

Facultad de Tecnología de la Construcción

**PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL
DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE
HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN
PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE
3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL
CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Jessenia
Carolina Ordóñez
Vásquez
Carnet:2015-1254U

Br. Eliz Javier
Ortega Hernández
Carnet: 2018-
0896U

Tutor:

MSc. Gioconda
Isabel Juárez
Romero

06 de diciembre de 2023
Managua, Nicaragua

Agradecimiento

Dar gracias es parte del proceso. No se puede describir con palabras lo bueno que ha sido Dios en este camino; me ha sostenido, me ha dado la sabiduría e inteligencia. Es el Abba que me ha permitido ser quien soy, porque ya tenía un diseño perfecto para mi vida. Dios abrió las puertas para cumplir uno de los más grandes anhelos que poseía en mi corazón, es perfecto en cada circunstancia y colocó su fundamento en mí para proseguir hacia la meta.

A mi amado padre, Gabriel Arturo Ortega Raúdes, quien a pesar de quedar viudo; nunca dejó de luchar por nosotros; aun teniendo muchas limitaciones se esforzó para que nunca tuviera necesidad de nada y poder lograr estudiar. Sin duda, también a mamá; que en lo poco que estuvo en vida conmigo me enseñó grandes valores, a luchar, a esforzarme, a amarme y me amó con el verdadero amor, A mis hermanos y familia que de muchas formas me apoyaron incondicionalmente para que llegase a la meta de cumplir uno de mis anhelos; el cual Dios ya había diseñado.

A nuestra maestra y tutora MSc. Gioconda Isabel Juárez Romero, quien creyó profundamente en nosotros y tuvo la disposición de mentoría; que, con sus correcciones, orientaciones, paciencia y grandes valores como persona, los cuales, podemos destacar su integridad, disciplina, constancia y amor a lo que realiza nos instruyó para culminar nuestro trabajo monográfico.

Y sin duda alguna a esas amistades verdaderas, que nos han amado, mostrándonos en todo momento lo valioso y capaces que somos. En especial a Dianuska Quiroz, Randall Rodríguez, Joshua Juárez y Jessica Sánchez.

Eliz Javier Ortega Hernández

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por guiarme, bendecirme y protegerme durante todo este camino de aprendizaje. Sin El, culminar este tema monográfico sería imposible. Por ello estoy infinitamente agradecida con Dios.

Agradezco a mis padres Gertrudis de los Angeles Aguilar Selva y Juan Carlos Vanegas Murillo, por siempre apoyarme incondicionalmente en todo momento. Agradezco a mi familia, por darme siempre para todo lo que necesitaba, aunque no les quedara nada, por su sacrificio, consejos, valores, motivaciones que han valido la pena, este éxito también es de ellos.

A nuestra Tutora la Master Ingeniera Gioconda Juárez Romero por su invaluable aporte técnico y conceptual, su colaboración y orientación en todo momento al igual que su disponibilidad para ayudarnos en la revisión y corrección del presente documento.

A nuestros amigos y personas que de cualquier forma aportaron en nuestro desarrollo durante el transcurso de la carrera. A todos Gracias.

Karla Vanessa Vanegas Aguilar

Agradecimiento

Todo proceso llega a su fin y durante el camino es que realmente reconocemos como es que logramos llegar a esta terminación y sin duda alguna estoy clara que Dios fue y será la roca que cimentada en tierra firme me permitió en su inmensa bondad dar frutos es por ello que como guionista perfecto de mi vida ocupa las primeras letras de este agradecimiento a el que merece toda la honra y la gloria.

Aquellos a los que han caminado conmigo desde que estoy en este mundo y me han querido y apoyado siempre, mis amados padres Raúl Benicio Ordoñez y Mariana Vásquez Ponce porque sin ellos nada de esto fuese posible.

A mi pequeño hermano Randall Raúl Ordoñez Vásquez por darme fuerza y valor en este trayecto y ayudarme a ser un ejemplo fuerte para él y en memoria de mi hermano mayor Aldo José Vásquez quien me dejó en este mundo, pero sé que está orgulloso de mi en el cielo.

A nuestra Tutora la Master Ingeniera Gioconda Juárez Romero por su invaluable aporte técnico y conceptual lo que fue indispensable para lograr culminar con éxito este documento.

Y aquellas personas que son nuestros pequeños intervalos de felicidad en esta vida y nos han brindado su amor y apoyo incondicional. En especial a Luis Benjamín Medrano Miranda, Yenifer Junieth López Mendoza, Yusmary Jamileth García y Freddy Alfonso Solorzano Rivera.

Jessenia Carolina Ordoñez Vásquez

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento monográfico está compuesto por 6 capítulos los cuales se detallan a continuación.

Capítulo I: Generalidades

En este capítulo se presentan aspectos básicos tanto del documento como del proyecto que contiene introducción, antecedentes, justificación y objetivos.

Capítulo II: Estudio de Conteo Vehicular

El aforo vehicular, el cual permite presentar el estudio de tránsito necesario para determinar el número ESAL's, describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento, periodo de diseño, proyección del tránsito, tránsito inicial en el año cero, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año n y número de año en el periodo de diseño.

Capítulo III: Estudio Topográfico

Se muestran los datos levantados en la zona los cuales proporcionan las coordenadas, elevaciones y curvas de nivel para llevar a cabo el diseño de las curvas horizontales, perfiles longitudinales y transversales del tramo.

Capítulo IV: Estudio de Suelos

Se presenta el análisis de los resultados de las muestras levantadas por medio del Ensayo de penetración estándar (SPT) en el lugar de estudio, que fueron proporcionados por la Alcaldía de Managua (ALMA). Estas fueron sometidas a ensayos de granulometría, límites de Atterberg, humedad in situ, clasificación SUCS, clasificación HRB y gravedad específica con el fin de identificar los tipos de suelos existentes en la vía y de esta forma, determinar el posible uso de este.

Capítulo V: Diseño Geométrico

Se presenta el diseño geométrico del tramo Semáforos de la Fuente – Rotonda Jean Paul Genie, este se ejecuta haciendo uso del “Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011 (SIECA), acompañado con algunos criterios vigentes en la actualidad con el Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras 2004 (SIECA).

Capítulo VI: Diseño Estructural

Se presenta el diseño estructural del paso a desnivel, este se ejecuta haciendo uso de las normativas AASHTO 93, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition, 2010 y (2020) 9ª edición.

Conclusiones y Recomendaciones

Anexos

Consta de esquemas, tablas, fotografías y planos que sirven como complemento para una mejor comprensión sobre el desarrollo de este documento.

ÍNDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General:	4
1.4.2 Objetivos Específicos:	4
CAPITULO II. ESTUDIO DE CONTEO VEHICULAR	5
2.1 Introducción	5
2.2 Estudio tránsito y sus generalidades.....	6
2.2.1 Tráfico	6
2.2.2 Sistemas y modos de transporte	6
2.2.3 Volúmenes de tránsito.....	6
2.2.4 Tránsito promedio diario (TPD)	7
2.2.5 Tránsito promedio diario (TPDi).....	7
2.2.6 Tránsito promedio diario semanal (TPDS).....	7
2.2.7 Tránsito promedio diario mensual (TPDM).....	8
2.2.8 El tránsito promedio diario anual, (TPDA)	8
2.2.9 Aforos vehiculares	8
2.2.10 Tráfico de diseño (TD)	9
2.3 Tipos de estaciones de conteo vehicular.....	9
2.3.1 Clasificación de estaciones por las categorías de vectores	9
2.3.2 Estaciones de mayor cobertura (EMC)	10
2.3.3 Estaciones de corta duración (ECD).....	10
2.3.4 Composición del tráfico.....	11
2.4 Procesamiento y análisis de información.....	12
2.5 Metodología para la clasificación de estaciones	24
2.5.1 Identificación de vectores de correspondencia.....	24
2.6 Factores de ajustes para cuantificar TPDA.....	26
.....	26
2.7 Clasificación vehicular promedio.....	27
2.8 Tasas de crecimiento	27

2.8.1 Determinación de la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB).....	28
2.8.2 Tasas de crecimiento vehicular	28
2.8.5 Promedio de las tasas de crecimiento.....	34
2.9 Análisis de los cálculos obtenidos.....	34
2.9.1 Análisis de la tasa de crecimiento a utilizar	35
2.9.2 Proyección del tránsito.....	35
2.10 Periodo de diseño (N).....	36
2.11 Factores de distribución de dirección (FD).....	37
2.12 Factor de distribución por carril (Fc).....	37
2.13 El índice de serviciabilidad inicial (Po)	38
2.14 El índice de serviciabilidad final (Pt).....	38
2.15 Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI)	39
2.16 Espesor de losa asumido para pavimentos rígidos	39
2.17 Factor de equivalencia (FESAL)	40
2.18 Factor de crecimiento (FC)	40
2.19 Tránsito proyectado para el año 2053	41
2.20 Tráfico de diseño (TD)	43
2.21 Ejes equivalentes (ESAL o W18).....	45
2.22 Método de cálculo de TPDA según Rafael Cal y Mayor	43
2.22.1 Volumen de tránsito por metodología de Rafael Cal y Mayor	44
2.22.2 Volúmenes de tránsito absolutos o totales	45
2.22.3 Volúmenes de tránsito promedios diarios.....	45
2.22.4 Tránsito promedio diario anual (TPDA).....	46
2.22.5 Tránsito promedio diario semanal TPDS:.....	48
CAPITULO III. ESTUDIO TOPOGRAFICO.....	50
3.1 Introducción	50
3.2 Estudio topográfico.....	50
3.3 Levantamiento topográfico del tramo desde el semáforo de la fuente hasta el km 4.8 rotonda Jean Paul Genie, aproximadamente 3.000ml	59
3.3.1 Equipos utilizados para el levantamiento topográfico	59
3.3.2 Procedimiento para el levantamiento topográfico	59
3.4 Procesamiento de datos	60

3.4.1 Puntos generales del levantamiento.....	60
3.5 Pendiente natural del terreno	62
CAPITULO IV. ESTUDIO DE SUELOS	66
4.1 Introducción	66
4.2 Estudio de suelos.....	66
4.2.1 Estudio geotécnico.....	66
4.2.2 Ensayos “In situ”.....	67
4.2.3 Ensayos en laboratorio.....	68
4.3 Trabajos de campo (tramo 1).....	71
4.3.1 Prospección y pruebas in situ	71
4.4 Análisis en laboratorio.....	74
4.4.1. Metodología	74
4.4.2 Resultados	75
4.4.3 Caracterización geotécnica.....	75
4.5 Propiedades de los materiales del subsuelo.....	84
4.6 Propiedades de diseño	85
4.6.1 Capacidad de soporte	85
4.7. Preparación del sitio, excavaciones y rellenos.....	92
4.8 Terracerías y banco de materiales	93
4.9 Trabajos de campo (tramo 2).....	94
4.10 Análisis en laboratorio.....	97
4.10.1 Metodología	97
4.10.2 Resultados.....	97
4.10.3 Caracterización geotécnica.....	98
4.11 Propiedades de diseño	109
4.11.1 Capacidad de soporte	109
4.12 Terracerías y banco de materiales	117
CAPITULO V. DISEÑO GEOMÈTRICO DE PASO A DESNIVEL	117
5.1. Introducción	117
5.2. Clasificación de la red de carreteras	117
5.3. Clasificación funcional	118
5.4. Clasificación funcional y servicios provistos.....	118

5.5 Clasificación de las carreteras regionales SIECA 2004	119
5.6. Clasificación de las carreteras regionales SIECA 2011	120
5.6.1. Autopistas regionales.....	122
5.6.2. Vehículo de diseño	123
5.6.3. Trayectorias mínimas de giro de los vehículos de diseño.	126
5.7. Velocidad.....	127
5.7.1. Velocidad de diseño	128
5.8. Distancia de visibilidad de parada	131
5.9 Distancia de visibilidad de rebase	133
5.10 Alineamiento Horizontal.....	133
5.10.1 Tasas de peralte y factor de fricción lateral.....	135
5.11 Radio mínimo.....	137
5.12 Curvas circulares simples	139
5.13 Sobre ancho	141
5.14. Alineamiento vertical	147
5.15. Rasante	149
5.16. Curva vertical cóncava	150
Fuente: (Manual de diseño geometrico de carreteras, pág. 140).....	150
5.17. Calculo de curva vertical del puente a desnivel	152
CAPITULO VI. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PASO A DESNIVEL.....	154
6.1 Diseño estructural.....	154
6.2 Estado Límite	154
6.3 Estado Límite de Servicio	155
6.4 Estado Límite de Fatiga y Fractura:	155
6.5 Estado Límite de Resistencia:	155
6.6 Cargas y factores de cargas	156
6.7 Súper estructura de un puente	157
6.8 Paso a desnivel.....	158
6.9 Subestructura de un paso a desnivel	160
6.11 Análisis de cargas en la superestructura.....	163
6.11.1 Cargas de diseño.....	164
6.11.2 Carga del carril de Diseño:.....	165

6.12 Metodología para el Diseño de Puente.....	169
6.12.1 Diseño de superestructura:	169
6.12.1 Cargas de diseño de losa de concreto reforzado.....	169
6.12.3 Diseño de viga.....	187
6.12.4 Elementos de infraestructura	192
CONCLUSIONES	193
RECOMENDACIONES	197
BIBLIOGRAFÍA.....	200
ANEXOS.....	I

Índice de Tablas

ÍNDICE

Tabla N°1.	Estación de mayor cobertura	10
Tabla N°2.	Dependencia de estaciones	11
Tabla N°3.	Resultados totales obtenidos de TPD de aforo vehicular en un periodo de 12 horas (6:00 am – 6:00 pm) en el sentido sur-norte (frente a la estación de policía del D-V) de los días 26, 27 y 28 de octubre de 2022,.	22
Tabla N°4.	Resultados totales obtenidos de TPD de aforo vehicular en un periodo de 12 horas (6:00 am – 6:00 pm) en el sentido norte-sur (frente a donde fue El Quetzal) de los días 26, 27 y 28 de octubre de 2022.	22
Tabla N°5.	Resultados totales obtenidos de TPD de aforo vehicular en un periodo de 12 horas (6:00 am – 6:00 pm) en el sentido este-oeste (frente a MIFIC) de los días 26, 27 y 28 de octubre de 2022.....	23
Tabla N°6.	Vector geográfico de correspondencia	25
Tabla N°7.	Factores de ajustes de la ECD: Rotonda Centroamérica-Rotonda Jean Paul Genie	26
Tabla N°8.	PIB de Nicaragua en millones de córdobas	28
Tabla N°9.	TPDA y tasas de crecimiento vehicular de la estación de mayor cobertura 401- Masaya-Granada.....	29
Tabla N°10.	TPDA y tasas de crecimiento vehicular de la estación de corta duración 423- Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie	30
Tabla N°11.	TPDA histórico del año 2012 y 2020 de la estación de corta duración Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie.....	31
Tabla N°12.	TPDA históricos de la estación de corta duración Rotonda Centroamérica-Rotonda Jean Paul Genie	32
Tabla N°13.	Crecimiento poblacional de Nicaragua.....	33
Tabla N°14.	Resumen de promedios de la tasa de crecimiento vehicular de la estación de corta duración Rotonda Centroamérica – Rotonda Jean Paul Genie.	34
Tabla N°15.	Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales	36
Tabla N°16.	Periodo de diseño.....	37
Tabla N°17.	Factores de distribución de dirección	37
Tabla N°18.	Factores de distribución por carril Fc	38

Tabla N°19.	Índice de serviciabilidad inicial.....	38
Tabla N°20.	Proyección de tráfico para 2053	42
Tabla N°21.	Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).....	44
Tabla N°22.	Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).....	46
Tabla N°23.	Base de datos de la Estación Total, libreta digital.	61
Tabla N°24. Naturales.	Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes 63	
Tabla N°25. metros	Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 64	
Fuente: Elaboración propia, ver tabla completa en anexos pág. (XI- XXXVI).....		64
Tabla N°26. SPT 73	Identificación, localización y profundidad de cada sondeo	
Tabla N°27.	Ensayos realizados sobre el tramo.....	75
Tabla N°28.	Propiedades de los suelos de sitio de estudio.....	84
Tabla N°29.	Capacidad de carga del terreno	86
Tabla N°30. modificadas (Terzaghi)	Capacidad de carga del terreno, factores de carga	88
Tabla N°31. modificados.	Capacidad de carga para pilotes, Terzaghi factores de carga 90	
Tabla N°32.	Asentamientos en pilotes	91
Tabla N°33. SPT 95	Identificación, localización y profundidad de cada sondeo	
Tabla N°34.	Ensayos realizados sobre el tramo.....	97
Tabla N°35.	Propiedades de los suelos del sitio en estudio.....	108
Tabla N°36.	Capacidad de carga del terreno	110
Tabla N°37. modificados (Terzaghi)	Capacidad de carga del terreno, factores de carga	112
Tabla N°38. modificados	Capacidad de carga para pilotes, Terzaghi factores de carga 114	
Tabla N°39.	Asentamientos en pilotes	115
Tabla N°40.	Sistema de clasificación funcional	118
Tabla N°41.	Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento 119	

