



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISTRIBUIDOR VIAL NORPONIENTE CERRO DEL TAMBOR-BOULEVARD
DE LA NACIÓN

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN:

ANGULO MAYA JUAN CARLOS

BALDERAS MENDOZA CIPRIANO MARCELO

ASESOR DE TESINA:

ING. ALDO ALFARO GONZÁLEZ

QUERÉTARO, QRO. DICIEMBRE DE 2010

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN	4
III.	OBJETIVO GENERAL	5
IV.	ANTECEDENTES.....	6
4.1	GENERALIDADES DEL ESTADO DE QUERÉTARO.....	7
4.1.1	UBICACIÓN Y LÍMITES	7
4.1.2	OROGRAFÍA	7
4.1.3	HIDROGRAFÍA	7
4.2	MUNICIPIO DE QUERÉTARO	8
4.2.1	UBICACIÓN Y LÍMITES	8
4.2.2	OROGRAFÍA	8
4.2.3	HIDROGRAFÍA	8
4.2.4	CLIMA	8
4.2.5	TIPO DE SUELO	9
4.2.6	DEMOGRAFÍA	9
4.2.7	INFRAESTRUCTURA CARRETERA	9
V.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	10
5.1	LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	11
VI.	FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO.....	13
6.1	CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	13
6.1.1	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	13
6.2	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU TRANSITABILIDAD	14
VI.	SEÑALAMIENTOS VIALES.....	15
VII.	DISEÑO GEOMÉTRICO	23
8.1	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	23
8.1.1	TIPO DE TERRENO	23
8.1.2	VEHÍCULOS DE DISEÑO	23
8.1.3	TRAYECTORIA DE GIROS MÍNIMOS.....	25
8.1.4	VELOCIDAD DE PROYECTO.....	26
8.1.5	NORMAS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL.....	26
8.1.6	COMBINACIÓN DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL	29

IX.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO	30
9.1	LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO	31
9.2	LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO	31
X.	ESTUDIOS ELABORADOS DEL PROYECTO	32
	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE OBRA	32
	AFOROS VEHICULARES	33
10.1	TRÁNSITO	36
10.2	ANÁLISIS DE CORTES Y TERRAPLENES	42
XI.	DISEÑO DEL PAVIMENTO	42
11.1	PRINCIPALES FALLAS EN LOS PAVIMENTOS	49
11.1.1	FISURAS Y GRIETAS POR FATIGAMIENTO	49
11.1.2	FISURAS Y GRIETAS EN BLOQUE	49
11.1.3	GRIETAS DE BORDE	50
11.1.4	FISURAS Y GRIETAS TRANSVERSALES	51
XII.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	52
XIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
13.1	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA EL DISEÑO DEL DISTRIBUIDOR VIAL	60
13.2	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO	62
XIV.	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL DISTRIBUIDOR VIAL	67
XV.	CONCLUSIONES	69
XVI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	71
XVII.	ANEXOS	73

RESUMEN

La tesina presentada contiene la propuesta de un distribuidor vial en la zona norponiente de la ciudad de Querétaro y que lleva por nombre "Distribuidor Vial Norponiente Cerro del Tambor-Boulevard de la Nación", obra vial que surge como respuesta a la necesidad de los habitantes de esta ciudad de satisfacer su demanda de un mejor tránsito vehicular, disminuyendo así los tiempos de recorrido y el congestionamiento vial que ahí se almacena, además del beneficio que esto conlleva.

A lo largo de los capítulos encontraremos la información necesaria para ir comprendiendo el por qué de la creación de este distribuidor vial y el objetivo a cumplir, además de los estudios y análisis que son necesarios en este tipo de obras.

Se mostrará la situación actual de la infraestructura vial en Querétaro, donde además se hará hincapié a nuestra zona de interés, señalando su localización y las características de la zona donde está ubicado.

En el tercer capítulo se explicarán los estudios que se realizaron para dar solidez a esta obra, entre los que destacan el levantamiento topográfico a la zona de estudio, el diseño geométrico de la carretera, donde se marcan las normas generales que debe de cumplir, y un estudio de los señalamientos viales, que son de gran importancia en estas obras para seguridad de los usuarios.

Se hace también la propuesta de los espesores para el pavimento, donde de igual manera se cumple con las normas establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. El estudio hidrológico se realizó basándonos en el método propuesto por Ven Te Chow, y que goza de gran validez en estas obras.

En el cuarto capítulo se hace un análisis de los datos obtenidos de los estudios realizados y se muestran los resultados que dan forma a este distribuidor vial.

Se tiene un apartado para dar a conocer las conclusiones que obtuvimos al terminar de realizar este trabajo y adicionalmente se enuncian algunas recomendaciones para trabajos futuros.

Por último se nombran las referencias consultadas que nos sirvieron de apoyo para la realización de esta tesina y los anexos correspondientes para el mejor entendimiento del trabajo.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de modernización mediante la creación del distribuidor vial Boulevard de la Nación - Cerro del Tambor del municipio de Querétaro, es una obra que emerge con la finalidad de plantear y dar solución a las demandas que necesita como consecuencia de la demanda en el aumento de tránsito vehicular, deficiencia en tiempos de traslado, generación de largas colas de tránsito lento causado por vehículos pesados así como la seguridad de los usuarios.

Con la finalidad de distribuir los flujos vehiculares que actualmente circulan por la Av. 5 de Febrero (Autopista Querétaro-San Luis Potosí), la cual representa en algunas horas del día saturación por la carga vehicular del tipo regional y local, por tal motivo se propuso la construcción del Distribuidor Vial Norponiente Cerro del Tambor – Boulevard de la Nación, el cual se proyectó y construyó con la finalidad de mejorar el flujo de penetración a las áreas habitacionales actuales y de futuro crecimiento de las delegaciones vecinas como son Félix Osores Sotomayor, Epigmenio González, entre otras.

La zona de estudio está localizada al Norponiente de la Ciudad de Querétaro, comprende 3,995 has de terreno distribuido en usos urbanos con colonias habitacionales de densidad media y alta; áreas de comercio; equipamiento urbano de servicio local; la zona industrial Benito Juárez, así como avenidas de servicio de gran importancia vial. El tipo de suelo que predomina en la zona, está constituido por arcillas expansibles y presencia de otros materiales ricos en calcio, fierro, potasio y magnesio, que favorecen en gran medida a la agricultura por su alto grado de fertilidad, sin embargo, su componente arcilloso hace un suelo muy plástico, lo cual presenta dificultades para su manejo.

La zona es considerada de gran importancia, esto debido a que funcionalmente esta interactuando con otras delegaciones municipales, ofertando opciones de empleo y estudios, de abastos y comercio.

El planteamiento que se hace para las etapas de desarrollo de acuerdo a los horizontes de planeación, es tomando en cuenta tres factores.

1. El crecimiento probable que pueda presentar en la dinámica de la expansión de la conurbación en su conjunto.
2. El flujo de recursos que pueden destinarse para alcanzar los objetivos de esta obra.
3. La garantía de infraestructura básica.

La ciudad, como entidad en transformación constante ha experimentado un aumento acelerado del suelo urbano y de la desintegración de los núcleos rurales, situación que ha rebasado ampliamente los horizontes estimados en los siete Planes Parciales de Desarrollo Urbano Delegacionales de Querétaro.

Desde el punto de vista de conectividad urbana, la ciudad de Santiago de Querétaro presenta grandes deficiencias debido a que históricamente el crecimiento de la Ciudad ha carecido de un verdadero esquema de conectividad que ofrezca a los ciudadanos facilidades para realizar la movilidad que requiere el tipo de vida en nuestros días.

Un camino se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido adaptada. (Crespo, Carlos).

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) establece que: "Las características de nuestro país implican, para los sistemas de transporte, la existencia de demandas muy fuertes y crecientes para cubrir las variadas necesidades de desplazamiento de carga y pasajeros en todo el territorio nacional, para poder contribuir así de manera activa a la integración nacional y a la articulación de cadenas productivas, aspectos indispensables para fortalecer la productividad de las industrias y la competitividad de la economía en su conjunto."

De manera personal, nuestra participación y aportación al proyecto fue llevado a cabo en tareas pre-proyecto dentro de las cuales se mencionan a continuación: El Estudio de Factibilidad de Obra, basado en la investigación de las condiciones socioeconómicas y demográficas de la zona de estudio, además del aforo vehicular que llevamos a cabo. Estuvimos colaborando en el Levantamiento Topográfico realizado, mismo que incluyó la altimetría y la planimetría.

Apegados a la Normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), se realizó el cálculo del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), dato básico en cualquier proyecto vial, y de gran utilidad para poder justificar una obra de tal magnitud.

Además de esto, fue necesaria la aportación de una de las propuestas para los espesores que serían factibles para el diseño del pavimento, dicha propuesta la llevamos a cabo mediante el Método que emplea la S.C.T. Dichas propuestas fueron analizadas y se optó por aquella que se apegara más a las necesidades de la obra.

Hicimos también el Estudio Hidrológico, que fue solicitado para este proyecto con la finalidad de conocer el gasto máximo que puede producir una precipitación y que en su momento puede afectar el correcto funcionamiento del distribuidor.

Al mismo tiempo estuvimos auxiliando en diversas actividades de oficina, tales como la captura de los diversos resultados obtenidos en los estudios, la impresión de planos y demás documentos requeridos, visitas a obra para la aclaración de dudas con el residente encargado, entre otras.

II. JUSTIFICACIÓN

El acelerado proceso de urbanización ha sido impulsado en gran medida por la intensa movilidad territorial de la población, en particular la migración hacia algunos de los grandes núcleos urbanos y de tamaño intermedio. No debe sorprender, en consecuencia, que el rápido crecimiento de las ciudades y las zonas metropolitanas a menudo sobrepase la capacidad de los gobiernos locales para ampliar y fortalecer la oferta de infraestructura, equipamiento y servicios al ritmo que demanda una población cada vez más numerosa.

La región central del Estado presenta en sus carreteras una capacidad insuficiente para satisfacer su demanda y necesitan modernizarse para absorber la demanda actual y futura. La circulación de los vehículos se realiza a velocidades bajas, lo cual ocasiona congestionamientos así como el consumo de energéticos en grandes cantidades, lo cual contribuye al aumento del índice de contaminación.

La ciudad de Querétaro se ha venido expandiendo más aceleradamente respecto a lo proyectado, lo cual ha llegado a constituir, por un lado, un grave problema de dispersión y de zonas de crecimiento no previstas, así como de una proliferación de asentamientos humanos irregulares, ocupando actualmente alrededor de 150 Km², implicando altos costos para la dotación de servicios urbanos, así como una eficiencia en el funcionamiento de su infraestructura.

Los beneficios socioeconómicos proporcionados por las vías terrestres incluyen la confiabilidad bajo todas las condiciones climáticas, la reducción de los costos de transporte, el acceso a nuevos centros de empleo, la contratación de trabajadores locales en obras en sí, así como el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales y el fortalecimiento de las economías locales. Razones consideradas como algunas de las más importantes para el cuidado y modernización de los tramos carreteros, para hacer este movimiento más ágil y más seguro para todos y cada uno de los usuarios.

La evaluación del proyecto arrojó que se consideraba como económicamente rentable, pues permitiría ofrecer beneficios significativos debido a ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

III. OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo de este proyecto es el beneficio de aquellos que tienen la necesidad de trasladarse a los diferentes puntos de interés. Además la vialidad tendrá un mejor nivel de servicio, por lo que la seguridad y la comodidad al usarla será mucho mayor. Con lo anterior se propicia el desarrollo urbano de la zona, lo cual es un beneficio para la ciudad y la zona conurbada.

Un punto en particular, es dar una solución al problema de tránsito al momento de mejorar el flujo vehicular con la creación del Distribuidor Vial Cerro del Tambor – Boulevard de la Nación, disminuyendo así los tiempos de recorrido y el congestionamiento vial que ahí se genera, además del beneficio natural al momento en que bajen los niveles de contaminación, mejorando así la calidad de vida de los habitantes del municipio. Es también un ahorro económico para las personas, al momento de trasladarse de un punto a otro en menos tiempo; para ir a su trabajo, a las escuelas o para transportar los productos y servicios a las diferentes empresas o a los diferentes comercios.

De la misma manera, dotar en forma racional la infraestructura, de tal manera que su instalación quede programada de acuerdo con el crecimiento de la población y las densidades previstas. Utilizar la infraestructura como el elemento de apoyo y fomento al ordenamiento y crecimiento propuestos para el desarrollo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudio y observación de la zona en conflicto.
- Identificación de factores que influyen en el congestionamiento de flujo vehicular en la zona afectada.
- Disminuir el tránsito vehicular, así mismo mejorar los tiempos de recorrido.
- Aumentar la afluencia vehicular del tránsito local como el foráneo.
- Presentar la vialidad segura para la disminución de accidentes.
- Búsqueda de información a partir de diversas fuentes para la valoración del proyecto y así aportar soluciones viables.
- Poner en práctica los conocimientos obtenidos en la escuela mediante un plan estratégico.
- Adquirir conocimientos específicos.
- Elaborar un juicio sobre los beneficios de la zona en cuanto al inicio y término de la obra.

IV. ANTECEDENTES

La red vial constituye en elemento fundamental para el desarrollo económico y social de su población, de manera que las condiciones de servicio que dicha red presta al usuario impactan fuertemente en la calidad y costo del traslado tanto de personas como de mercancías.

Sin embargo las malas condiciones de la superficie de rodamiento de las carreteras o vialidades urbanas se traduce en un bajo nivel de servicio al usuario, incidiendo de manera importante en los costos de operación del transporte índice de accidentes, mermas en el valor de la carga transportada, incomodidad del usuario, etc.

La calidad del servicio que la red presta a los usuarios depende fundamentalmente de las condiciones superficiales de los pavimentos, las cuales van cambiando prácticamente desde el momento en que entra en operación la vía. Dichas condiciones con función de una amplia y compleja gama de factores que inciden sobre la estructura de los pavimentos, propiciando su deterioro.

Antecedentes del Nivel Metropolitano

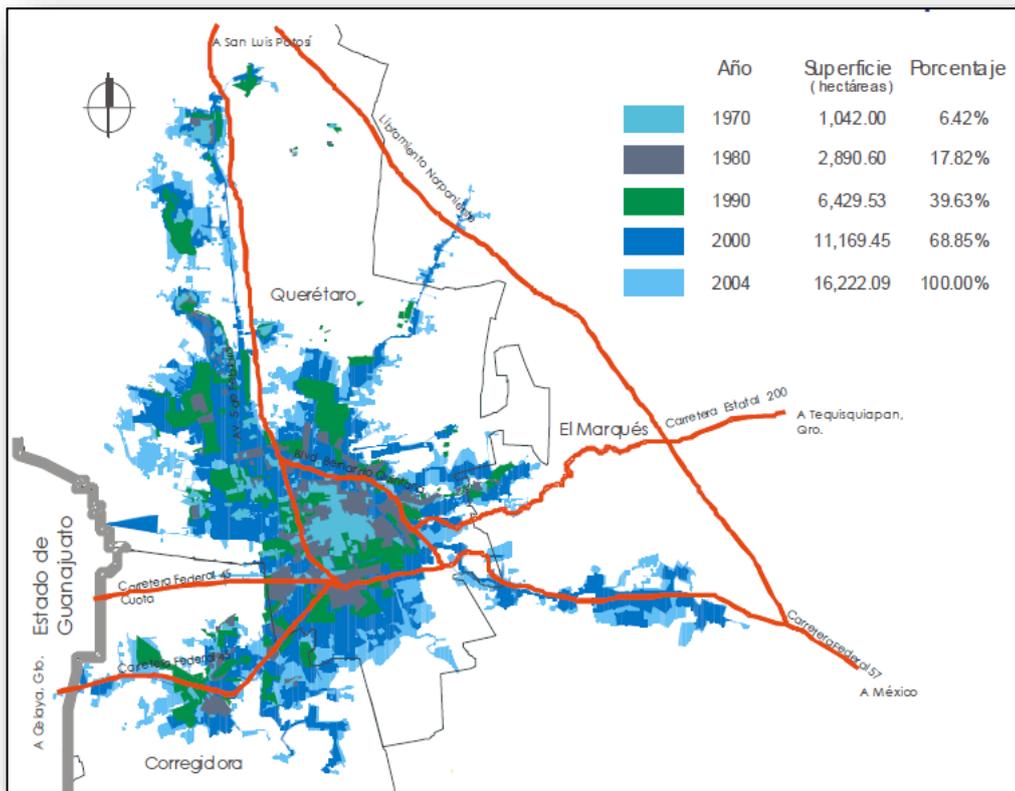


Figura 1. Límites urbanos durante las décadas de los 70's, 80's, 90's, 2000 y 2004
Fuente: Plan que Ordena y Regula la Zona Conurbada de la Ciudad de Querétaro

Esta imagen nos presenta el crecimiento de la mancha urbana a lo largo de los años, como se puede observar el crecimiento se ha dado de manera acelerada en los últimos años, lo cual nos lleva a un serio problema para abastecer de servicios a toda la población y contar con una infraestructura que ofrezca seguridad y agilidad en su funcionamiento.

4.1 GENERALIDADES DEL ESTADO DE QUERÉTARO

4.1.1 UBICACIÓN Y LÍMITES

El estado está localizado en entre los paralelos 20° 01' 02" y 21°40' latitud norte y los meridianos 99° 03' 23" y 100° 36' longitud oeste. El área superficial es de 11.687 km², 0,6% del territorio mexicano y es la 6° (de 32) entidad federativa más pequeña.

Limita al noreste con San Luis Potosí, al este con Hidalgo, al sur con México y Michoacán, y hacia el oeste con Guanajuato.

4.1.2 OROGRAFÍA

El estado es altamente montañoso, notablemente en la Sierra Gorda y la Sierra Queretana, parte de la Sierra Madre Oriental. El área entre las dos (los Valles y el Semidesierto) está compuesto por numerosos valles y usualmente cerros pequeños.

Tiene una altitud media de 1900 metros sobre el nivel del mar. La mitad sur son llanuras y cerros de 2000 msnm. La mitad norte es de montañas, altas mesetas y grandes cañadas: la Sierra Gorda y la Huasteca queretana.

4.1.3 HIDROGRAFÍA

Querétaro está cruzado por el parteaguas continental. Pertenece a dos grandes cuencas hidrológicas: la cuenca del Pánuco, que desemboca en el Golfo de México y que irriga la parte oriental, y la cuenca Lerma-Santiago que fluye al lago de Chapala y posteriormente al Océano Pacífico. En la primera cuenca entre los ríos principales se encuentra el río San Juan, que se une al río Tula para formar el río Moctezuma, el cual marca el límite oriental con el estado de Hidalgo; en la Sierra Gorda hay bastantes, como el Extoraz y el Santa María. Los ríos El Pueblito y Querétaro pertenecen a la cuenca del Lerma.

4.2 MUNICIPIO DE QUERÉTARO

4.2.1 UBICACIÓN Y LÍMITES

La ciudad de Querétaro se localiza al Poniente de la entidad, fijándose sus coordenadas extremas entre los 20° 31' a 20° 56' de latitud Norte y de los 100° 19' a 100° 36' de longitud Oeste, limitada al Oriente con el Municipio de El Marqués; al Sur con los municipios de Huimilpan y Corregidora; al Poniente con los municipios de Apaseo el Grande y San Miguel Allende, Guanajuato; y al Norte con el municipio de Comonfort, Guanajuato.

Tiene una extensión de 759.9 km², que corresponde al 6.5% de la extensión total del Estado. Ocupa el séptimo lugar en extensión territorial en el Estado. El municipio cuenta con 233 comunidades, integradas en 7 delegaciones, 133 de las cuales son menores a 50 habitantes.

4.2.2 OROGRAFÍA

El municipio de Querétaro está conformado morfológicamente por lomeríos, sierras y llanuras. La zona de lomeríos presenta colinas redondeadas con llanuras que se extienden de Sur a Norte por el municipio, paralelamente a la autopista Querétaro - San Luis Potosí (Carretera Federal No. 57).

4.2.3 HIDROGRAFÍA

La altura sobre el nivel del mar varía de 1 900 a 2 150 msnm. El municipio de Querétaro pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, hacia donde drena en forma total su red hidrológica mediante la cuenca del río Lerma-Santiago. La corriente principal del municipio es el río Querétaro, la cual proviene de La Cañada.

