



DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS

JAMES CÁRDENAS GRISALES

Cárdenas Grisales, James

Diseño geométrico de vías urbanas / James Cárdenas Grisales. -- 1a ed. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2022.

482 p. – (Ingeniería y afines. Ingeniería civil)

Contiene datos curriculares del autor. -- Contiene índice temático. -- Contiene referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-503-362-7 -- 978-958-503-363-4 (e-book)

1. Carreteras - Diseño 2. Planificación de carreteras 3. Patrones geométricos I. Título II. Serie

CDD: 711.7 ed. 23

CO-BoBN- a1091021



Área: Ingeniería y afines

Subárea: Ingeniería civil

ECOE
EDICIONES



© James Cárdenas Grisales

► Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, junio del 2022

ISBN: 978-958-503-362-7
e-ISBN: 978-958-503-363-4

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Carátula: James Cárdenas Grisales
Impresión: Carvajal Soluciones de
Comunicación S.A.S.
Carrera 69 #15-24

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

CONTENIDO

PRÓLOGO	IX
INTRODUCCIÓN	XI
Capítulo 1.	
JERARQUIZACIÓN VIAL URBANA	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANEACIÓN VIAL URBANA	2
1.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE VÍAS URBANAS	7
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA VIAL Y DE LA DEMANDA VEHICULAR	9
1.5 PREMISAS DEL PROYECTO DE VÍAS URBANAS	11
1.6 FUNCIÓN DE LAS VÍAS URBANAS	11
1.7 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA VIAL URBANO	12
1.7.1 Criterios de clasificación	12
1.7.2 Características funcionales de cada sistema de vías	16
1.7.3 Dosificación de la red vial urbana	19
Capítulo 2.	
MANIOBRAS VEHICULARES EN INTERSECCIONES	21
2.1 TIPOS DE MANIOBRAS	21
2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS CONFLICTOS	23
2.3 OPERACIÓN VEHICULAR EN LAS ÁREAS DE MANIOBRA	36
2.4 PROBLEMAS PROPUESTOS	38
Capítulo 3.	
BASES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES A NIVEL	43
3.1 GENERALIDADES	43
3.2 CONTROLES GENERALES DE DISEÑO	44
3.3 PRINCIPIOS BÁSICOS EN EL DISEÑO DE INTERSECCIONES A NIVEL	45
3.4 DATOS PREVIOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO	48
3.4.1 Tipos de vías que se cruzan	49
3.4.2 Datos del tránsito	53
3.4.3 Emplazamiento de la intersección	54
3.4.4 Accidentalidad	54
3.4.5 Otros datos	54
Capítulo 4.	
ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN INTERSECCIONES A NIVEL	55
4.1 VEHÍCULOS DE DISEÑO O PROYECTO	55
4.2 DISEÑOS MÍNIMOS PARA GIROS A LA DERECHA A 90°	68
4.3 DISEÑOS MÍNIMOS PARA GIROS A LA DERECHA EN ÁNGULO OBLICUO ($\Delta \neq 90^\circ$)	79

4.3.1	Curva compuesta asimétrica de tres radios para ángulos de giro de $0^\circ < \Delta < 90^\circ$	79
4.3.2	Curva compuesta simétrica de tres radios para ángulos de giro de $0^\circ < \Delta < 90^\circ$	81
4.3.3	Curva compuesta asimétrica de tres radios para ángulos de giro de $90^\circ < \Delta < 180^\circ$	82
4.3.4	Curva compuesta simétrica de tres radios para ángulos de giro de $90^\circ < \Delta < 180^\circ$	84
4.4	ENLACES O GIROS A LA DERECHA CON ISLETAS EN LAS ESQUINAS	103
4.5	ABERTURAS EN EL SEPARADOR CENTRAL	109
4.5.1	Generalidades	109
4.5.2	Radios de control en giros a izquierda	109
4.5.3	Longitud de la abertura del separador central cuando las vías que se cruzan no son ortogonales ($\neq 90^\circ$)	114
4.6	CARRILES ESPECIALES DE GIROS A IZQUIERDA EN LAS ABERTURAS DEL SEPARADOR CENTRAL	124
4.6.1	Conceptos	124
4.6.2	Longitud de la cuña de transición	124
4.6.3	Longitud del carril de almacenamiento	132
4.7	ISLETAS	142
4.7.1	Características generales	142
4.7.2	Isletas canalizadoras	145
4.7.3	Isletas separadoras	145
4.7.4	Isletas de refugio	146
4.7.5	Forma y tamaño de las isletas	146
4.7.6	Delineación y forma de los accesos a las isletas	147
4.8	CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD	157
4.8.1	Conceptos	157
4.8.2	Elementos geométricos de los carriles de cambio de velocidad	158
4.9	PERALTE EN ENLACES O BIFURCACIONES	164
4.9.1	Valores del peralte en enlaces	164
4.9.2	Transición del peraltado en enlaces	164
4.10	GLORIETAS O ROTONDAS	186
4.10.1	Generalidades	186
4.10.2	Elementos geométricos básicos de una glorieta	187
4.10.3	Parámetros de diseño geométrico en glorietas	189
4.10.4	Relaciones geométricas entre los radios de entrada y salida y los elementos geométricos de una glorieta	212
4.11	PROBLEMAS PROPUESTOS	244