Tabla N°42.	Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento.....	120
Tabla N°43.	Dimensiones de vehículos de diseño	124
Tabla N°44.	Radios mínimos de giro según vehículos de diseño	127
Tabla N°45.	Velocidad de diseño en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.....	130
Tabla N°46.	Límites de velocidad	131
Tabla N°47.	Distancias de visibilidad de parada y decisión	133
Tabla N°48.	Tasa de sobreelevación en función del tipo de área	136
Tabla N°49.	Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”	138
Tabla N°50.	Clasificación de la carretera y características de diseño ..	143
Tabla N°51.	Datos para el cálculo de la curva circular simple del paso a desnivel.....	144
Tabla N°52.	Resultados obtenidos de la curva horizontal simple	146
Tabla N°53.	Control de diseño para curva vertical cóncava para distancia de visibilidad de parada.....	151
Tabla N°54.	Coeficiente de fricción longitudinal según velocidad de diseño.....	151
Tabla N°55.	Datos de la curva vertical N°1	152
Tabla N°56.	AASHTO - Factor de incremento por carga dinámica IM..	166
Tabla N°57.	Fuerzas de diseño para las barreras para tráfico vehicular.....	171
Tabla N°58.	Pesos unitarios de materiales	172
Tabla N°59.	Resumen de momentos flectores y criterios LRFD aplicables.....	176
Tabla N°60.	Resumen de momentos flectores y criterios LRFD aplicables.....	181
Tabla N°61.	Base de datos de la Estación Total, libreta digital.	V
Tabla N°62.	Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros.....	XI
Tabla N°63.	Calculo de curva vertical 1, curva cóncava.....	XXXVII
Tabla N°64.	Calculo de curva vertical 2, curva cóncava.....	XXXVIII

Tabla N°65.	Conteo vehicular en el punto n°.1 Estación del distrito V	XXXIX
Tabla N°66.	Conteo vehicular en el punto n°.1 Estación del distrito V	XL
Tabla N°67.	Conteo vehicular en el punto n°.1 Estación del distrito V	XL I
Tabla N°68.	Conteo vehicular en el punto n°.2: Edificio plaza Centroamérica.....	XLII
Tabla N°69.	Conteo vehicular en el punto n°.2: Edificio plaza Centroamérica.....	XLIII
Tabla N°70.	Conteo vehicular en el punto n°.3: Frente al MIFIC	XLIV
Tabla N°71.	Conteo vehicular en el punto n°.3: Frente al MIFIC	XLV
Tabla N°72.	Conteo vehicular en el punto n°.3: Frente al MIFIC	XLVI
Tabla N°73.	TPDA del punto N°1: Estación de policía del distrito V .	XLVII
Tabla N°74.	TPDA del punto N°2: Frente a donde fue el Quetzal	XLVII
Tabla N°75.	TPDA del punto N°3: Frente al MIFIC	XLVIII

Índice de Figuras

Figura N°1. Planos de ubicación de los puntos de aforo vehicular.....	16
Figura N°2. Micro localización de la zona donde inicia la propuesta de Paso a Desnivel	17
Figura N°3. Micro localización del punto N°.1 del conteo vehicular.....	18
Figura N°4. Micro localización del punto N°.2 del conteo vehicular	19
Figura N°5. Micro localización del punto N°.3 del conteo vehicular	20
Figura N°6. Ejemplo de Peso x ejes (Kips) Cx-Rx>=5.....	40
Figura N°7 Cimentaciones a 20 mts de profundidad.....	74
Figura N°8. Ubicación del tramo 1 Pista Solidaridad	76
Figura N°9. Registros del Sondeo SPT 1.....	79
Figura N°10. Registros del Sondeo SPT 2.....	81
Figura N°11. Registros del Sondeo SPT 3.....	83
Figura N°12. Registros del Sondeo SPT 4.....	85
Figura N°13. Detalle de pilotes.....	90
FiguraN°14. Ubicación del tramo 2 rotonda Jean Paul Genie)	97
Figura N°15. Registros del Sondeo SPT 1.....	101

Figura N°16. Registros del Sondeo SPT 2.....	103
Figura N°17. Registros del Sondeo SPT 3.....	105
Figura N°18. Registros del Sondeo SPT 4.....	108
Figura N°19. Detalle de pilotes.....	114
FiguraN°20.Vehículos de diseño CX-RX $\geq$ 5 e.(T3-S3).....	129
FiguraN°21. Vehículos de diseño CX-RX $\geq$ 5 e.(T3-S3).....	129
FiguraN°22.Elementos geométricos de una curva circular simple.....	142
FiguraN°23.Componentes del sobreancho en curvas de carreteras.....	145
FiguraN°24.Características del Camión de diseño T3-S3.....	170
Figura N°25. Cargas de vehículo de diseño T3S3.....	178
Figura N°26.Viga de paso a desnivel propuesto simplemente apoyado con cargas del vehículo de diseño T3S3.....	179
Figura N°27. Componentes de la superestructura.....	I
Figura N°28. Paso a desnivel Rotonda Centroamérica.....	II
Figura N°29. Macro localización: Managua, Nicaragua.....	III
Figura N°30. Micro localización: Zona de estudio, rotonda Centroamérica-Jean Paul Genie. Managua, Nicaragua.....	IV

CAPITULO I

GENERALIDADES



CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

La congestión de tránsito ha ido en aumento y entendiendo la trascendencia que poseemos en el aporte para el desarrollo del país en el ámbito ingenieril y constructivo para mejorar la calidad de vida de los habitantes; decidimos abordar el tema titulado: propuesta de paso a desnivel desde el semáforo de la fuente hasta el km 4.8 rotonda Jean Paul Genie, aproximadamente 3.000ml, para la solución del congestionamiento vehicular. Esto con el propósito de propiciar iniciativas de nuevas infraestructuras viales que genere mejor movilidad vehicular y seguridad peatonal en el sector en estudio. Los alcances en esta propuesta serán de carácter investigativos y prácticos. Cabe destacar que el tramo en mención desde hace años posee demasiadas limitantes que incurren a una mala circulación para los usuarios, por ende, se originan colapsos de tráfico en todo tiempo, estrés en los conductores, retrasos de tiempos, accidentes de tránsito.

Ante la problemática que presenta la capital Managua en el desplazamiento vial se enfocarán en la elaboración de una tesis monográfica que permita el acceso hacia una visión y acción a mejoras a grandes escalas de la ciudad como es el caso de la conexión con mejor desplazamiento y seguridad vial para los usuarios de la pista Solidaridad y carretera hacia Masaya que a través de los años cada vez menos cumple con la demanda de tránsito promedio diario anual (TPDA).

La propuesta presentada se describe como una de las mejores alternativas porque busca una estructura aérea que se ajuste al desnivel actual (paso a desnivel rotonda Centroamérica), con la implementación de un paso a desnivel en la estructura actual, ampliación de carril, andén peatonal en los ejes de la carretera rediseñada, señales horizontales y verticales. Esta brindará soluciones de infraestructura vial significativa, pero también un avance urbanístico a la capital Managua; dinamizando el comercio nacional; por consiguiente, la economía nicaragüense.

1.2 Antecedentes

Después del terremoto que devastó el centro de la ciudad en 1972, el crecimiento urbano se desplazó a lo largo de uno de los ejes principales, la carretera a Masaya (Bornstein., 2006, p. 1).

La rotonda Centroamérica fue una de las inversiones que buscó satisfacer el problema que presenta el tramo en análisis. Esta tuvo como inicio de construcción un 02 de enero del año 2000; una de las obras más emblemáticas y de gran escala que tendría la capital para ese entonces, ya que su diseño y las características geométricas de sus carriles cumplían con estándares internacionales en vías de acceso para autopistas regionales (clasificación según Anuario de Aforos 2020 y Manual Centroamericano de Normas de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales 2004).

Todo lo descrito anteriormente ha repercutido de manera directa al agotamiento de la vida útil y capacidad de diseño de uno de los proyectos viales más significativos del país que se llevó a cabo a inicios del año 2000; el que se denominó paso a desnivel la Centroamérica que consta con 4 carriles en dirección sur-oeste (pista Solidaridad hacia la pista Suburbana) y un desnivel en dirección norte-sur (conecta la Pista Juan Pablo II y carretera hacia Masaya) que se compone de 8 carriles, los cuales se subdividen en 4 a través de una rotonda aérea y 4 de manera subterráneos. Esta obra posee una forma elíptica, con un diámetro de 120 metros.

1.3 Justificación

El parque vehicular de Nicaragua se desarrolla a un ritmo acelerado al presentar un crecimiento del 137% en los últimos diez años, donde el registro de vehículos pasa de 442,144 unidades en el 2010 a 1,045,567 unidades en el 2020, es decir, que se ha sumado 63,533 métodos de transporte en el periodo. (MTI, 2020, pág. 25). En los últimos años el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han causado: congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales.

La iniciativa de la propuesta que se planteará está enfocada en el cumplimiento y proyección que se debe de dar a ciudades que están en proceso de desarrollo y que no cuenta con una debida organización estructural de todos los componentes que la conforman. Sus ejes primordiales están concatenados a satisfacer a los usuarios de esta carretera; mejorando la movilidad, propiciando seguridad, armonía con el medio ambiente, atracción turística, modernización arquitectónica, crecimiento económico, entre otros aspectos que plasmen a Managua como una ciudad en vías de un crecimiento radical.

Así mismo, que genere un impacto en la inversión tanto del sector privado como público del país en el área de infraestructura, de manera que conceda a la sociedad espacios habitables y equilibrados. De igual forma, un interés social en el cumplimiento de las normas constructivas tanto en el ámbito geométrico vial como estructural.

Toda la formulación dispuesta hace una esquematización ordenada, clara, detallada, con trascendencia e impacto positivo tanto a los proyectista, inversionistas, instituciones correspondientes y personas en general para la debida ejecución de la propuesta de diseño: paso a desnivel carretera hacia Masaya que claramente vendría a perfeccionar de forma drástica la vida de los/as nicaragüenses.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Proponer un paso a desnivel desde el semáforo de la fuente hasta el km 4.8 rotonda Jean Paul Genie, aproximadamente 3,000ml, para la solución del congestionamiento vehicular.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Realizar aforo de conteo vehicular in situ a través de la clasificación vehicular que brinda el anuario de aforo del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para la proyección de la capacidad de diseño del tramo en análisis.
- Realizar estudio topográfico para la determinación de la configuración del relieve natural y la rasante óptima.
- Analizar estudios de suelo realizado por la Alcaldía de Managua (ALMA) para determinar las características físico-mecánicas bajo las normas (ASTM).
- Diseñar geométricamente el tramo desde los semáforos de la fuente hasta la rotonda Jean Paul Genie por medio del Manual Centroamericano “Normas para el diseño geométrico de carreteras 2004 y 2011”.
- Diseñar estructuralmente el paso a desnivel aplicando normativas AASHTO 93, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition, 2017 con finalidad de una propuesta ingenieril eficaz e innovadora con los estándares internacionales.

CAPITULO II

ESTUDIO DE CONTEO VEHICULAR



CAPITULO II. ESTUDIO DE CONTEO VEHICULAR

2.1 Introducción

El flujo de tráfico en cualquier tramo de la red vial de Nicaragua, tiene sus propias características de volumen y composición por tipo de vehículo que normaliza las fluctuaciones o las variaciones que se presentan en las características del flujo a lo largo de diferentes intervalos de tiempo, de hora a hora, por día de la semana y de mes a mes. Por ende, los estudios sobre los volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial.

El diseño de una carretera, o de cualquiera de sus partes, debe basarse en la información real incluyendo factores relativos al tránsito. El financiamiento, la calidad de las cimentaciones, disponibilidad de materiales, costo del derecho de vía y otros factores, todos tienen importante conexión con el diseño; por otro lado, los volúmenes de tránsito indican la necesidad de mejorar las características geométricas del diseño tales como número de carriles, anchos, alineamientos y pendientes; así como, otros elementos que permitan una proyección para el incremento de la demanda (esta información de tránsito sirve para establecer las cargas para el diseño geométrico de carreteras).

Generalmente los datos de tránsito para un camino o sección de camino están disponibles o pueden obtenerse mediante conteos ya sean manuales o electrónicos. Los datos colectados por las instituciones estatales o locales incluyen los volúmenes de tránsito por día del año y hora del día, así como también la distribución de los vehículos por tipos y por pesos. Los datos también incluyen información sobre las tendencias, de las cuales el proyectista puede estimar el tránsito que puede esperarse en el futuro.

2.2 Estudio tránsito y sus generalidades

2.2.1 Tráfico

Según ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones (7ma edición), el propósito del estudio de tráfico es cuantificar la cantidad de vehículos que pasan por una vía en una unidad de tiempo, dado generalmente en días; esto permite conocer la capacidad y los niveles de servicio a la cual puede operar según la vida útil que comprenda su diseño, sirven tanto para los análisis de ingeniería como para fundamentar los estudios económicos y estudios de factibilidad. (R., 1994, pág. 152)

2.2.2 Sistemas y modos de transporte

La mayoría de las actividades globales de transporte se llevan a cabo en cinco grandes sistemas: carretero, ferroviario, aéreo, acuático y de flujos continuos. Cada uno de ellos se divide en dos o más modos específicos, y se evalúan en términos tres tributos:

- Ubicación, grado de accesibilidad al sistema, facilidad de rutas directas entre puntos extremos y facilidad para acomodar un tránsito variado.
- Movilidad, cantidad de tránsito que puede acomodar el sistema (capacidad) y la rapidez con la que este puede transportar.
- Eficiencia, relación entre los costos totales (directos más indirectos) del transporte y su productividad. (R., 1994, pág. 33)

2.2.3 Volúmenes de tránsito

El diseño de una carretera, o de cualquiera de sus partes, debe basarse en la información real incluyendo factores relativos al tránsito.

El financiamiento, la calidad de las cimentaciones, disponibilidad de materiales, costo del derecho de vía y otros factores, todos tienen importante conexión con el diseño; por otro lado, los volúmenes de tránsito indican la necesidad de mejorar

las características geométricas del diseño tales como número de carriles, anchos, alineamientos y pendientes.

La información de tránsito sirve para establecer las cargas para el diseño geométrico de la carretera. Generalmente los datos de tránsito para un camino o sección de camino están disponibles o pueden obtenerse mediante conteos ya sean manuales o electrónicos. Los datos colectados por las instituciones estatales o locales incluyen los volúmenes de tránsito por día del año y hora del día, así como también la distribución de los vehículos por tipos y por pesos. Los datos también incluyen información sobre las tendencias, de las cuales el proyectista puede estimar el tránsito que puede esperarse en el futuro. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 3ra edición), 2011, p. 48)

2.2.4 Tránsito promedio diario (TPD)

Estos volúmenes son utilizados para analizar la capacidad, el diseño geométrico, diseño estructural, y cálculos estimados de recolección de impuesto de los usuarios de viabilidad. (G., Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas, 1998, pág. 153).

2.2.5 Tránsito promedio diario (TPDi)

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPDi), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período.

$$\text{Ecuación 1.} \quad TPDi = \frac{\text{Acumulado de conteo vehicular por tipo de vehiculo}}{\text{Cantidad de días del aforo}}$$

Según el número de días se presentan diferentes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día:

2.2.6 Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$\text{Ecuación 2.} \quad TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 2$$

TS= Tránsito Semanal

2.2.7 Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

Ecuación 3.
$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

TM: Tránsito mensual.

2.2.8 El tránsito promedio diario anual, (TPDA)

Se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de un año. (SIECA 2011, P.49).

Ecuación 4.
$$TPDA = TPDS * F_d * F_{exp} * F_s * F_{f.s}$$

Dónde:

TPDA: Tránsito promedio diario anual

TPDS: Tránsito promedio diario semanal

F_d: Factor día

F_{exp}: Factor de expansión

F_s: Factor semana

F_{f.s}: Factor fin de semana

2.2.9 Aforos vehiculares

Es el conteo actual de tráfico, que ayuda a determinar las condiciones presentes y predecir el volumen que será atraído en el periodo de diseño seleccionado. Para que tal estudio se puede llevar a cabo se deberá seleccionar el método de conteo, entre los principales están:

- a) Aforo manual o visual.
- b) Aforo automático o mecánico.
- c) Aforo fotográfico o en movimiento.

El más práctico es el conteo manual, este es un método que trata en obtener los datos del volumen de tránsito a partir del uso de personal de campo conocido

popularmente como aforadores de tráfico, permitiendo clasificar los vehículos por tamaño, tipo,

número de ocupantes, entre otras características.

2.2.10 Tráfico de diseño (TD)

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tránsito actual, así como en los incrementos de tránsito que se espera utilicen la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro. En primer lugar, resulta necesario determinar el periodo de proyección del tráfico, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento que se han determinado con anterioridad. El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 5.} \quad TD = TPDA * FD * fc * FC$$

Dónde:

TD: Tránsito de diseño.

TPDA: Tránsito promedio diario del año base.

FD: Factor de distribución.

fc: Factor Carril.

FC: Factor Crecimiento.

2.3 Tipos de estaciones de conteo vehicular

2.3.1 Clasificación de estaciones por las categorías de vectores

Definidos los vectores y sus rangos se realiza una clasificación de las estaciones de Conteo en base a la tipología y función, siendo la nomenclatura:

2.3.2 Estaciones de mayor cobertura (EMC)

La estación de mayor cobertura que incide en nuestro estudio es la NIC-4, N.º 401 Masaya-Granada, donde los conteos son continuos en los 365 días del año clasificados en 24 horas por día.

Tabla N°1. Estación de mayor cobertura

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1	NIC-1	101B	EMC	Zona Franca - La Garita
2	NIC-1	107	EMC	Sébaco - Emp. San Isidro
3	NIC-2	200	EMC	Entrada al INCAE - El Crucero
4	NIC-3	300	EMC	Sébaco - Quebrada Honda
5	NIC-4	401	EMC	Masaya - Granada
6	NIC-7	700	EMC	Emp. San Francisco - Tecolostote
7	NIC-12A	1205	EMC	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega
8	NIC-18A	1802	EMC	San Marcos - Masatepe
9	NIC-24A	2404	EMC	Chinandega - Corinto
10	NIC-24B	2400	EMC	Chinandega (Rotonda) - Rancheria
11	NIC-28	2803	EMC	Nagarote - La Paz Centro

Fuente: Anuario de Aforos de tráfico 2020. MTI, pág. 10.

2.3.3 Estaciones de corta duración (ECD)

Una vez encontrada la Estación de Mayor Cobertura (EMC – 401), en este sentido la estación de corta duración se refleja en la N.º 423 Rotonda Centroamérica - Rotonda Jean Poul Genie en la se aplica a un conjunto de estaciones donde los flujos reportados son mayores de 300 TPDA. (MTI, 2020, págs. 8-10).