4.2.4 CLIMA

El clima en el municipio es templado semiseco, caracterizado por un verano cálido. La temperatura media anual es de 18° C. Los meses más calurosos son mayo y junio; alcanzando temperaturas máximas de 36° C, en tanto que los más fríos son los meses de diciembre y enero, en los que se registran temperaturas mínimas de -3° C. La precipitación pluvial anual promedio es de 555 mm. Los vientos predominantes son del Noroeste, Sur y Suroeste.

4.2.5 TIPO DE SUELO

El tipo de suelo predominante es el vertisol pélico. El municipio cuenta en la mayor parte de su superficie con suelos de tipo arcilloso; existen también de tipo calcáreo y suelos con alto contenido orgánico.

4.2.6 DEMOGRAFÍA

El crecimiento del municipio de Querétaro supera la tasa estatal y nacional, pues es considerado como de fuerte atracción (inmigrantes) debido a la infraestructura laboral y de servicios, así como por los niveles de bienestar (principalmente seguridad) que ofrece. La evolución de la población, la participación porcentual con respecto al de la entidad y la densidad (habitantes por km²) de la población del municipio, es la siguiente:

Tabla 1. Límites urbanos durante las décadas de los 70's, 80's, 90's y 2000

Indicadores / Años	1950	1970	1990	1995	2000
Habitantes	78 653	163 063	456 458	559 222	641 386
Relación Estado/Municipio	27%	33%	43%	44%	45%
Densidad (Hab/km ²)	103	215	601	736	842

Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI 2005

De acuerdo a los datos del II Censo de Población y Vivienda del INEGI en el año 2005, el municipio cuenta con un total de 734 139 habitantes. El total de la población municipal es de 641 386 habitantes.

4.2.7 INFRAESTRUCTURA CARRETERA

El municipio de Querétaro cuenta con 197.7 km de carretera federal y 137.5 km de camino rural asfaltado; es uno de los principales centros de comunicación del país. Las vías más importantes son: Avenida 5 de Febrero (Carretera Federal No. 57 México-Querétaro-Piedras Negras); Panamericana (Carretera Federal No. 45 México-Querétaro-Ciudad Juárez); Carretera Federal No. 90 (México-Querétaro-Guadalajara-Tijuana), así como una importante red carretera en buen estado que comunica con los municipios aledaños.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El contar con un flujo de tránsito aceptable en zonas de alto conflicto vial, hace obligatorio contar con un distribuidor vial, para este caso en particular el del Cerro del Tambor – Boulevard de la Nación, donde es necesario tener un área donde se unan dos vías para que el conductor pueda cambiar de dirección y cruce la respectiva corriente de tránsito, dependiendo de su destino; es decir, se requiere de una intersección.

Estas intersecciones pueden realizarse mediante un entronque o un paso. En el primero se permite una mezcla de tránsito, mientras que en el segundo no es posible. Ambas opciones pueden tener solamente ramas de intersección lo que sería estar a nivel o bien tener rampas y convertirse en una intersección a desnivel. El distribuidor vial es un entronque a desnivel de tres rampas, o sea de tipo “T” o “Trompeta”, formado por dos carriles superiores y cuatro inferiores.

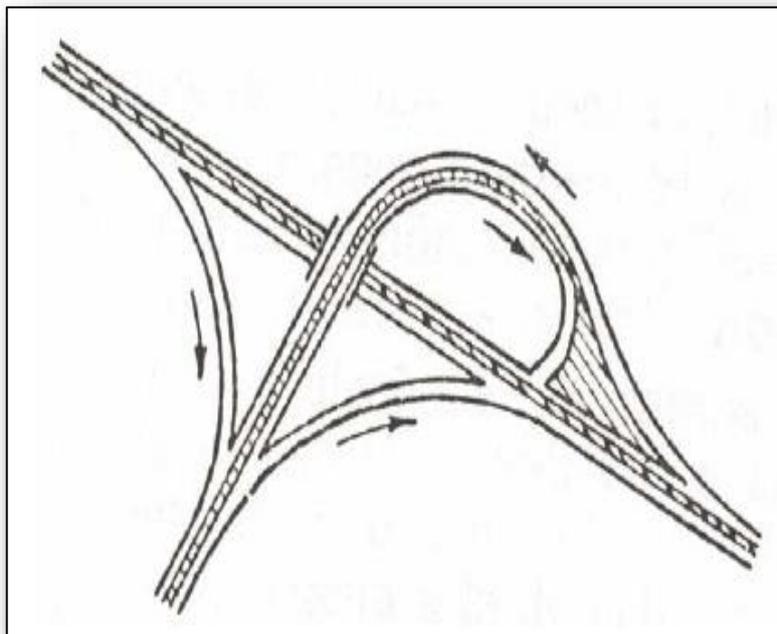


Figura 2. Distribuidor Tipo “T” o “Trompeta”.
Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

En una intersección existen varios tipos de maniobras, ya que los usuarios cruzarán otras trayectorias para llegar al área de cruce entre vehículos, o de conflicto. Esta última incluye el área potencial de colisión y la parte de las ramas de las intersecciones, donde empieza a haber cierta dificultad para el conductor del vehículo.

Las maniobras pueden ser:

- Divergencia; ocurre una desviación a partir de un flujo principal.
- Convergencia; ocurre una incorporación a un flujo principal.
- Cruce; dos trayectorias concurren en un mismo punto.
- Entrecruzamiento; ocurren una divergencia y una convergencia en el mismo sentido y de forma sucesiva.

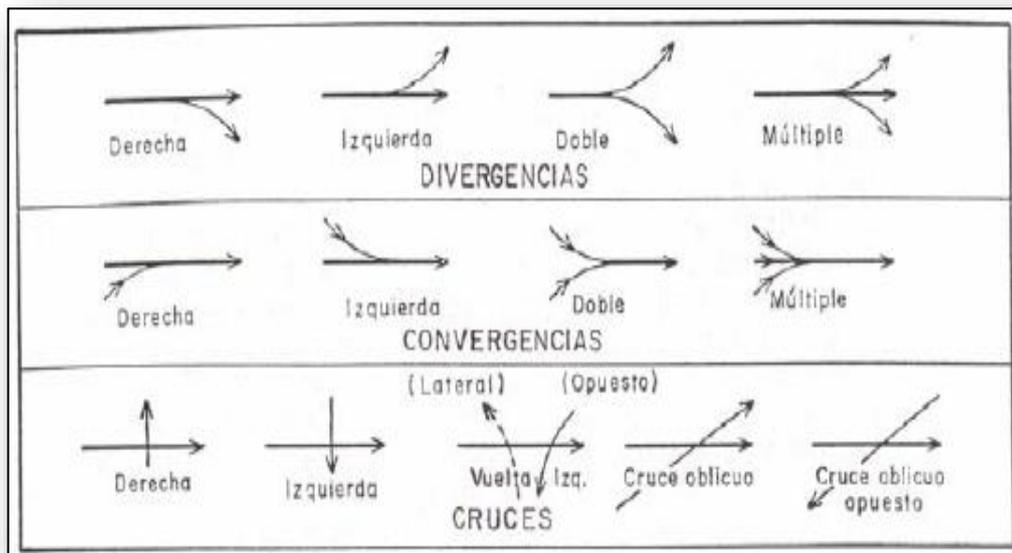


Figura 3. Maniobras: Divergencias, Convergencias y Cruces.

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

En esta intersección existen varios tipos de maniobras, mismos que son solucionados con la creación de este distribuidor, ya que las trayectorias no se verán afectadas por el cruce entre vehículos, dando fluidez al tránsito vehicular y evitar en gran medida una zona de conflicto. Es por estos motivos que se optó por la creación del distribuidor vial.

5.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para este proyecto es de particular interés la delegación Félix Osoreo Sotomayor, que es donde se ubica el Distribuidor Vial Norponiente, ésta delegación cuenta con una superficie de 40 km², que equivalen al 5.2 % de la extensión total de la ciudad, además de tener 90 650 habitantes, es decir el 16.21 % del total de habitantes en el municipio.

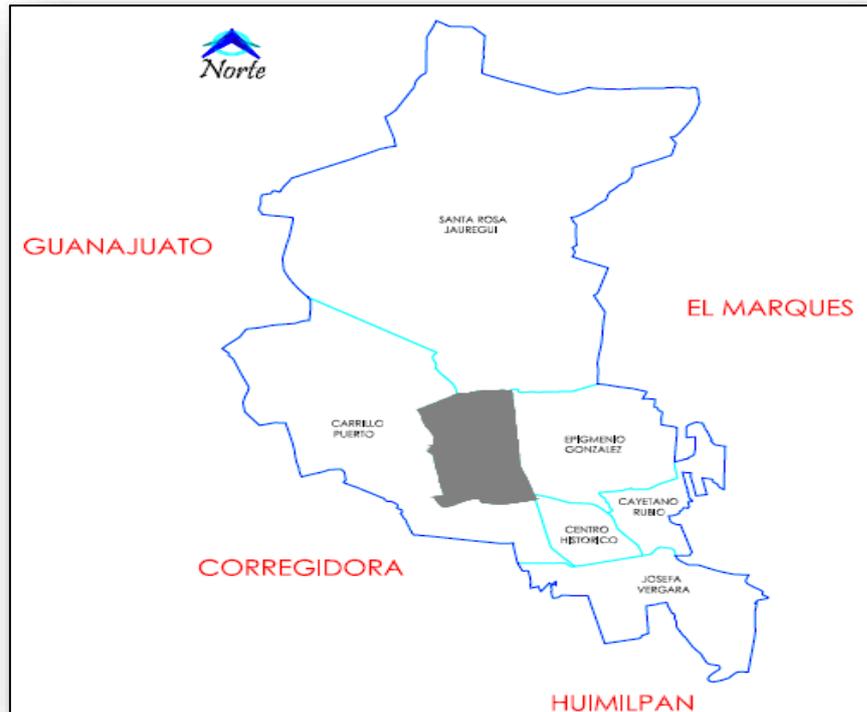


Figura 4. Localización Delegación Félix Osores Sotomayor.
Fuente: Municipio de Querétaro



Imagen 1. Fotografía satelital de la localización de la zona de estudio
Fuente: Google Earth

La creación del distribuidor vial ayudará a disminuir las zonas de conflicto en zonas de importancia y avenidas de gran demanda vehicular como lo son: La Avenida 5 de Febrero, que es prolongación de la Carretera Federal No. 57, misma que conecta a la capital en sus zonas Norte y Sur. De la misma manera unirá al Cerro del Tambor con el Boulevard de la Nación, dentro de la delegación Félix Osores Sotomayor, del estado de Querétaro.

VI. FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO

6.1 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características que se deben de tomar en cuenta para el diseño de una vialidad son las geométricas y las de operación. Las primeras se refieren a todo lo que son las dimensiones y el radio de giro, mientras que las segundas van a estar regidas por la relación peso / potencia. Al mezclar estas particularidades con otras referentes al conductor, se podrán saber aspectos importantes como por ejemplo la capacidad de aceleración, de desaceleración y la estabilidad que vaya a tener el vehículo.

6.1.1 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL.

Para fines de planeación de proyecto, construcción, conservación y operación de la Red Nacional de Carreteras, las normativas de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) proponen un sistema de clasificación técnico-funcional con los siguientes subsistemas o categorías de carreteras:

1. Red de Autopistas
2. Red Troncal
3. Red Colectora
4. Red Alimentadora

6.1.1.1 RED DE AUTOPISTAS

La red de autopistas conforma junto con la red troncal, los itinerarios básicos que sirven al transporte y a todo tipo de vehículos, proporcionados a los grandes flujos vehiculares un movimiento rápido y eficiente entre regiones altamente desarrolladas, centros de actividad comercial o industrial.

Estas vías pueden tener un control total o parcial de accesos. Su geometría permite el acceso a todo tipo de vehículos cuyas dimensiones máximas y peso por eje hayan sido establecidos en el

Reglamento Sobre Pesos, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que transitan en caminos y puentes de jurisdicción Federal.

6.1.1.2 RED TRONCAL

La red troncal conjuntamente con la red de autopistas conforma los itinerarios básicos que integran una red de rutas continuas para el transporte de personas y mercancías y en razón de su función cumplir con lo siguiente:

1. Operar como corredoras para el tránsito de largo itinerario, es decir, servir a movimientos con longitudes de movimiento, características de grandes trayectos ya sea estatales o interestatales.
2. Servir a todas las capitales de los estados, a ciudades con más de 50,000 habitantes y a la mayoría de las zonas urbanizadas con más de 25,000 habitantes.
3. Proporcionar una red integrada que permita un flujo expedito del tránsito.

6.1.1.3 RED COLECTORA.

La red colectora vinculada a la red troncal tiene por objeto la comunicación regional. Sus características geométricas permiten una velocidad de recorrido relativamente alta con interferencias menores en los movimientos de largo itinerario. Sus principales funciones son las siguientes.

1. Se integra con la red troncal para proporcionar un servicio estatal o intermunicipal.
2. Se ubica a intervalos consistentes con la densidad de población de tal manera que las zonas desarrolladas estén a distancias razonables de la red troncal.

6.2 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU TRANSITABILIDAD.

En México, la selección de velocidad de proyecto y con ello el proyecto geométrico mismo, se basa en la clasificación de las Carreteras por Transito Diario Promedio Anual (TDPA) y tipo de terreno, existiendo una relación estrecha entre esta clasificación y la clasificación funcional de las carreteras.

1. Tipo A
 - A2. TDPA de 3 000 a 5 000 vehículos.
 - A4. TDPA de 5 000 a 20 000 vehículos.
2. Tipo B
 - TDPA de 1 500 a 3 000 vehículos.

3. Tipo C
TDPA de 500 a 1 500 vehículos.
4. Tipo D
TDPA de 100 a 500 vehículos
5. Tipo E
TDPA de hasta 100 vehículos.

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual

De acuerdo a las clasificación de funcionalidad, nuestro distribuidor vial cae dentro de la red troncal, ya que integrada con la autopista No. 57 permite un flujo expedito del tránsito. Por su transitabilidad y por localizarse sobre la autopista, el distribuidor vial es clasificado como A2.

VI. SEÑALAMIENTOS VIALES

Un señalamiento en una vialidad o carretera se considera como parte fundamental para el buen funcionamiento de esta, ya que ofrece seguridad a los usuarios. Dichas señales se pueden clasificar en tres distintos tipos: Preventivas, Restrictivas e Informativas.

Las señales de tránsito, lámparas, casetas y cualquier otro mobiliario urbano de calles serán dispuestas de manera que no estorben a los peatones o a la visibilidad de los automovilistas.

De acuerdo con la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT, la ubicación longitudinal de las señales deberá estar en función de la velocidad y con las distancias que se establecen a continuación:

- (1) En carreteras y autopistas nuevas se utiliza la velocidad de proyecto; cuando estén en operación, se utilizara la velocidad de operación estimada como el 85% de las velocidades medias del tramo. En las calles su utilizara la velocidad establecida por las autoridades correspondientes.
- (2) Valor redondeado correspondiente a la distancia de visibilidad de parada (AASHTO 1994)

Velocidad ^[1] km/h	≤30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia ^[2] m	30	45	65	85	110	140	170	205	245	285

Figura 5. Ubicación del Señalamiento Vial

Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991

- a) Señales Preventivas. El objetivo de estas es indicar al usuario la presencia de un peligro potencial y su tipo. La forma más común de estas es en un cuadrado con una de sus diagonales en posición vertical. Sus colores principales son el color amarillo y el negro, mientras que sus dimensiones son de 71 x 71 cm. de cada lado, pudiendo aumentar a 86 o 117 cm. Se debe procurar colocarlas a una distancia razonable de manera que cerciore su eficiencia; lo recomendable es colocarlas a una distancia mayor a 90 m. y menor a 225 m. Se deben ubicar del lado derecho del sentido de la circulación y procurando mantenerlas a la misma distancia a lo largo de la ruta (Crespo, 2002).

Dimensiones de la señal ^[1] cm	Uso
71 x 71	En carreteras con ancho de corona menor de 9 m, calles y avenidas principales.
86 x 86	En carreteras con ancho de corona entre 9 y 12 m, vías rápidas y carreteras de cuatro carriles donde se puedan ubicar para el mismo sentido en ambos lados.
117 x 117	En carreteras de cuatro o más carriles, con o sin separador central y carreteras con accesos controlados.

Figura 6. Dimensiones del Señalamiento Vial Preventivo

Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991

- (1) En casos especiales, las señales pueden ser de mayores dimensiones, previa autorización de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría

Algunos ejemplos son:



Figura 7. Señalamiento Vial Preventivo
Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

- b) Señales Restrictivas. El propósito de estas es plasmar algunos puntos del Reglamento de Tránsito con el fin de que el usuario las practique, es decir, sirven de recordatorio sobre algún

movimiento limitado o prohibido. La forma más común de estas es un rectángulo colocado con uno de los lados menores en posición horizontal.

Los colores principales de estas son el blanco, rojo y negro. Los rangos de medidas son de 30 x 91 cm. en zonas rurales y de 20 x 61 cm. en zonas urbanas. Las condiciones que deben respetarse en cuanto a su colocación longitudinal son las mismas que para las señales preventivas. Lo que se debe tomar en cuenta es que a partir de su colocación empieza a funcionar la norma que estén indicando.

Las medidas de los tableros se muestran en la siguiente figura:

- (1) En casos especiales, las señales pueden ser de mayores dimensiones, previa autorización de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría.
- (2) En esta señal no requiere ceja perimetral doblada.

Dimensiones de la señal ^[1] cm	Uso
71 x 71	En carreteras con ancho de corona menor de 9 m, calles y avenidas principales.
86 x 86	En carreteras con ancho de corona entre 9 y 12 m, vías rápidas y carreteras de cuatro carriles donde se puedan ubicar para el mismo sentido en ambos lados.
117 x 117	En carreteras con cuatro carriles o más, con o sin separador central y carreteras con accesos controlados.
Alto 30 por lado	En todos los casos
Ceda el paso 85 por lado	En todos los casos
Sentido de circulación 20 x 61 ^[2]	En zona urbana.
Sentido de circulación 30 x 91	En zona rural.

Figura 8. Dimensiones Señalamiento Vial Restrictivo
 Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

Algunas señales restrictivas se muestran a continuación:



Figura 9. Señalamiento Vial Restrictivo
Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

- c) Señales Informativas. Son señales con leyendas y/o símbolos, que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación

de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Estas señales se clasifican en:

- De identificación. Tienen por objeto identificar las calles según su nombre y las carreteras según su número de ruta y kilometraje.



Figura 10. Señalamiento Vial Informativo de Identificación
Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

- De destino. Tienen por objeto informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido. Su aplicación es primordial en las intersecciones en donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.



Figura 11. Señalamiento Vial Informativo de Destino
 Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

- De Recomendación y de Información General. El objetivo de estas señales es, informar determinadas disposiciones y recomendaciones de seguridad que conviene observar, así como cierta información general que conviene conocer.



Figura 12. Señalamiento Vial Informativo de Recomendación e Información General
 Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

- De Servicios y Turísticas. Tienen por objetivo informar de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo. Ejemplo de estas son las siguientes:



Figura 13. Señalamiento Vial de Servicios y Turísticas
 Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991
<http://dgcc.sct.gob.mx>

La velocidad que hemos propuesto para el proyecto es de 60 km/hr, por lo que la ubicación longitudinal de las señales será a 85 mts. Antes de la zona que se señala, teniendo en cuenta que las dimensiones de los tableros en los casos de las señales preventivas y restrictivas será de 86 x 86 cm., según la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Las dimensiones de los tableros de las señales informativas dependerán del contenido de éstas, asegurando su claridad en el entendimiento por parte del conductor.

VII. DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño de un distribuidor vial responde a una necesidad justificada social y económicamente. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la obra que se proyecta, para que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio.

Entre los elementos de diseño se incluyen el estudio de la demanda de tránsito, el volumen horario de diseño, la velocidad de diseño, vehículo de diseño, geometría, drenaje, los tipos y usos de materiales y tipos de superficie de rodamiento.

8.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

8.1.1 TIPO DE TERRENO

El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras explica los tipos de terrenos los cuales representan combinaciones de características geométricas en grado variable, lo que refiere principalmente a las pendientes y a las secciones transversales. Reflejan el efecto sobre la capacidad de las características de operación de vehículos pesados, en relación con las características de operación de los vehículos ligeros, bajo las diferentes condiciones geométricas.

1. Terreno Plano
2. Terreno de Lomerío
3. Terreno Montañoso

Se tomó para este proyecto el caso de un terreno plano, ya que el distribuidor vial, como mencionamos anteriormente, está ubicado sobre la autopista.

