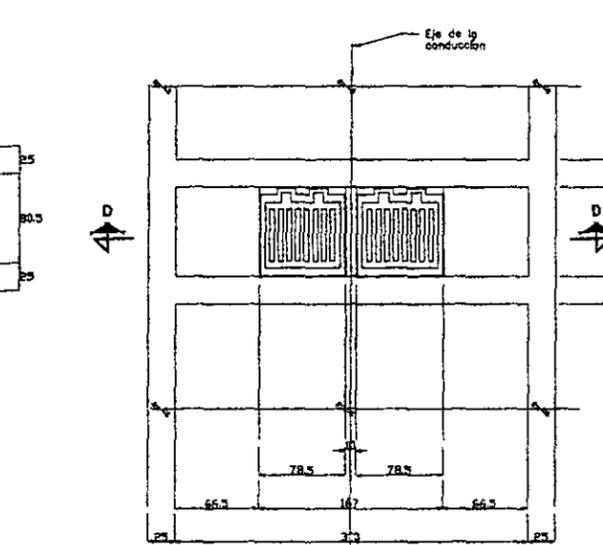


PLANTA

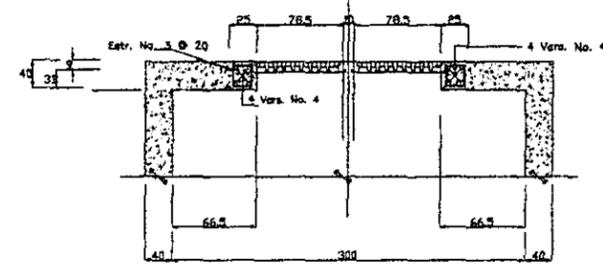


CORTE C - C

COLADERA TIPO I

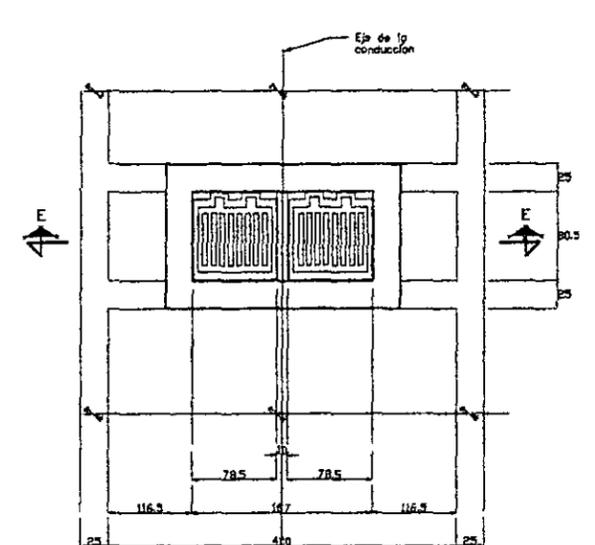


PLANTA

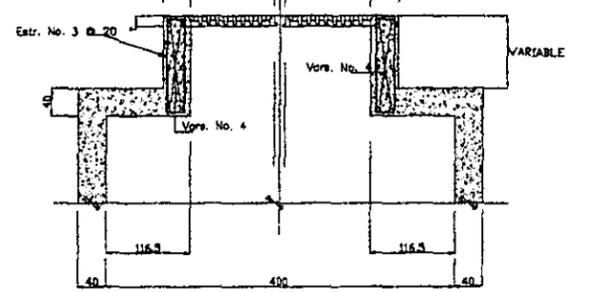


CORTE D - D

COLADERA TIPO II



PLANTA



CORTE E - E

COLADERA TIPO II-A

matemático elaborado para flujo permanente y gradualmente variado en secciones no prismáticas, con el cual se realiza la simulación del comportamiento del cauce del arroyo y se obtiene el perfil de la elevación del agua para cualquier tipo de régimen.