Tabla N°2. Dependencia de estaciones

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
401 Masaya - Granada	NIC-1	136	ECD	Portezuelo - El Dancing
	NIC-1	137	ECD	El Dancing - La Subasta
	NIC-1	138	ECD	La Subasta - Aeropuerto
	NIC-1	101A	ECD	Aeropuerto - Zona Franca
	NIC-2	201	ECD	Semáforo 7 Sur - Emp. Nejapa
	NIC-2	214	ECD	Emp. Nejapa - Km. 10 1/2 Carretera Sur (Regreso)
	NIC-3	301	ECD	Ent. El Guayacán - Matagalpa
	NIC-3	318	ECD	Jinotega - Llano La Cruz
	NIC-4	423	ECD	Rotonda Centroamérica - Rotonda Jean Poul Genie
	NIC-4	424	ECD	Rotonda Jean Poul Genie - 1ra. Ent. Las Colinas
	NIC-4	425	ECD	1ra. Ent. Las Colinas - Ent. a la UNICA

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020. MTI pág. 47 del PDF

2.3.4 Composición del tráfico

Los vehículos de diseño son los vehículos automotores predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por las carreteras regionales por lo que al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación de cada uno de ellos, se brinda al diseñador los controles y elementos a los que se deben ajustar los diseños para posibilitar y facilitar su circulación irrestricta. De cada tipo de vehículo utilizado para diseño, se seleccionan a propósito para adoptar las condiciones más desfavorables, aquellos de mayores dimensiones físicas y de radios de giro mayores dentro de su clasificación tipológica. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004, p. 2.1).

Según Anuario Estadístico de Tráfico del MTI 2020, los vehículos se clasifican en motocicletas, vehículos livianos, vehículos pesados de pasajeros y vehículos pesados de carga:

- **Motocicletas:** Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, con o sin transporte, esta categoría incluye scooter, motonetas, motocarros, cuadra ciclos y otros triciclos a motor.
- **Vehículos livianos:** son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, automóviles, jeep, camionetas y microbuses de uso personal.
- **Vehículos pesados de pasajeros:** son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 15 pasajeros y Microbuses Medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes.
- **Vehículo pesados de carga:** son los vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción. ((MTI), 2020, p. 26).

2.4 Procesamiento y análisis de información

Se realizó un conteo vehicular en la estación 401, desde los semáforos de la Fuente hasta la rotonda Jean Paul Genie por tres días consecutivos, siendo estos: miércoles 26, jueves 27 y viernes 28 de octubre del año 2022, a partir de las 6:00 am hasta las 6:00pm de los días estipulados, con un intervalo de tiempo de 15 minutos. Con la finalidad de recolectar información acerca de la cantidad y la clasificación de vehículos según el Anuario de Aforo de Tráfico 2020 MTI, que circulan por dicho tramo.

Procesamiento de la información: Indica todo el trabajo de gabinete, donde se aplicó los métodos necesarios para la obtención de los resultados apropiados al estudio.

Análisis de la información levantada en campo: Se toma en cuenta todos los criterios que establecen los manuales y reglamentos vigentes en Nicaragua, para lograr alcanzar mejor los resultados obtenidos.

A continuación, se presenta las tabla n°3, 4 y 5 con el resumen de las tres estaciones de conteos; esto con la finalidad de ordenar y detallar la clasificación y cantidad de vehículos que circularon durante ese tiempo el tramo en análisis.

Figura N°1. Planos de ubicación de los puntos de aforo vehicular



Fuente: Elaboración propia

Figura N°2. Micro localización de la zona donde inicia la propuesta de Paso a Desnivel.



Fuente: Elaboración propia/X:-9600623.3, Y:1359624.2

Figura N°3. Micro localización del punto N°.1 del conteo vehicular



Fuente: Elaboración propia/X:-9601302.3, Y:1359085.5

Figura N°4. Micro localización del punto N°.2 del conteo vehicular



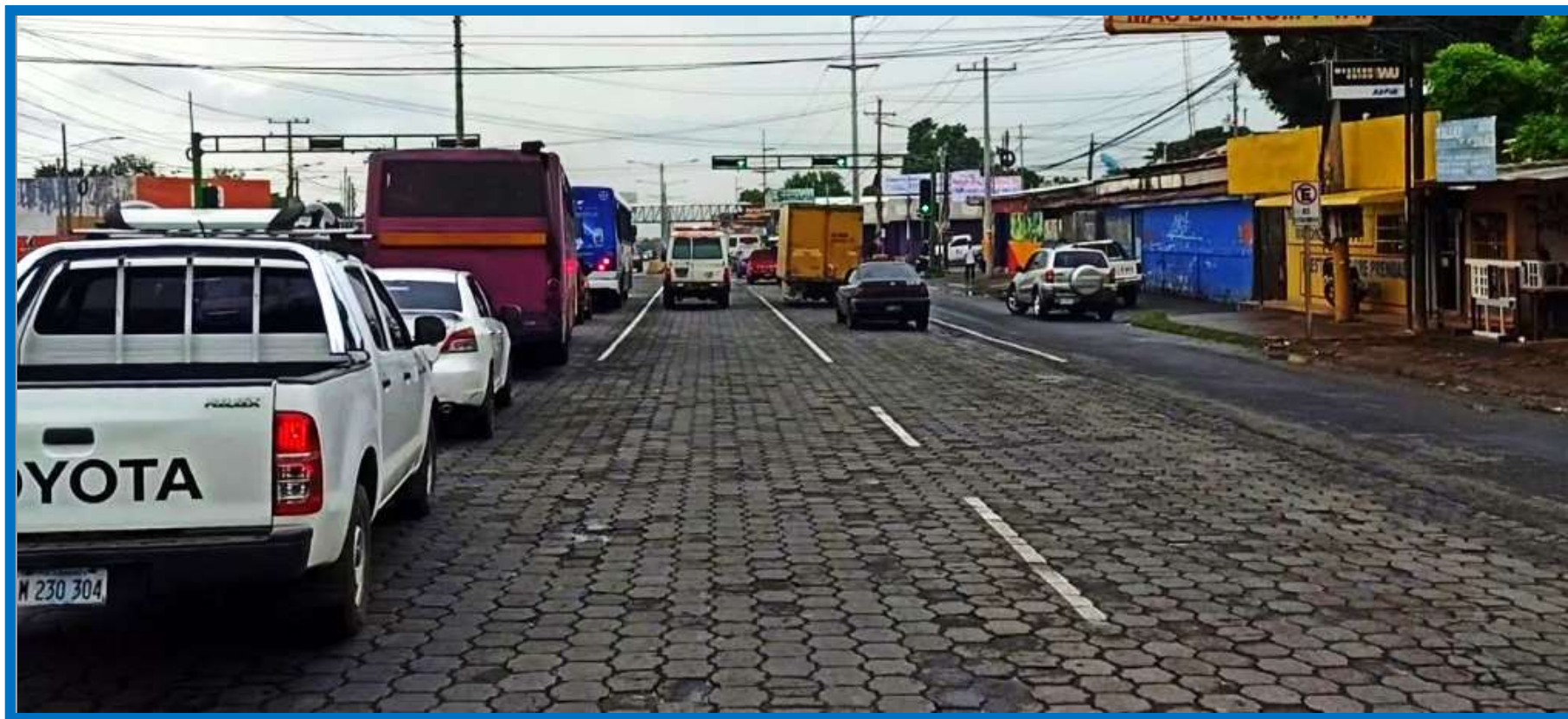
Fuente: Elaboración propia/X:-9601864.3, Y:1358683.1

Figura N°5. Micro localización del punto N°3 del conteo vehicular



Fuente: Elaboración propia/X: -9601780, Y:1358505.8

Figura N°6. Semáforos de la Fuente/Managua, Nicaragua



Fuente: Tomada por integrantes de tesis/ X: -9600623.3, Y:1359624.2

Tabla N°3. Resultados totales obtenidos de TPD de aforo vehicular en un periodo de 12 horas (6:00 am – 6:00 pm) en el sentido sur-norte (frente a la estación de policía del D-V) de los días 26, 27 y 28 de octubre de 2022,




ESTACIÓN

PUNTO

LOCALIZACIÓN

CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL

1, 2 Y 3

CONTADOR

BR. JESSENIA CAROLINA ORDOÑES VASQUEZ

FECHA DE REALIZACIÓN

26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022

PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.

ESTACIÓN DE POLICIA DEL DISTRITO V

Camino NIC4	Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: jueves, viernes y sábado Horas diarias: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3															
HORA	GRUPOS															
CONSOLIDADO	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado			Total
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros	
	27334	6489	9114	1532	945	2817	1654	885	375	79	34	36	14	171	257	61932
TPD	9112	2163	3038	511	315	939	552	295	125	27	12	12	5	57	86	17249
Composición del tráfico	94.33%						4.95%						0.72%			100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°4. Resultados totales obtenidos de TPD de aforo vehicular en un periodo de 12 horas (6:00 am – 6:00 pm) en el sentido norte-sur (frente a donde fue El Quetzal) de los días 26, 27 y 28 de octubre de 2022.



FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y INGENIERÍA DE TRÁFICO

MONOGRAFÍA-TABLA DE TOTALES DE AFORO DE TRÁFICO



PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.

ESTACIÓN

PUNTO

LOCALIZACIÓN

CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL

1,2 Y 3

FRENTE A DONDE FUE EL QUETZAL

CONTADOR

BR. ELIZ JAVIER ORTEGA HERNÁNDEZ

FECHA DE REALIZACIÓN

26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022

Camino NIC4	Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: jueves, viernes y sábado Horas diarias: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3															
HORA	GRUPOS															Total
CONSOLIDADO	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado			
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros	
TPD	26769	6164	8933	1510	918	2756	1629	858	372	71	30	23	20	84	226	60347
Composición del tráfico	8923	2055	2978	504	306	919	543	286	124	24	10	8	7	28	76	16791
	94.5%						4.9%						0.6%			100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°5. Resultados totales obtenidos de TPD de aforo vehicular en un periodo de 12 horas (6:00 am – 6:00 pm) en el sentido este-oeste (frente a MIFIC) de los días 26, 27 y 28 de octubre de 2022.



ESTACION

PUNTO

LOCALIZACIÓN

CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL

CONTADOR

FECHA DE REALIZACIÓN

3

1,2 y 3

BR. KARLA VANESSA VANEGAS AGUILAR

26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022

MIFIC

Camino NIC4

Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: jueves, viernes y sábado Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3

CONSOLIDADO	GRUPOS															Total
	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado			
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros	
	23324	5767	8140	1409	939	2322	1416	789	269	95	24	18	10	60	151	
TPD	7775	1923	2714	470	313	774	472	263	90	32	8	6	4	20	51	
Composición del tráfico	94.7%						4.8%						0.4%			100%

Fuente: Elaboración propia

2.5 Metodología para la clasificación de estaciones

La metodología para la clasificación del sistema de conteo tráfico consiste:

- Identificación de vectores de correspondencia y determinación de rangos para las categorías de vectores
- Clasificación de estaciones por las categorías de vectores
- Etiqueta de Identidad de las estaciones
- Dependencia de estaciones
- Factores de ajustes

2.5.1 Identificación de vectores de correspondencia

Se adoptó como término “vector de correspondencia”, para designar la potencialidad con la cual se manifieste la afinidad que pueda existir entre una estación de conteo largo con una estación de conteo corto. Para todas las estaciones, se identifican vectores con incidencia y rangos de variaciones en las características del tráfico:

- Vector Geográfico - R
- Volumen Total del Tráfico – V
- Porcentaje de Vehículos Pesados en el Volumen Total Diario - C
- Razón entre el Total de Vehículos tipo Cx/Tx y el total de vehículos pesados -T

A continuación, se presenta una descripción acerca de los vectores y categorías seleccionados:

2.5.2 Vector geográfico - R

Según el Anuario de Aforos de Tráfico del MTI 2020, el país se dividió en 5 regiones físicas/económicas de grandes rasgos; encontrándose el tramo en estudio en la zona de la costa del pacifico que fue subdividida en dos por consideración de una cierta

diferenciación en la concentración de actividades industriales en el norte con relación al sur. Para este caso, se hará uso de la tabla del vector geográfico de correspondencia, clasificando al departamento de Matagalpa en la región Central Norte, con vector R3, ver siguiente tabla.

Tabla N°6. Vector geográfico de correspondencia

N°.	Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
1	R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
3	R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
4	R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de Tráfico 2020. MTI, pág. 7.

2.5.3 Volumen total del tráfico - V

El rango de volúmenes de TPDA en las estaciones cubiertas por el sistema varía desde menores de 300 hasta más de 50,000 vehículos por día, considerándose los siguientes intervalos:

V1 - TPDA mayor de 5000 

V2 - TPDA de 300 a 5000

V3 – TPDA menores de 300

En el tramo de estudio se encuentra un TPDA mayor a 20000 vehículos por día; por esta razón se toma volumen de tráfico V1-TPDA mayor que 5000.

2.5.4 Porcentaje de vehículos pesados en el volumen total diario – C

Es notable que el porcentaje de vehículos de transporte de carga dentro de la composición del tráfico tenga alto grado de variación de un sitio al otro y se relaciona bien como indicador de la función de la vía. La definición de categorías para este vector es dada por el porcentaje de vehículos de carga dentro del volumen total. Las categorías son definidas:

C1 - >35% de vehículos pesados en el volumen total

C2 - entre 25% y 35% de vehículos pesados en el volumen total

C3 - < 25% del volumen total 

En esta subdivisión de porcentajes de vehículos pesados en el volumen total diario se considera la vía de estudio menor al 25%; por tal razón, se toma C3-<25% del volumen total.

2.6 Factores de ajustes para cuantificar TPDA

Los factores conseguidos en la estación de mayor cobertura, elaborado por el personal de conteo de tráfico de la oficina de diagnóstico, evaluación de pavimentos y puente, fue seleccionado en el tercer cuatrimestre, estableciendo un periodo entre los meses de septiembre – diciembre del año 2020, esto debido a que el aforo realizado para en la zona de estudio se efectuó del 26 al 28 de octubre del año 2022.

Tabla N°7. Factores de ajustes de la ECD: Rotonda Centroamérica-Rotonda Jean Paul Genie

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,31	1,34	1,27	1,31	1,35	1,30	1,25	1,27	1,31	1,31	1,00	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor Semana	0,96	1,01	1,09	0,98	0,91	0,94	0,99	0,88	0,90	0,87	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95
Factor Fin de Semana	1,10	0,97	0,84	1,07	1,32	1,18	1,03	1,52	1,41	1,63	1,00	1,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,14
Factor Expansión a TPDA	0,99	0,96	0,88	1,02	0,98	0,98	0,93	1,06	1,10	0,94	1,00	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	2,18

Fuente: Anuario de Trafico 2020. MTI, pág. 355 del PDF.

El TPDA se obtuvo en base a los resultados del Tránsito promedio diurno semanal, dichos valores fueron modificados por factores de ajuste, obtenidos a partir de la estación de mayor cobertura N°401 (Masaya-Granada). (Ver Anexos Tabla N°. 73, 74 y 75, Pág. XLVII y XLVII).

2.7 Clasificación vehicular promedio

En el tramo desde los semáforos de la Fuente hacia la rotonda Jean Paul Genie, registró un TPDA de 22422 vehículos/día, con una composición vehicular donde la mayoría corresponde a vehículos de pasajeros con el 92.27%, vehículos de cargas representan el 6.75%, y equipo pesado el 0.98%:

2.8 Tasas de crecimiento

Teniendo como perspectiva que nuestro país está en vías de desarrollo, es necesario tener en cuenta el crecimiento vehicular del tramo en estudio, el crecimiento de la población, el Producto Interno Bruto (PIB) y las condiciones actuales que está viviendo el país y el resto del mundo, que en común se ve afectado por la crisis económica (variaciones del precio del petróleo, crisis financiera, etc.).

Las tasas de crecimiento interanual se obtuvieron del Anuario de Tráfico 2020 del MTI, se han tomado los datos históricos del TPDA de la Estación de Corta Duración N°423, datos poblacionales, y el Producto Interno Bruto (PIB) de los últimos 15 años. (Ver Anexos Tabla N°72, Pág. XIX).

$$\text{Ecuación 6.} \quad TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n+1}} \right) - 1 \right] * 100$$

Dónde:

TC : Tasa de crecimiento.

$Año_n$: Año actual.

$Año_{n+1}$: Año anterior

2.8.1 Determinación de la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB)

Partiendo de la información disponible en el Banco Central de Nicaragua en su informe 2014, se elaboró una tabla donde se aprecia el comportamiento histórico del Producto Interno Bruto (PIB), desde el año 2012 al año 2021. Según los anuarios históricos del Banco Central de Nicaragua (BCN) desde el año 2012 hasta 2021 el crecimiento promedio del PIB, fue de 3.51%, donde se refleja el comportamiento de los datos analizados y mostrados a continuación de las tasas de crecimiento interanual; las cuales se tomaron de la misma información proporcionada por el Banco Central de Nicaragua (BCN).

Tabla N°8. PIB de Nicaragua en millones de córdobas

PIB DE NICARAGUA (EN MILLONES DE DOLARES)		
AÑO	PIB	TCA%
2012	10532.50	6.50
2013	10983.00	4.93
2014	11880.40	4.79
2015	12756.70	4.79
2016	13286.00	4.56
2017	13786.00	4.63
2018	13025.20	-3.36
2019	12595.30	-3.78
2020	12586.50	-1.79
2021	14013.70	10.34
PROMEDIO	9545.99	3.51

Fuente: Banco Central de Nicaragua

2.8.2 Tasas de crecimiento vehicular

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio.

Se revisó el tráfico histórico de los últimos 10 años de la estación más cercana al tramo en estudio, la cual es la Estación de Corta Duración N.º 423 (Período de 2010-2020) y de la Estación de Mayor Cobertura N°401 (Período de 2005-2020).