8.1.2 VEHÍCULOS DE DISEÑO

Los vehículos se pueden clasificar en ligeros y pesados. Esta clasificación está regida por el número de ejes que poseen y por la capacidad de carga que tienen. La Figura 14 muestra los distintos tipos de vehículos que existen. Los vehículos de diseño elegidos son aquellos cuyo peso, dimensiones y características de operación se utilizan como controles de proyecto para acomodar una clase determinada de vehículos.

Un vehículo de diseño es un vehículo hipotético cuyas características se emplearan para establecer los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de caminos e intersecciones.

En el proyecto de cualquier carretera se elegirá como vehículo de diseño el de dimensiones mayores, con probabilidad de circular con mayor frecuencia, o en vehículo de diseño cuyas características especiales tengan que ser tomadas en cuenta en el dimensionamiento de ciertos elementos críticos como son el radio de intersección o el radio de curvatura en carreteras.

TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				Ap
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
					C3
		3			T2 - S1
					T2 - S2
					T3 - S2
		5			T2 - S1 R2

Figura 14. Clasificación de los Vehículos
Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT 1991

El tipo de vehículos que más transitan por la zona de conflicto en estudio corresponden a los Ap, Ac, B y C3. Las características de estos son las que se tomarán en cuenta para realizar el anteproyecto.

8.1.3 TRAYECTORIA DE GIROS MÍNIMOS

El radio de giro es “el radio de la circunferencia definida por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo, cuando este efectúa un giro”. Las dimensiones principales que afectan el proyecto son el radio de giro mínimo, la distancia entre la huella de las llantas, la distancia entre ejes extremos y la trayectoria de la llanta trasera interna. Se supone que el efecto de las características de conducción del vehículo y el ángulo de las llantas se minimiza si se supone que la velocidad del vehículo en los giros más cerrados es inferior a los 15 Km/h.

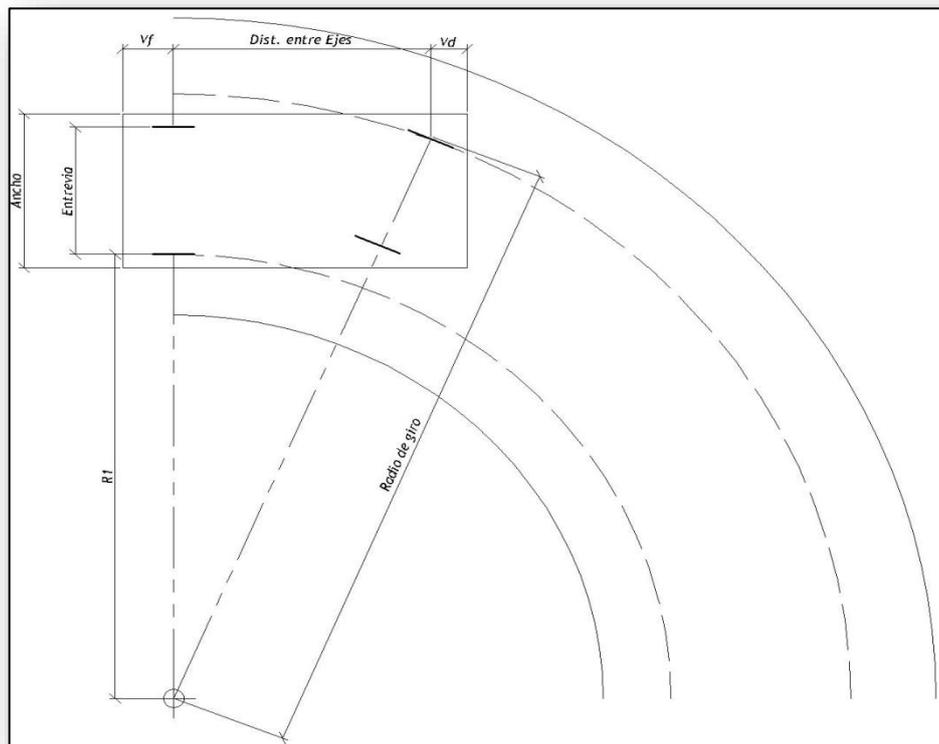


Figura 15. Diagrama de Representación Radios de Giros Mínimos
Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991

Para el diseño del distribuidor vial, el radio de giro será de 113 mts, para así poder circular de manera cómoda y brindar seguridad al conductor y por consiguiente, evitar cualquier tipo de accidente.

8.1.4 VELOCIDAD DE PROYECTO

La velocidad de proyecto es considerada como la velocidad máxima segura que se puede mantener en una sección específica de una vía. Una vez seleccionada, todas las características pertinentes de la vía deben estar relacionadas a la velocidad de proyecto para obtener un proyecto balanceado. Algunas características, tales como la curva horizontal y vertical, la elevación y la distancia de visibilidad, se encuentran directamente relacionadas con la velocidad de proyecto. Cuando se hace una modificación a la velocidad de proyecto, muchos elementos en el proyecto de la vía cambian.

La selección de la velocidad de proyecto está influida principalmente por la configuración topográfica del terreno, el tipo de camino, el volumen de tránsito y el uso de suelo. Una vez que fue seleccionada la velocidad, se deben adecuar todas las características del camino a ella, para obtener un proyecto equilibrado. Cabe señalar que las velocidades varían de acuerdo al tipo de terreno, ya que un camino en terreno plano o lomerío suave justifica una velocidad de proyecto mayor que la correspondiente a un camino en terreno montañoso.

Clase	Topografía		
	Plano	Lomerío	Montaña
Regional	110	90	80
Subregional	90	80	70
Primaria (Centro)	50-65	50-65	50-65
Primaria (Periferia)	65-80	60-75	55-70
Secundaria	30-65	30-60	30-55
Local	30-50	30-50	30-50

Figura 16. Velocidad de proyecto por nivel de funcionalidad de la vialidad (Km/hr)

Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 1991

Por los tipos de vehículos que circulan por la zona, el tipo de terreno y el volumen de tránsito se eligió una velocidad de 60 km/hr, a la entrada y salida del distribuidor vial.

8.1.5 NORMAS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

La selección del conjunto apropiado de los estándares de diseño geométrico, es el primer paso del diseño de cualquier obra vial. Esto es de gran importancia ya que no se puede usar un solo conjunto de estándares geométricos para todas las obras viales. Por tanto deben considerarse las características de la vía al seleccionar los estándares de diseño geométrico.

El diseño geométrico de las vías comprende el dimensionamiento de sus elementos físicos (elementos de la sección transversal y alineamiento) para lo cual sirve de base las características del conductor, del peatón, de los vehículos y del camino. El objetivo básico del diseño geométrico de un distribuidor vial, es producir una instalación que tenga un flujo continuo y que esté libre de accidentes, esto puede lograrse al tener un estándar de diseño consistente, que satisfaga las características de los conductores y de los vehículos.

Los trazos vertical y horizontal de la vía constituyen el alineamiento. El diseño del alineamiento depende principalmente de la velocidad de diseño seleccionada para la vía. El alineamiento menos costoso es aquel que generalmente adopta la forma de la topografía natural.

El alineamiento horizontal consta de secciones rectas de la vía, conocidas como tangentes, unidas por curvas horizontales. Generalmente las curvas son segmentos de círculo, que tienen radios que proveen un flujo continuo del tránsito a lo largo de la curva, todo esto tomando en cuenta la velocidad de diseño, el peralte y el coeficiente de fricción lateral.

Las normas para el alineamiento horizontal más importantes para lograr una circulación efectiva, cómoda y sin riesgos son:

1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
3. La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.
4. El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible sin dejar de ser consistente con la topografía.
5. Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible.
6. Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
7. En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, para que el conductor pueda ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.

8. En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobretodo donde sea necesario proyectar curvas forzadas. Las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor a 1.5
9. Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
10. Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores a 500 m.
11. Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
12. Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, por lo cual es preferible proyectar en alineamiento ondulado con curvas amplias.

El alineamiento vertical de una vía consta de secciones rectas que se conocen como pendientes o tangentes, unidas mediante curvas verticales. Por lo tanto, el diseño del alineamiento vertical incluye la selección de pendientes adecuadas, para las secciones tangentes y el diseño de las curvas verticales. La topografía del área por la que atraviesa la vialidad, tiene un impacto importante sobre el diseño del alineamiento vertical.

Para el alineamiento vertical es importante aclarar que la sub-rasante es la línea que hay que tomar como referencia. La posición de esta, va a depender de diversos factores como:

1. La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la sub-rasante. En terrenos planos la altura de la sub-rasante será regulada generalmente por el drenaje. En lomerío se adoptan sub-rasantes onduladas, mientras que en terrenos montañosos, estará regida por la topografía.
2. Se debe buscar una sub-rasante suave con cambios graduales. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica.
3. Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas pues no representa un perfil seguro. Así mismo no se deben colocar dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección.

4. Es preferible tener un perfil escalonado a una pendiente sostenida, ya que de esta manera se controla más la velocidad.
5. Cuando la magnitud del desnivel motiva largas pendientes uniformes, es conveniente adoptar un carril adicional en la sección transversal.
6. Se deben considerar carriles auxiliares de ascenso donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario de proyecto excede del 20 % de la capacidad de diseño para dicha pendiente en el caso de caminos de dos carriles, y del 30 % en el de varios carriles.
7. Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
8. Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de camino con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección.

Es importante que el alineamiento de una sección dada tenga estándares consistentes, para evitar cambios repentinos en el trazado vertical y horizontal de la vía. También es de gran relevancia que tanto el alineamiento horizontal como el vertical se diseñen para complementarse entre sí, ya que esto va a conducir a una obra vial más segura y más atractiva.

Es por esto que se debe lograr un balance apropiado entre las pendientes de las tangentes de las curvas horizontales y verticales, así como su ubicación relativa.

8.1.6 COMBINACIÓN DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL

El objetivo de combinar ambos alineamientos es obtener un proyecto eficiente que ofrezca las condiciones de seguridad y capacidad necesarias además de resultar una vía económica con uniformidad en la operación. Dicha combinación se ajustará con la velocidad de proyecto, en caso de que un alineamiento perjudique al otro. Para lograr esto, se deberán tomar en cuenta las siguientes normas:

1. La curvatura y la pendiente deben estar balanceadas.
2. No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca de una cima, o de una curva vertical en cresta pronunciada.
3. No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca del punto bajo de una curva vertical en columpio.

4. Es necesario colocar tangentes largas para que funcionen como tramos para rebasar y asegurar la distancia de visibilidad de rebase.
5. En intersecciones donde la distancia de visibilidad a lo largo de ambos caminos sea importante y los vehículos tengan que disminuir la velocidad, la curvatura horizontal y el perfil deben proyectarse lo más suave posible.

IX. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se le llama levantamiento topográfico al conjunto de actividades necesarias para determinar las posiciones de puntos para su representación en un plano.

Si se trata de carreteras, deben levantarse por lo menos tres puntos transversales que nos ayude a determinar el eje y los bombeos transversales. En el caso de vialidades urbanas deberán tomarse además de tres puntos, los niveles de guarnición, las curvas en las bocacalles, los postes de electricidad, telefonía, alumbrado público y señalización de tránsito.

Es necesario el levantamiento del camino o del sitio para identificar los rasgos topográficos tales como drenajes, afloramientos y pendientes del terreno, así como para agregar un cierto nivel de control geométrico a un proyecto. Un levantamiento puede ser muy simple, como el ejecutado con una brújula y una cinta métrica, o puede ser muy detallado usando instrumentos y herramientas topográficas y un alto grado de exactitud en terrenos difíciles o para un camino de altas especificaciones.

Para tener la información necesaria respecto al área con la que se cuenta, fue necesario realizar un levantamiento topográfico y en base a ello determinar la forma y geometría. El equipo que se utilizó fue el siguiente:

- Estación Total Electrónica Marca Sokkia Mod. SET 620K Precisión: 6sg Alcance con Prisma: 3000 mts Precisión en Distancia: +/- 2 mm
- Tripie
- Prisma Circular
- Cinta Métrica de 100 mts
- GPS Marca Garmin Mod. GPSMAP 60CSx 1000 waypoints Brújula Electrónica Coordenadas UTM Precisión: +/- 3 a 5 mts
- Software de Apoyo: AutoCAD 2009, CivilCAD 2009

Los planos obtenidos, resultado de este levantamiento se presentan en el Anexo A de este trabajo.

9.1 LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

La planimetría o control horizontal es la parte de la topografía que estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal la posición precisa de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una representación similar al mismo en planos. En este tipo de levantamientos no resultan relevantes las alturas y desniveles entre los puntos.

Las medidas de distancias entre puntos pueden hacerse tradicionalmente con cintas métricas. Con los instrumentos de estación total, las medidas se hacen de manera directa a través de rayos infrarrojos.

9.2 LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO

La altimetría o control vertical es la parte de la topografía que mide y determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a un marco de referencia. Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, siendo en topografía uno de los más comunes el nivel medio del mar o alturas arbitrarias. A las alturas de los puntos sobre esos planos de comparación se les llama cotas, elevaciones o niveles.

Es necesario que en sitio se escojan o se construyan puntos fijos, notables, invariables en lugares convenientes que servirán como referencias durante y después de los estudios topográficos. Estos puntos son llamados Bancos de Nivel.

X. ESTUDIOS ELABORADOS DEL PROYECTO

En esta sección se analizarán los elementos en los que se fundamenta el proyecto geométrico. Tales elementos involucran desde el usuario, las características de los vehículos, las condiciones del tránsito vehicular (densidad, volumen y velocidad).

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE OBRA

Entre los estudios realizados en anteproyecto, se considera de gran importancia tener en cuenta si la obra es económicamente rentable y si la construcción de la misma llegaría a solucionar los problemas, esto es el Estudio de Factibilidad de Obra. Para este estudio elaboramos una investigación sobre las condiciones socioeconómicas y demográficas de la zona de estudio.

Dentro de los principales objetivos de este estudio definimos los siguientes:

- Conocer las necesidades de los usuarios de traslado ya sea por cuestiones de estudio, salud, trabajo, entre otras.
- Conocer el número de integrantes por familia que son considerados como usuarios de las redes viales, provocando en gran medida el aumento en el flujo vehicular y el congestionamiento vial.

Haciendo referencia a estos estudios, realizamos cincuenta sondeos con el fin de determinar el número de usuarios locales que contribuyen a agravar este problema, (el formato de dichas encuestas se podrá observar en los Anexos presentados al final de este trabajo).

Entre los principales resultados arrojados por los sondeos obtuvimos que las necesidades básicas de la población es la razón por la cual tienen que salir de casa y trasladarse desde la zona dentro de la delegación Félix Osores Sotomayor hacia los diferentes puntos ubicados en la zona conurbada de la ciudad de Querétaro, donde destacaron las siguientes: trabajo, salud, educación, así como las diversas actividades familiares y personales de toda la población; haciendo uso de transporte particular o servicios públicos, sistemas que contribuyen en gran medida a el congestionamiento en las zonas de conflicto, sumando la falta de cultura vial que muchos de los usuario tienen.

Considerando éstas necesidades expresadas por la población, se realizará la construcción de un distribuidor vial que se proyecta con la finalidad de ayudar en gran medida a agilizar los tiempos de

traslado de un punto a otro y que éstos a la vez sean de manera segura para todo usuario, sin dejar atrás los beneficios que esto traerá a la calidad de vida en la ciudad, por la disminución de gases contaminantes.

AFOROS VEHICULARES

Para tener una idea más detallada del problema y la situación vehicular que imperaba, realizamos aforos a lo largo de la zona en conflicto, apoyándonos en datos obtenidos mediante Estudios de Factibilidad, localizamos los puntos de mayor importancia o de mayor afluencia vehicular, esto con la finalidad de conocer el origen del problema, tipo y frecuencia de vehículos que transitan por la zona y horarios de máxima demanda, identificando, una vez terminado el aforo, si la obra tendría los efectos positivos para los cuales fue requerida.

Llevamos a cabo cinco aforos en las diferentes direcciones de flujo (diez aforos en total), para esto tomamos en cuenta aquellos vehículos de entrada así como los de salida de la zona, sin olvidar también el flujo que circula por la Av. 5 de Febrero (Autopista Querétaro-San Luis Potosí) considerada como una de las principales vías de comunicación y que por lo tanto es de gran importancia, ya que contiene un gran flujo vehicular en sus dos direcciones y con la cual entroncará la obra que ayudará a distribuir la conglomeración, producto de la enorme demanda vehicular, ésta avenida distribuye de igual manera el flujo a las diferentes delegaciones vecinas, por lo tanto, es considerada dentro de éste estudio, todo con el objetivo de conocer no solamente la cantidad de vehículos que salen de la zona, sino la cantidad que entra y podría provocar congestión una vez internada en la delegación.

Una vez que obtuvimos los datos de los diferentes aforos, realizamos el computo que presentamos como resumen en la Tabla 2, además pudimos conocer la hora y la demanda de tránsito que circulan por la zona, así mismo los tipos de vehículo para los cuales proyectar este distribuidor vial.

10.1 TRÁNSITO

El tránsito es un parámetro de gran importancia para el buen funcionamiento del proyecto, ya que determinará si la vialidad proyectada trabajará de forma eficiente, si tiene problemas de congestionamiento o bien, si tiene volúmenes inferiores para los que se proyectó. Para estimar este parámetro se realizaron aforos vehiculares durante las horas de máxima demanda, estos datos están contenidos en la Tabla 2, que además es acompañada de una gráfica para una mejor interpretación de los resultados.

Para conocer las opiniones de las personas realizamos una serie de preguntas a los transeúntes de la zona, a los usuarios de la avenida anteriormente citada y a los diferentes prestadores de servicio público como son: taxistas y conductores de microbús. Se eligió una muestra de 50 personas entre servidores públicos y automovilistas, a los que se les cuestionó sobre lo que a continuación se presenta.

1. Motivo principal por el cual transita sobre esta avenida.
2. Regularidad con la que transita por la zona.
3. A su juicio, ¿cuál es el principal problema que ocasiona el tráfico?
4. Hora en que considere, se presenta el mayor flujo vehicular.
5. ¿A qué atribuye esto?
6. Considera que este tramo carretero resulta seguro en todos los aspectos.
7. Según su interpretación, ¿qué le hace falta al esta avenida para mejorarla?

Con ese banco de preguntas como base y tomando una muestra de 50 personas (40 automovilistas y 10 servidores de transporte público), se obtuvo la siguiente información:

El motivo de tener que circular por el acceso en ambas direcciones, ya sea de entrada como se de salida fue, que en la totalidad de los automovilistas en que no tienen otra forma de salir de su casa para ir a su trabajo o dejar a sus hijos a la escuela. De la misma manera se encuentra localizado un punto de accenso y descenso de pasajeros de los distintas rutas que circulan por la delegación en cuestión y las laterales de la Autopista Querétaro – San Luis Potosí, Los peatones respondieron que utilizaban el transporte para llevarlos a sus hogares o lugares de trabajo.

Se realizaron aforos vehiculares en diferentes puntos del acceso así como el entronque con la Av. 5 de Febrero (Autopista Querétaro – San Luis Potosí), haciéndose tres aforos, uno de las 7:30 a 8:30 a. m., 2:30 p.m. a 3:30 p.m. y 6:30 a 7:30 p.m., los días lunes, miércoles y viernes respectivamente. Los resultados que arrojo este estudio se muestran a continuación, los cuales fueron contabilizados de acuerdo al horario y a la dirección de circulación.

TOTAL DE VEHÍCULOS

1er Aforo Vehicular (Inicio: 7:30hrs. Término: 8:30 hrs.)

- Acceso 6 (dirección a Cerro del Tambor): 774 vehículos.
- Acceso 3 (dirección lateral Av. 5 de Febrero): 2065 vehículos.

2º Aforo Vehicular (Inicio: 2:30 hrs. Término: 3:30 hrs.)

- Acceso 6 (dirección a Cerro del Tambor): 1310 vehículos.
- Acceso 3 (dirección lateral Av. 5 de Febrero): 627 vehículos.

3er Aforo Vehicular (Inicio: 6:30 hrs. Término: 7:30 hrs.)

- Acceso 6 (dirección a Cerro del Tambor): 1355 vehículos.
- Acceso 3 (dirección lateral Av. 5 de Febrero): 755 vehículos.

Con base en la información recabada, concluimos que el acceso No 3 en dirección a la lateral Av. 5 de Febrero presenta grandes problemas de tráfico vehicular y que resulta una vía de desalojo realmente insuficiente para el número de habitantes que habitan en esa zona.