De igual manera, para el diseño hidráulico de la canalización se utilizó un modelo matemático elaborado para flujo permanente y gradualmente variado en secciones prismáticas, basado en el método de las diferencias finitas, con el cual se realiza la simulación del funcionamiento de la canalización de proyecto para el gasto de proyecto obteniéndose el perfil de la elevación del agua para el régimen de que se trate. El gasto de diseño, obtenido mediante el estudio hidrológico del arroyo es de $17.35 \text{ m}^3/\text{s}$.

VII.3 CATALOGO DE CONCEPTOS.

El Catalogo de Conceptos es un listado de todas las actividades involucradas para la construcción de la estructura. Reducidas a su mínima división, que es la unidad, utilizando las medidas aceptadas en el Sistema Métrico Decimal

En donde para asignar a un concepto dicha unidad que puede ser en peso, en volumen, área o longitud se toma en cuenta la unidad del integrante dominante y la forma menos complicada de llevar a cabo la medición.

El Catálogo de Conceptos del presente trabajo se muestra en la tabla VII.1. Para su elaboración, una vez realizada la cuantificación correspondiente, se utilizó como base los Catálogos de Conceptos y Precios Unitarios realizados por la Junta de Caminos del Estado de México, la Comisión Nacional del Agua y el Departamento Del Distrito Federal, de donde se extrajeron los conceptos aplicables al mismo.

VII.4 PRESUPUESTOS.

El presupuesto es el estimativo del costo de construcción del proyecto, para condiciones definidas a un tiempo inmediato. Una vez definido el Catálogo de Conceptos, se determinó el presupuesto para la realización de la obra, tomando como referencia los catálogos de conceptos y precios unitarios editados por la Junta de Caminos del Estado de México (JCEM) y la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) del Estado de México, ahora Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM). Los resultados se muestran en la tabla VII.2

VII.5 ESPECIFICACIONES DE OBRA.

Las especificaciones de obra se pueden definir como “La descripción detallada de características y condiciones mínimas de calidad que debe reunir un producto”, con ellas se delimitan los alcances de trabajo de cada concepto, se fijan las normas que habrán de satisfacerse, al igual que los materiales, el equipo y los procedimientos de construcción, facilitando de esta manera el cálculo de los respectivos costos.

TABLA VII-1

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

CATALOGO DE CONCEPTOS

CONCEPTOS			UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE (\$)
Nº.	ESPECIFICACION	DESCRIPCION				
	SCT 3.01.01	TERRACERÍAS				
	009-C	DESMONTE				
	009-C.02	Desmonte, por unidad de obra terminada. (Inciso 3.01.01.002-H.02):	Ha	3.95		-
	009-D	CORTES				
	009-D.04	Despalmes, desperdiciando el material, por unidad de obra terminada. (Inciso 3.01.01.003-H.03):				
	a)	De cortes.	m ³	7,895.00		-
	009-I	ACARREOS PARA TERRACERÍAS				
	009-I d)	Para cualquier distancia, de materiales de préstamo de banco para la construcción de la capa subrasante y para completar la construcción del cuerpo del terraplén y materiales de desperdicio.				
	1)	Para el 1er. Km.	m ³	7,895.00		-
	2)	Para los kilómetros subsecuentes.	m ³ -Km	118,425.00		-
	SCT 3.01.02	ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE				
	047-C	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS				
	047-C.02	Excavaciones para estructuras, de acuerdo con sus clasificación a cualquier profundidad. (Inciso 3.01.02.022-H.01):				
	h)	Excavado, por unidad de obra terminada, cualesquiera que sean su clasificación y profundidad.	m ³	63,128.00		-