Para la Estación de Corta Duración N.º 423 en la cual se puede notar la discontinuidad en los registros de datos, se obtiene un TPDA promedio de 20817 vehículos por día, según los datos del Anuario de Tráfico 2020 de los últimos 15 años.

Para la Estación de Mayor Cobertura N°401 se obtiene un TPDA promedio de 7314 vehículos por día, con una tasa de crecimiento anual promedio de 3.51%, según los datos del Anuario de Tráfico 2015 de los últimos 10 años.

Tabla N°9. TPDA y tasas de crecimiento vehicular de la estación de mayor cobertura 401- Masaya-Granada

Estación de Mayor Cobertura 401: Masaya-Granada		
Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)		
AÑO ▼	TPDA ▼	TCA2 ▼
	5970	
2006	5251	
2008	5320	
2010	6080	0.04%
2011	6649	2.42%
2012	6867	2.51%
2013	7776	3.44%
2014	7555	2.90%
2015	8703	3.80%
2016	10060	4.60%
2017	10597	4.65%
2018	10359	4.20%
2019	9635	3.51%
2020	8882	3.01%
PROMEDIO	7314	4.08%

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2020 del MTI.

Tabla N°10. TPDA y tasas de crecimiento vehicular de la estación de corta duración 423- Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie

Estación de Corta Duración 423: Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)		
AÑO	TPDA	TCA2
1998	24795	
2001	35458	
2003	36588	
2005	38528	2.65%
2007	48612	13.09%
2012	53299	4.82%
2017	105433	19.56%
2020	115259	3.11%
PROMEDIO	20817	3.44%

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2020 del MTI.

Una forma de proyectar el tráfico es con la siguiente ecuación que se mostrara, cabe mencionar que, para hacer uso de este método, es necesario conocer previamente el TPDA de la zona.

$$\text{Ecuación 7. } TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100 \text{ [Ecuacion N}^\circ \text{ 7]}$$

Donde:

TC= Tasa de crecimiento

TPDA_i = Tráfico promedio diario actual.

TPDA_o = Tráfico promedio diario del año base.

n= Diferencia de años.

Datos se obtienen:

**Tabla N°11. TPDA histórico del año 2012 y 2020 de la estación de corta duración
Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie**

Año	2012	2020
TPDA	53299	115259

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2020 MTI.

Ecuación 8. $T_{Cvehicular} = \left[\left(\frac{115259}{53299} \right)^{\frac{1}{8}} - 1 \right] * 100 = 10.12 \% \text{ de la estación de corta duración (Rotonda Centroamérica-Rotonda Jean Paul Genie).}$

2.8.3 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica

Con el fin de ponderar el resultado final se hará uso de la media geométrica considerando todos los TPDA históricos escogidos de la estación de corta duración No. 423, código: NIC-4, tramo “Rotonda Centroamérica-Rotonda Jean Paul Genie”, se calculan las diferentes tasas de crecimiento (TCn), con la ecuación siguiente:

Ecuación 9. $TCn = \left[\left(\frac{TPDAn}{TPDAn-1} \right)^{\frac{1}{n}} \right]$

Donde:

TCn = Tasa de crecimiento que se tenga en el periodo de análisis

$TPDAn$ = Tráfico promedio diario del año en análisis

$TPDAo$ = Tráfico promedio diario del año anterior

n = la diferencia de años

Cálculo de TCn para el periodo comprendido de 2005-2020:

$$TCn = \left[\left(\frac{48612}{38528} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = 1.12 \%$$

La tasa de crecimiento obtenida entre el periodo 2005-2020 es de $T_{Cn} = 1.12$, de esta manera se calculará para cada uno de los periodos siguientes. Ver siguiente tabla.

Tabla N°12. TPDA históricos de la estación de corta duración Rotonda Centroamérica-Rotonda Jean Paul Genie

Periodo	TCn (%)
2005-2007	1.12
2007-2012	1.02
2012-2017	1.15
2017-2020	1.03

Teniendo todas las Tasas de crecimiento para cada una de los periodos, se calcula la tasa de crecimiento final aplicando la media geométrica mediante la ecuación siguiente.

$$\text{Ecuación 10. } T_f = [(T_{c1} * T_{c2} * T_{c3} * ... * T_{cn})]^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde:

Tf: Tasa de crecimiento final.

TCn: Diversas tasas de crecimiento obtenidas de la serie histórica.

n: Cantidad de tasas de crecimiento.

$$\text{Ecuación 11. } T_f = ([1.12 * 1.02 * 1.15 * 1.03]^{\frac{1}{4}} - 1) * 100 = 7.85 \%$$

Obteniéndose una tasa final de $T_f = 7.85\%$, entre el periodo de 2005 – 2020.

2.8.4 Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se analiza con base a los datos publicados por el Banco Central de Nicaragua (BCN). De acuerdo al comportamiento de los datos analizados mostrados se obtiene un promedio poblacional 6,156 millones de habitantes con una tasa de crecimiento anual promedio de 1.45%. Las tasas de crecimiento poblacional interanual se obtuvieron en base a los datos presentados por el INIDE.

Ecuación 12.
$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

Dónde:

$TPDA_i$: Tráfico Promedio Diario Anual.

$TPDA_0$: Tráfico Promedio Diario Anual del año base.

N: La diferencia de años.

Tabla N°13. Crecimiento poblacional de Nicaragua

CRECIMIENTO POBLACIONAL DE NICARAGUA		
AÑOS	POBLACION AMBOS SEXOS	TASA DE CRECIMIENTO %
2012	6071045	1.47
2013	6134270	1.46
2014	6198154	1.45
2015	6262703	1.44
2016	6327927	1.43
2017	6393824	1.42
2018	6460411	1.41
2019	6527691	1.39
2020	6595674	1.37
2021	6664364	1.39
Promedio	6858928	1.58

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE.

2.8.5 Promedio de las tasas de crecimiento

Tabla N°14. Resumen de promedios de la tasa de crecimiento vehicular de la estación de corta duración Rotonda Centroamérica – Rotonda Jean Paul Genie.

Variables a Analizar	Tasa de Crecimiento %
Crecimiento Poblacional de Nicaragua 2012-2021 según INIDE	1.58
Crecimiento vehicular, ECD Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie según Anuario de Aforos de Trafico, Año 2020 del MTI	TC periodo 2012-2020 = 3.44
	TC aplicando la ecuación de TC al TPDA histórico ECD Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie = 10.12%
	TC aplicando la media geométrica al TPDA histórico 2005-2020 de ECD Rotonda Centroamérica- Rotonda Jean Paul Genie = 7.85%
Promedio del PIB según el Banco Central de Nicaragua	3.51

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 13. $Tc\ Promedio = \frac{1.58+7.85+3.51}{3} = 4.31\%$

Tasa a utilizar, promedio de las tasas de crecimiento poblacional (Tc), tasa de crecimiento vehicular (Tf), promedio del producto interno bruto (TPIB), dando como resultado **4.31%**.

Nota: La tasa de crecimiento vehicular utilizada es de 7.85%, debido a que considera a las condiciones de crecimiento entorno al PIB de Nicaragua.

2.9 Análisis de los cálculos obtenidos

En relación a los datos obtenidos se escogerán los valores adecuados para el diseño geométrico y estructural del tramo en estudio.

2.9.1 Análisis de la tasa de crecimiento a utilizar

En base a que nuestro país se encuentra en vías de desarrollo y tomando en cuenta el crecimiento del producto interno bruto (PIB), el crecimiento poblacional y vehicular del tramo en estudio, las condiciones actuales de nuestro país y el resto del mundo que se ven afectados por crisis económica; se utilizará una Tasa Anual de Crecimiento (TAC) de vehículos pesados del **4.31%** la cual se considera como tasa de crecimiento estable y moderada dentro de la economía del país, sin embargo, esta tasa de crecimiento puede sufrir incremento o decremento debido a las posibles variaciones.

2.9.2 Proyección del tránsito

Para realizar la proyección del tránsito vehicular es necesario contar con cierta información tales como: el volumen de vehículos para el año de inicio del proyecto (tránsito inicial), la tasa de crecimiento vehicular de la zona de estudio, además del período que se pretende proyectar (período de diseño). Todos estos parámetros se hacen con el propósito de estimar el volumen de tránsito al que será sometida la estructura de pavimento durante el período de diseño. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004)

2.10 Periodo de diseño (N)

Tabla N°15. Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES			COLECTORAS		
			Suburbanas	Rurales		Suburbanas	Rurales	
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000		3,000-500	3,000-500	
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450		300-50	450-75	
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91		0.92	0.85	
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20		WB-15	WB15	
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M		P O M	P O M	
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60		70 60 50	70 60 50	
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4		2	2	
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6		3.3-3.6	3.3	
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8		Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5	
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.		Pav.	Pav.-Grava	
11	Dist.de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140		65-110	65-110	
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540		350-480	350-480	
13	Radio Min. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250		90-195	90-195	
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'		12°44'-5°53'	12°44'-5°53'	
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8		10	10	
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10		10	10	
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3		1.5-3	1.5-3	
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2-5	2-5	2-5		2-5	2-5	
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable		7.8-8.7	7.8-8.1	
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%		HS20-44	HS20-44	
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50		20-30	20-30	
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6		-	-	
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D		C-D	C-D	
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control		Sin Control	Sin Control	
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR		TS-CS	TR-CR	

Notas: Pav: Pavimento asfáltico o de cemento Portland

P: Plano O: Ondulado M: Montañoso

AR:Autopista Regional, TS: Troncal Suburbana, TR: Troncal Rural, CS: Colectora Suburbana, CR: Colectora Rural

Fuente: Normas para el diseño geométrico de carreteras regionales SIECA 2004.

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a las características geométricas de la vía y el volumen actual de tránsito de 22,422 vehículos/días mayor a 20,000 veh/días, la carretera en estudio la podemos clasificar según la tabla N.º 15 como autopista regional, por lo tanto, elegimos un valor promedio de 30 años para el período de diseño; de acuerdo a la Tabla N°16 Período de Diseño. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA), 2002)

Tabla N°16. Periodo de diseño

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
AUTOPISTA REGIONAL	20-40 AÑOS
TROCALES SUBURBANAS	15-30 AÑOS
TROCALES RURALES	
COLECTORAS SUBURBANAS	10-20 AÑOS
COLECTORAS URBANAS	

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA 2002

2.11 Factores de distribución de dirección (FD)

Este valor se formula del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por tanto, será de 0.45; debido a que la cantidad de carriles en ambas direcciones eran 4.

Tabla N°17. Factores de distribución de dirección

Numeros de carriles en ambas direccciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 ó mas	40

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA 2002

2.12 Factor de distribución por carril (Fc)

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para vías de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril. Para el caso del tramo en estudio por ser de cuatro carriles por sentido en el diseño propuesto, el factor a usarse será igual a un promedio de 0.70. Considerando

los valores recomendados por la por el Manual Centroamericano para Diseño Pavimentos SIECA 2002.

Tabla N°18. Factores de distribución por carril Fc

Numeros de carriles en ambas direcciones	LD ¹¹
1	1,00
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA 2002

2.13 El índice de serviciabilidad inicial (Po)

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido para pavimentos rígidos es de 4.5 según recomendación del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA Capítulo 3 Pág. 4 (Tabla N°.19 de este documento).

Tabla N°19. Índice de serviciabilidad inicial

Índice de serviciabilidad inicial
Po= 4.5 para pavimentos rígidos
Po= 4.2 para pavimentos flexibles

En el diseño de la estructura de pavimento rígido del tramo de carretera desde los semáforos de la Fuente-rotonda Jean Paul Genie se trabajará con un valor de Po=4.5.

2.14 El índice de serviciabilidad final (Pt)

Es el valor mínimo que puede ser tolerado por los usuarios del tramo antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento

se diseña, y son normalmente los siguientes: Para pavimentos muy importantes (carreteras regionales) se toma un valor de $P_t = 2.5$ según Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA Capítulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de pavimento rígido del tramo de carretera de semáforo de la Fuente-rotonda Jean Paul Genie se trabajará con un valor de $P_t=2.5$.

2.15 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación 14. $\Delta PSI = P_o - P_t$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo de carretera de semáforo de la Fuente-rotonda Jean Paul Genie Diego se trabajará con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.5 = 2.0$$

2.16 Espesor de losa asumido para pavimentos rígidos

Como cada tipo de pavimentos responde de manera diferente a una carga, los LEFs también cambian en función del tipo de pavimento. Por lo que, los pavimentos rígidos y flexibles tienen diferentes LEFs y que también cambia según el SN (Structural Number, número estructural) en pavimentos flexibles y según el espesor de losa en pavimentos rígidos, además que también cambia según el valor del índice de serviciabilidad asumido para el diseño.

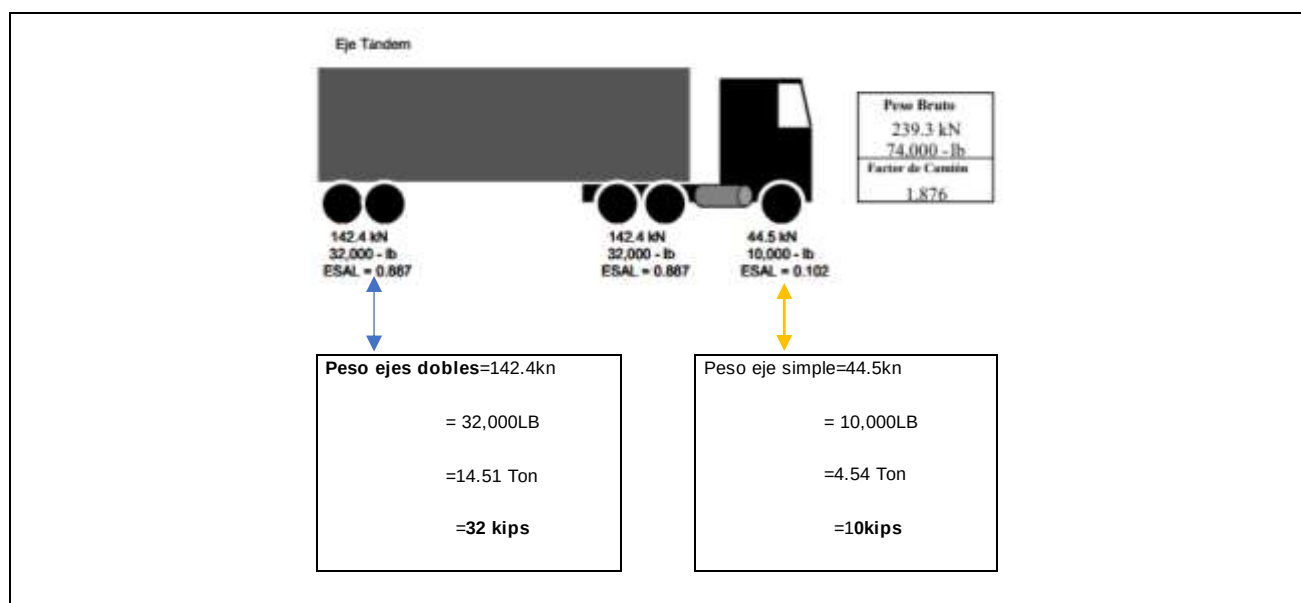
Entonces para calcular los ESAL's que se aplicaran a una estructura de pavimento es necesario asumir en primera instancia, para pavimentos flexibles el número estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas y para pavimentos regidos el espesor de losa que se necesita para las cargas que se van imponer; también se tendrá que asumir el índice de serviciabilidad final que se considere necesario según el tipo de carretera. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA), 2002).

Por esta razón se asumirá un espesor de losa de 10 pulgadas.

2.17 Factor de equivalencia (FESAL)

Se obtiene las tablas de la AASHTO-93 apéndice D. (Ver Anexos Tablas N°76 y N°77, Págs. XXII y XXIII), para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final ($P_t=2.0$), el número estructural asumido ($SN=5$) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia. Si los pesos de los ejes no se encuentran en estas Tablas se deben de Interpolarse dichos valores. (Ver Figuras N°1, N°2 y N°3, pág. N.º 46)

Figura N°7. Ejemplo de Peso x ejes (Kips) $C_x-R_x \geq 5$.



Fuente: (Manual de diseño de puente, 2003)

2.18 Factor de crecimiento (FC)

Factor de crecimiento (FC): El factor de crecimiento no es nada más que el cómo aumentará el tránsito conforme el paso del tiempo y está determinado por el período de diseño y la tasa anual de crecimiento vehicular. Este factor se determina utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 15.
$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento

i: Tasa de crecimiento del tránsito

n: Periodo de diseño (años)

365: Días del año

Para el factor de crecimiento de rotonda Centroamérica-rotonda Jean Paul Genie tendrá una proyección de 30 años (según lo recomendado en el Manual Centroamericano para Diseño de pavimentos SIECA 2002) y una tasa vehicular de 4.31%, dando un factor de incremento de:

$$FC = \frac{(1 + 0.0431)^{30} - 1}{0.0431}$$

$$FC = 59.08\%$$

2.19 Tránsito proyectado para el año 2053

Para el tránsito proyectado a un periodo de diseño 30 años, se usa la ecuación No. 13, la cual toma en cuenta el transito actual del 2023, su tasa de crecimiento de 4.31 %.

Ecuación 16. $Tn = To * (1 + i)^n$

Donde:

Tn: Transito proyectado al año n

To: Transito inicial en el año n

i: Tasa de crecimiento anual en %

n: Numero de año en el periodo de diseño

Tipo de vehículo: automóviles

$$Tn = 11484 * (1 + 0.0431)^{30} = 40726 \frac{\text{autos}}{\text{día}}$$

Tabla N°20. Proyección de tráfico para 2053

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

MONOGRAFÍA

PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.