Tabla 2. Aforo de Vehículos

HORAS DE MÁXIMA DEMANDA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL
	Ap	Ac	B	C2	C3	
7:00 - 9:00	1785	396	94	56	4	2335
14:00 - 16:00	1436	363	73	61	2	1935
18:00 - 20:00	1688	302	88	30	3	2111

Fuente: Elaboración Propia

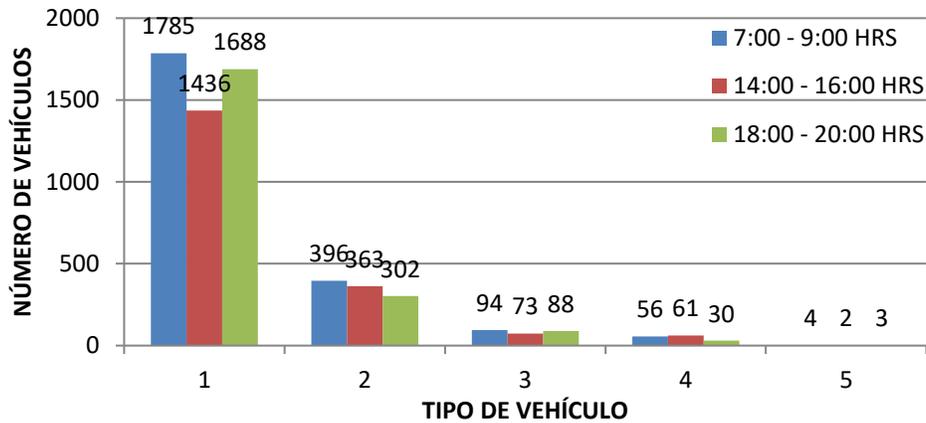


Figura 17. Gráfica de Barras del Aforo Vehicular

Fuente: Elaboración Propia

El total de los automovilistas respondió que utilizaba el acceso No. 3 diariamente entre 2 y 3 veces al día. Dentro del transporte privado que equivale al 80% contestaron que lo utilizaban de una a dos veces diario, el 20% restante el cual lo integran los servidores de transporte público circulan más de 10 veces por día.

Respecto a cuál creían que era el principal problema que ocasionaba el tráfico, el 50% de los automovilistas coincidieron en que era ocasionado por los microbuses y los taxis que hacen paradas inesperadas justo después de incorporarse a la Av. 5 de Febrero, ocasionando una doble fila a la entrada de la lateral de la autopista Querétaro – San Luis Potosí, el 30% coincidieron en que era ocasionado por la enorme afluencia de vehículos provenientes de las colonias aledañas al acceso 3, el 20% restante coincidió en que era ocasionado por la cantidad de transporte pesado que proviene del interior de la zona industrial aledaña.

El total de la muestra coincidió en que las horas problema se presentaban en tres intervalos: el primero de las 7:00 a.m. hasta cerca de las 9:00 a.m., el otro alrededor de las 2:00 p.m. a 4:00 p.m. y de igual manera de 6:00 a 8:00 p.m.

En cuanto al por qué se presentaban esos flujos vehiculares precisamente a esas horas el 75% de los automovilistas respondieron que se debía a que en el primer intervalo era cuando se trasladaban a sus lugares de trabajo o a la escuela, el 20% restante opinó que se debía a la prepotencia de los microbuseros

y taxistas, de recoger pasaje en doble fila, dejando sólo un carril útil, el 5% no supo a que se debía pero opinó que ya estaban hartos de esa situación.

En lo que respecta a la peligrosidad que puede presentarse en el acceso, el 80% de los automovilistas coincidió en que es un entronque muy seguro pero de circulación lenta, aunque algunos de ellos llegaron a estar presentes en accidentes leves entre vehículos, pero no son muy graves, pero igualmente entorpecen la vialidad y el 20% restante comentó que es de alta peligrosidad por la circulación de vehículos pesados de la zona industrial.

Como se puede ver en la Tabla 2, el intervalo de hora con más demanda es de las 7:00 a las 9:00 horas con un total de 2335 vehículos, de los cuales el 94% corresponde a los transportes ligeros (es decir los Ap y los Ac), mientras que el 6% restante corresponde a los vehículos pesados (se toman en cuenta los B, C2 y C3).

Para poder calcular el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), se emplearon los coeficientes proporcionados por la SCT, arrojando los siguientes resultados:

- El Tránsito Horario de Máxima demanda es el que corresponde al de THM = 2335 vehículos de acuerdo a la Tabla 2.
- Para calcular el Tránsito Diario Promedio Mensual se utiliza la fórmula:

$$TDPM = \frac{THM}{0.08} = \frac{2335}{0.08} = 29187.5 \text{ Vehículos} \quad (1)$$

- Mientras que para obtener el Tránsito Diario Promedio Anual:

$$TDPA = TDPM * 1.02 = 29187.5 * 1.02 = 29771.25 = 29772 \approx 30000 \text{ Vehículos} \quad (2)$$

Con los valores obtenidos para este tránsito, esta vialidad del distribuidor vial entra en la clasificación de Tipo A, de acuerdo a lo establecido en la Clasificación de Carreteras de la S.C.T.

De acuerdo a la Clasificación de Carreteras, según la Configuración del Terreno que da la S.C.T. en su manual de Proyecto Geométrico, las carreteras se clasifican en terreno plano, lomerío y montañoso. En el área del distribuidor se presentan pendientes menores a 5 grados.

Esto coloca a esta vialidad del distribuidor vial en la clasificación de terreno plano, ya que tanto en alineamientos verticales como horizontales, los vehículos pesados (B, C2, C3) pueden conservar una velocidad afín a la de un vehículo ligero (Ap, Ac).

Las características de las carreteras, de acuerdo a la Clasificación del Manual Geométrico de Carreteras de la S.C.T. se presentan en la Figura 18. La velocidad de proyecto que se toma en cuenta para tomar las características de las carreteras mostradas en la figura anterior es de 60 km/hr.

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA														
			E			D			C			B			A		
TDPA en el horizonte de proyecto		Veh/día	Hasta 100			100 a 500			500 a 1500			1500 a 3000			Mas de 3000		
TERRENO	Montañoso	-----	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lomerío		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plano		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidad de proyecto		Km/hr	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
Distancia de visibilidad de parada		m	30	40	55	75	95	115	135	155	175	195	215	235	255	275	
Distancia de visibilidad de rebase		m	-	-	-	-	135	100	75	50	25	225	180	145	110	75	
Grado máximo de curvatura		°	60	30	17	11	7.5	5	3.75	2.5	1.7	1.1	0.75	0.5	0.35	0.25	
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	m / %	4	7	12	23	36	50	65	80	95	110	125	140	155	
		Columpio	m / %	4	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
		Longitud mínima	m	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Pendiente gobernadora		%	9	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pendiente máxima		%	13	10	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	
Longitud crítica		m	Ver tabla long. crítica														
Ancho de calzada		m	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
Ancho de corona		m	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
Ancho de acotamientos		m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ancho de faja separadora central		m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bombeo		%	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sobreelevación máxima		%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Sobre elevaciones para grados menores al máximo		%	Ver tabla														
Ampliaciones y longitudes mínimas de transiciones		m	Ver tabla														

Figura 18. Clasificación y Características de las Carreteras

Fuente: www.construaprende.com

10.2 ANÁLISIS DE CORTES Y TERRAPLENES

Los programas de cómputo son una herramienta muy útil y versátil para el procesamiento y análisis de los datos levantados en campo. En la actualidad existen muchos programas especializados en topografía, y cada uno de ellos tiene capacidades y formas muy particulares de operar.

En este proyecto se ha decidido trabajar con el programa CivilCAD®, el cual trabaja dentro de la plataforma de AutoCAD® (que es el sistema CAD más popular en México). CivilCAD® genera la gráfica del perfil del terreno, con datos como número de estación, espesores y elevaciones de corte y terraplén, volúmenes y ordenadas de curva masa. Además anota en el perfil de proyecto puntos de inicio, término e inflexión de curvas verticales. Las gráficas de las secciones transversales se dibujan simultáneamente, pudiéndose además generar un archivo con los volúmenes totales de corte y terraplén en cada estación.

Los resultados obtenidos de este análisis son presentados en el Anexo B, esto con la intención de tener una mejor visualización de los planos.

XI. DISEÑO DEL PAVIMENTO

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales de alta calidad, comprendidas entre la sub-rasante y la superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, ya que estos pueden ser calificados visualmente o con pruebas que permiten medir su textura, su resistencia a la acción del tránsito, a la del intemperismo, y así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas debido al tránsito.

La Normatividad que establece la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) y a la cual se apega este proyecto, está contenida en el Libro: Construcción (CTR), Tema: Carreteras (CAR), Parte: Conceptos de Obra (1), Título: Pavimentos (04), de la cual se desprenden las siguientes Normas:

- * N-CTR-CAR-1-04-001/03 *Revestimientos Estabilizados y No Estabilizados.*
- * N-CTR-CAR-1-04-002/03 *Subbases y Bases*
- * N-CTR-CAR-1-04-003/00 *Capas Estabilizadas*
- * N-CTR-CAR-1-04-004/00 *Riegos de Impregnación*
- * N-CTR-CAR-1-04-005/00 *Riegos de Liga*
- * N-CTR-CAR-1-04-006/00, /01, /04, /06 y /08 *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente.*

- * N-CTR-CAR-1-04-008/00 *Carpetas por el Sistema de Riegos*

Para el Distribuidor Vial Norponiente Cerro del Tambor – Boulevard de la Nación nos solicitaron una propuesta para las dimensiones de los espesores de las distintas capas que iba a tener el pavimento de esta obra. Para poder llevar a cabo esta propuesta nos auxiliamos del Método de la S.C.T. para el Diseño de Pavimentos y apegándonos a la normativa señalada en el párrafo anterior fue que emitimos nuestra alternativa.

Con los resultados que teníamos de los aforos vehiculares, además de algunos datos generales, tales como el número de carriles, el periodo de diseño, la tasa de crecimiento anual, las características de los materiales, entre otros, fue que entramos de lleno a las tablas que maneja el Método de Diseño de Pavimentos (Tabla 10 de este documento), y después de realizar distintos cálculos fue que pudimos obtener los coeficientes con los que estuvimos trabajando, para que después de seguir paso a paso este Método obtuviéramos los espesores para las capas del pavimento.

Durante este proceso se fueron analizando los resultados que obteníamos, y al final elaboramos la Tabla 11, contenida en esta tesina, donde se muestran los espesores obtenidos de los cálculos y los espesores propuestos que a nuestro parecer eran los más adecuados para el tipo de proyecto.

Teniendo como antecedentes datos de la obra y algunos otros obtenidos de diversas fuentes bibliográficas fue posible conocer si los análisis realizados eran los correctos y si estos se apegaban a las especificaciones necesarias, dichas especificaciones se complementan con la necesidad de conocer el tipo de materiales usados en las diferentes capas de la estructura vial, por tal motivo fue necesario incluirlas en estudios ya que son parte importante en la fiabilidad y sustentabilidad de la obra.

El pavimento es la superestructura de la obra vial que hace posible el tránsito de los vehículos con el confort, seguridad y economía previstos por el proyecto. La estructura o disposición de los elementos que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades, de tal suerte que puede estar formado por una sola capa o por varias, y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, sometidos a muy diversos tratamientos; su superficie de rodamiento propiamente dicha puede ser una capa asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. De hecho la actual tecnología contempla una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes y elegir la más

apropiada para las condiciones específicas del caso que se trate, no es, por cierto, la tarea más sencilla a que se enfrenta el especialista.

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. Sin embargo, la rigidez o flexibilidad que un pavimento exhibe no es fácil de definir tan adecuadamente como para permitir una diferenciación precisa entre uno y otro tipo de pavimento; es hasta cierto punto, materia de juicio al precisar qué tan rígido puede ser un pavimento flexible o qué tan flexible puede llegar a ser un pavimento rígido. La estructura de los pavimentos flexibles se compone de las capas mostradas en las Figuras 19 y 20.

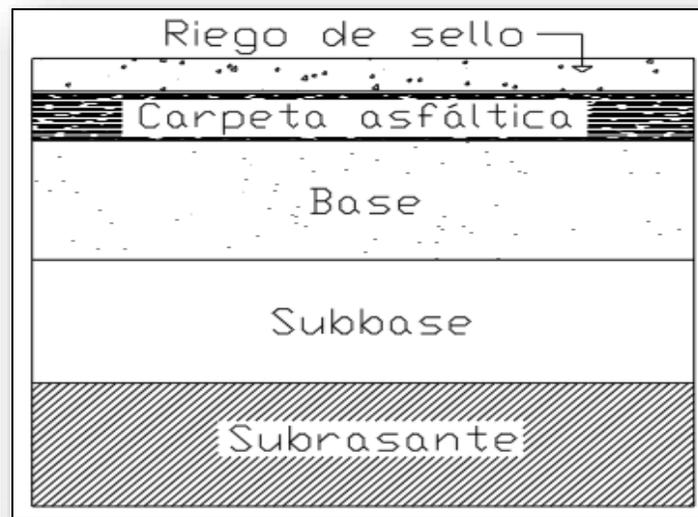


Figura 19. Estructura Pavimento Flexible
Fuente: www.construaprende.com

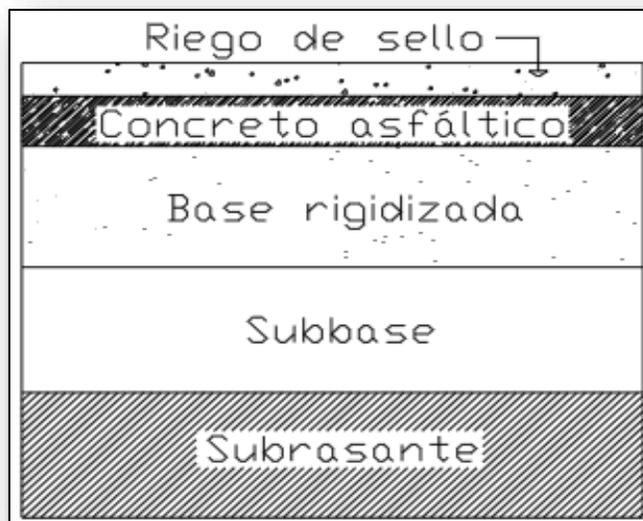


Figura 20. Estructura Pavimento Flexible de Concreto Asfáltico

Fuente: www.construaprende.com

Estas estructuras tienen la finalidad de cumplir con los siguientes requisitos:

- Soportar y transmitir las cargas que se presentan con el paso de vehículos.
- Ser lo suficientemente impermeable.
- Soportar el desgaste producido por el tránsito y por el clima.
- Mantener una superficie cómoda y segura (antideslizante) para el rodamiento de los vehículos.
- Mantener un grado de flexibilidad para cubrir los asentamientos que presente la capa inferior (base o subbase).

El diseño de los pavimentos rígidos toma como parámetros los siguientes conceptos (Crespo, 2002):

- Volumen tipo y peso de los vehículos que transitarán por esa vialidad.
- Módulo de reacción de la subrasante.
- Resistencia del concreto que se va a utilizar.
- Condiciones climáticas.

El concepto de las características del tránsito puede ser calculado a través de aforos, el de la resistencia del concreto puede proponerse y el de condiciones climáticas puede ser obtenido de cartas climáticas del Estado.

Sin embargo, el Valor Relativo de Soporte (VRS), K, está en función de una Prueba de Placa, la cual es un ensayo de penetración; las capas que componen estos pavimentos se muestran en la Figura 21.

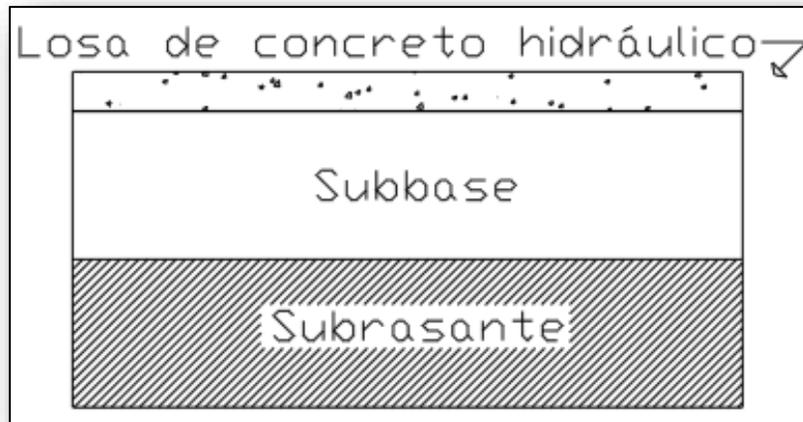


Figura 21. Estructura Pavimento Rígido

Fuente: www.construaprende.com

Aún cuando de lo antes expuesto puede desprenderse que los términos empleados para distinguir un pavimento de otro no son del todo adecuados, su uso ha sido tan ampliamente difundido que se considera conveniente conservarlos. El hecho es que los pavimentos se diferencian y definen en términos de los materiales de que están contruidos y de cómo se estructuran esos materiales y no por la forma en cómo se distribuyen los esfuerzos y las deformaciones producidas por los vehículos a las capas inferiores, lo que quizá constituiría un criterio de clasificación más acertado. Para fines de este proyecto se considera el pavimento flexible.

Es evidente que la superficie terrestre no ofrece jamás las condiciones de rodamiento que exigen los modernos medios de transporte. A medida que los vehículos evolucionaron en peso, velocidad, comodidad y autonomía, se fue creando la necesidad de proporcionarles una pista de circulación con unas condiciones de curvatura, pendiente, visibilidad, sección transversal, uniformidad, textura, etcétera, apropiadas a una demanda de operación cada vez más exigente.

Las superficies de rodamiento obtenidas directamente como remate de las terracerías, formadas sólo por materiales naturales pétreos, únicamente resuelven los problemas derivados de la presencia del tránsito moderno si éste es realmente muy pequeño. Aún seleccionando los materiales térreos o los fragmentos de roca más apropiados y aún tratándolos mecánicamente no se logrará una superficie de

rodamiento adecuada cuando los volúmenes del tránsito circulante sean ya de regular intensidad; los materiales naturales, utilizados como tales pueden proporcionar condiciones adecuadas de operación durante un cierto tiempo, pero no se ha logrado hasta hoy dar a tales condiciones la debida permanencia cuando los volúmenes de tránsito excedan de los mínimos a considerar.

En consecuencia debe establecerse claramente una primera distinción en lo que a la consideración de la superficie de rodamiento se refiere. En caminos de muy escaso tránsito (a veces se ha dicho de menos de 200 vehículos diarios); será posible obtener una superficie de bajo costo que puede proporcionar durante algún tiempo condiciones apropiadas de transitabilidad, con tal de que la reconocida susceptibilidad de estos materiales a la acción del agua se considere debidamente en otros aspectos del proyecto, como podrían ser la pendiente longitudinal y transversal, la curvatura, el drenaje superficial, etcétera.

Un pavimento debe de cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Ser estable ante los agentes del intemperismo.
- b) Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- c) Tener textura apropiada al rodamiento.
- d) Ser durable.
- e) Tener condiciones adecuadas en lo referente a permeabilidad.
- f) Ser económico.

Los requisitos anteriores definen una capa de material granular de muy buena calidad, que no es posible obtener en forma del todo natural y cuyas partículas deben estar inclusive ligadas de algún modo artificial (por ejemplo, el sello). Los suelos naturales cohesivos nunca podrían soportar la acción directa y prolongada del tránsito; los materiales granulares, tal como se encuentran, a pesar de su mayor resistencia potencial ofrecerían una superficie inestable por falta de coherencia.

La capa de que se habla resulta entonces necesariamente de mayor costo que el material de las terracerías y esto hace que los factores económicos adquieran en ella un papel relevante. En principio, el problema económico se resolvería con una capa de rodamiento muy cara, pero muy delgada; esta capa podría cubrir también los requisitos de estabilidad, duración, textura y permeabilidad, pero por su pequeño espesor se transmitirían a la terracería niveles de esfuerzos muy altos que perjudicarían pronto a la propia superficie de rodamiento por falta del requerido apoyo.

1.- La capa de rodamiento se construye con suficiente espesor y con una calidad tal que se logra que los esfuerzos transmitidos a la terracería sean compatibles con la calidad de ésta.

2.- La superficie de rodamiento se logra mediante una carpeta bituminosa relativamente delgada, de alto costo y alta calidad, por lo común, va disminuyendo con la profundidad, y congruentemente con los niveles de esfuerzos producidos por el tránsito, que siguen una ley en ese mismo sentido decreciente.