Capítulo 5.

ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE TRAMOS VIALES	251	
5.1	GENERALIDADES	251
5.2	DISEÑO GEOMÉTRICO PLANIMÉTRICO DE TRAMOS	252
5.2.1	Curvas horizontales	252
5.2.2	Velocidades de operación, límite máxima, de diseño y específica en tramos viales	271
5.2.3	Fricción, peraltes máximos y radios mínimos	273
5.2.4	Transición del peralte	278
5.3	DISEÑO GEOMÉTRICO ALTIMÉTRICO DE TRAMOS	304

5.3.1	Pendientes longitudinales mínima y máxima	304
5.3.2	Curvas verticales	305
5.3.3	Longitudes apropiadas de las curvas verticales	315
5.4	PROBLEMAS PROPUESTOS	346

Capítulo 6.

ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN INTERSECCIONES A DESNIVEL

		351
6.1	GENERALIDADES Y JUSTIFICACIÓN	351
6.1.1	Generalidades	351
6.1.2	Justificación de las intersecciones a desnivel	351
6.2	TIPOS DE INTERSECCIONES A DESNIVEL	352
6.3	RAMPAS Y ENLACES	360
6.3.1	Velocidades de diseño de las rampas y enlaces	361
6.3.2	Curvatura y peraltes en las rampas y enlaces	361
6.3.3	Pendientes en las rampas y enlaces	363
6.3.4	Anchos de calzada en las rampas y enlaces	363
6.3.5	Espacios libres verticales y laterales	364
6.4	PROBLEMAS PROPUESTOS	437

Capítulo 7.

BASES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLORRUTAS

		439
7.1	TERMINOLOGÍA	439
7.2	TIPOLOGÍAS DE LAS VÍAS CICLISTAS Y DE LAS VÍAS CICLO-ADAPTADAS	440
7.2.1	Vías ciclistas	440
7.2.2	Vías ciclo-adaptadas	441
7.3	PARÁMETROS DE DISEÑO EN CICLORRUTAS	445
7.3.1	Dimensiones en las vías ciclistas	445
7.3.2	Velocidades de diseño en ciclorrutas	447
7.3.3	Radios mínimos y peraltes máximos en ciclorrutas	448
7.3.4	Inclinaciones transversales en ciclorrutas	450
7.3.5	Pendientes longitudinales en ciclorrutas	451
7.3.6	Sobreanchos en ciclorrutas	451
7.3.7	Distancia de visibilidad de parada en ciclorrutas	452
7.3.8	Longitud de las curvas verticales en ciclorrutas	452
7.4	PROBLEMAS PROPUESTOS	469

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

473

ÍNDICE TEMÁTICO

477

PRÓLOGO

Hoy 15 de mayo de 2022 se celebra el DÍA DEL MAESTRO y se difunden muchos mensajes de reconocimiento, gratitud y de cortesía. Para quienes hemos dedicado muchos años de la vida a la labor de educar es un día especial para recordar a nuestros discípulos y sentimos que lo hemos hecho bien sólo si nuestros alumnos nos superan.

En esa comunión espiritual maestro-alumno me complace, me alegra y me honra elaborar el prólogo del libro DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS de James Cárdenas Grisales, quien en la década de los setenta fue mi alumno destacado en la Facultad de Ingeniería Civil y en el Instituto de Vías de la Universidad del Cauca en Popayán, Colombia. En la década de los ochenta compartimos la labor de profesores, James como profesor visitante de los temas de Diseño Geométrico de Vías e Ingeniería de Tránsito en el Posgrado en Vías y Tránsito, de la misma universidad.

James siempre mostró un gran interés por temas relacionados con la ingeniería vial y su pasión por la aplicación de la geometría, en la solución de muchos problemas y diseños de la práctica profesional de la vialidad, tanto rural como urbana, en su estrecha relación con la ingeniería de tránsito, y con el pensamiento de que una demanda de tránsito debe ser atendida a través de una oferta eficiente de vialidad. La demanda vehicular y la oferta vial siempre han sido el punto de partida de los desafíos que constantemente se ha planteado, con el propósito de tener unos diseños geométricos de vías pertinentes para satisfacer los requerimientos de los usuarios.