ESTACIÓN

PUNTO

LOCALIZACIÓN

CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL

1,2 y3

ESTACIÓN DE POLICIA DEL DISTRITO V

CONTADOR

BR. JESSENIA CAROLINA ORDOÑES VASQUES

FECHA DE REALIZACIÓN

26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022

Camino NIC4	Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 3 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3															
CONSOLIDADO	GRUPOS															Total
	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado			
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros	
TPD (6:00 am- 6:00pm)	9112	2163	3038	511	315	939	552	295	125	27	12	12	5	57	86	17249.9483
Factor día	1.34	1.27	1.31	1.35	1.3	1.25	1.27	1.31	1.31	1.35	1	1	1	1	1	
Factor semana	1.01	1.09	0.98	0.91	0.94	0.99	0.88	0.9	0.87	0.88	1	1	1	1	0.95	
Factor fin de semana	0.97	0.84	1.07	1.32	1.18	1.03	1.52	1.41	1.63	1.55	1	1	1	1	1.14	
Factor expansión	0.96	0.88	1.02	0.98	0.98	0.93	1.06	1.1	0.94	1.02	1	1	1	1	2.18	
TPDA	11484	2214	4257	813	446	1114	994	540	219	51	12	12	5	57	204	22422
%TPDA	51.22%	9.87%	18.99%	3.63%	1.99%	4.97%	4.43%	2.41%	0.98%	0.23%	0.05%	0.05%	0.02%	0.25%	0.91%	100%
Proyección de tráfico para 2053	40726	7852	15097	2884	1582	3951	3526	1916	777	181	43	43	18	203	724	79523
Composición del tráfico	90.66%						8.15%						1.19%			100%

Fuente. Elaboración propia

2.20 Tráfico de diseño (TD)

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará el Tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (f_c).

El cual se determina con la expresión N°9:

$$\text{Ecuación 17. } TD = TPDA * FC * FD * f_c * 365$$

Dónde:

TD: Tránsito de diseño.

TPDA: Tránsito promedio diario del año base.

FC: Factor crecimiento.

FD: Factor de distribución.

f_c : Factor Carril.

$$TD = 22422 * 0.5908 * 0.45 * 0.63 * 365$$

$$TD = 1,370,757.92 \cong 1,370,758$$

365: Constante equivalente a la estimación de los 365 días del año.

El tránsito de diseño para un período de 30 años y con una tasa de crecimiento de 4.31% es de $TD = 1,370,758$ veh/día, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°21. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton)

Tipos de vehiculos	Transito Actual 2023	F.C	Factor de distribuciòn por direccion	Factor por carril Fc	DÍAS	Transito de diseño
Autos	11484	0.59	0.45	0.63	365	702068.68
Jeep	2214	0.59	0.45	0.63	365	135351.80
Camionetas	4257	0.59	0.45	0.63	365	260249.60
McBus	813	0.59	0.45	0.63	365	49702.35
MnBus	446	0.59	0.45	0.63	365	27265.99
Bus	1114	0.59	0.45	0.63	365	68103.84
Liv 2.5t	994	0.59	0.45	0.63	365	60767.70
C2 5 + ton	540	0.59	0.45	0.63	365	33012.63
C3	219	0.59	0.45	0.63	365	13388.46
Tx-Sx>=5e	51	0.59	0.45	0.63	365	3117.86
Cx-Rx<=4e	12	0.59	0.45	0.63	365	733.61
Cx-Rx>=5	12	0.59	0.45	0.63	365	733.61
V.A	5	0.59	0.45	0.63	365	305.67
Vehiculos de construccion	57	0.59	0.45	0.63	365	3484.67
Otros	204	0.59	0.45	0.63	365	12471.44
Tránsito de Diseño						1370758

Fuente: Elaboración propia.

2.21 Ejes equivalentes (ESAL o W18)

Se define como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18, 000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento. Se obtiene conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (FESAL). (Okrania Hernández, 2017, págs. 28-48)

Se calcula mediante la expresión N°10:

$$\text{Ecuación 18.} \quad W18 = TD * FESAL$$

Dónde:

(TD): Tránsito de diseño.

FESAL: factor equivalente de carga.

Tabla N°22. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton)

Tipos de vehiculos	Transito Actual 2023	F.C	Transito de diseño	ESAL`s Factor "D"	ESAL`s de diseñador "E"
Autos	11484	21563.99	247640861.16	0.00020	49528.17
Jeep	2214	21563.99	47742673.86	0.00020	9548.53
Camionetas	4257	21563.99	91797905.43	0.00040	36719.16
McBus	813	21563.99	17531523.87	1.1005	19293442.02
MnBus	446	21563.99	9617539.54	1.1005	10584102.26
Bus	1114	21563.99	24022284.86	1.1005	26436524.49
Liv 2.5t	994	21563.99	21434606.06	1.9720	42269043.15
C2 5 + ton	540	21563.99	11644554.60	1.9720	22963061.67
C3	219	21563.99	4722513.81	1.9720	9312797.23
Tx-Sx>=5e	51	21563.99	1099763.49	2.7630	3038646.52
Cx-Rx<=4e	12	21563.99	258767.88	3.6500	944502.76
Cx-Rx>=5	12	21563.99	258767.88	4.5370	1174029.87
V.A	5	21563.99	107819.95	0.0132	1423.22
Vehiculos de construccion	57	21563.99	1229147.43	3.6500	4486388.12
Otros	204	2253.96	459807.84	1.9720	906741.06
Total de ESAL´S de Diseño (W18)					141506498
ESAL o W18=141,506,498					

Fuente: Elaboración propia

Otra forma de realizar el cálculo de TPDA se relaciona con factores que ayudan a encontrar el valor correspondiente a partir de los aforos realizados.

2.22 Método de cálculo de TPDA según Rafael Cal y Mayor

Para la cuantificación del tránsito promedio diurno semanal, se realizó un aforo vehicular de 3 días, con un período de 12.00 horas continuas por día. Para calcular el Transito Promedio Diurno semanal, se utilizó la ecuación N° 2:

$$\text{Ecuación 19. } TPD_{\text{semanal}} = \frac{\text{Cantidad Total por tipo de Vehiculos}}{\text{Cantidad de dias del Aforo}}$$

$$TPDS \text{ Automóviles} = \frac{27334 \text{ autos}}{3 \text{ días}} = 9112 \frac{\text{autos}}{\text{días}}$$

Sustituyendo los valores en la **Ecuación N° 19**, se obtiene un resultado de 9112 automóviles en el día (12 horas) en sentido sur-norte, punto N°1 (Estación de policía del distrito V). (R., 1994, págs. 152-185)

Como se muestra en la tabla N°. 13 del comportamiento del tráfico en ambos sentidos, la mayoría corresponde automóviles, con $9112 \frac{\text{autos}}{\text{días}}$, le siguen las camionetas con $3038 \frac{\text{camionetas}}{\text{días}}$ y jeep con $2063 \frac{\text{jeep}}{\text{días}}$.

Basado en los planteado por Anuario de Aforo de Tráfico (MTI, 2019) el TPDA es calculado por la ecuación:

$$TPDA = TP(D) * \text{Factor Día} * \text{Factor Ajuste Ecuación N}^{\circ} 20. \text{ Fuente (MTI, 2019)}$$

Donde:

TP(D): es el Tránsito promedio diurno, mismo que será equivalente al Tráfico Promedio Diario Semanal cuando se afora la semana completa durante las 12 horas.

En el caso de contar solo 3 días podrán determinarse el TPDA por la expresión:

$$TPDA = TP(D) * \text{Factor Día} * \text{Factor Semana} * \text{Factor Ajuste}$$

Estos factores de ajuste son también un referente para otros diseños como cargas en puentes siendo referidos a “coeficientes de fluctuación diaria, semanal y estacional que posee el Ministerio de Transporte e Infraestructura” (JICA, 2014, p. 2-33).

$$TPDA = TD_{12H} * Fd * Fs * Fajuste$$

Dónde:

TD_{12H} : Tráfico promedio diario 12 horas.

Fd : Factor día.

Fs : Factor semana

Ft : Factor ajuste.

Sustituyendo los valores en la **Ecuación**Nº 20, se obtiene un Transito Promedio Diario Anual de:

$$TPDA = 9112 * 1.34 * 1.01 * 0.97 * 0.96$$

$$TPDA = 11484 \frac{\text{autos}}{\text{día}}$$

2.22.1 Volumen de tránsito por metodología de Rafael Cal y Mayor

Se define como volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de calzada, durante un periodo determinado. **Rafael Cal y May Reyes Spíndola, James Cárdenas**. Se expresa como;

$$\text{Ecuación 20. } Q = \frac{N}{T} = \frac{61932}{3} = \frac{20644veh}{días}$$

$$Q = \text{vehículos que pasan por unidad de tiempo} \left(\frac{vehilos}{periodo} \right)$$

$$N = \text{número total de vehículos que pasan (vehículos)} = 61932 \text{ vehículos}$$

$$T = \text{periodo determinado (unidades de tiempo)} = 3 \text{ días}$$

2.22.2 Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Este análisis se define como el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración de lapso de tiempo determinado se tienen los siguientes volúmenes de tránsitos absolutos o totales:

- **Tránsito anual (TA)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso, $T=1$ año

- **Tránsito mensual (TM)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un mes: En este caso, $T=1$ mes.

- **Tránsito semanal (TS)**

Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso $T=1$ semana.

- **Tránsito diario (TD)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso, $T=1$ día.

- **Tránsito horario (TH)**

Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso, $T=1$ hora.

- **Tasa de flujo o flujo (q)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. En este caso, $T < 1$ hora.

2.22.3 Volúmenes de tránsito promedios diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día.

2.22.4 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

Ecuación 21. $TPDA = \frac{TA}{365}$

O bien para obtener el tránsito promedio diario anual, TPDA, como se refleja anteriormente, es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, mediante aforos continuos o a lo largo del todo el año, ya sea en periodos horarios, diarios, semanales o mensuales. Muchas veces esta por los costos que ello implica. Si embargo, se pueden conseguir datos en casetas de cobro para las carreteras de cuotas o mediante contadores automáticos instalados en las estaciones maestras de la gran mayoría de la red vial de la nación.

En estas situaciones, muestras de los datos sujetas a las mismas técnicas de análisis permiten generalizar el comportamiento de la población. No obstante, antes de que los resultados se puedan generalizar, se debe analizar la variabilidad de la muestra para así estar seguros, con cierto nivel de confiabilidad, que esta se puede aplicar a otros números de casos no incluidos y que formen parte de las características de la población.

Por lo anterior, en el análisis de volúmenes de tránsito, la media poblacional o tránsito promedio diario anual (TPDA), se estima con base a la media muestral o tránsito promedio diario semanal (TPDS), según la siguiente expresión:

Ecuación 22. $TPDA = TPDS \pm A$

Dónde A = máxima diferencia entre TPDA Y TPDS

Como se refleja el valor de A, sumado o restado del TPDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA. Para un determinado nivel de confiabilidad, el valor de A es:

Ecuación 23. $A = K * E$

Dónde

K = número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.

E = error estándar de la media

Estadísticamente se ha demostrado que las medias de diferentes muestras, tomadas de la misma población, se distribuyen normalmente alrededor de la media poblacional con una desviación estándar equivalente al error estándar. Por tanto, también, se puede escribir que:

Ecuación 24. $E = \sigma$

σ : *estimador de la desviación estandar poblacional.*

Una expresión para determinar el valor estimado de la desviación estándar poblacional, σ es la siguiente:

Ecuación 25.
$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Dónde:

S = desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral.

n = tamaño de la muestra en número de días del aforo.

N = tamaño de la población en números de días del año.

La desviación estándar muestral, S, se calcula como:

Ecuación 26.
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

Dónde:

$$TD_i = TPDS \pm A$$

$$= TPDS \pm KE$$

$$= TPDS \pm K\sigma$$

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de constante K son 1.64 y 1.96, respectivamente.

A partir de los datos obtenidos y en correlación con los volúmenes de tránsito promedio diario anual y semanal se determinan:

2.22.5 Tránsito promedio diario semanal TPDS:

$$TPDS = \frac{20429+20592+20911}{3} = 20644 \text{ vehículos } \frac{\text{mixtos}}{\text{días}}$$

- **Desviación estándar muestral, s:**

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{3-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(10...-TPDS)^2 + (11...-TPDS)^2 + (12...-TPDS)^2}{3-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(20429-20644)^2 + (20592-20644)^2 + (20911-20644)^2}{3-1}}$$

$$S = 246 \text{ vehículos } \frac{\text{mixtos}}{\text{día}}$$

- **Desviación estándar poblacional estimada, $\hat{\sigma}$**

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right] = \frac{246}{\sqrt{3}} \left[\sqrt{\frac{365-3}{365-1}} \right] = 142 \text{ vehículos } \frac{\text{mixtos}}{\text{día}}$$

Intervalo del TPDA para el nivel de confiabilidad del 90%, k=1.64.

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

$$TPDA = 20644 \pm 1.64(142)$$

$$TPDA = 20644 \pm 233 \text{ vehículos mixtos /día}$$

El valor máximo que toma el TPDA es:

$$TPDA = 20877 \text{ veh\u00edculos} \frac{\text{mixtos}}{\text{d\u00eda}}$$

El valor m\u00ednimo es:

$$TPDA = 20411 \text{ veh\u00edculos} \frac{\text{mixtos}}{\text{d\u00eda}}$$

El intervalo de confianza TPDA, tambi\u00e9n se puede expresar de la siguiente manera:

$$20411 \text{ Veh\u00edculos} \frac{\text{mixto}}{\text{d\u00eda}} \leq TPDA \leq 20877 \text{ Veh\u00edculos} \frac{\text{mixto}}{\text{d\u00eda}}$$

Para el nivel de confiabilidad del 95%, K=. Entonces

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

$$TPDA = 20644 \pm 1.96(142)$$

$$TPDA = 20644 \pm 279$$

El valor m\u00e1ximo que toma el TPDA es:

$$TPDA = 20923 \text{ veh\u00edculos} \frac{\text{mixtos}}{\text{d\u00eda}}$$

El valor m\u00ednimo es:

$$TPDA = 20365 \text{ veh\u00edculos} \frac{\text{mixtos}}{\text{d\u00eda}}$$

El intervalo de confianza TPDA, tambi\u00e9n se puede expresar de la siguiente manera:

$$20,365 \text{ Veh\u00edculos} \frac{\text{mixto}}{\text{d\u00eda}} \leq TPDA \leq 20,923 \text{ Veh\u00edculos} \frac{\text{mixto}}{\text{d\u00eda}}$$

CAPÍTULO III

ESTUDIO TOPOGRÁFICO



CAPITULO III. ESTUDIO TOPOGRAFICO

3.1 Introducción

En este capítulo abordaremos lo correspondiente al segundo objetivo específico que cita textualmente “Realizar estudio topográfico para la determinación de la configuración del relieve natural y la rasante óptima”, por motivo económico y aprovechamiento a la disposición que se nos brindó por parte de la alcaldía de Managua dirección de viabilidad se nos facilitó las coordenadas (x,y,z) con sus respectivos códigos de los 3km en estudio, del cual utilizamos para procesar la información el software AutoCAD 3D, a través de este se obtuvieron los ángulos, deflexiones, distancias; logrando así la determinación de la configuración del relieve natural y se propuso la rasante óptima.

3.2 Estudio topográfico

3.2.1 Topografía

La topografía se encarga del estudio altiplanimétrico de la superficie de la tierra, su importancia se basa en la representación de los detalles y accidentes topográficos de un terreno. En toda obra los estudios topográficos son fundamentales porque nos proporciona una serie de elementos (curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales) que se resumen en planos topográficos con lo cual se lleva a cabo todas las evaluaciones y valoraciones, con el fin de obtener un resultado más apegado a la realidad del medio. (Aparicio, 2000)

La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala. (Generalidades de la topografía, Eco México, pág.3)

Clases y unidades de las mediciones en topografía

Las aplicaciones de topografía incluyen la medición o determinación de longitudes, elevaciones, áreas, volúmenes y ángulos, los cuales requieren la utilización de un sistema de unidades consistentes. (Generalidades de la topografía, Eco México, pág.16)

3.2.1.1 Unidades lineales

Las unidades lineales se utilizan para la medición de longitudes y elevaciones (distancias horizontales o inclinadas y distancias verticales) utilizan el sistema métrico conocido como el sistema internacional de unidades o simplemente SI, el cual se basa en el sistema decimal (múltiplos de 10) y la unidad base es el metro. (Generalidades de la topografía, Eco México, pág.16)

3.2.1.2 Unidades de área

Las unidades de área se usan para medir superficies y se expresan en metros cuadrados (m^2). Sin embargo, en las medidas de agrimensura para las áreas de lotes y parcelas, normalmente se emplea la hectárea (ha) y la fanegada (fan). Para grandes extensiones se usa el kilómetro cuadrado (Km^2). (Generalidades de la topografía, Eco México, pág.16)

3.2.1.3 Escalas

Para dibujar los resultados de cualquier levantamiento topográfico en un plano, es necesario utilizar el concepto de escala, la cual representa la relación entre el número de unidades de longitud en el plano y el número de unidades de longitud en el terreno. Para expresar el valor de la escala de un plano o dibujo se puede hacer en palabras, en forma gráfica o por fracciones representativas. La escala puede ser de ampliación o de reducción. En topografía normalmente se utilizan escalas de reducción, debido a que las dimensiones medidas en los levantamientos son mucho mayores que el tamaño del papel donde se va a dibujar el objeto medido, pero tienen el inconveniente que no se pueden representar los detalles. En mediciones de objetos diminutos, si se emplean escala de ampliación o de aumento, son bien detallados, pero no se pueden representar

muchos objetos en el mismo plano. Las escalas grandes son utilizadas por arquitectos para representación de detalles como puertas, ventanas y detalles constructivos especiales. (Generalidades de la topografía, Ecomexico, pág.18)

3.2.2 Levantamientos topográficos

Es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma, estas operaciones consisten meramente en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos, determinar ángulos entre alineaciones, hallar la orientación de estas alineaciones, entre otras. (Aparicio, 2000).