En la actualidad el problema de dimensionamiento entre el principio en hacer variar el espesor y la calidad de los materiales empleados en cada capa de manera que coincidan las dos leyes. Este es el orden de ideas que conducen a los pavimentos flexibles. Puede decirse que el espesor del pavimento depende fundamentalmente del material de la terracería, que constituye su apoyo.

En ocasiones puede convenir, como un refinamiento en las capas de pavimento, materiales cuya resistencia a la tensión sea considerable, añadiendo a los materiales térreos porcentajes apropiados de un aglutinante, como el cemento, el asfalto o cal; las capas así tratadas ven correspondientemente aumentada su capacidad de distribución de esfuerzos, con lo que pueden tenerse grandes ahorros en espesor.

Los factores económicos de costo, vida útil a considerar, definición de condiciones aceptables de servicio o de condiciones que ameriten compostura o reconstrucción constituyen un complejo trasfondo en todo el panorama de decisión conectado con el proyecto y la construcción de los pavimentos. Todos los criterios y variantes posibles han de examinarse a fin de cuentas dentro de un panorama económico que trascienda la consideración simplista de lo que es más económico o más costoso, para analizar toda la gama de factores sociales conectados con la inversión pública y todas las consideraciones de grado y calidad de servicio.

Las siguientes pueden considerarse las características fundamentales de un pavimento flexible, considerado como un conjunto:

- La resistencia estructural
- La deformabilidad
- La durabilidad
- El costo
- La conservación
- La comodidad

11.1 PRINCIPALES FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

11.1.1 FISURAS Y GRIETAS POR FATIGAMIENTO

Se presenta normalmente como una serie de fisuras y grietas interconectadas entre sí y que se encuentran en que se encuentran en fase inicial de desarrollo. Forman muchos trozos de ángulos agudos: en etapas avanzadas del deterioro forman una "malla de gallinero" o "piel de cocodrilo". Ocurren más frecuentemente en las zonas donde el pavimento recibe la mayor parte de las solicitaciones. Entre sus principales causas de aparición están las siguientes:

1. Espesor del pavimento inadecuado para el nivel de solicitaciones y/o de la capacidad de soporte de la sub.-rasante.
2. Drenaje inadecuado en zonas localizadas.
3. Mezcla asfáltica muy rígida.



Imagen 2. Fisuras y Grietas por Fatigamiento

Fuente: Corporativo AG

11.1.2 FISURAS Y GRIETAS EN BLOQUE

Considerado como el agrietamiento que divide el pavimento en trozos aproximadamente rectangulares de diversas dimensiones. Las posibles causas para el deterioro de la vía por este fenómeno están las siguientes:

1. Mezcla asfáltica muy rígida.

2. Espesor del pavimento es inadecuado para el nivel de solicitaciones y/o baja capacidad de soporte de la sub-rasante.



Imagen 3. Fisuras y Grietas en Bloque

Fuente: Corporativo AG

11.1.3 GRIETAS DE BORDE

La forma de identificar a este tipo de problema, es por la aparición de fisuras y grietas en forma de medialuna o que se desarrollan en forma más o menos continúa, interceptando el borde del pavimento; se originan exclusivamente cuando las bermas no son pavimentadas. El agrietamiento se desarrolla normalmente entre el borde del pavimento y hasta unos 600mm hacia el interior aproximadamente. También dentro de esa franja, pero fuera de la huella por donde transita la mayor parte del tránsito, pueden existir fisuras y grietas longitudinales. La falta de confinamiento lateral de una carpeta mal adherida a las base es considerada como la principal causa del problema.



Imagen 4. Grietas de Borde
Fuente: Corporativo AG

11.1.4 FISURAS Y GRIETAS TRANSVERSALES

Otro problema visible en los pavimentos rígidos es la presencia de Fisuras y Grietas Transversales, predominantemente perpendiculares al eje de la calzada, en carpetas que no recubren pavimento de hormigón o base tratada con cemento. Factores importantes para la falla de los pavimentos por este padecimiento en gran medida están los factores climáticos, en especial en mezclas muy rígidas. Así misma la mala construcción de juntas.



Imagen 5. Fisuras y Grietas Transversales
Fuente: Corporativo AG

XII. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Este proyecto requirió de la elaboración de un Estudio Hidrológico de la zona donde estaría el Distribuidor Vial, motivo por el cual realizamos, apegados a las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), este Estudio Hidrológico.

Primeramente trazamos el objetivo de nuestro estudio, siendo este, el establecer la magnitud de los escurrimientos ante la presencia de eventos pluviales inesperados y poder así darle un periodo de vida útil a esta obra. La metodología de trabajo que llevamos a cabo la resumimos a continuación:

Comenzamos por recopilar toda la información necesaria, para esto recurrimos a la Comisión Nacional del Agua Delegación Querétaro, donde nos dijeron que no existía información hidrométrica de esta zona, por lo que basamos nuestro estudio en el análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 hrs., para esto recabamos toda la información histórica pluviométrica necesaria de las estaciones climatológicas, siendo la más significativa la Estación Juriquilla. Definimos además las características fisiográficas de la zona de interés.

Realizamos el análisis de la precipitación máxima en 24 hrs. que nos permitiera establecer la relación Intensidad - Periodo de Retorno mediante métodos estadísticos, siendo el Método de Gumbel el más adecuado para nuestro caso y así determinamos la distribución de probabilidad que mejor se ajustaba a nuestros datos.

Una vez que establecimos la relación Precipitación Máxima en 24 hrs – Periodo de Retorno procedimos a realizar la conversión de la Precipitación Máxima en 24 hrs a Intensidad de Tormenta. Para determinar la relación Gasto Máximo – Periodo de Retorno recurrimos al Método Racional, considerado como adecuado al basarse en datos climatológicos y características fisiográficas del área de estudio.

Realizamos los Hidrogramas Unitarios para cada una de las cuencas (incluidos en esta tesina); con estos hidrogramas llevamos a cabo el Tránsito Hidráulico de las Avenidas para poder así cumplir con nuestro objetivo planteado.

Los siguientes párrafos nos van explicando de manera más amplia la realización del Estudio Hidrológico, mediante el Método de la S.C.T.:

Para calcular el gasto máximo con el Método de Ven Te Chow correspondiente a un periodo de retorno, se procede como sigue:

Dependiendo de las características del suelo de la cuenca en estudio, observadas según se indica en la cláusula C de la norma N-PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*, este se clasifica dentro de alguno de los siguientes tipos:

Tipo A: Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arena de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas.

Tipo B: Suelos con infiltración media inferior a la del tipo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.

Tipo C: Suelos con infiltración media inferior a la del tipo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.

Tipo D: Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con sub-horizontes casi impermeables cerca de la superficie.



Figura 22. Regiones Hidrológicas del Municipio de Querétaro
 Fuente: Anuario Económico Municipal 2005

Según el tipo de suelo, clasificado como se indica en el inciso anterior, y de acuerdo con las características de la superficie de la cuenca, se determinará el *número de escurrimiento* (η).

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Figura 23. Número de Escurrimiento (η)

Fuente: M-PRY-CAR-1-06-004, SCT

Si existen varias zonas con suelos de tipos diferentes, para cada una de ellas se determina su número de escurrimiento (η_i), así como su área (A_i) y se obtiene el número de escurrimiento de toda la cuenca aplicando la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^k \eta_i A_i}{A} \quad (3)$$

Donde η representa el número de escurrimiento de la cuenca en estudio (adimensional), η_i el número de escurrimiento de la zona i (adimensional), A_i el área de la zona i (Km²), A el área total de la cuenca determinada como se indica en la Fracción C.1. Del Manual N-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información* (km²) y k el número de zonas identificadas.

Los resultados que se obtienen mediante el método de Chow, son muy sensibles a la variación del número de escurrimiento, por lo que su determinación ha de hacerse cuidadosamente.

Con una duración de la tormenta (t), seleccionada arbitrariamente, en minutos o en horas, según se requiera, se entra verticalmente en las curvas de intensidad-duración-periodo de retorno, obtenidas como se indica en la Fracción D.1 del manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, hasta la curva correspondiente al periodo de retorno establecido y se determina horizontalmente la intensidad de lluvia en milímetros por hora.

Se calcula la altura de precipitación (P) correspondiente a la intensidad de lluvia determinada como se indica en el inciso anterior, multiplicando esta por la duración de la tormenta seleccionada y se transforma a centímetros.

Con el número de escurrimiento (η) y la altura de precipitación (P), se determina la *precipitación en exceso* (Pe) con la siguiente fórmula o con la ayuda de la Figura 22:

$$Pe = \frac{\left[P - \frac{508}{\eta} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{\eta} - 20.32} \quad (4)$$

Donde P_e es la precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido (cm), P la altura de precipitación para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido (cm) y η el número de escurrimiento de la cuenca en estudio (adimensional).

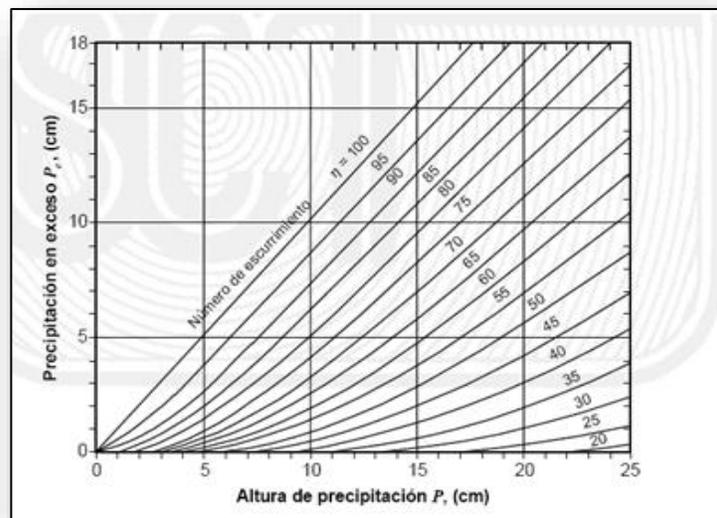


Figura 24. Relación entre la Altura de Precipitación (P) y la Precipitación en Exceso (Pe) para diferentes Números de Escurrimiento (η)

Fuente: M-PRY-CAR-1-06-004, SCT

Con base en la precipitación en exceso (P_e) y la duración de la tormenta (t) seleccionada, se determina el *factor de escurrimiento* (X), en centímetros por hora, con la siguiente ecuación:

$$X = \frac{P_e}{t} \quad (5)$$

Donde X es el factor de escurrimiento (cm/h), P_e la precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido (cm) y t la duración de la tormenta seleccionada (h)

Con la longitud del cauce principal (L) convertida a metros y su pendiente media (S_c) expresada en por ciento, determinadas según se indica en la Fracción C.2. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, se calcula el *tiempo de retraso* (t_r), mediante la siguiente fórmula o con la ayuda de la Figura 25:

$$t_r = 0.00505 \left(\frac{L}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.64} \quad (6)$$

Donde t_r es el tiempo de retraso (h), L la longitud del cauce principal (m) y S_c la pendiente media del cauce principal (%)

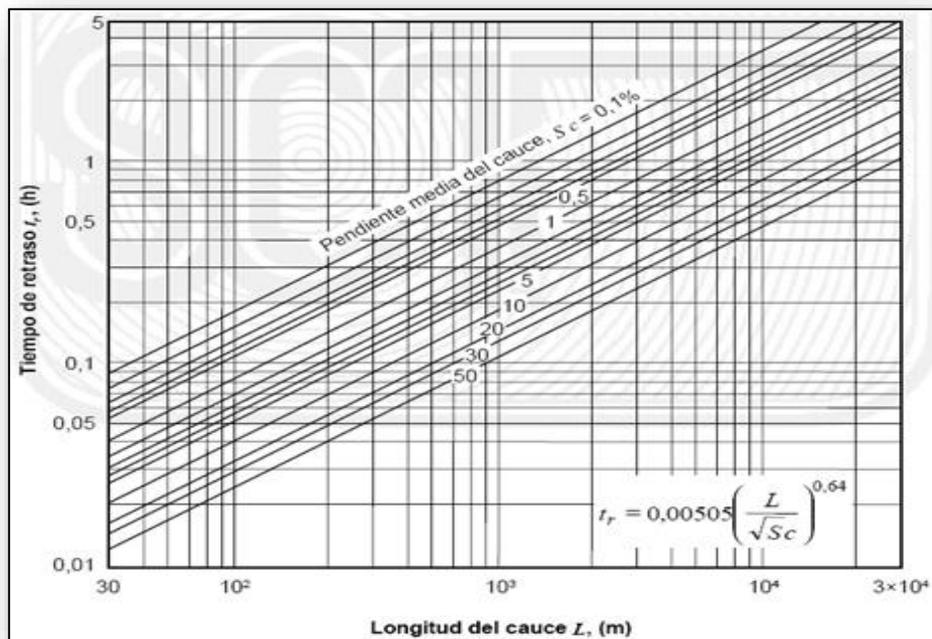


Figura 25. Tiempo de Retraso (t_r)
Fuente: M-PRY-CAR-1-06-004, SCT

Se calcula la relación entre la duración de la tormenta seleccionada y el tiempo de retraso (t/t_r), y con ayuda de la Figura 25, se determina el *factor de reducción del pico Z* (adimensional).

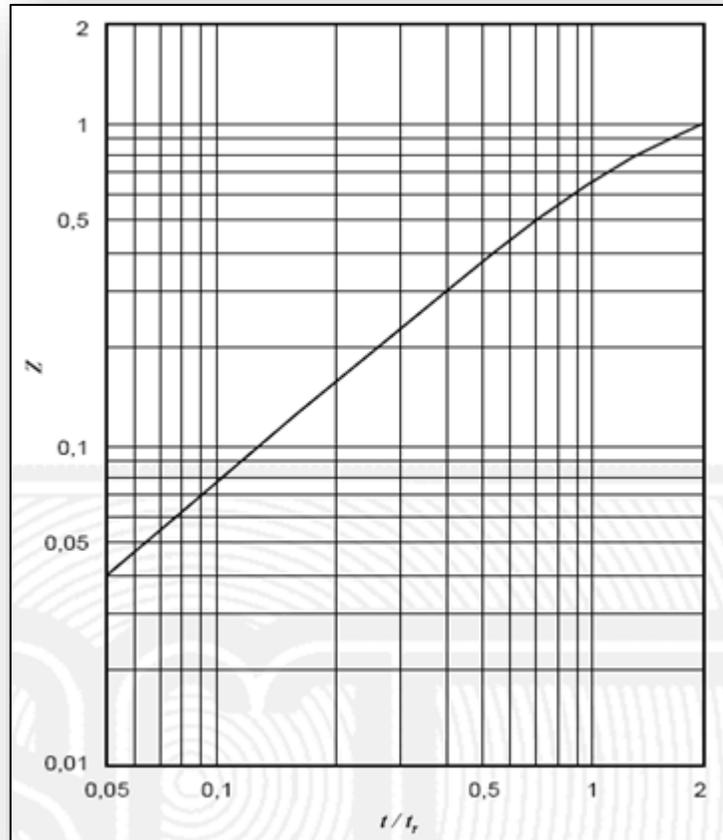


Figura 26. Factor de Reducción del Pico (Z), con base en la relación (t/t_r)
 Fuente: M-PRY-CAR-1-06-004, SCT

El gasto que producirá la precipitación con la duración de la tormenta seleccionada, para el periodo de retorno establecido, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = 2.78AXZ \tag{7}$$

Donde Q representa el gasto para la duración de la tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido (m^3/s), Al área de la cuenca (Km^2), X el factor de escurrimiento (cm/h) y Z un factor de reducción del pico (adimensional).

Se repite el procedimiento indicado para otras duraciones de tormenta con el periodo de retorno (T_r) establecido y se selecciona como gasto máximo (Q_{Tr}) para ese periodo de retorno, el gasto que resulte mayor.

De la misma forma se determinan los gastos máximos para cada uno de los periodos de retorno establecidos de acuerdo con lo indicado en la Clausula D. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*. Estos gastos se asientan en un papel semilogarítmico, elaborando una gráfica de *Gastos Máximos - Periodos de Retorno según el Método de Chow*, en la que las ordenadas en escala natural corresponden a los gastos y las abscisas en escala logarítmica, a los periodos de retorno.

Para cuencas con áreas mayores de 250 Km² cuyas corrientes no están aforadas, es necesario comparar el gasto máximo (Q_{Tr}) que se obtenga con este método para un determinado periodo de retorno, con el que se calcula para la cuenca en estudio ($Q_{Tr'}$) a partir del que se determine mediante un método estadístico para otra cuenca cercana aforada dentro de la misma región hidrológica, para el mismo periodo de retorno, con la siguiente fórmula:

$$Q_{Tr'} = Q_{Trb} \times \frac{A\eta}{A_b\eta_b} \left(\frac{S_c}{S_{cb}} \right)^{3/4} \quad (8)$$

donde $Q_{Tr'}$ representa el gasto máximo de la cuenca en estudio, inferido a partir de otra cuenca cercana aforada dentro de la misma región hidrológica, para el periodo de retorno Tr establecido (m³/s), Q_{Trb} el gasto máximo de la cuenca aforada, para el periodo de retorno Tr establecido (m³/s), A el área de la cuenca en estudio (Km²), A_b el área de la cuenca aforada (Km²), η el número de escurrimiento de la cuenca en estudio (adimensional), η_b el número de escurrimiento de la cuenca aforada (adimensional), S_c la pendiente media del cauce principal de la cuenca en estudio (%) y S_{cb} la pendiente media del cauce principal de la cuenca aforada (%).

XIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

13.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA EL DISEÑO DEL DISTRIBUIDOR VIAL

Los datos obtenidos de este levantamiento topográfico son mostrados a continuación; el plano topográfico diseñado a partir de este estudio se encuentra en el Anexo A de este trabajo.

Tabla 3. Relación de Vértices

RELACIÓN DE VÉRTICES GPS			
GPS	X	Y	Z
V-7942	350644,569	2283734,09	1814,233
V-7943	349966,101	2283421,16	1813,609
RELACIÓN DE VÉRTICES GPS			
V-7944	349847,805	2283006,35	1811,892
V-7945	350250,391	2282484,69	1809,275
V-7946	350989,635	2282835,67	1812,585
V-7947	350899,455	2283227,84	1814,637
V-7948	350842,381	2283254,38	1814,339

Fuente: Elaboración Propia (Datos Capturados)

Tabla 4. Coordenadas para Trazo.

COORDENADAS PARA TRAZO		
PUNTO	X	Y
1	350431,622	2283045,69
2	350451,512	2283087,21
3	350495,652	2283074,14
4	350612,186	2283039,64
5	350623,98	2283036,14
6	350635,5	2283031,83
7	350741,937	2282992
8	350781,369	2282977,94
9	350821,347	2282990,36
10	350831,096	2282993,39
11	350865,221	2283004
12	350875,116	2282969,66
13	350877,943	2282959,85
14	350884,253	2282939,03
15	250853,211	2283034,46
16	350906,139	2283100,9
17	350928,574	2283129,06

18	350914,278	2283162,1
19	350904,365	2283185,02
20	350902,356	2283209,91
21	350848,737	2283282,04
22	350753,384	2283279,89
23	350808,123	2283201,79
24	350843,521	2283151,28
25	350848,476	2283144,21
26	350849,574	2283135,65
27	350852,409	2283113,56
28	350811,223	2282981,75
29	350746,608	2283000,88
30	350851,166	2283025,96
31	350849,732	2283036,51
32	350871,569	2283053,89
33	350870,73	2283060,06
34	350895,079	2283083,4
35	350894,241	2283089,57
36	350907,962	2283096,76
37	350906,446	2283107,92

Fuente: Elaboración Propia (Datos Capturados)

Las Tablas 3 y 4 son el reflejo de los datos adquiridos durante la realización del levantamiento topográfico, que con la ayuda de los aparatos de medición topográfica fueron obtenidos en campo.

Al momento de hacer el vaciado de puntos en el programa AutoCAD, se manipularon y nos sirvieron para la generación de la curvas de nivel, mismas que dibujamos en el plano del Anexo A. además estos puntos sirvieron para un trazo preliminar del distribuidor vial.