Este libro de DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS presenta un nuevo enfoque para realizar los diseños geométricos de los diferentes elementos que componen una malla vial urbana, desarrollando una metodología ordenada, desde las maniobras vehiculares y los principios básicos de diseño geométrico de las intersecciones a nivel, hasta las intersecciones a desnivel, integradas a través de los diferentes tramos viales que la componen, para finalmente ligarlas también con las ciclorrutas.

El contenido de este libro hace el gran aporte del diseño geométrico detallado de todos los elementos de las vías urbanas. Se hace especial énfasis en el diseño geométrico básico de glorieta (rotondas) bajo una visión espacial tridimensional para una mejor comprensión y su concatenación con los demás elementos viales. Además, es de particular interés y de gran utilidad la presentación del diseño geométrico de ciclorrutas.

James Cárdenas Grisales obtuvo el grado de Ingeniero Civil en el año 1974 en la Universidad del Cauca de Popayán y el título de Especialista en Vías Terrestres en el Instituto de Vías de la misma universidad, por medio de una beca otorgada por el entonces Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Colombia. El título de Maestro en Ciencias en el año 1981 en la Universidad de Maryland de Estados Unidos, a través de una beca Laspau-Fulbright. Y el título de Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas en el año 1990 en la Universidad del Valle de Cali, por medio de una beca de la misma universidad.

Profesionalmente durante los años 1975 y 1976 se desempeñó como ingeniero de conservación de carreteras en el departamento del Tolima con el Ministerio de Obras Públicas y Transporte. En el periodo entre los años 1976 y 2005 estuvo vinculado como profesor de planta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle donde alcanzó la categoría de profesor titular. Entre los años 2007 y 2010 se vinculó como consultor y asesor de la oficina de Planeación Municipal de Cali, siendo el director de la elaboración del Plan Integral de Movilidad Urbana (PIMU). Finalmente, desde el año 2011 al año 2015 se desempeñó como profesor de planta en la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

De igual manera, es de mencionar que por muchos años estuvo vinculado en varias universidades de Colombia y del exterior, como profesor invitado de los cursos de Diseño Geométrico de Vías e Ingeniería de Tránsito, en programas de posgrado. Igualmente, durante toda su vida profesional, ha participado a nivel local, nacional e internacional en una diversidad de proyectos sobre vialidad tanto rural como urbana, como diseñador, asesor e interventor.

Los congresos, los simposios, los diplomados y las asesorías, en los cuales el tema fundamental ha sido el diseño de infraestructura vial, la seguridad vial y el tránsito, se convirtieron en los medios y en el escenario para compartir nuestras vivencias y experiencias en la academia y en la labor profesional de consultoría.

Finalmente, quiero concluir manifestando que los estudiantes, los profesores y los profesionales en el área vial, disponemos de una herramienta muy útil y valiosa para el diseño geométrico de vías urbanas y el logro de una mejor movilidad urbana. Gratitud y reconocimiento al ingeniero James Cárdenas Grisales por su interés de seguir contribuyendo al avance del diseño en la ingeniería vial y por legarnos un nuevo libro, donde con su pasión por la geometría, nos ofrece su conocimiento adquirido en la academia universitaria y en la práctica profesional.

Hernán Otoniel Fernández Ordoñez

Ingeniero Civil y Maestro en Ingeniería.
Profesor Emérito de la Universidad del Cauca
Bogotá D.C., mayo de 2022

INTRODUCCIÓN

El trabajo que hoy culmino, el de escribir este nuevo documento, mi tercer libro, que he llamado DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS, fue una idea que me surgió hace unos años, ya prácticamente en mi retiro, pues con la experiencia ganada en la docencia y consultoría durante cuarenta y ocho años, pensé que no debía dejar estas notas sobre vialidad urbana como un recuerdo de mis clases de pregrado y posgrado en todas aquellas universidades en las que he sido profesor, lo mismo que en los alrededor de doscientos y más proyectos viales en los que he participado como consultor en el ámbito nacional e internacional.

Esta pandemia del Covid-19, que nos ha encerrado por tan largo tiempo, me motivó aún más, y la verdad creo haberlo logrado. Aquí se puede aplicar ese gran dicho que dice que “no hay mal que por bien no venga”. Y eso fue lo que provocó este virus, pues contrario al infortunio de padecer sus efectos negativos con todo tipo de restricciones, me generó excelentes resultados, un nuevo libro, que hoy llena mi vida de la felicidad más inmensa.