3.2.2.1 Levantamiento planimétrico

Consiste en determinar la representación gráfica de la superficie, sobre la cual se pretende proyectar los ejes constructivos, en este se logra apreciar los obstáculos y alineaciones que nos ofrece el área de estudio. Además, nos sirve de guía para realizar diferentes propuestas en función de las condiciones que nos ofrece el terreno. (Topografía, Aparicio 2000, p.43)

3.2.2.2 Levantamiento altimétrico

Facilita la representación del relieve del terreno en estudio, con este estudio el ingeniero logra determinar parámetros importantes entre los cuales tenemos: la pendiente, secciones transversales, y perfiles longitudinales de los ejes propuestos. (Topografía, Aparicio 2000, p.44)

3.2.3 Perfiles longitudinales

Son los planos en los que se reflejan las diferencias altimétricas de un itinerario o de dos puntos en concreto, reflejando en dichos planos las distintas pendientes y distancias parciales y a origen de la traza (trayecto). (Topografía, Aparicio 2000, p.)

3.2.4 Secciones transversales

Son líneas de niveles o perfiles cortos que se realizan de forma perpendicular al eje del proyecto (perfil longitudinal), y proporcionan información necesaria para estimación de volúmenes de movimiento de tierra. (Topografía, Aparicio 2000, p.)

3.2.5 El alineamiento horizontal

Es la proyección del eje de la subcorona del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición. (Topografía, Aparicio 2000, p.)

3.2.6 Planimetría y altimetría simultáneas

La combinación de las dos áreas de la topografía plana, permite la elaboración o confección de un "plano topográfico" propiamente dicho, donde se muestra tanto la posición en planta como la elevación de cada uno de los diferentes puntos del terreno. La elevación o altitud de los diferentes puntos del terreno se representa mediante las curvas de nivel, que son líneas trazadas a mano alzada en el plano de planta con base en el esquema horizontal y que unen puntos que tienen igual altura. Las curvas de nivel sirven para reproducir en el dibujo la configuración topográfica o relieve del terreno. (Generalidades de la topografía, Ecomexico, pág.7)

3.2.7 Equipos utilizados en topografía

3.2.7.1 Instrumentos auto orientables.

La brújula o compás magnético es un instrumento que sirve de orientación y que tiene su fundamento en la propiedad de las agujas magnetizadas; la aguja imantada indica la dirección del campo magnético terrestre, apuntando hacia los polos norte y sur. (Instrumentos topográfico, Ángel 2011, p.138)

3.2.7.2 Instrumentos altimétricos

Niveles: Este instrumento tiene como finalidad principal medir desniveles entre puntos que se encuentran a distintas alturas, aunque también se puede usar para comprobar

por ejemplo que dos puntos se encuentren a la misma altura. Otra de las aplicaciones más importantes de estos instrumentos es el traslado de cotas de un punto conocido, es decir del cual se sabe la altura, a otro de altura desconocida. **Barómetros:** es un instrumento que mide la presión del aire y puede usarse en la nivelación barométrica para determinar alturas relativas de puntos situados sobre la superficie terrestre. (Instrumentos topográfico, Ángel 2011, p.142)

3.2.7.3 Instrumentos de medida de ángulos

Teodolitos: Un teodolito es un instrumento óptico de precisión para la medición de ángulos entre los puntos visibles designados en las horizontales y verticales planos. (Instrumentos topográfico, Ángel 2011, p.193)

Consiste en un telescopio móvil montado para que pueda girar alrededor de los ejes horizontal y vertical y proporcionar lecturas angulares.

Estos indican la orientación del telescopio y se utilizan para relacionar el primer punto observado a través del telescopio con los avistamientos posteriores de otros puntos desde la misma posición del teodolito.

A partir de estas lecturas, se puede dibujar un plan o se pueden colocar objetos de acuerdo con un plan existente.

Estaciones totales: es un instrumento de tipo electrónico/óptico muy utilizado en la topografía moderna para la construcción de edificios. Este instrumento topográfico es capaz de:

- Medir la distancia de inclinación y los ángulos horizontales/verticales de un objeto.
- Determinar la posición y altura de un punto de la construcción.
- Almacenar la información recogida en su microprocesador para descargarla a un ordenador y procesarla posteriormente.

La diferencia entre el teodolito y la estación total, es que el teodolito se especializa en las mediciones de ángulos horizontales y verticales, mediante precisión de grados. Y en el caso de la estación total topografía, realiza mediciones no solo de los ángulos, sino también de elevaciones y distancias.

Las principales funciones de la estación total son:

- Aplomado desde una altura

Son equipos topográficos ideados para aplomar sobre un punto en el terreno o desde una altura. Además de hacer revisiones de las líneas verticales con total precisión. Para obtener una buena información de aplomado en el nivel topográfico, es importante que la estación total esté bien nivelada.

- Levantamientos

Para ejecutar un buen levantamiento, es necesario colocar las estaciones totales sobre un punto en particular y orientarlo a un sistema de coordenada local. Cuando se quiere tener una buena orientación, solo debe elegirse un segundo punto fácil de medición.

- Replanteo

Cuando se busca alinear una construcción, este instrumento resulta de mucha utilidad, ya que permite extrapolar los lados de esta, independientemente de los límites donde deben ser colocadas las estacas.

- Reconocimiento automático de objetivos

Algunos tipos de estaciones totales, como las tapers incluyen un sistema de reconocimiento de objetivo ATR. De esta manera, el reconocimiento puede realizarse de una forma sencilla y rápida. Gracias a estas innovaciones tecnológicas, las mediciones se realizan de forma automática con ayuda de un ordenador.

- Medición de distancias no tan accesibles

Algunas estaciones disponen de un reconocimiento láser para medir objetos que están fuera de su alcance, o cuando se quiere instalar conductos a lo largo de las rejillas o cañadas.

3.2.7.4 Instrumentos de medida de distancias

Cintas: Las cintas métricas permiten realizar levantamientos topográficos preliminares del terreno, esto se utiliza para conocer el terreno antes de realizar cualquier otra tarea. El método de medir la distancia horizontal entre dos puntos con la cinta métrica se le llama cadenamiento. (Instrumentos topográfico, Ángel 2011, p.241)

Distanciómetros electrónicos: Uno de los equipos más útiles para los profesionales de topografía es el distanciómetro. Este es un instrumento electrónico de medición que calcula la distancia desde dos puntos gracias a un rayo láser. (Instrumentos topográfico, Ángel 2011, p.237)

Estos aparatos funcionan según el principio de vuelo: emiten una señal de láser a un objetivo y posteriormente se calcula el tiempo que esta tarda en ir y volver al medidor. Así, la distancia se calcula basándose en este dato, dado que la velocidad de la luz es constante. Estos equipos tienen un alcance que suele ir desde los 20 hasta los 200 metros.

Levantamiento topográfico en campo y gabinete.

Estos consisten en las labores realizadas directamente sobre el terreno tales como:

- Toma de decisiones para la selección del método del levantamiento, los instrumentos y equipos necesarios, la comprobación y corrección de los mismos, la precisión requerida para el levantamiento.
- Determinación de la mejor ubicación de los vértices de una poligonal base o de referencia (ya sea abierta, cerrada o ramificada) que va a conformar el esqueleto o estructura del levantamiento.

- Programación del trabajo y la toma o recolección de datos necesarios, realización de mediciones (distancias, alturas, direcciones) y su correspondiente registro en libretas adecuadas, denominadas "carteras de topografía", ya sea de manera manual o electrónica.
- Colocación y señalamiento de mojones de referencia para delinear, delimitar, marcar linderos, fijar puntos, guiar trabajos de construcción y controlar mediciones. Medición de distancias horizontales y/o verticales entre puntos u objetos o detalles del terreno, ya sea en forma directa o indirecta.
- Medición de ángulos horizontales entre alineamientos (líneas en el terreno).
- Determinación de la dirección de un alineamiento con base en una línea tomada como referencia, llamada línea terrestre o meridiana. Medición ángulos verticales entre dos puntos del terreno ubicados sobre el mismo plano vertical.
- Localización o replanteo de puntos u objetos sobre el terreno con base en mediciones angulares y distancias previamente conocidas.

Como complemento a las operaciones de campo y con base en los datos medidos y registrados adecuadamente, en las operaciones de oficina se calcula en términos generales los siguientes parámetros:

- Coordenadas cartesianas de todos los puntos.
- Distancia entre puntos.
- Ángulos entre dos alineamientos.
- Dirección de un alineamiento con base en una línea tomada como referencia.
- Áreas de lotes, parcelas, franjas, áreas de secciones transversales.
- Ubicaciones o determinación de volúmenes de tierras.
- Alturas relativas de puntos.

- Finalmente se debe confeccionar un plano o mapa a escala (representación gráfica o dibujo) de los puntos y objetos y detalles levantados en el campo. Los planos pueden ser representaciones en planta de relieve, de perfiles longitudinales de líneas, de secciones transversales, cortes, relleno, etc.

3.2.8 Levantamiento longitudinal o de vías de comunicación

Son los levantamientos que sirven para estudiar y construir vías de transporte o comunicaciones como carreteras, vías férreas, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc. Las operaciones son las siguientes:

- Levantamiento topográfico de la franja donde va a quedar emplazada la obra tanto en planta como en elevación (planimetría y altimetría simultáneas).
- Diseño en planta del eje de la vía según las especificaciones de diseño geométrico dadas para el tipo de obra.
- Localización del eje de la obra diseñado mediante la colocación de estacas a cortos intervalos de unas a otras, generalmente a distancias fijas de 5, 10 o 20 metros.
- Nivelación del eje estacado o abscisado, mediante itinerarios de nivelación para determinar el perfil del terreno a lo largo del eje diseñado y localizado.
- Dibujo del perfil y anotación de las pendientes longitudinales Determinación de secciones o perfiles transversales de la obra y la ubicación de los puntos de chaflanes respectivos.
- Cálculo de volúmenes (cubicación) y programación de las labores de explanación o de movimientos de tierras (diagramas de masas), para la optimización de cortes y rellenos hasta alcanzar la línea de subrasante de la vía.
- Trazado y localización de las obras respecto al eje, tales como puentes, desagües, alcantarillas, drenajes, filtros, muros de contención, etc.

- Localización y señalamiento de los derechos de vía o zonas legales de paso a lo largo del eje de la obra.

3.3 Levantamiento topográfico del tramo desde el semáforo de la fuente hasta el km 4.8 rotonda Jean Paul Genie, aproximadamente 3.000ml

Para dar inicio al levantamiento topográfico realizaron varias visitas al sitio, esto con el fin de tomar en cuenta todos los detalles posibles al momento del levantamiento, de manera que se abarquen todos los puntos de referencia para lograr tener un estudio del terreno de la vía lo más real posible.

3.3.1 Equipos utilizados para el levantamiento topográfico

- Estación total marca Trimble C5, precisión modelo Focus 2 (5")
- Trípode de metal marca Trimble
- Dos prismas Trimble
- Dos bastones para prisma marcan Trimble
- Brújula
- GPS SP85 Spectra geospatial con precisión de punta RTK
- Pintura en spray color rojo

3.3.2 Procedimiento para el levantamiento topográfico

1. Como primera instancia se instalaron dos mojones dándole control GPS con precisión milimétrica ocupando un SP85 Spectra Precisión. Ambos mojones se dejaron a una distancia de 250m, en uno de estos se realizó estación y el otro se ocupó para orientación, en el sitio con coordenadas UTM, Wgs84 en la zona 16 norte. En la tabla N°23, pág.62, se puede ver el detalle de la libreta digital.
2. Luego de tener un registro de las coordenadas de partida se procede a plantar la estación total, haciendo todo el proceso de nivelación y orientación del mismo.

3. Se configuró el nombre del trabajo, y se procedió guardar las coordenadas de salida en la estación.
4. En este levantamiento, se utilizó el método de perfil longitudinal y sección transversal, el cual se efectuó de la siguiente manera: de la estación 0+000 hacia adelante, dividimos todo el tramo en subtramos de 10 metros aproximadamente, donde se levantaba la vía transversalmente, tomando los puntos de interés tales como ancho de vía (linderos o cercos), terreno natural (todo registro de terreno natural ya sea talud natural, drenaje pluvial natural, etc.), ancho de calle (banda izquierda y derecha).
5. El cambio de estación se realizó a cada 50 m. aproximadamente esto debido a la concurrencia de la vía que afectaba la visibilidad y la cantidad de detalles abarcados en todo el tramo.
6. Como trabajo de campo, a cada cambio de estación, en los enlaces verificábamos la vista atrás tratando de obtener un registro de coordenadas no mayor a ± 0.005 m, (5 mm). Considerando la precisión del equipo con el que se realizó el levantamiento.

3.4 Procesamiento de datos

El levantamiento topográfico proporcionado por la alcaldía de Managua está dividido en dos tramos, el primero que es un levantamiento de la topografía del terreno de la rotonda Jean Paul Genie y el otro tramo que es un levantamiento de la rotonda hacia el paso a desnivel de Rubenia.

3.4.1 Puntos generales del levantamiento

Al finalizar un levantamiento se extra la memoria de datos del equipo la cual posee un orden, los cuales son:

- Orden de puntos observados.
- Coordenada norte que son las Y.

- Coordenada este que son las X.
- Elevaciones que están dadas en el plano Z.
- Código asignado que varía según el topógrafo que realizó el levantamiento.

Estos puntos fueron extraídos del levantamiento proporcionado a través de la herramienta civil 3D y convertidos en un archivo cvs para posteriormente depurarlos y obtener las tablas de la memoria de datos del equipo, de lo cual se anexa una única tabla como detalle demostrativo del proceso de gabinete antes de la creación del plano.

Debido a que en el levantamiento proporcionado ya se encontraba realizado este proceso.

Tabla N°23. Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevacion)	CODIGO
1	1339579.42	581478.61	150.799	BM1
2	1339579.5	581478.572	154.466	BM2
3	1339587.65	581482.027	154.429	BORDILLO
4	1339579.64	581488.087	154.447	BORDILLO
5	1339587.5	581477.763	154.272	BORDILLO
6	1339585.07	581475.446	154.309	BORDILLO
7	1339587.48	581477.827	154.388	SEMAFORO
8	1339585.06	581475.526	154.429	SEMAFORO
9	1339587.43	581477.9	154.389	SEMAFORO
10	1339585.05	581475.609	154.438	BORDILLO

Fuente: Base de datos de la estación total utilizada por la alcaldía de Managua para el levantamiento; representación del almacenamiento de datos, extraídos del levantamiento.

Nota: Tabla N°23. Representa una parte de los puntos levantados de manera demostrativa ver continuación de tabla en anexo (V-X).

Nota: Los códigos corresponden según el topógrafo que realizó el levantamiento.

3.5 Pendiente natural del terreno

Podríamos definir la pendiente del terreno en un punto dado como el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo.

En lugar de expresarla como un ángulo, es más interesante representar la pendiente del terreno como un valor de tanto por ciento. Esto se obtiene multiplicando por 100 la tangente del ángulo que define el desnivel del suelo.

La definición de la pendiente se calcula para lograr la clasificación del terreno el cual está definido por el relieve que se conoce como el conjunto de formas de la superficie terrestre que se representan mediante curvas de nivel. Estas curvas son la traza entre un plano horizontal y el relieve, proyectadas en un solo plano horizontal.

Las principales formas del relieve se pueden clasificar en formaciones montañosas, llanuras y depresiones, y estas diversas formas que representan la superficie terrestre, tal y como la conocemos actualmente es el resultado conjunto de procesos biológicos, climáticos, químicos, físicos y las acciones antrópicas que actúan integrando las rocas de la superficie terrestre.

El método más empleado para la representación de las formas del relieve de la superficie del terreno son las curvas de nivel o isohipsas son líneas que unen puntos de la superficie topográfica que presentan la misma altitud. O lo que es igual, la intersección de la superficie topográfica con un plano horizontal.

El alineamiento vertical de una carretera está ligado estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno. La AASTHO identifica tres categorías generales de terreno.

- Terreno plano
- Terreno ondulado
- Terreno montañoso

El cuadro siguiente, contiene una clasificación de las pendientes en los terrenos donde se localizan las carreteras.

Tabla N°24. Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales.

TIPO DE TERRENO	RANGOS DE PENDIENTES (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 > G \leq 15$
Montañoso	$15 > G \geq 30$

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales, SIECA 2004 pág. 154.

A lo largo del tramo en estudio se realizó el cálculo de la pendiente tomando una distancia a cada 10 metros, para determinar el tipo de terreno.

Ecuación 27. $m = \frac{Elv2 - Elv1}{DH} * 100$

Datos

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
0+000	155.701	10	-0.21
0+010	155.680		

$$m = \frac{155.680 - 155.701}{10} * 100 = -0.21$$

Con el cálculo realizado en el primer tramo del levantamiento podemos localizar el resultado en la tabla ubicándolo en un terreno plano ya que su pendiente está por debajo

del 5%, este proceso se realiza a lo largo de todo el tramo para determinar la clasificación del terreno en toda la vía a continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos.

Tabla N°25. Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
0+000	155.7010	10	-0.21
0+010	155.680		
0+010	155.680	10	-2.21
0+020	155.459		
0+020	155.459	10	-0.5
0+030	155.409		
0+030	155.409	10	-2.66
0+040	155.143		
0+040	155.143	10	-1.46
0+050	154.997		
0+050	154.997	10	-1.49
0+060	154.848		
0+060	154.848	10	-3.18
0+070	154.530		
0+070	154.530	10	-1.01
0+080	154.429		
0+080	154.429	10	1.68
0+090	154.597		
0+090	154.597	10	-3.97
0+100	154.200		

Fuente: Elaboración propia, ver tabla completa en anexos pág. (XI-XXXVI)

En los resultados obtenidos se puede observar que la mayoría de las pendientes predominantes son menores que el 5% y que peculiarmente las pendientes son mínimas,

evaluando desde la estación 0+000 a la estación 3+000 el terreno es plano, como se evaluó cada 10 metros la pendiente se pueden observar pendientes muy mínimas, y se puede observar que en su mayoría las pendientes son negativas esto debido a que el terreno va en descenso a medida que se avanza en el tramo.