13.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para la realización del estudio se contó con la siguiente información:

- Plano con la planta del proyecto del Distribuidor Vial Norponiente
- Cartas Topográficas, escala 1:50 000 de INEGI
- Registros de Lluvia Diaria.
- Levantamiento Topográfico
- Plano “Gastos y Capacidades Máximas de la Red de Drenaje Pluvial para la Zona Urbana y Conurbada a la Ciudad de Querétaro”

A partir de las cartas topográficas digitalizadas escala 1:50,000, se delimitaron las cuencas y subcuencas que generan el escurrimiento que incide sobre el área de estudio, mismas que se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla 5. Características de las Cuencas

CUENCA	ÁREA km ²	H1 msnm	H2 msnm	LONGITUD m	PENDIENTE	ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA
1	56,6	2,230	1,820	11,23	0,0365	Juriquilla
2	0,6	1,820	1,810	2,18	0,0046	Juriquilla
3	2,7	1,960	1,830	1,70	0,0763	Juriquilla
4	1,7	1,960	1,820	1,60	0,0872	Juriquilla
5	0,4	1,960	1,820	1,32	0,1060	Juriquilla
6	0,8	1,820	1,810	2,18	0,0046	Juriquilla
7	1,5	1,960	1,810	1,26	0,1184	Juriquilla
8	0,5	1,820	1,810	2,18	0,0046	Juriquilla
9	2,5	1,900	1,810	3,51	0,0256	Juriquilla
10	4,0	1,910	1,810	3,86	0,0259	Juriquilla
11	10,4	1,920	1,820	5,48	0,0182	Juriquilla
12	282,0	2,490	1,920	23,66	0,0241	El Zamorano, Juriquilla, La Joya
13	59,3	2,420	1,840	13,75	0,0422	La Joya, Juriquilla

Fuente: Elaboración Propia

Las cuencas 9,10, 11, 12 y 13 son aportadoras de escurrimiento hacia el arroyo y dren El Arenal. Las cuencas 1, 3, 4, 5 y 7, escurren hacia la carretera y eventualmente alimentan al dren Juriquilla por margen izquierda.

Las cuencas 2, 6 y 8 concentran el escurrimiento hacia el dren Juriquilla. En la zona se identificaron tres estaciones con registro diario de lluvia, que cuentan con un periodo común de información: El Zamorano (1979-2006), Juriquilla (1979-2006) y La Joya (1975-2006), cuyos registros de precipitación máxima diaria se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Lluvias Máximas en 24 horas

AÑO	LLUVIA (mm)		
	El Zamorano	Juriquilla	La Joya
1975	-	-	20,7
1976	-	-	20,8
1977	-	-	60,5
1978	-	-	37,0
1979	18,2	15,0	40,6
1980	41,5	51,5	60,6
1981	35,0	34,2	40,1
1982	40,5	35,0	57,0
1983	79,0	95,2	56,0
1984	40,4	44,2	41,2
1985	54,2	62,8	78,0
1986	24,3	42,0	40,4
1987	21,0	60,0	67,0
1988	61,8	49,1	43,0
1989	60,0	51,5	26,0

1990	35,2	32,0	50,0
1991	40,5	53,0	80,3
1992	47,0	42,0	60,0
1993	42,0	43,5	40,0
1994	85,0	41,0	40,0
1995	20,5	54,5	42,0
1996	45,0	66,5	40,0
1997	40,0	50,5	-
1998	92,5	47,5	-
1999	48,0	72,0	43,0
2000	44,0	46,0	44,0
2001	38,0	48,0	33,0
2002	61,0	40,4	72,0
2003	42,0	71,0	51,0
2004	39,0	63,0	57,0
2005	47,0	40,0	42,0
2006	62,0	48,0	42,0

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo de los escurrimientos se realizó empleando el método de Ven Te Chow, con la determinación de la lluvia en exceso calculada con el criterio del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USSCS). Los cálculos se presentan en el Anexo C, mientras que a continuación se presenta el resumen de los mismos:

Tabla 7. Características de las Cuencas para el Cálculo de Gastos Máximos

CUENCA	ÁREA Km ²	LONGITUD DEL CAUCE Km	DESNIVEL DEL CAUCE M	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN hrs	NÚMERO DE ESCURRIMIENTO
1	56,60	11,23	410,00	5,64	59
2	0,62	2,19	10,00	3,80	89
3	2,73	1,70	130,00	1,33	82
4	1,72	1,61	140,00	1,23	82
5	0,43	1,32	140,00	1,02	82
6	0,77	2,19	10,00	3,85	89
7	1,46	1,27	150,00	0,96	82
8	0,53	2,19	10,00	3,85	89
9	2,52	3,51	90,00	3,00	89
10	3,98	3,86	100,00	3,18	89
11	10,36	5,49	100,00	4,45	82
12	282,00	23,66	570,00	10,38	59
13	59,29	13,76	580,00	6,13	59

Fuente: Elaboración Propia

Los gastos asociados a diversos periodos de retorno para cada una de las cuencas, se pueden observar en la tabla siguiente:

Tabla 8. Gasto de Escurrimiento por Cuenca

Tr años	Gasto m ³ /s												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	15,06	0,37	1,76	1,11	0,33	0,45	1,11	0,32	1,77	2,79	3,56	39,88	10,54

5	15,28	0,60	3,40	2,14	0,63	0,75	2,15	0,52	2,92	4,61	6,68	40,01	11,53
10	16,11	0,80	5,02	3,16	0,94	1,00	3,18	0,69	3,84	6,06	9,40	41,11	12,61
25	17,25	1,08	7,42	4,68	1,38	1,34	4,70	0,93	5,12	8,08	13,28	58,66	22,32
50	22,65	1,29	9,35	5,89	1,74	1,60	5,92	1,12	6,15	9,71	16,35	81,28	30,75
100	31,12	1,51	11,34	7,14	2,11	1,87	7,18	1,30	7,20	11,36	19,50	106,36	39,93

Fuente: Elaboración Propia

Las recomendaciones de la Comisión Nacional del Agua para caminos en poblaciones medias señalan que el análisis debe considerar un periodo de retorno entre 25 y 50 años. Con el afán de contar con las obras pluviales que permitan un adecuado desalojo del agua de lluvia a un costo razonable, la revisión se hace con un periodo de retorno de 25 años.

Salida: Boulevard de La Nación

El caudal esperado en el canal oriente de la carretera, a la altura de la salida Boulevard de La Nación, Querétaro, considerando los gastos que se generan en las cuencas 3, 4 y 5 es de 13.48 m³/s y se incorpora aguas abajo el escurrimiento que se genera en la cuenca 7 de 4.70 m³/s para un total de 18.18 m³/s, cuando la capacidad de ese dren, de acuerdo con estimaciones preliminares del municipio de Querétaro es de 9.9 m³/s, por lo que es insuficiente la capacidad de este dren para desalojar una avenida con un periodo de retorno de 25 años. La capacidad actual corresponde a un periodo de retorno de unos 7 años, es decir, que al menos uno de cada siete años se desbordará el agua.



Figura 27. Gastos de Salida: Boulevard de la Nación
Salida: Cerro del Tambor

El caudal esperado por el dren Jurica a la altura del Acceso no. 5 considerando la aportación de las cuencas 1, 2 y 6, asciende a 17.48 m³/s. La capacidad estimada por la Comisión Estatal de Aguas es de 24.08 m³/s, adicionalmente, habrá que considerar la aportación que se genera dentro la cuenca propia, entre el Acceso no. 5 y el Acceso no. 4, que es de 0.93 m³/s, para un total de 18.41 m³/s, adicionalmente.

Es importante señalar que existe una conexión del dren oriente hacia el dren Jurica, precisamente en las inmediaciones donde se pretende construir la salida hacia Querétaro, que se estima con un gasto de 3.82 m³/s, por lo que el gasto total esperado en el dren Jurica en ese sitio es de 22.23 m³/s.



Figura 28. Gastos de Salida: Boulevard de la Nación
Salida: Cerro del Tambor

En el caso del dren el Arenal, cabe comentar que tiene sus orígenes en el Arroyo El Arenal desde la parte alta de los cerros de Charape de los Pelones y Puerto de Nieto, por ello, el escurrimiento esperado, sin control, correspondería a la suma de los escurrimientos que se generan las cuencas 9,10,11,12 y 13, para un caudal total de 107.47 m³/s, sin embargo aguas arriba se cuenta con varios almacenamientos entre los que se encuentran las presas Santa Catarina, El Pinto y El Cajón, con una capacidad conjunta de unos 10 millones de metros cúbicos, que con una adecuada operación como sistema, permitiría regular hasta el 50% del gasto. La capacidad de conducción del dren a la altura del Cerro del Tambor, es de 51.07 m³/s, por lo que es de esperarse desbordamientos instantáneos, al presentarse gastos pico asociados a los 25 años de periodo de retorno.

XIV. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL DISTRIBUIDOR VIAL

Después de analizar los datos obtenidos en el Aforo Vehicular, mostrados en la Tabla 3 de este trabajo, y con ayuda del Método para el Diseño de Pavimentos propuesto por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) y apegándose en su normatividad, se obtuvieron los siguientes resultados, que son de utilidad para la propuesta de los espesores en el pavimento y que a continuación se muestran:

Tabla 9. Datos Generales

DATOS GENERALES DEL PROBLEMA	
Número de Carriles =	4
Periodo de Diseño (años) =	10
Tasa de Crecimiento Anual (%) =	10
VRS	3,5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Distribución del Tránsito

DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO						
Tipo de Vehículo	Ap	Ac	B	C2	C3	TOTALES
Peso del Vehículo Cargado (ton)	2,0	4,9	12,5	9,3	16,6	45,3
Peso del Vehículo Vacío (ton)	1,5	2,4	10,0	4,2	6,9	25,0
Tránsito Mezclado (vehículos)	22759,0	5049,0	1199,0	714,0	51,0	29772,0
Coficiente Vehículo Cargado	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	-
Coficiente Vehículo Vacío	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-
Número de Vehículos Cargados	18207,0	4039,0	1199,0	714,0	51,0	24210,0
Número de Vehículos Vacíos	4552,0	1010,0	0,0	0,0	0,0	5562,0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Espesores Propuestos

DISEÑO (MÉTODO SCT)		
Capa del Pavimento	Calculados	Propuestos
Subrasante (cm)	30	30
Subbase (cm)	16,03	17
Base (cm)	16,03	16

Carpeta (cm)	5	2
Total (cm)	67,06	65

Fuente: Elaboración Propia

XV. CONCLUSIONES

El proceso de urbanización seguramente seguirá su curso en el país en los próximos años, alimentado por el crecimiento natural de la población y los flujos migratorios. Las ciudades y zonas metropolitanas concentrarán a tres de cada cuatro mexicanos y albergarán a casi todo el crecimiento poblacional de las próximas tres décadas. La dinámica prevista plantea complejos desafíos que demandan la puesta en marcha de estrategias y programas integrales y de largo plazo para conducir el desarrollo urbano de manera más eficiente y evitar la expansión desordenada, desarticulada y segregada de las ciudades.

En todo diseño de una vialidad, la condición que debe tener preferencia es proporcionarle seguridad al tránsito. El objetivo es lograr que el conductor circule cómodamente por las distintas vialidades evitando, en lo menos posible, que le afecten factores externos como por ejemplo: el clima, el uso del suelo, los medios de comunicación, el tránsito y la vía.

El tipo de infraestructura vial, las características geométricas, la estética, y la uniformidad de las soluciones, harán que el conductor pueda transitar con el menor riesgo posible ante situaciones climáticas especiales como lluvias intensas y problemas de tránsito como mezclarse en un flujo de vehículos ligeros y pesados en una intersección de tamaño reducido y con puntos de congestión o cuellos de botella.

El diseño que aquí se presenta cumple con las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y representa una solución viable para enfrentar y remediar los problemas que se presentan con la Ingeniería de Vías Terrestres.

Obras de esta magnitud son de gran importancia para todos los que habitamos en esta ciudad, y es muestra de que en conjunto se viene trabajando para que cada vez sea mejor el problema de tránsito vehicular, dando alternativas de vías de transporte a todos los usuarios.

El pavimento propuesto está diseñado para soportar las cargas repetitivas que se presentan por la circulación de vehículos clasificados como Ap, Ac, B, C2 y C3 e igualmente se apega a la Normativa de la SCT.

La señalización está diseñada y cuenta con todos los elementos necesarios para que todos los usuarios identifiquen rápidamente las direcciones que deben de tomar para poder dirigirse a los distintos puntos de interés en la zona.

El estudio hidrológico arrojó algunos datos significativos, por lo que se recomienda realizar un estudio para la posible construcción de cortinas rompe pico en las cuencas 3 y 7, con el objeto de atenuar el caudal que circula hacia el canal oriente y diseñar su operación para mantenerlas vacías en espera del escurrimiento a regular.

Para finalizar queremos recalcar que el Diplomado en Vías Terrestres nos fue de mucha ayuda en la comprensión de términos utilizados dentro de los temas tratados en este trabajo, facilitando nuestro trabajo y así poder brindar una mejor explicación al contenido de esta tesina.

XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Crespo, Carlos. (1983). *Vías Terrestres y Aeropistas*. Ed. (s.n.), México
- Olivera, Fernando. (1996). *Estructuración de Vías Terrestres*. CECSA, México
- Rico, Alfonso. (1984). *La Ingeniería de los Suelos en las Vías Terrestres*. Ed. Limusa, México
- S.O.P. (1971). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. Tomo I al VI Ed. (s.n.), México
- Crespo, Carlos. (2002). *Vías de Comunicación: Camino, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos*. Ed. Limusa, México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.). (s.a.). *Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT*. Ed. (s.n.), México
- J. Garber, Nicholas., A. Hoel, Lester (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. Ed. Thomson
- Google Earth
- II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2005
- N-CTR-CAR-1-04-001 de la SCT
- M-PRY-CAR-1-06-004 de la SCT
- AutoCAD 2007 ®
- <http://www.imt.mx/Manual/index.php?id=72>
- <http://dgcc.sct.gob.mx/index.php?id=573>

- <http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt233.pdf>
- <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/terciario/transporte/carreteras.aspx?tema=E>
- www.construaprende.com
- <http://dgcc.sct.gob.mx>
- http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCALNew/enciclo_qro

XVII. ANEXOS

FOTOGRAFÍAS DEL DISTRIBUIDOR VIAL



Fotografía A. Trabajos en el Distribuidor Vial



Fotografía B. Trabajos en el Distribuidor Vial (Señalamientos)

ANEXO B VOLÚMENES DISTRIBUIDOR VIAL NORPONIENTE

Tabla A. Volúmenes de Obra

Concepto	Cantidad	Unidad
Relleno	3896,22	M3
Corte	184,68	M3
Terraplén	3896,22	M3
Desmonte	184,68	M3
Inadecuado	0	M3
Total Necesario	3711,54	M3

Tabla B. Subrasantes por Estación

Estación y Material	SUBRASANTES		
	Área	Volumen	Curva
	Desmonte	Tot. Acum. (M3)	Corrección
0+000.564:1	7,75		0,00

CARPETA	0,56		0,00
BASE	1,59		0,00
SUBBASE	1,6		0,00
SUBRASANTE	2,4		0,00
SUBYACENTE	1,6		0,00
0+020.000:1	7,75	149,19	
CARPETA	0,56	10,77	-0,98
BASE	1,59	30,65	-0,98
SUBBASE	1,6	30,79	-0,98
SUBRASANTE	2,4	46,19	-0,98
SUBYACENTE	1,6	30,79	-0,98
0+038.560:1	7,75	291,66	
CARPETA	0,56	21,05	-0,98
BASE	1,59	59,93	-0,98
SUBBASE	1,6	60,2	-0,98
SUBRASANTE	2,4	90,3	-0,98
SUBYACENTE	1,6	60,2	-0,98
0+040.000:1	7,75	302,72	
CARPETA	0,56	21,84	-0,98
BASE	1,59	62,2	-0,98
SUBBASE	1,6	62,48	-0,98
SUBRASANTE	2,4	93,72	-0,98
SUBYACENTE	1,6	62,48	-0,98
0+060.000:1	7,75	456,24	
CARPETA	0,56	32,92	-0,98
BASE	1,59	93,74	-0,98
SUBBASE	1,6	94,17	-0,98
SUBRASANTE	2,4	141,25	-0,98
SUBYACENTE	1,6	94,17	-0,98
0+080.000:1	7,75	609,76	
CARPETA	0,56	44	-0,98
BASE	1,59	125,28	-0,98
SUBBASE	1,6	125,85	-0,98

SUBRASANTE	2,4	188,78	-0,98
SUBYACENTE	1,6	125,85	-0,98
0+100.000:1	7,75	763,29	
CARPETA	0,56	55,08	-0,98
BASE	1,59	156,83	-0,98
SUBBASE	1,6	157,54	-0,98
SUBRASANTE	2,4	236,31	-0,98
SUBYACENTE	1,6	157,54	-0,98
0+110.700:1	7,75	845,42	
CARPETA	0,56	61	-0,98
BASE	1,59	173,7	-0,98
SUBBASE	1,6	174,49	-0,98
SUBRASANTE	2,4	261,73	-0,98
SUBYACENTE	1,6	174,49	-0,98
0+120.000:1	7,75	917,52	
CARPETA	0,56	66,21	0,00
BASE	1,59	188,52	0,00
SUBBASE	1,6	189,37	0,00
SUBRASANTE	2,4	284,06	0,00
SUBYACENTE	1,6	189,37	0,00
0+140.000:1	7,75	284,06	
CARPETA	0,56	189,37	0,00
BASE	1,59	1072,56	0,00
SUBBASE	1,6	77,39	0,00
SUBRASANTE	2,4	220,37	0,00
SUBYACENTE	1,6	221,37	0,00
0+160.000:1	7,75	1227,61	
CARPETA	0,56	88,58	0,00
BASE	1,59	252,23	0,00
SUBBASE	1,6	253,37	0,00
SUBRASANTE	2,4	380,06	0,00
SUBYACENTE	1,6	253,37	0,00
0+172.376:1	7,75	1323,55	

CARPETA	0,56	95,51	0,00
BASE	1,59	271,94	0,00
SUBBASE	1,6	273,17	0,00
SUBRASANTE	2,4	409,76	0,00
SUBYACENTE	1,6	273,17	0,00
0+180.000:1	7,75	1383,49	
CARPETA	0,56	99,83	1,43
BASE	1,59	284,26	1,43
SUBBASE	1,6	285,54	1,43
SUBRASANTE	2,4	428,32	1,43
SUBYACENTE	1,6	285,54	1,43
0+189.304:1	7,75	1456,65	
CARPETA	0,56	105,11	1,43
BASE	1,59	299,29	1,43
SUBBASE	1,6	300,64	1,43
SUBRASANTE	2,4	450,97	1,43
SUBYACENTE	1,6	300,64	1,43
0+200.000:1	7,75	1539,57	
CARPETA	0,56	111,09	0,00
BASE	1,59	316,32	0,00
SUBBASE	1,6	317,76	0,00
SUBRASANTE	2,4	476,64	0,00
SUBYACENTE	1,6	317,76	0,00
0+211.574:1	7,75	1629,29	
CARPETA	0,56	117,57	0,00
BASE	1,59	334,76	0,00
SUBBASE	1,6	336,27	0,00
SUBRASANTE	2,4	504,41	0,00
SUBYACENTE	1,6	336,27	0,00

Tabla C. Volúmenes Totales

TOTALES

CARPETA	117,57	M3
BASE	334,76	M3
SUBBASE	336,27	M3
SUBRASANTE	504,41	M3
SUBYACENTE	336,27	M3

ANEXO C. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Cuenca 1

Esta cuenca tiene una superficie de 56.6 kilómetros cuadrados (km²). Su cauce principal tiene una longitud de 11.233 km y un desnivel de 410 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 5.64 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla A. Gasto Máximos Cuenca 1

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	15.06
5	15.28
10	16.11
25	17.25
50	22.65
100	31.12