Fiel a mi estilo de mis otros dos libros, este nuevo libro lo he escrito con base a la exposición de una teoría conceptual fundamental, el desarrollo de una gran cantidad de ejemplos de aplicación en la práctica profesional de la vialidad urbana y la presentación de una serie de problemas propuestos a resolver por el lector, siempre pensando que esta es la metodología de aprendizaje en este campo de la ingeniería civil. Para tal efecto, a través de las referencias bibliográficas, me apoyo en normas, recomendaciones y estándares nacionales e internacionales, de uso universal, mostrando cómo es su aplicación en el diseño geométrico vial urbano.

Una base fundamental para el desarrollo de este libro, se debe el haber tenido el privilegio como profesor de planta enseñar por muchos años a nivel de pregrado los cursos de Diseño Geométrico de Vías e Ingeniería de Tránsito en las Facultades de Ingeniería de la Universidad del Valle y la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. A su vez, el haber participado como profesor invitado de los cursos de Diseño Geométrico Avanzado de Vías e Ingeniería de Tránsito Avanzada, en los programas de posgrado en las siguientes universidades: Instituto de Vías de la Universidad del Cauca en Popayán, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en Bogotá, Universidad del Norte en Barranquilla, Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Universidad Popular del Cesar en Valledupar, Universidad del Sinú en Montería, Universidad de Cartagena en Cartagena y Universidad Pontificia Bolivariana en Montería; e igualmente, como profesor internacional de los temas de Diseño Geométrico de Vías Urbanas e Ingeniería de Tránsito en los cursos intensivos de transporte urbano que se han desarrollado en la república de México.

Por otro lado, también fue esencial, la experiencia obtenida en el desarrollo profesional en los diferentes proyectos en que he participado como consultor, diseñador e interventor en una diversidad de entidades privadas y oficiales. Las múltiples soluciones a los proyectos viales que propuse y diseñé, siempre fueron llevadas al salón de clase, casi desde mi inicio como profesor y consultor, convencido de que una forma de aprender dentro de la universidad es conocer lo que se está realizando en la práctica profesional y, así mismo, vincular de alguna manera al estudiante en esta práctica.

La temática del libro la he dividido en siete capítulos:

En el capítulo 1, JERARQUIZACIÓN VIAL URBANA, se presenta el marco general de la planeación vial urbana, sus factores y premisas, y la clasificación funcional de las vías urbanas.

En el capítulo 2, MANIOBRAS VEHICULARES EN INTERSECCIONES, se analizan las diferentes maniobras que realizan los vehículos, los conflictos que ellas generan y su operación vehicular.

En el capítulo 3, BASES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES A NIVEL, se describen los controles generales, los principios básicos y los datos previos para su proyecto.

En el capítulo 4, ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN INTERSECCIONES A NIVEL, se exponen los diferentes tipos de vehículos de proyecto, los diseños de giros a derecha e izquierda, las isletas, los carriles de cambio de velocidad y los elementos generales del diseño de glorietas o rotondas.

En el capítulo 5, ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE TRAMOS VIALES, se presenta el diseño geométrico en planta, peraltado y rasante de tramos viales continuos entre intersecciones.

En el capítulo 6, ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN INTERSECCIONES A DESNIVEL, se exponen los diferentes tipos generales de intersecciones a desnivel, y el diseño geométrico en planta, rasante y peraltado de enlaces y rampas.

Por último, en el capítulo 7, BASES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLORRUTAS, se muestran las diferentes tipologías de las vías ciclistas y los parámetros generales para el diseño de ciclorrutas, en planta, anchos, perfil longitudinal y peraltado.

El objetivo fundamental de este libro, aparte de llenar ese vacío que existe a nivel urbano en este tema, es que sea consultado por estudiantes universitarios de pregrado y posgrado, profesores y profesionales practicantes de la ingeniería de vías, con especial énfasis en elementos geométricos sobre vialidad urbana. Para tal efecto, he desarrollado una gran cantidad de ejemplos de casos típicos y problemas propuestos, tal como se presentarían en la práctica profesional. En este sentido, todas las figuras del libro fueron originalmente dibujadas a mano con la intención de transmitirle al lector mis ideas gráficas de forma real y conveniente de acuerdo con mi imaginación tridimensional del problema de diseño geométrico a resolver. De igual manera, todos los cálculos fueron realizados manualmente, y en muchos casos validados con el uso de herramientas computacionales de Excel y de Auto-CAD, por lo que se podrán encontrar diferencias mínimas en los resultados, las cuales de orden práctico se consideran insignificantes.

James Cárdenas Grisales