Para definir la clasificación del terreno del tramo en estudio se debe de tomar en consideración que al realizar un trazo desde el inicio del tramo hasta el final se logra apreciar que hay una diferencia notoria con una pendiente elevada al 5% esto debido a que como se mencionó antes, el tramo va en descenso a medida que avanza el levantamiento, según la Tabla N°23, página 65; deberíamos clasificar el tramo como plano ya que todas las pendientes calculadas son menores al 5% pero considerando lo antes mencionado en conclusión se clasificara el terreno ondulado debido a que existen variaciones en las pendientes además de que el tramo en estudio es extenso y sufre variaciones en su terreno aunque no notorias a corta distancia pero si existentes al considerar todo el tramo.

Para realizar el cálculo de las pendientes se inició desde los semáforos de la fuente y finalizo aproximadamente en el Km 4.8 rotonda Jean Paul Genie ya que dicho levantamiento como se mencionó al inicio fue realizado por la Alcaldía de Managua (ALMA).

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE SUELOS



CAPITULO IV. ESTUDIO DE SUELOS

4.1 Introducción

Este capítulo presenta los resultados del "Estudio geotécnico para la construcción del paso a desnivel semáforos de la fuente – rotonda Jean Paul Genie". El estudio fue realizado por el Instituto de Geología y Geofísica (IGG-CIGEO) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), a solicitud de la Alcaldía de Managua. Esta investigación tiene como propósito determinar las características físico-mecánicas del subsuelo en el cual se emplazarán los cimientos de las estructuras proyectadas.

Es importante aclarar que el estudio no contemplaba el diseño de pavimentos, por tanto, no se realizaron pruebas de campo (muestreo de suelos en calicatas, ni con auger manual) y pruebas de laboratorio (CBR, pruebas de compactación y ensayos a los suelos provenientes de banco de materiales).

El proyecto está contemplado a ejecutarse en dos tramos: Tramo 1 pista solidaridad y tramo 2 rotonda Jean Paul Genie.

Los trabajos de campo incluyeron sondeos a percusión y con equipo rotativo, muestreo de suelos alterado. En el laboratorio se realizaron pruebas índices de los suelos para propósito de clasificación. Se usaron los procedimientos de pruebas de las normas ASTM y normas AASHTO.

4.2 Estudio de suelos

4.2.1 Estudio geotécnico

El objetivo del estudio de suelo es establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables. La Ingeniería geotécnica es una disciplina

tecnocientífica que agrupa a la geología, geofísica, mecánica de suelos, relacionándolas con las obras civiles.

Para que el ingeniero pueda proyectar una cimentación adecuada, debe tener un conocimiento razonable de las propiedades físicas, mecánicas y disposición de los materiales del subsuelo. Esta información puede obtenerse mediante técnicas de investigación en el terreno y en el laboratorio conocida como investigación del subsuelo.

La identificación de las causas del comportamiento deficiente de las obras con notable frecuencia señala que las deformaciones masivas de las estructuras son atribuidas a movimientos de sus fundaciones los que a su vez reflejan desplazamientos y asentamientos del suelo soporte.

Según mecánica de suelos (Vol. tomo 1), por medio de la investigación del subsuelo se puede determinar parámetros representativos o configurar un modelo analítico que reproduzca en la mejor forma posible, una compatibilidad con la importancia y las necesidades del problema. De este modo se logra entonces seleccionar racionalmente el elemento de transición estructura-suelo. (Pág. 62).

➤ **Ensayos In situ y ensayos en laboratorio**

4.2.2 Ensayos “In situ”

Como su nombre lo indica, son los estudios que se realizan directamente sobre el terreno, donde se busca trabajar con muestras extraídas directamente del suelo, evitando la dificultad de hacer llegar una muestra inalterada a un laboratorio. Entre sus principales virtudes, nos encontramos con que son estudios rápidos, relativamente económicos y proporcionan una abundante cantidad de datos. Esto no quiere decir que sustituyan por completo a los más costosos y lentos ensayos de laboratorio, pero sí representan un muy buen complemento permitiendo reducirlos a lo estrictamente necesario.

Existen una gran variedad de ensayos “in situ”, en este caso se utilizó el ensayo SPT:

SPT - Ensayo de penetración estándar (Standard Penetration Test)

Esta es una de las técnicas de penetración dinámica más utilizadas en la realización de sondeos y el reconocimiento geotécnico debido a ser económico y además que permite tomar una prueba de suelo en su interior.

Nos permite determinar los parámetros geotécnicos más importantes para la caracterización de suelos con parámetros como la estratigrafía del suelo, la resistencia al corte, densidad relativa y capacidad de soporte.

Consiste en medir el número de golpes necesarios para que se introduzca 15 cm una cuchara cilíndrica y hueca (con una dimensión de 51 mm de diámetro y 35 mm de espacio hueco en su interior donde permite tomar muestras de suelo) dejando caer, con una frecuencia constante, una masa de 63.5kg sobre el cabezal que se coloca en la parte superior del varillaje a una altura libre de 76 cm.

El número de golpes o resistencia de penetración nos da una idea sobre la capacidad de soporte del terreno, además nos permite obtener una muestra alterada del suelo para analizar el tipo de suelo en laboratorio. Si el número de golpes es superior a 50 se indica que es un rechazo y se da por finalizada la prueba.

Los datos obtenidos son importantes para el cálculo de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales permitiendo dar recomendaciones en cuanto el sistema de cimentación a utilizar, la capa de suelo donde colocar los cimientos, la compactación del terreno, determinar la susceptibilidad a licuefacción por sismos y la estabilidad local de las obras.

4.2.3 Ensayos en laboratorio

Antes de abordar los ensayos a analizarse, se hablará acerca de la norma a utilizar para su debido estudio. Desde su fundación en 1898, ASTM International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. Estas se basan en la experiencia y el compromiso de 30, 000 integrantes de ASTM provenientes de más de 140 países que hacen uso de la

ciencia, ingeniería y buen criterio para mejorar el rendimiento en la fabricación y en los materiales, los procesos, sistemas y los servicios.

Los ensayos son todos aquellos que permiten estudiar las propiedades del suelo a través de muestras, lo más inalteradas posibles, provenientes del terreno objeto de análisis; y se realizan en ambientes controlados, dentro de un laboratorio. Son mucho más precisos y brindan información que los estudios “in-situ” no son capaces de obtener, pero también son más costoso en tiempo y dinero.

Entre los ensayos más relevantes en laboratorios se utilizarán:

a) Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo con su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo con el uso que se quiera dar al agregado.

b) Límite líquido y límite plástico (ASTM D4318)

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo con el contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el cual el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldear o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuartea al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa de estado semilíquido al plástico es el Límite Líquido (ASTM D4318), y el contenido de humedad que pasa del estado plástico a semi seco es el Límite Plástico (ASTM D4318).

c) Contenido de humedad natural (ASTM D2216)

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

d) Clasificación de suelos SUCS (ASTM D2487)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)), es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación temprana modificada de Casagrande.

e) Clasificación HRB (M145)

La clasificación HRB M145 es un sistema de clasificación de suelos utilizado para propósitos de construcción de carreteras. Básicamente divide los suelos de manera general en dos grupos: materiales granulares y materiales cohesivos. Los materiales granulares se dividen en dos subgrupos: aquellos que pasan el tamiz N° 200 y aquellos que no lo pasan.

f) Gravedad específica (ASTM C127)

La Gravedad Específica es la relación entre la densidad del agregado y la del agua (1000 kg/cm³). Sin embargo, todos los agregados son porosos hasta cierto punto, lo que permite la entrada de agua en los espacios de los poros o capilares cuando se colocan en la mezcla de hormigón, o bien, ya están húmedos cuando entran al hormigón. Por lo tanto, la definición cuidadosa de la gravedad específica debe tomar en cuenta tanto el peso como el volumen de la porción de agua contenida dentro de las partículas.

g) Resistencia a la compresión en rocas (ASTM D2938)

Este método se utiliza para determinar el esfuerzo a la compresión inconfiada de núcleos de roca. El ensayo provee datos para determinar la resistencia de la roca normal y cortante bajo varias presiones y diferentes temperaturas. La aplicación de los resultados obtenidos con este ensayo decrece al aumentar la anisotropía de la roca. Es recomendable realizar pruebas en las zonas de foliación, división y a ángulos apropiados para determinar el nivel de anisotropía. Es importante para su clasificación y como punto de partida para la obtención de criterios de rotura, por medio de la aplicación de sistemas de clasificación geomecánica como los sistemas RMR y Q.

4.3 Trabajos de campo (tramo 1)

4.3.1 Prospección y pruebas in situ

El trabajo de campo consistió en la ejecución de 4 sondeos a percusión aplicando SPT con muestreo y equipo rotativo, la profundidad de investigación en este caso fue de 20m en cada sondeo con el propósito de hallar suelo rocoso y asentar los cimientos estructurales, recordemos que el proyecto se encuentra ubicado en zona altamente sísmica y debido a ello es importante asegurar la correcta estabilidad de las columnas en el diseño estructural del paso a desnivel. En la figura 3 se observa una ilustración de la profundidad de la cimentación.

Figura N°8. Cimentaciones a 20 mts de profundidad



Fuente: Elaboración propia

➤ **SPT con muestreo**

Los sondeos a percusión y rotativos con muestreo de suelos y roca, se realizó haciendo uso de una perforadora ACKER XLS de torre y mazo hidráulico; toma muestra estándar tipo split-barrel de 2" de diámetro interno; cajas de madera, bolsas de polietileno, accesorios y herramientas para dicho trabajo.

Para la caracterización geotécnica se utilizó la prueba de penetración estándar (SPT) Y muestreo del tipo alterado realizada continuamente en toda la profundidad de cada sondeo y la recuperación de núcleos de roca con muestreador de 2" de diámetro. Se tomó como referencia el procedimiento descrito en el apartado D1586- 99(ASTM), titulado "Standard test method for penetration test and split-barrel sampling of soils" y equipo rotativo. Las muestras procedentes de cada sondeo fueron analizadas en el laboratorio de geotecnia del IGG-CIGEO/UNAN-Managua.

Todas las muestras se describieron de manera preliminar visual en el campo, de acuerdo con el apartado ASTM D2488, titulado "Standard practice for description and identification of soils (visual-Manual procedure)" y basados en el sistema de clasificación

SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de suelos) y método HRB de la AASHTO; se identificaron y colocaron en cajas de madera, de acuerdo a la designación ASTM D4220, Titulado "Standard practices for preserving and transporting soil samples".

A continuación, la Tabla 4-1 y figura 4-2 se muestra la localización de cada sondeo.

Tabla N°26. Identificación, localización y profundidad de cada sondeo SPT

Identificación	Localización			Prof. (m)
	X	Y	Z(msnm)	
SPT 1	0582246	1340178	134	20.0
SPT 2	0582219	1340156	134	20.0
SPT 3	0582189	1340133	134	20.0
SPT 4	0582153	1340105	134	20.0
Total				80

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Cabe señalar que las coordenadas fueron tomadas con GPS manual (UTM, WGS 84). Aproximación +/- 5m.

Figura N°9. Ubicación del tramo 1 Pista Solidaridad



 Ubicación de Sondeos

Fuente: Google Earth/X:-9600696.4, Y:1359572.0

4.4 Análisis en laboratorio

4.4.1. Metodología

Las muestras de cada sondeo se reclasificaron y se agruparon por estratos para realizarles las pruebas según el SUCS y HRB. Las pruebas realizadas y procedimientos estándares corresponden a:

Tabla N°27. Ensayos realizados sobre el tramo

Ensayos Ejecutados	Procedimiento
Granulometría	ASTM D 422-63(2002)
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-02
Humedad in Situ	ASTM D 2216-08
Clasificación SUCS	ASTM D 2938-06
Clasificación HRB	M 145
Gravedad específica	ASTM C127

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

4.4.2 Resultados

Las muestras de cada sondeo se reclasificaron y agruparon por estratos, los resultados se presentan por sondeo en las figuras que van desde la Figura 5 hasta la Figura 8, correspondiendo a:

- Humedad in situ
- Distribución de partículas por tamaño
- Descripción de las muestras
- Clasificación SUCS

Estos resultados se analizaron junto con el resultado de número de golpes (Ngolpes), de la prueba SPT, para estimar la resistencia al corte y los parámetros necesarios para el análisis de la estabilidad mediante el uso de la relación empírica de Suárez Jaime (1994) y Método de Terzaghi Modificado (1943).

4.4.3 Caracterización geotécnica

En base a los 4 sondeos SPT y pruebas de laboratorio se presenta la caracterización siguiente.

➤ **Sondeos SPT**

En general los suelos identificados se clasifican del tipo areno limoso de compacidad suelta a densa y gravas bien graduadas (escoria volcánica) de compacidad media, con características no plásticas. A continuación, se presenta una descripción por cada sondeo.

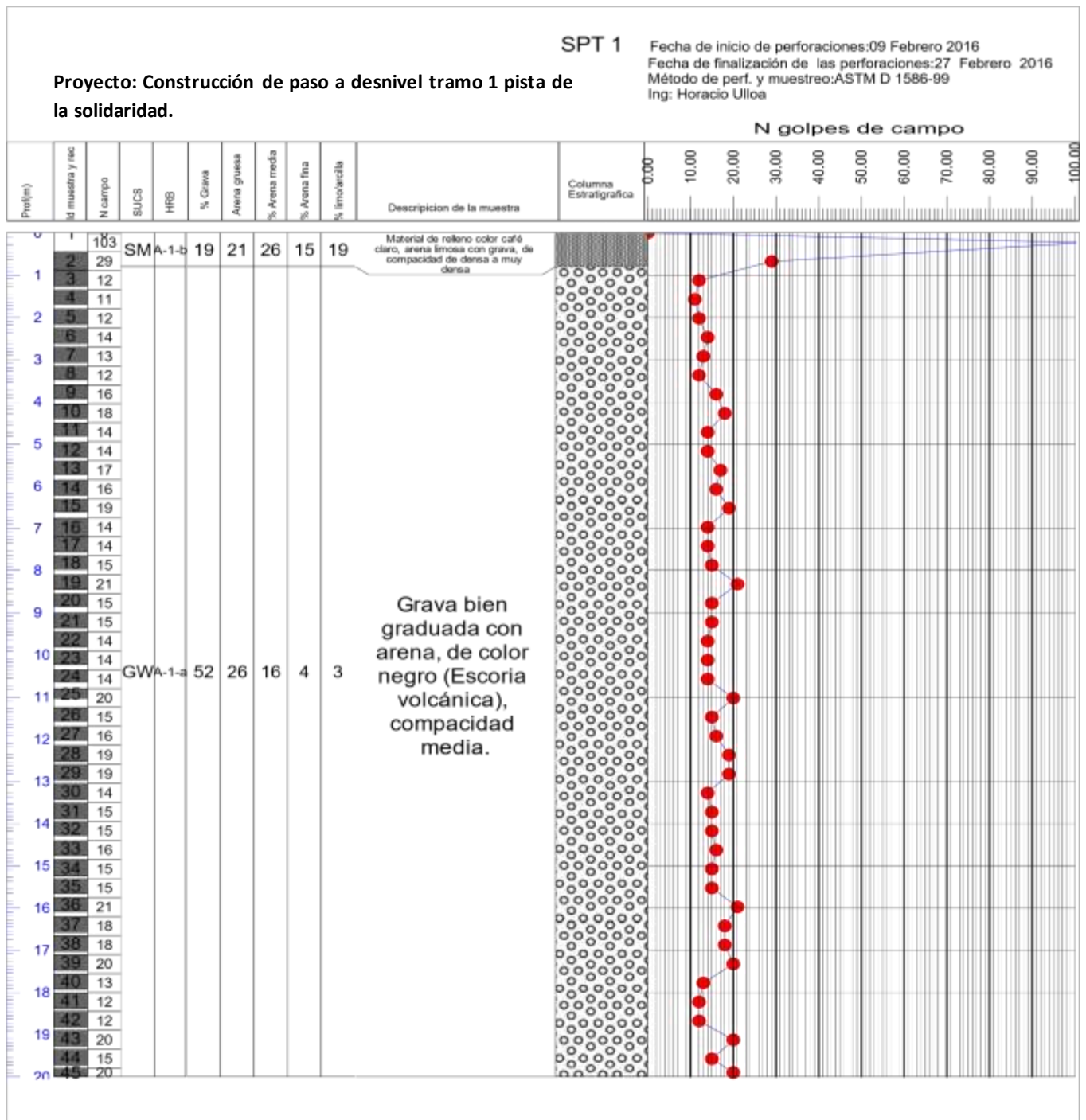
• **Sondeo SPT 1**

En la Figura 5 se muestran datos de campo y de laboratorio del sondeo SPT 1. Los datos de campo corresponden a: identificación de la muestra y valores de número de golpe del SPT (N_{campo}) y los resultados de laboratorio corresponden a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción de los estratos. A continuación, se presenta una descripción de cada tipo de suelo encontrado en el sondeo SPT 1.

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.80m de profundidad, material de relleno color café claro, arena limosa con grava, de compacidad de densa a muy densa, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b.

El segundo estrato (M2) va de 0.80m a 20 m, es una grava bien graduada con arena, de color negro (Escoria volcánica), compacidad media. Clasificado como en el sistema SUCS como GW y con el método HRB como A-1-a.

Figura N°10. Registros del sondeo SPT 1



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

- **Sondeo SPT 2**

La Figura 6 muestra datos de campo extraídos del sondeo SPT 2, tales como: identificación de la muestra y N campo. Los datos de laboratorio corresponden a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción de cada estrato. Ubicación: Semáforos de la fuente – Managua. La descripción de cada tipo de suelo del sondeo SPT 2 se presenta a continuación:

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.15 m de profundidad, compuesto por la carpeta asfáltica.