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

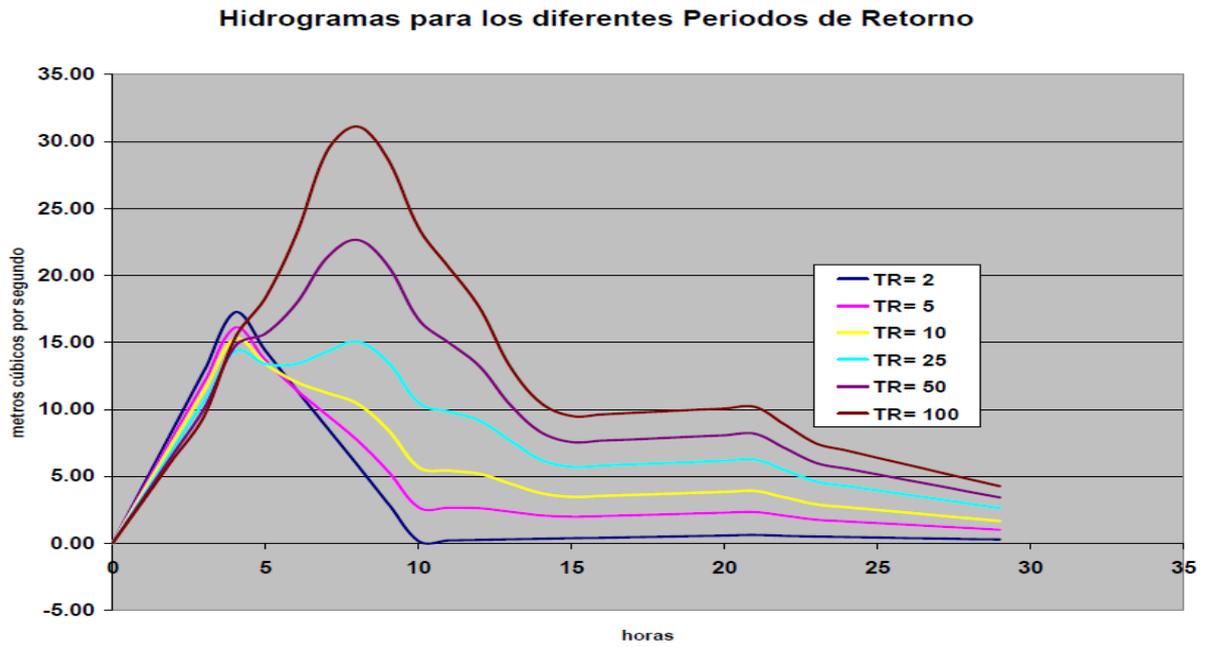


Figura A. Hidrogramas Cuenca 1

Cuenca 2

Esta cuenca tiene una superficie de 0.62 km². Su cauce principal tiene una longitud de 2.187 km y un desnivel de 10 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 3.8 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla B. Gastos Máximos Cuenca 2

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	0.37
5	0.60
10	0.80
25	1.08
50	1.29
100	1.51

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

Hidrogramas para los diferentes Periodos de Retorno

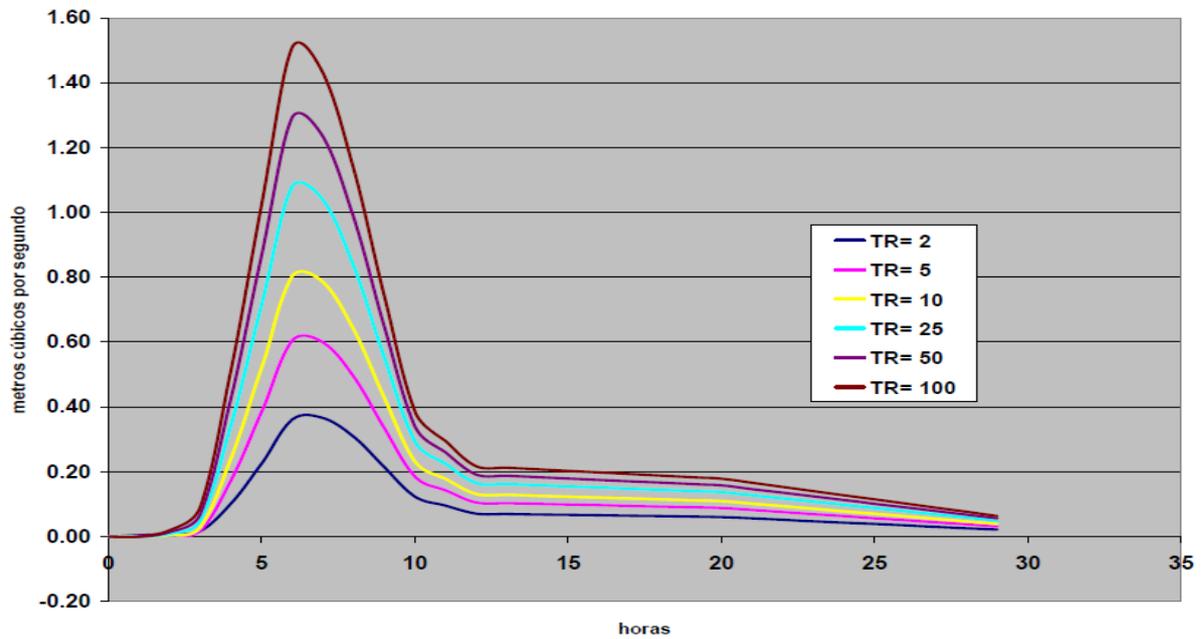


Figura B. Hidrogramas Cuenca 2

Cuenca 3

Esta cuenca tiene una superficie de 2.73 km². Su cauce principal tiene una longitud de 1.704 km y un desnivel de 130 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 1.33 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla C. Gastos Máximos Cuenca 3

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	1.76
5	3.40
10	5.02
25	7.42
50	9.35
100	11.34

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

Hidrogramas para los diferentes Periodos de Retorno

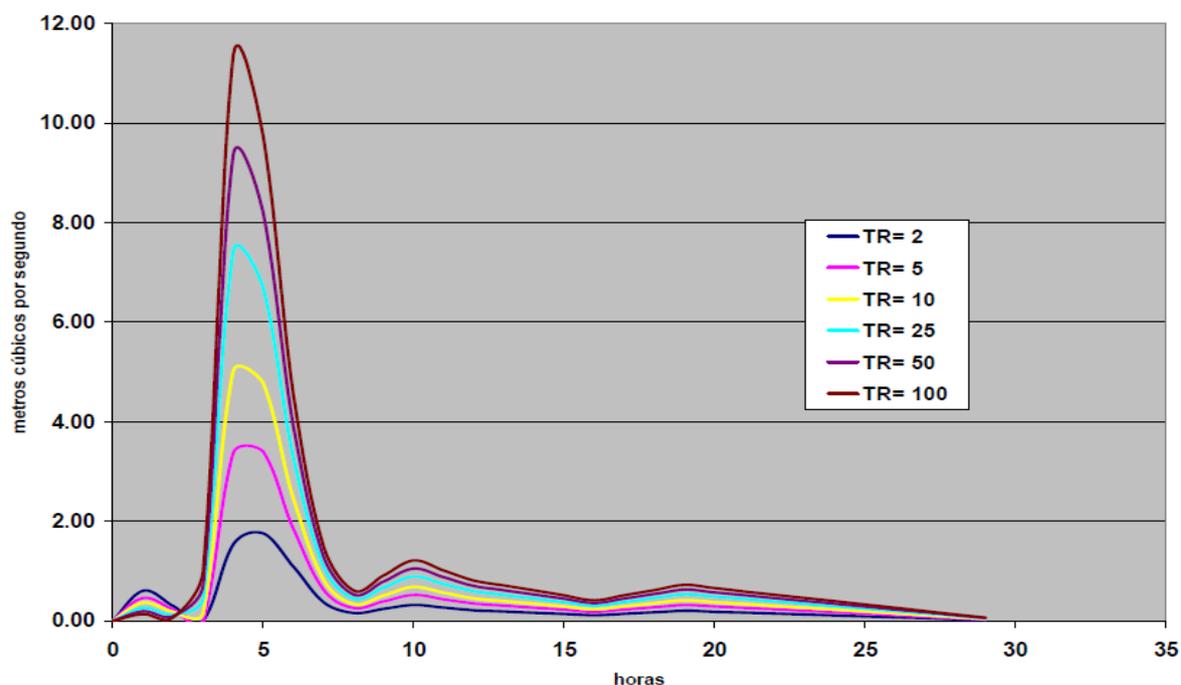


Figura C. Hidrogramas Cuenca 3

Cuenca 4

Esta cuenca tiene una superficie de 1.72 km². Su cauce principal tiene una longitud de 1.606 km y un desnivel de 140 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 1.23 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla D. Gastos Máximos Cuenca 4

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	1.11
5	2.14
10	3.16
25	4.68
50	5.89
100	7.14

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

Hidrogramas para los diferentes Periodos de Retorno

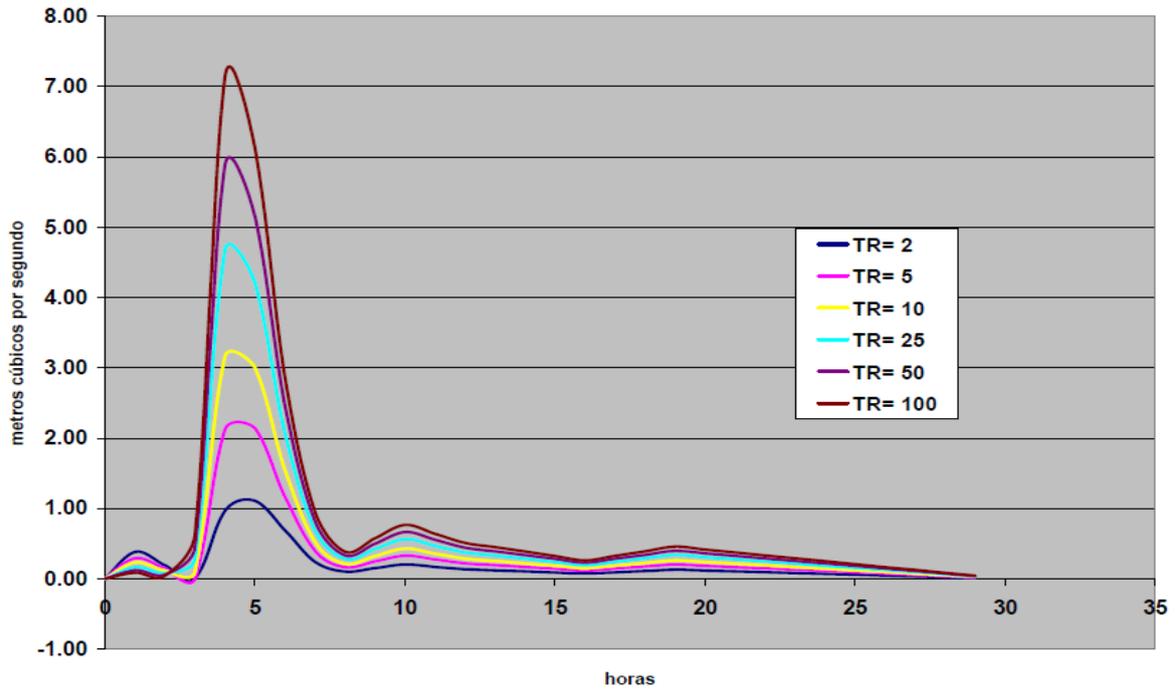


Figura D. Hidrogramas Cuenca 4

Cuenca 5

Esta cuenca tiene una superficie de 0.43 km². Su cauce principal tiene una longitud de 1.321 km y un desnivel de 140 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 1.02 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla E. Gastos Máximos Cuenca 5

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	0.33
5	0.63
10	0.94
25	1.38
50	1.74
100	2.11

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

Hidrogramas para los diferentes Periodos de Retorno

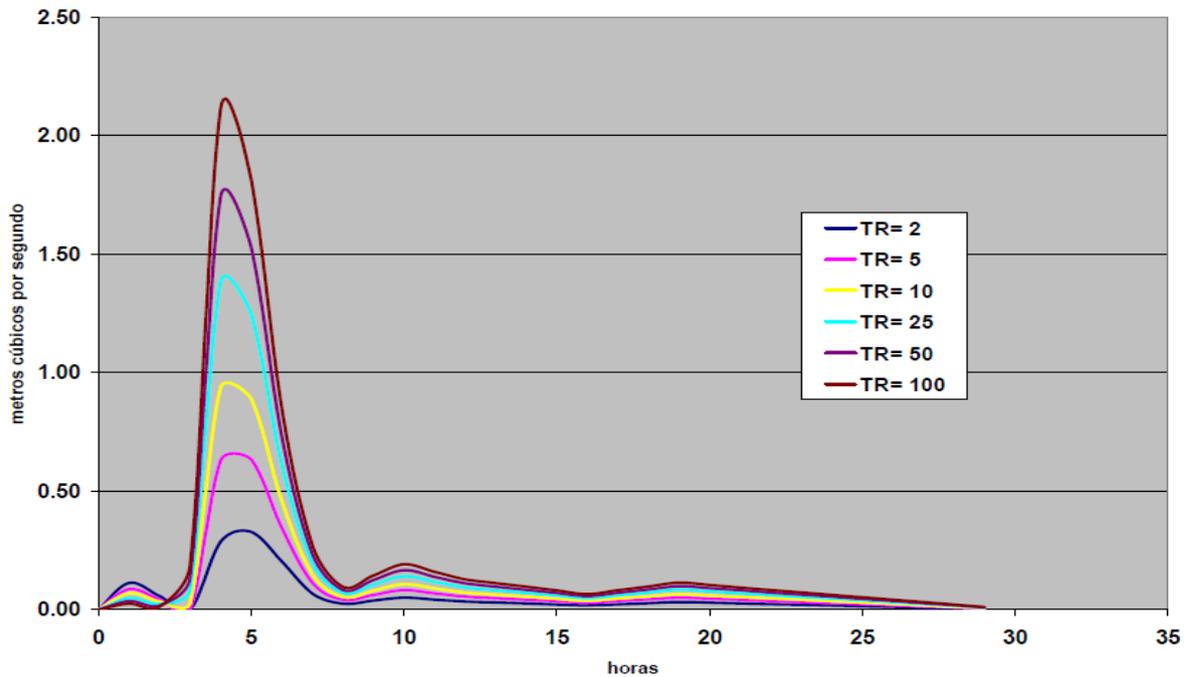


Figura E. Hidrogramas Cuenca 5

Cuenca 6

Esta cuenca tiene una superficie de 0.77 km². Su cauce principal tiene una longitud de 2.187 km y un desnivel de 10 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 3.85 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla F. Gastos Máximos Cuenca 6

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	0.45
5	0.75
10	1.00
25	1.34
50	1.60
100	1.87

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

Hidrogramas para los diferentes Periodos de Retorno

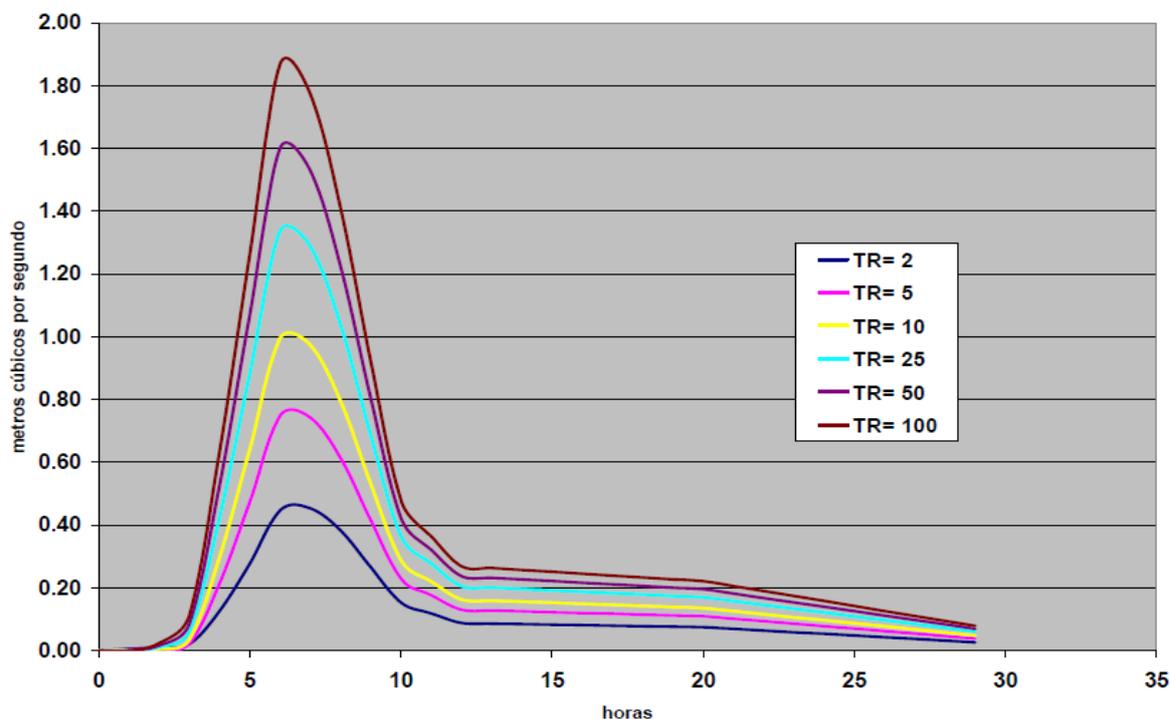


Figura F. Hidrogramas Cuenca 6

Cuenca 7

Esta cuenca tiene una superficie de 1.46 km². Su cauce principal tiene una longitud de 1.267 km y un desnivel de 150 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 0.96 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla G. Gastos Máximos Cuenca 7

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	1.11
5	2.15
10	3.18
25	4.70
50	5.92
100	7.18

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

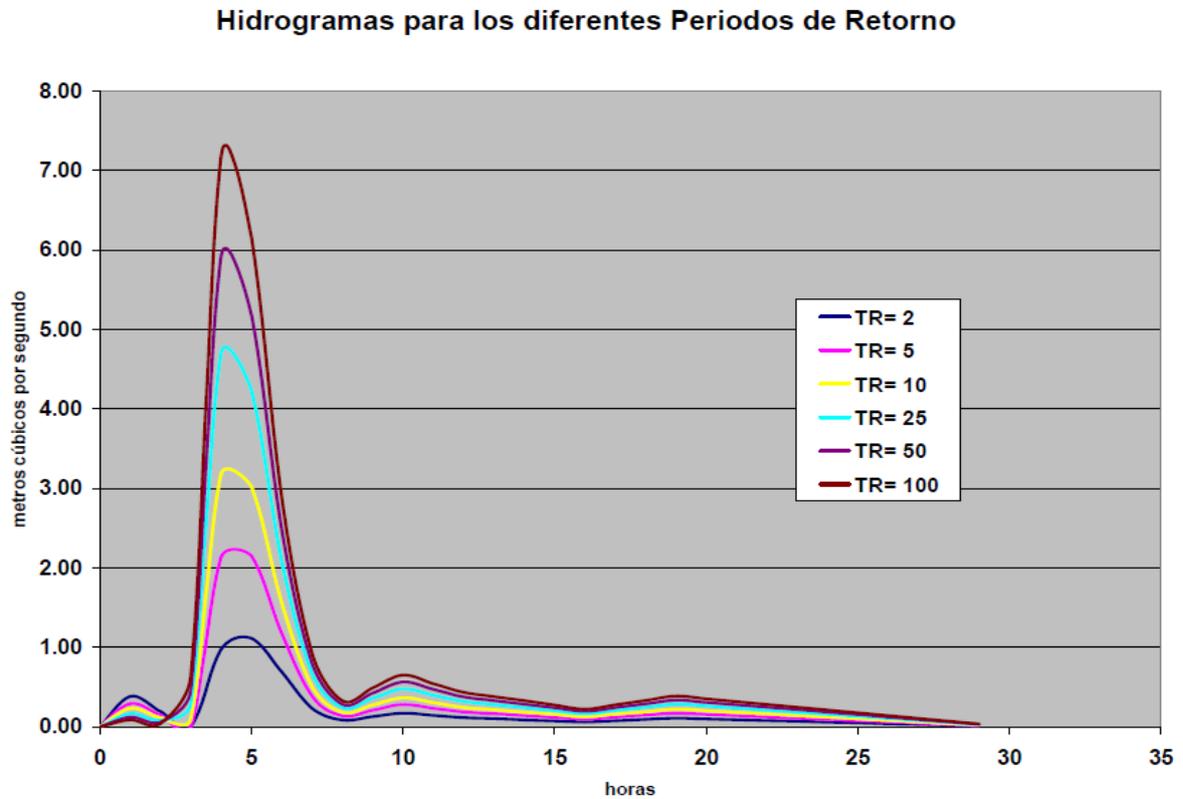


Figura G. Hidrogramas Cuenca 7

Cuenca 8

Esta cuenca tiene una superficie de 0.53 km². Su cauce principal tiene una longitud de 2.187 km y un desnivel de 10 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 3.85 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla H. Gastos Máximos Cuenca 8

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	0.32
5	0.52
10	0.69
25	0.93
50	1.12
100	1.30