TABLA VII-1

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

CATALOGO DE CONCEPTOS

CONCEPTOS			UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE (\$)
Nº.	ESPECIFICACION	DESCRIPCION				
	047-D	RELLENOS				
	047-D.02	Rellenos (Inciso 3.01.02.023-H.01):				
	c)	De excavaciones para estructuras, por unidad de obra terminada.	m ³			
	d)	Para la protección de obras de drenaje, por unidad de obra terminada con material producto del corte.	m ³	13,818.00		
	047-H	ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO				
	047-H.04	Acero de refuerzo, por unidad de obra terminada (Inciso 3.01.02.027-H.03):				
	a)	Varillas				
	1)	De Fy=4,200 kg/cm ²	kg	2,350,000.00		
	047-H	ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO				
	047-I.04	Estructuras de concreto reforzado, por unidad de obra terminada (Inciso 3.01.02.031-H.03):				
	a)	Por volumen de concreto reforzado, precolado y montado:				
	1)	De F'c= 100 kg/cm ²	m ³	2,538.00		
	2)	De F'c= 250 kg/cm ²	m ³	20,500.00		
	047-X	DEMOLICIONES				
	047-X.01	Demoliciones, por unidad de obra terminada. (Inciso3.01.02.044-H.01):				
	a)	De mamposterías.				
	2)	De tercera clase.				
	a)	Con mortero de cemento.	m ³			
	c)	De concreto hidráulico:				
	1)	Simple.	m ³	10.00		
	2)	Reforzado.	m ³	20.00		

TABLA VII-1

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

CATALOGO DE CONCEPTOS

CONCEPTOS			UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE (\$)
N°.	ESPECIFICACION	DESCRIPCION				
	DDF.3.03.01.024	Coladeras pluviales, por unidad de obra terminada, según proyecto.				
	1)	Coladera pluvial de banqueteta	Pza.	357.00		
	2)	Coladera pluvial de piso	Pza.	107.00		
	3)	coladera pluvial sobre canalizacion				
	a)	Tipo I	Pza.	32.00		
	b)	Tipo II	Pza.	34.00		

TABLA VII-2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO**

PRESUPUESTO BASE

CONCEPTOS			UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE (\$)
Nº.	ESPECIFICACION	DESCRIPCION				
	SCT 3.01.01	TERRACERÍAS				
	009-C	DESMONTE				
	009-C.02	Desmonte, por unidad de obra terminada. (Inciso 3.01.01.002-H.02):	Ha	3.95	4,366.83	17,363.54
	009-D	CORTES				
	009-D.04	Despalmes, desperdiciando el material, por unidad de obra terminada. (Inciso 3.01.01.003-H.03):				
	a)	De cortes.	m³	7,895.00	4.85	38,282.85
	009-I	ACARREOS PARA TERRACERÍAS				
	009-I. d)	Para cualquier distancia, de materiales de préstamo de banco para la construcción de la capa subrasante y para completar la construcción del cuerpo del terrapién y materiales de desperdicio.				
	1)	Para el 1er. Km.	m³	7,895.00	6.24	49,264.80
	2)	Para los kilómetros subsecuentes.	m³-Km	118,425.00	2.81	332,537.40
	SCT 3.01.02	ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE				
	047-C	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS				
	047-C.02	Excavaciones para estructuras, de acuerdo con sus clasificación a cualquier profundidad. (Inciso 3.01.02.022-H.01):				
	h)	Excavado, por unidad de obra terminada, cualesquiera que sean su clasificación y profundidad.	m³	63,128.00	62.74	3,960,524.46

TABLA VII-2

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO**

PRESUPUESTO BASE

C O N C E P T O S			UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE (\$)
N°.	ESPECIFICACION	D E S C R I P C I O N				
	DDF.3.03.01.024	Coladeras pluviales, por unidad de obra terminada, según proyecto.				
	1)	Coladera pluvial de banquetta	Pza.	357.00	720.06	257,061.42
	2)	Coladera pluvial de piso	Pza.	107.00	1,111.26	118,904.82
	3)	coladera pluvial sobre canalizacion				
	a)	Tipo I	Pza.	32.00	584.87	18,715.84
	b)	Tipo II	Pza.	34.00	1,090.25	37,068.50
					SUMA	\$87,630,684.30
					IVA	\$10,144,602.65
					TOTAL	\$77,775,286.95

NOTA:

LOS PRECIOS UNITARIOS SON LOS INDICADOS EN LOS CATALOGOS DE CONCEPTOS Y PRECIOS UNITARIOS ELABORADO POR LA JUNTA DE CAMINOS DEL ESTADO DE MEXICO (JCEM) Y EL TABULADOR DE PRECIOS UNITARIOS ELABORADO POR EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (DDF) EN EL AÑO DE 1998, MULTIPLICADOS POR UN FACTOR DE ACTUALIZACION DE 1.3.

TABLA VII-2

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN NATURAL EN LA AV. LERMA
MUNICIPIO DE SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MEXICO

PRESUPUESTO BASE

C O N C E P T O S			UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE (\$)
N°.	ESPECIFICACION	DESCRIPCION				
	047-D	RELLENOS				
	047-D.02	Rellenos (Inciso 3.01.02.023-H.01):				
	d)	Para la protección de obras de drenaje, por unidad de obra terminada con material producto del corte.	m ²	13,818.00	62.97	870,147.10
	047-H	ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO				
	047-H.04	Acero de refuerzo, por unidad de obra terminada (Inciso 3.01.02.027-H.03):				
	e)	Varillas				
	1)	De Fy=4,200 kg/cm ²	kg	2,350,000.00	8.49	19,949,150.00
	047-H	ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO				
	047-I.04	Estructuras de concreto reforzado, por unidad de obra terminada (Inciso 3.01.02.031-H.03):				
	a)	Por volumen de concreto reforzado, precolado y montado:				
	1)	De F'c= 100 kg/cm ²	m ³	2,538.00	816.69	2,072,749.07
	2)	De F'c= 250 kg/cm ²	m ³	20,500.00	1,946.27	39,898,514.50
	047-X	DEMOLICIONES				
	047-X.01	Demoliciones, por unidad de obra terminada. (Inciso 3.01.02.044-H.01):				
	a)	De mamposterías.				
	2)	De tercera clase.				
	a)	Con mortero de cemento.	m ³			
	c)	De concreto hidráulico:				
	1)	Simple.	m ³	10.00	260.00	2,600.00
	2)	Reforzado.	m ³	20.00	390.00	7,800.00

VII.-PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Las especificaciones pueden ser generales o particulares. Las especificaciones generales son dictadas por agrupaciones autorizadas sobre actividades especializadas, como son el Departamento del Distrito Federal, La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, La Comisión Nacional del Agua, La Comisión Federal de Electricidad (CFE), etc, y especialmente las Normas de Calidad de la Dirección General de Normas. A nivel internacional, existen las normas del "American Concrete Institute" (ACI), la "AWWA", la "ASTM", la "AASHTO", etc.

Las especificaciones particulares se elaboran con base en las normas generales, y se refieren a una actividad peculiar de una obra. Es importante que incluyan el proceso constructivo mas conveniente para obtener la calidad requerida, apegándose en lo posible a los sistemas, materiales y equipo disponible e la zona, además de consignar las tolerancias y rangos de maniobra y ser lo suficientemente claras para evitar interpretaciones personales.

Para el presente trabajo en el catalogo de conceptos (Tabla VII.1) se hace referencia a las especificaciones generales elaboradas por la Secretaria De Comunicaciones y Transportes (SCT), y el Departamento del Distrito Federal (DDF).

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

**VIII. CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

VIII.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo VIII se incluyen las recomendaciones y conclusiones derivadas de los trabajos desarrollados en los capítulos anteriores del presente trabajo. Se incluyen además algunas recomendaciones de aspectos constructivos de la canalización.

Como resultado de las observaciones realizadas en campo y los resultados obtenidos con el desarrollo de los trabajos se hacen las siguientes recomendaciones.

El diseño de la canalización del dren Lerma incluye en su sección geométrica, tramos a cielo abierto y tramos en donde la estructura es a base de un cajón cerrado (de sección rectangular en ambos casos). Así mismo, las coladeras pluviales que constituyen el sistema de drenaje pluvial de la vialidad descargaran directamente a la canalización. Por estas condiciones, se puede prever que la estructura estará captando un flujo constante de sedimentos, además de los propios que arrastre la corriente, por lo que se recomienda implementar un programa permanente de mantenimiento y desasolve de la canalización con el fin de que el sistema trabaje en forma eficiente.