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

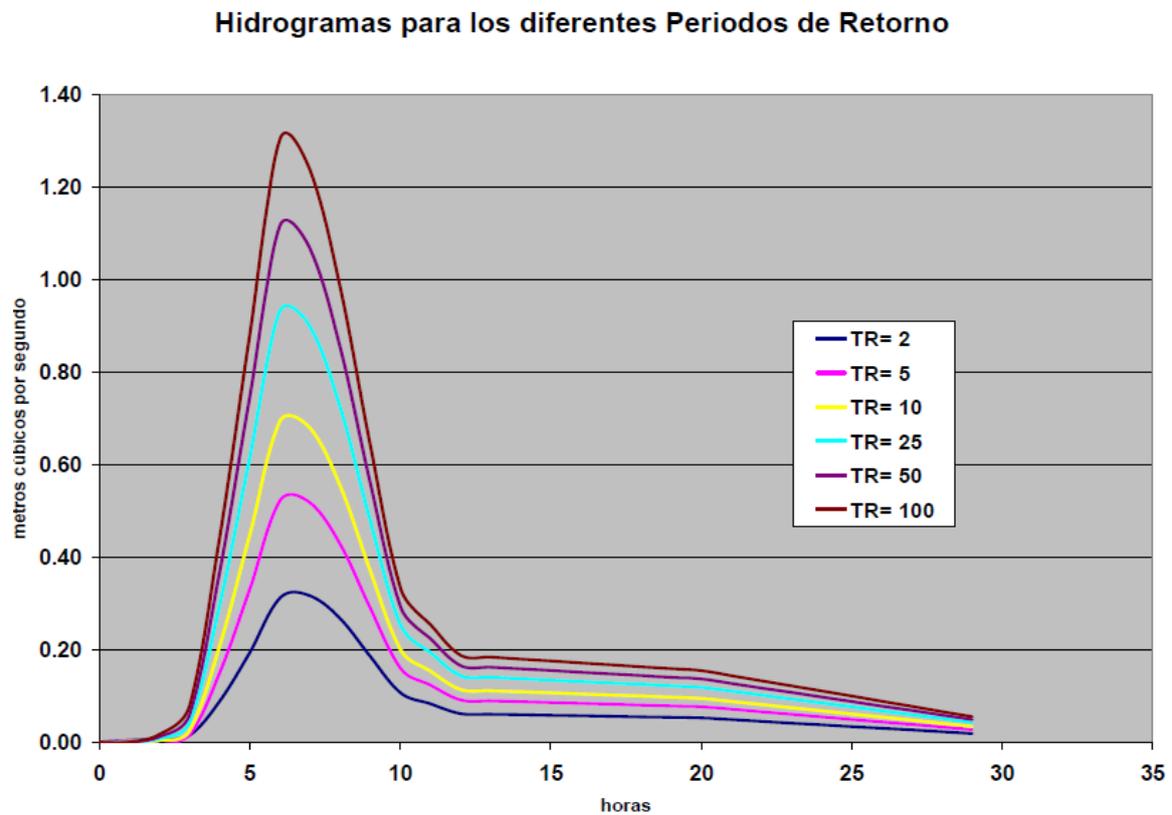


Figura H. Hidrogramas Cuenca 8

Cuenca 9

Esta cuenca tiene una superficie de 2.52 km². Su cauce principal tiene una longitud de 3.51 km y un desnivel de 90 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 3.0 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla I. Gastos Máximos Cuenca 9

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	1.77
5	2.92
10	3.84
25	5.12
50	6.15
100	7.20

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

Hidrogramas para los diferentes Periodos de Retorno

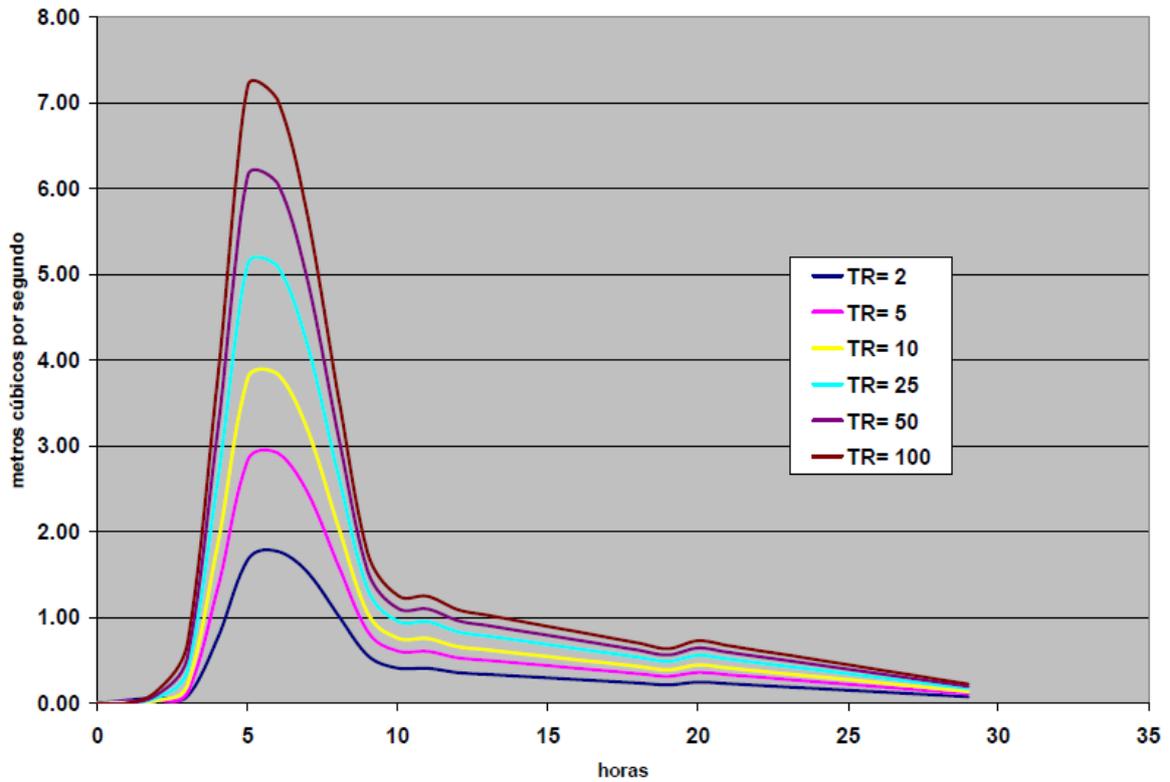


Figura I. Hidrogramas Cuenca 9

Cuenca 10

Esta cuenca tiene una superficie de 3.98 km². Su cauce principal tiene una longitud de 3.862 km y un desnivel de 100 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 3.18 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla J. Gastos Máximos Cuenca 10

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	2.79
5	4.61
10	6.06
25	8.08
50	9.71
100	11.36

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

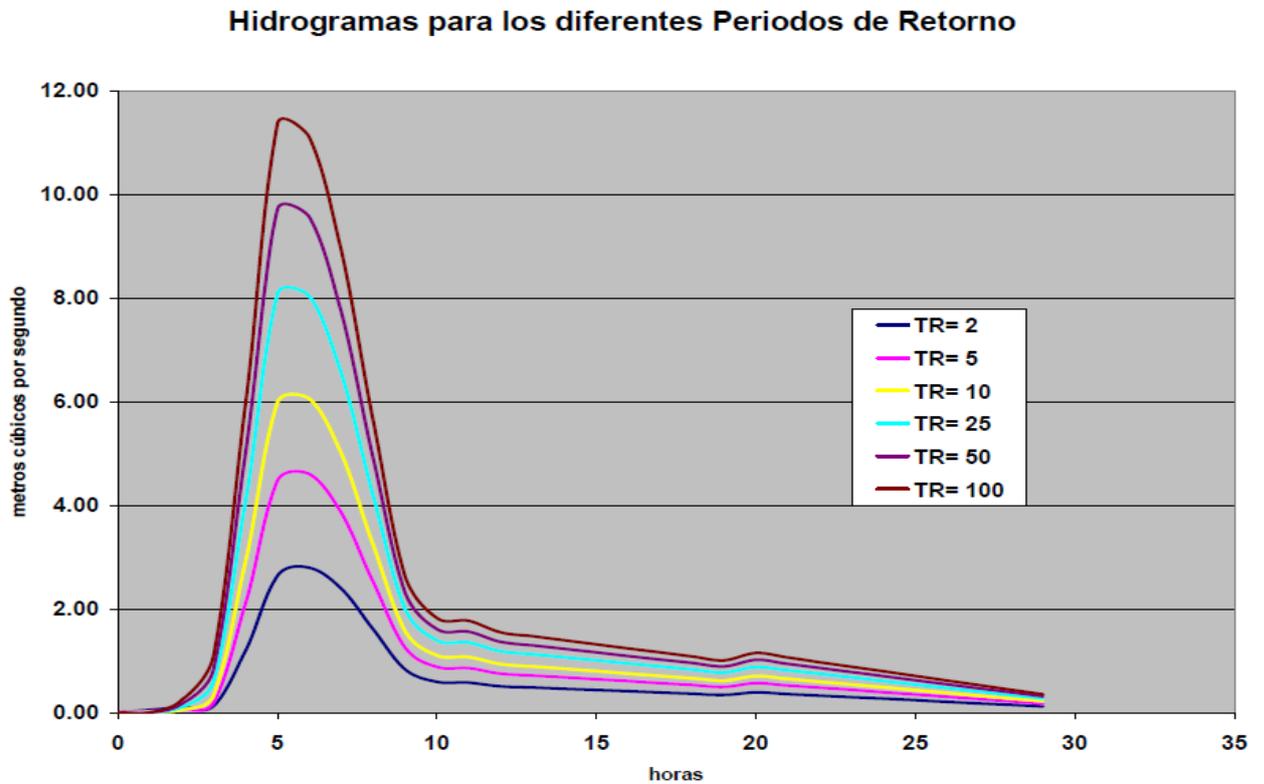


Figura J. Hidrogramas Cuenca 10

Cuenca 11

Esta cuenca tiene una superficie de 10.36 km². Su cauce principal tiene una longitud de 5.485 km y un desnivel de 100 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 4.45 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación de la estación Juriquilla y los resultados son los siguientes:

Tabla K. Gastos Máximos Cuenca 11

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	3.56
5	6.68
10	9.40
25	13.28
50	16.35
100	19.50

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

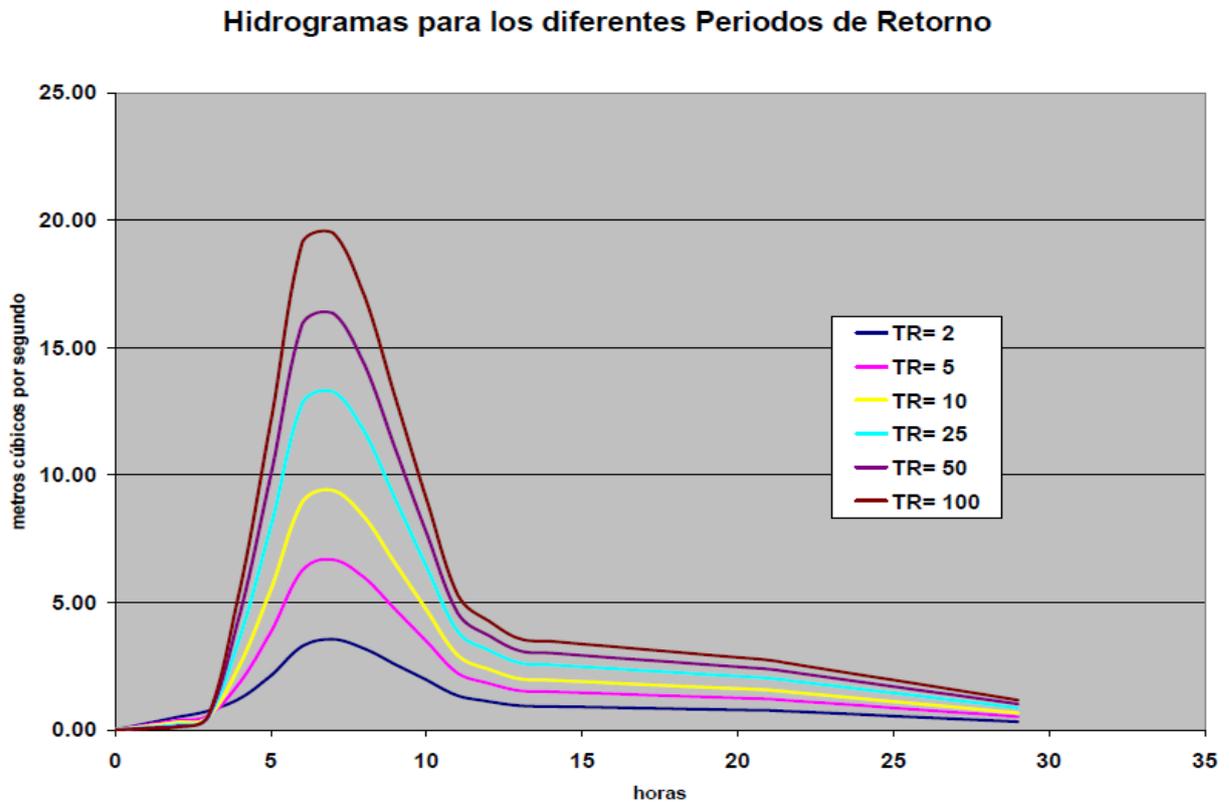


Figura K. Hidrogramas Cuenca 11

Cuenca 12

Esta cuenca tiene una superficie de 282 km². Su cauce principal tiene una longitud de 23.661 km y un desnivel de 570 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 10.38 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación ponderada por área de las estaciones El Zamorano, Juriquilla y La Joya, en una proporción equivalente de 5.25%, 26.80% y 67.95%, respectivamente con lo que se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla L. Gastos Máximos Cuenca 12

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	39.88
5	40.01
10	41.11
25	58.66
50	81.28
100	106.36

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis se muestran en la siguiente figura:

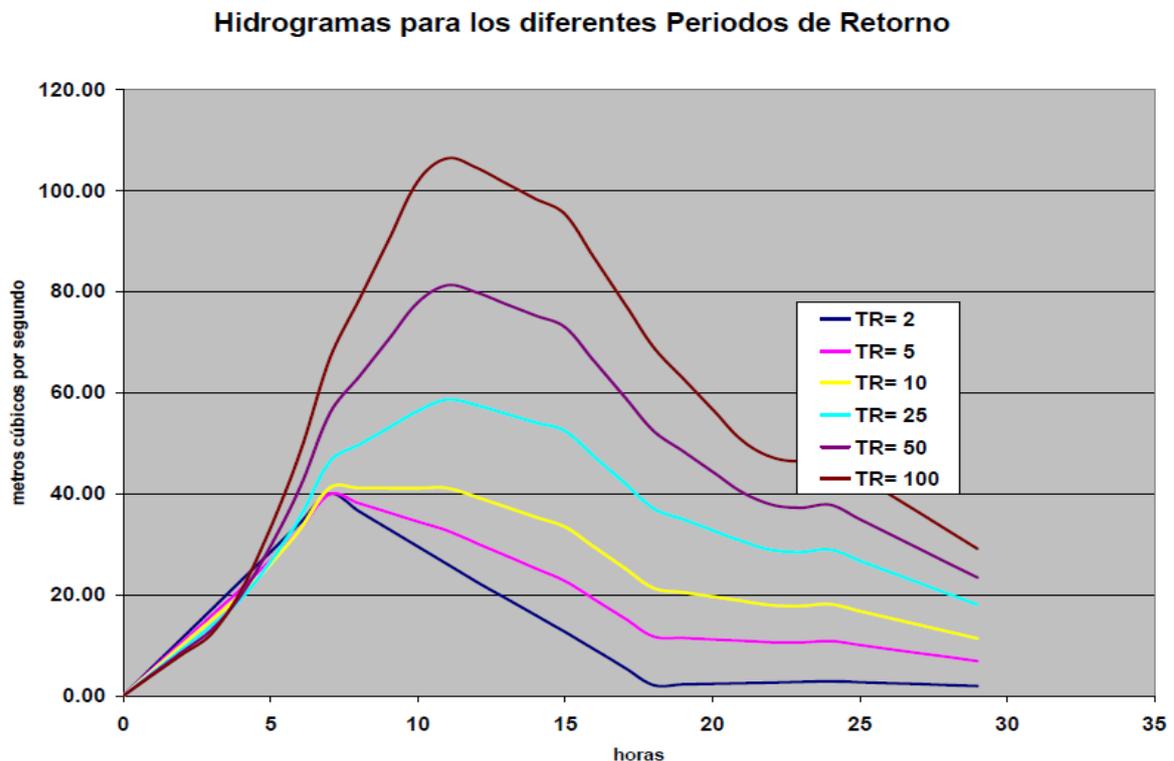


Figura L. Hidrogramas Cuenca 12

Cuenca 13

Esta cuenca tiene una superficie de 59.29 km². Su cauce principal tiene una longitud de 13.755 km y un desnivel de 580 m. Por ello, el tiempo de concentración resulta de 6.13 horas. El cálculo de gastos asociados se realizó empleando la precipitación ponderada por área de las estaciones Juriquilla y La Joya, en una proporción equivalente de 90.99% y 9.01%, respectivamente con lo que se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla M. Gastos Máximos Cuenca 13

Tr (años)	Qp m ³ /s
2	10.54
5	11.53
10	12.61
25	22.32
50	30.75
100	39.93

Los hidrogramas que se obtuvieron en el análisis son los que se muestran en la siguiente figura:

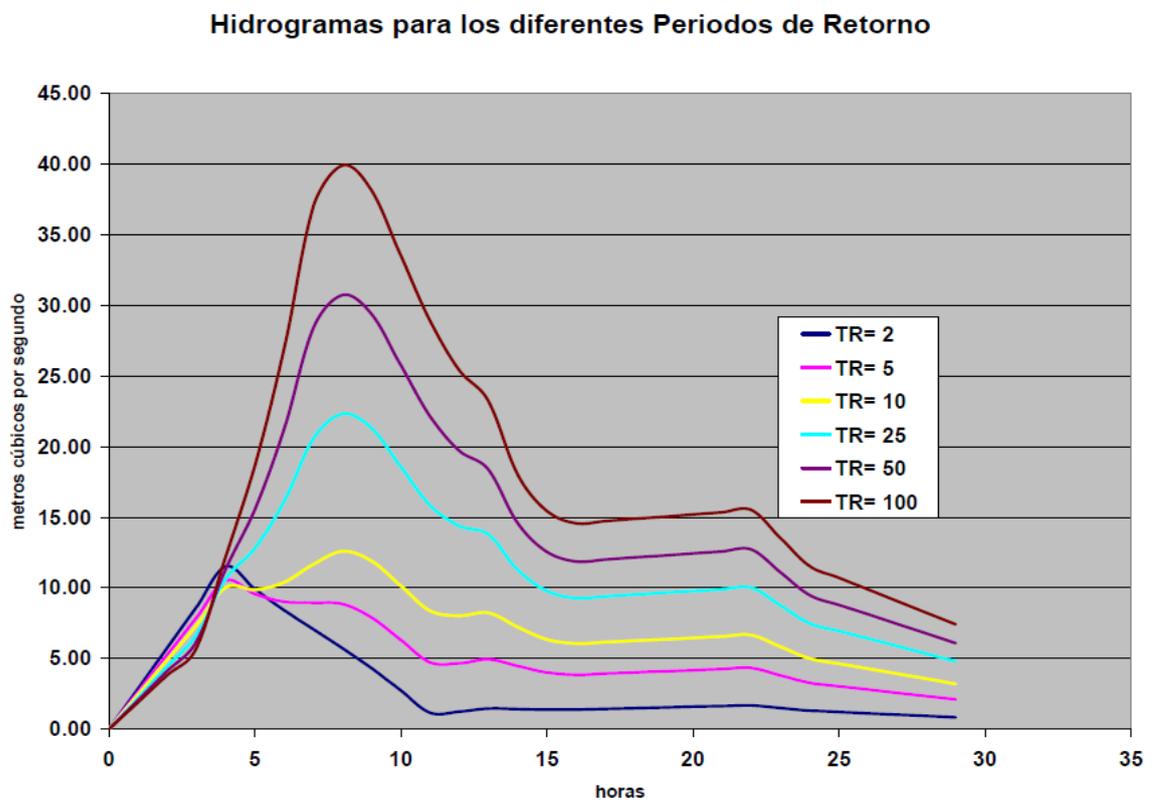


Figura M. Hidrogramas Cuenca 13