Es recomendable implementar por parte de las autoridades correspondientes un programa de recolección de basura eficiente y oportuno para evitar en lo posible que las personas depositen sus desechos en el canal y se convierta con esto, en una fuente de contaminación.

Estas acciones deben complementarse con una campaña de concientización intensa entre la población de la importancia de mantener libre de desechos sólidos la canalización.

Se recomienda también, que las autoridades correspondientes asignen personal de vigilancia de la canalización con el fin de evitar la existencia de conexiones de descargas domiciliarias o industriales de desechos residuales, que contaminen el flujo.

Así mismo es importante, como medida de seguridad, que se coloquen letreros alusivos que indiquen la existencia de la estructura, sobre todo en los tramos en donde el flujo escurre a superficie libre para evitar posibles accidentes.

Por otra parte, en lo que se refiere a aspectos constructivos de la canalización se recomienda lo siguiente

RECOMENDACIONES AL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.

El drenaje se deberá construir comenzando con una excavación hasta una profundidad de 10 cm por debajo de la rasante de proyecto y con un ancho igual a la del cajón (incluyendo el espesor de los muros), más dos metros, esto con, el fin de poder colocar la cimbra. Una vez terminada la excavación se deberá verificar en situ, la capacidad de carga del terreno, la cual deberá ser mayor que la que se considero en el proyecto, en caso contrario, se profundizara

más la excavación, hasta encontrar el valor requerido, el relleno de esta excavación se deberá hacer con material de banco, este relleno se deberá compactar al 95% (SCT).

Posterior a la excavación se colará una plantilla de 10 cm de espesor, con concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, la cual servirá como firme para construcción de la losa de fondo, posteriormente se colaran los muros y en su caso la losa superior, teniendo cuidado con los siguientes aspectos:

- **MEZCLAS DE CONCRETO**

Es conveniente tratar de limitar el contenido de grava gruesa (entre 1" y 1½") en la mezcla de concreto que se utiliza en los tramos rectos de la canalización, a fin de reducir la segregación durante su colocación. Esto sólo puede hacerse si la grava se maneja y dosifica en dos fracciones separadas (gravas 1 y 2).

No se juzga apropiada la colocación de la mezcla de concreto con bomba, en ningún tramo de la canalización, ya que esta aplicación tendrá un exceso de pasta de cemento y de mortero. A manera de recomendación, el concreto de revestimiento debe colocarse con banda transportadora.

Se recomienda uniformar el criterio para establecer las cantidades de agregados que deben dosificarse para elaborar el concreto, ya sea que se les considere secos o saturados, a fin de que este criterio se aplique en la o las plantas. de cualquier modo dichas cantidades (y la del agua de mezclado) deben corregirse en función de la humedad actual y la absorción de los agregados.

Se recomienda revisar los proporcionamientos de las mezclas de concreto en el laboratorio, a fin de comprobar si se justifica el consumo de cemento para la obtención de una resistencia

promedio requerida en las especificaciones, a 28 días de edad. Al trasladar al campo los datos de los proporcionamientos de laboratorio, debe asegurarse que se utilice el mismo criterio empleado en el laboratorio en cuanto a la condición de humedad de los agregados.

- **COLOCACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO**

Debe verificarse la colocación y sujeción del acero de refuerzo, para evitar que se desplace hacia abajo. en principio se recomienda tener 1.2 m de distancia entre “pollos” en ambas direcciones, y afianzar con más firmeza las varillas que sobresalen en el perímetro de las losas.

- **HUMEDECIMIENTO DEL TERRENO.**

El terreno debe estar saturado, pero no lodoso, en el momento de la colocación del concreto. es deseable que esta saturación se profundice entre 10 y 15 cm, para crear una reserva de humedad bajo el revestimiento de concreto. Tal condición sólo puede conseguirse mediante la aplicación consecutiva de varios riegos de agua antes del colado. Se recomienda establecer un plan de riego adecuado para esta finalidad.

- **COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL CONCRETO.**

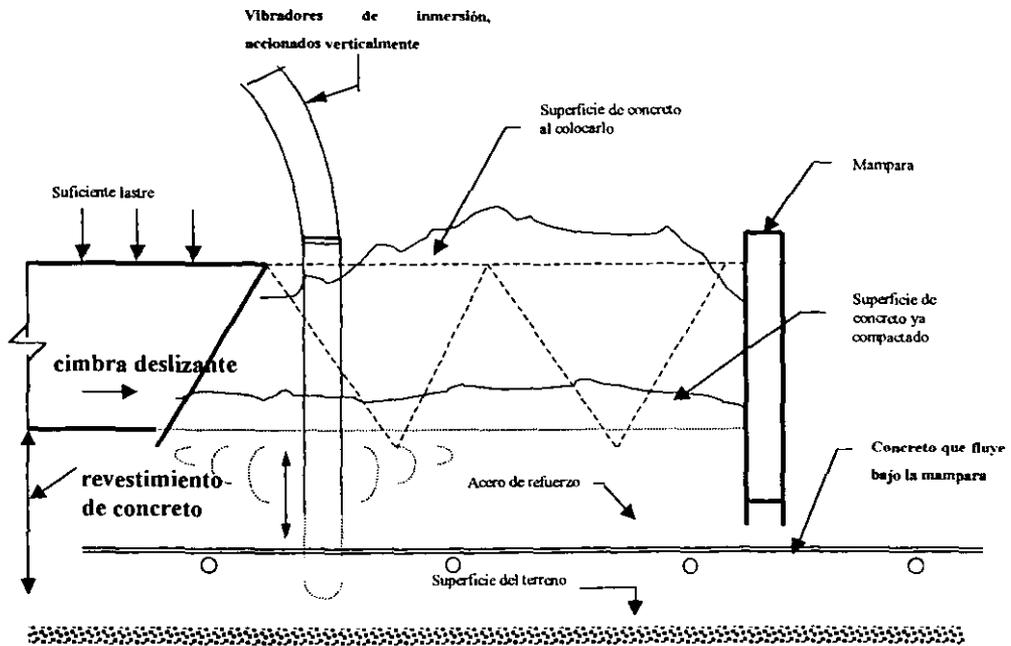
Tramos Curvos.

Se recomienda implantar en estos tramos la colocación del concreto con banda transportadora y emplear mezcla de concreto especificada.

Tramos Rectos

a) Debe limitarse el contenido de grava gruesa (entre 1" y 1 ½") en la mezcla de concreto, para reducir su segregación. Para ello, la grava debe manejarse en dos fracciones (gravas 1 y 2) a modo de poder dosificar la combinación que sea más adecuada.

b) Se propone la adaptación de una mampara al frente de la cimbra deslizante y por encima del acero de refuerzo, para que actúe como barrera de contención parcial y momentánea del concreto durante su colocación y compactación. De manera conceptual y con fines ilustrativos se presenta el siguiente esquema en corte transversal.



Además de favorecer una mejor compactación del concreto, esta mampara también puede ayudar a coordinar mejor la secuencia de operaciones para colocar y compactar el concreto, conforme a los siguientes pasos:

- 1) El concreto se deposita de abajo hacia arriba, llenando el espacio comprendido entre la cimbra y la mampara.

- 2) Una vez lleno el espacio se compacta el concreto mediante los vibradores de inmersión, introduciéndolos en posición vertical e inmediatamente al frente de la cimbra.

- 3) En sincronización con la compactación se hace avanzar la cimbra, y se inicia nuevamente la colocación de concreto de abajo hacia arriba en el espacio limitado por la mampara.

- 4) No se considera necesario aplicar vibración externa al concreto a través de la cimbra, pero lo que sí se juzga conveniente lastrarla suficientemente.

- **ACABADO Y CURADO DEL CONCRETO**

Tratamiento Superficial

Si después de deslizar la cimbra se juzga necesario aplicar un tratamiento adicional a la superficie de concreto, se recomienda hacerlo como sigue:

a) Las irregularidades predecibles, que pueden ser pequeñas oquedades y/o ligeras protuberancias y depresiones, deben corregirse inmediatamente aplicando la llana de madera. en primer término puede emplearse la llana de madera o de magnesio de mango largo y mayor tamaño (“bull flota”) para continuar con la llana de madera de tamaño normal, tipo albañil. Los operadores de ambas deben maniobrar a lo largo de la pasarela adjunta al sistema de cimbra deslizante. No es objetable añadir pequeñas cantidades de mortero extraído del concreto, para rellenar las oquedades y/o depresiones ligeras.

b) El concreto ya emparejado con la llana de madera debe dejarse reposar para que primero “sangre” y brille, y después comience a opacarse hasta perder el brillo superficial. Justo en ese momento debe alisarse mediante la llana metálica, aplicada sin gran presión pero uniformemente sobre toda la superficie.

c) Debido al tiempo que requiere transcurrir antes de llevar a cabo esta segunda operación de acabado (posiblemente entre 15 y 30 minutos) será necesario acondicionar una segunda pasarela o andador móvil, a todo lo ancho del revestimiento, que avance en forma retrasada e independiente con respecto a la cimbra deslizante. Esta segunda pasarela debe servir para las maniobras de los operadores de la llana metálica y también para los movimientos del aplicador de la membrana de curado; asimismo, se le puede adaptar una tela de polietileno que actúe como “rompevientos”.

Tratamiento de Curado

- a) El curado inicial del concreto debe hacerse mediante la aplicación de una membrana de color blanco permanente, tipo emulsión acuosa, que cumpla con los requisitos de retención de la humedad establecidos en la especificación ASTM C 309.
- b) La aplicación del producto debe hacerse inmediatamente a continuación del alisamiento de la superficie del concreto con la llana metálica, empleando un equipo que produzca aspersion fina y uniforme. El operador del equipo debe actuar sobre la segunda pasarela recomendada en el párrafo anterior. La membrana aplicada debe formar una película continua, y en su aplicación debe cumplirse con el requisito de rendimiento considerado por el fabricante del producto para responder por su eficacia.
- c) Es recomendable que en el curso de los siguientes siete días después del colado, se apliquen riegos de agua sobre la superficie del revestimiento en previsión de deficiencias inadvertidas en el curado con membrana.

- JUNTAS

Las juntas transversales de contracción deben cortarse con la profundidad especificada (1/3 del espesor de la losa de concreto).

*VIII.-CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES*

marginales al dren Lerma, con el fin de evitar la ocurrencia de descargas de aguas residuales domésticas o industriales que conviertan al arroyo Lerma en un foco de contaminación por la conducción de aguas negras, como ha sucedido con muchas corrientes naturales en nuestro País que han tenido la “desgracia” de coexistir con zonas urbanizadas.

**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CANALIZACIÓN DEL DREN
NATURAL EN LA AV. LERMA, MUNICIPIO DE SAN MATEO
ATENCO, EDO. DE MEXICO**

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Gilberto Sotelo Avila. "APUNTES DE HIDRÁULICA II". UNAM. Facultad de Ingeniería. México 1988.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES". Fascículo A.2.9. Hidrotecnia. Hidráulica. y Fascículos A.1.1, A.1.2, A.1.3, A.1.5. Hidrología. Comisión Federal De Electricidad. México 1980.
- Ven te Chow. "HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS". Editorial Diana. México 1990.
- Paschoal silvestre. "FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA GENERAL". Editorial Limusa. México 1983.
- Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas. "MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO" Libros 1 y 12. México año 2000.
- Suárez Salazar Carlos. "COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACIÓN". Editorial Limusa. México 1982.

- Springall Galindo Rolando. "HIDROLOGÍA. PRIMERA PARTE. Facultad de Ingeniería. UNAM. México 1985.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. "ANUARIO ESTADÍSTICO DEL ESTADO DE MÉXICO". Edición 1999. México.
- Hinojosa Pérez Jorge A. "APUNTES DE PLANEACIÓN". Facultad de Ingeniería. UNAM. México 1987.