El segundo estrato (M2), de 0.15m a 0.90m, material de relleno color café claro, arena limosa con grava, de compacidad de densa a muy densa, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b.

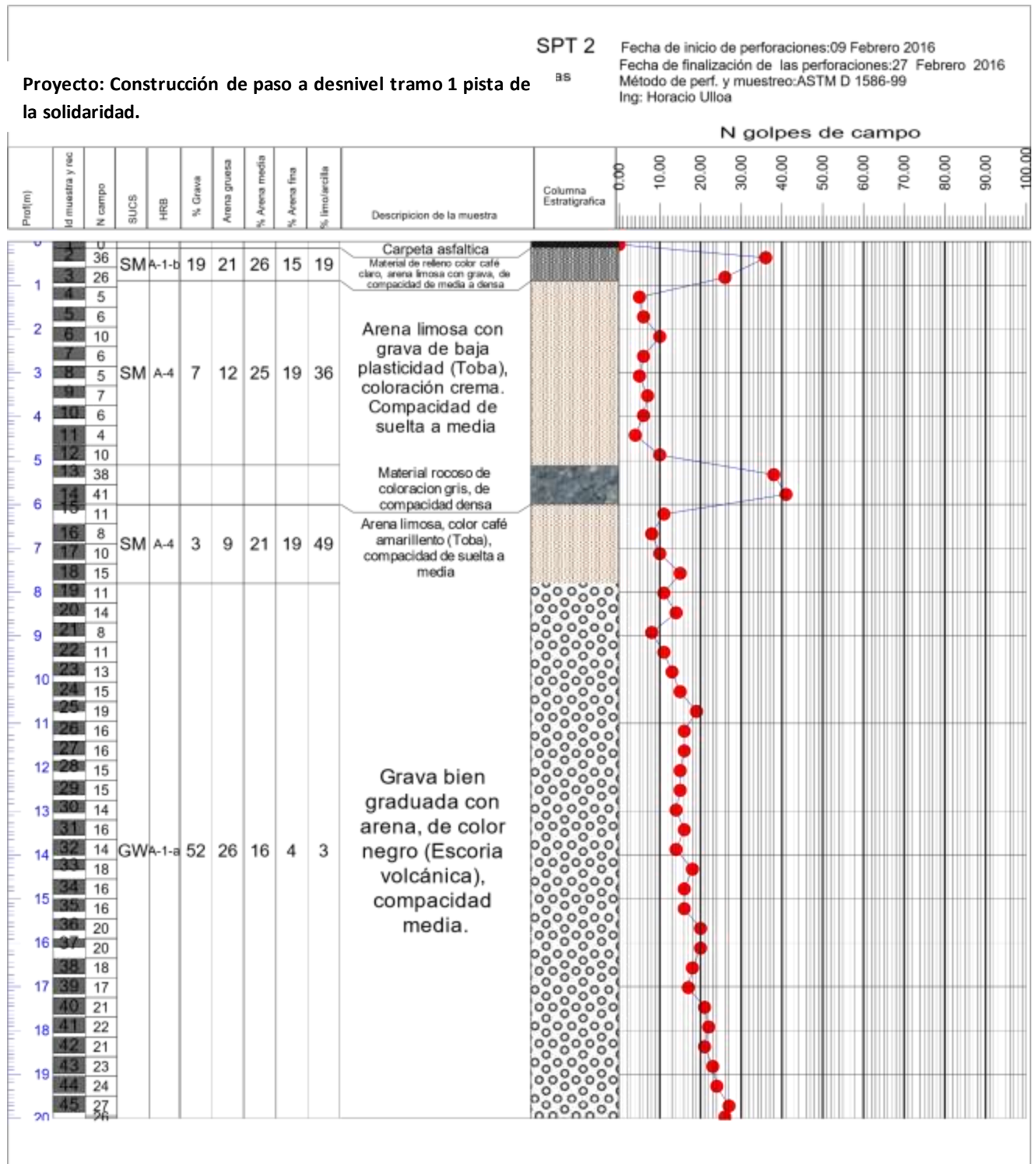
El tercer estrato (M3) va de 0.90m a 5.10m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El cuarto estrato (M4) va de 5.10m a 6.0m, consiste en un material rocoso de coloración gris, de compacidad densa.

El quinto estrato (M5) va de 6.0m a 7.80m, consiste de una Arena limosa, color café amarillento (Toba), compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El sexto estrato (M6) va de 7.80m a 20 m, es una grava bien graduada con arena, de color negro (Escoria volcánica), compacidad media. Clasificado como en el sistema SUCS como GW y con el método HRB como A-1-a.

Figura N°11. Registros del sondeo SPT 2



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

- **Sondeo SPT 3**

En la Figura 7 se muestran datos del sondeo SPT 3. Estas son: identificación de la muestras y N campo, datos de laboratorio correspondiendo a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, plasticidad, clasificación de los suelos y descripción por estrato. Ubicación: Semáforos de la fuente – Managua. La descripción de cada tipo de suelo del sondeo SPT 3 es como sigue:

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.15 m de profundidad, compuesto por la carpeta asfáltica.

El segundo estrato (M2) va de 0.15m a 0.60m, material de relleno color café claro, arena limosa con grava, de compacidad de densa a muy densa, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b.

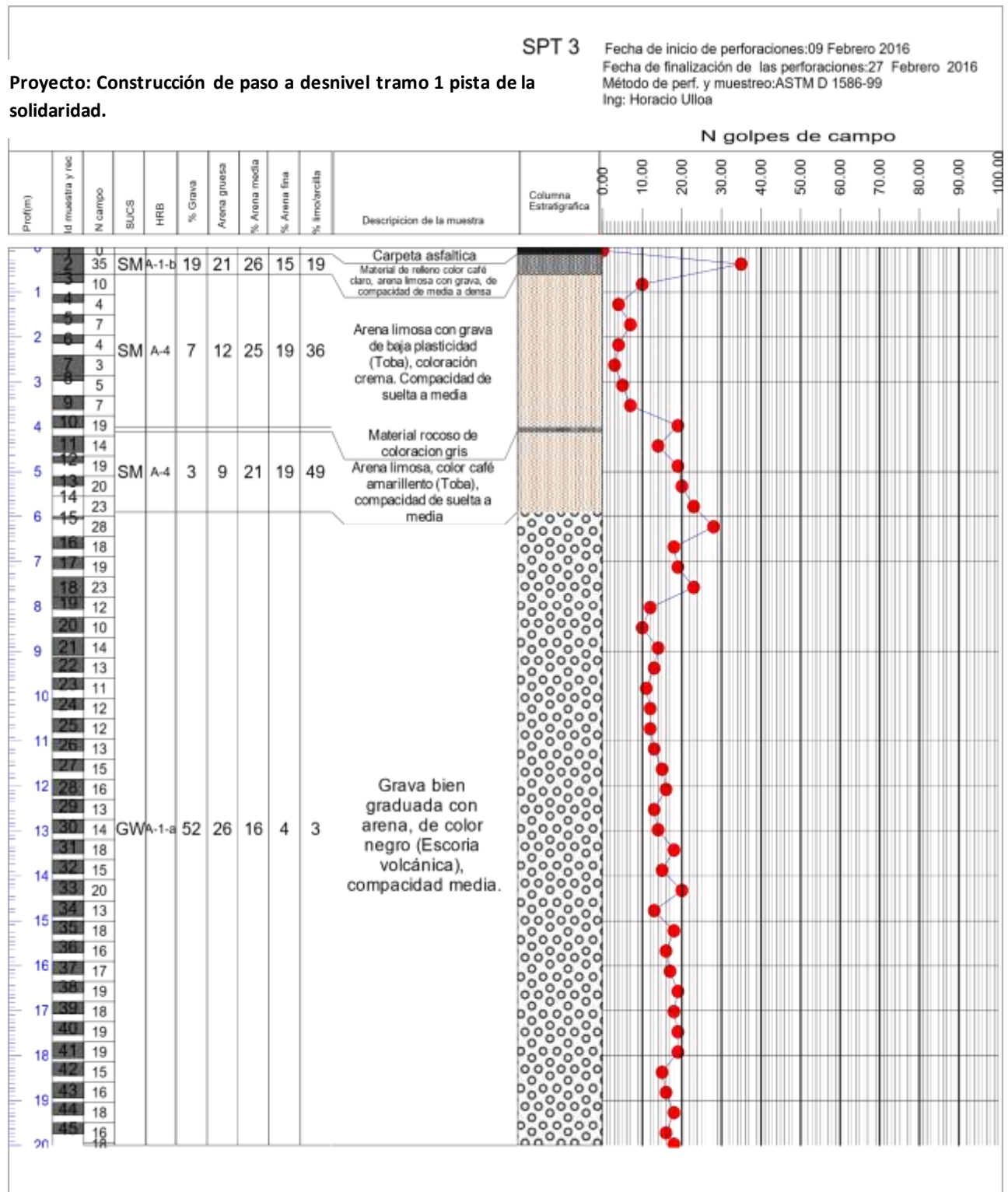
El tercer estrato (M3) va de 0.60m a 4.0m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El cuarto estrato (M4) va de 4.0m a 4.10m, consiste de un material rocoso de coloración gris, de compacidad densa.

El quinto estrato (M5) va de 4.10m a 5.90m, consiste de una Arena limosa, color café amarillento (Toba), compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El sexto estrato (M6) va de 5.90m a 20 m, es una grava bien graduada con arena, de color negro (Escoria volcánica), compacidad media. Clasificado como en el sistema SUCS como GW y con el método HRB como A-1-a.

Figura N°12. Registros del Sondeo SPT 3



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

- **Sondeo SPT 4**

En la Figura 8 se muestran datos de campo y laboratorio de los suelos muestreados en el sondeo SPT 4, datos de campo tales como: identificación de la muestra y N_c por Los datos de laboratorio correspondiendo a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción de cada estrato. Ubicación: Semáforos de la fuente – Managua. La descripción de cada suelo del sondeo SPT 4 se presenta a continuación:

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.15 m de profundidad, compuesto por la carpeta asfáltica.

El segundo estrato (M2), de 0.15m a 0.60m, material de relleno color café claro, arena limosa con grava, de compacidad de media a densa, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b.

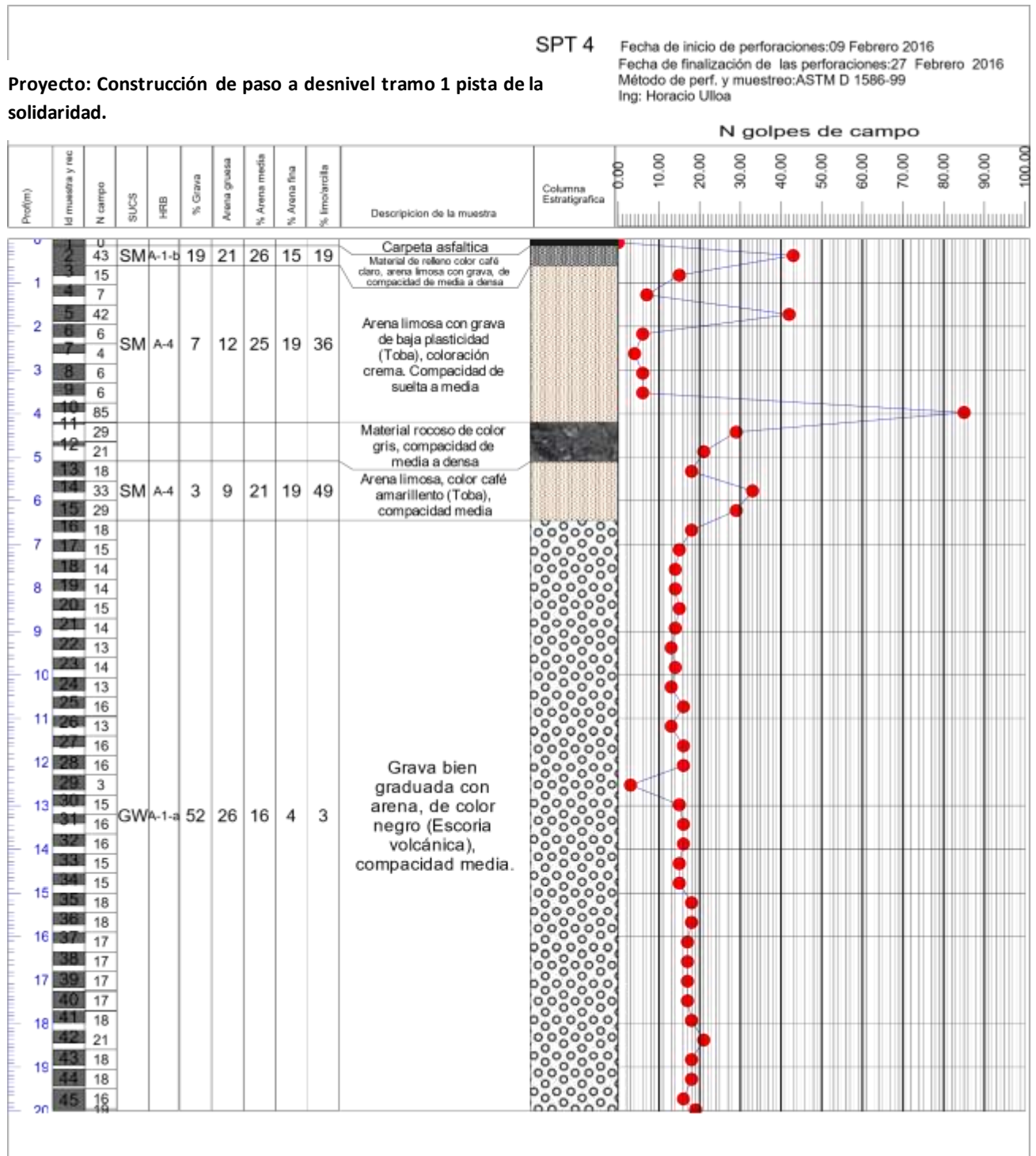
El tercer estrato (M3) va de 0.60m a 4.20m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El cuarto estrato (M4) va de 4.20m a 5.10m, consiste de un material rocoso de coloración gris, de compacidad de media a densa.

El quinto estrato (M5) va de 5.10m a 6.45m, consiste de una Arena limosa, color café amarillento (Toba), de compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El sexto estrato (M6) va de 5.45m a 20 m, es una grava bien graduada con arena, de color negro (Escoria volcánica), de compacidad media. Clasificado como en el sistema SUCS como GW y con el método HRB como A-1-a.

Figura N°13. Registros del Sondeo SPT 4



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

4.5 Propiedades de los materiales del subsuelo

Las propiedades físicas de los suelos se determinaron mediante pruebas de laboratorio para propósitos de clasificación, estas fueron: Determinación del contenido de humedad del suelo, granulometría, plasticidad, clasificación de suelos y gravedad específica. Las propiedades mecánicas de los materiales fueron determinadas principalmente utilizando la prueba de penetración estándar. Los resultados de las pruebas de laboratorio son mostrados en la Tabla 25.

Tabla N°28. Propiedades de los suelos de sitio de estudio.

Características	Unidades	Tipos de suelos y rocas			
Clasificación (SUCS, HRB)	(%)	(SM, A-1-b)	(SM, A-4)	(GM, A-1-a)	Rocas
Limite líquido	(%)	-	-	-	
Índice de Plasticidad	(%)	NP	NP	NP	
Grava	(%)	19	3-7	52	
Arena	(%)	62	49-56	46	
Porcentaje de fino	(%)	19	37-49	3	
Humedad	(%)	1-20	1-6	3-7.6	
Cohesión	$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	-	-	-	
Angulo de fricción	[°]	36-50	26-41	30-40	40-55
Compacidad		Media a densa	Suelta a media	media	
Gravedad específica		2.62	2.56	2.14	
Peso unitario (g/cm³)		1.3-1.35	1.25-1.34	1.02-1.04	

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

El contenido de humedad del suelo varió de bajo a medio, con valores menores a 20% (Tabla 25). De acuerdo con el porcentaje de humedad no existe indicativo que se esté en presencia del nivel de aguas subterránea.

4.6 Propiedades de diseño

4.6.1 Capacidad de soporte

De acuerdo con la exploración geotécnica, utilizando el Ngolpes de la prueba de penetración estándar y pruebas de laboratorio se definieron los parámetros geomecánicos del subsuelo. La capacidad de soporte admisible (Q_{adm}), queda definida por el menor valor de aquellos obtenidos por consideraciones de resistencia y deformaciones (asentamientos) admisibles.

La capacidad de carga se evaluó para cimientos superficiales y cimientos profundos.

- **Cimientos superficiales mediante zapatas cuadradas**

La profundidad fue considerada según el nivel del terreno al momento en que se realizó las perforaciones y debe considerarse en caso de que se realicen procesos de excavación y rellenos. Para el cálculo de capacidad de carga para zapatas cuadradas se utilizaron 2 métodos. El método propuesto por Suárez (1994), el cual está basado en los resultados obtenidos los valores de Ngolpes corregidos de la prueba de penetración estándar y mediante la ecuación general de capacidad de carga propuesta por Terzaghi (1943).

Según Jaime Suárez (1994)

$Q_{adm} = 0.166 \cdot N_{corr}$ (kg/cm²); N_{corr} : Valores de N campo corregidos

Q_{adm} : Capacidad de carga admisible

En la Tabla 26 se muestra el valor de capacidad de carga del terreno de acuerdo con diferentes niveles de desplante propuestos. Este resultado está basado tomando como

referencia el nivel del terreno natural y el nivel superior de la carpeta asfáltica en el momento de realizar los sondeos SPT.

Tabla N°29. Capacidad de carga del terreno

Capacidad de carga Suarez (1994)			
Profundidad de desplante (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)
0.5	6.43	10.5	2.41
1	2.41	11	2.41
1.5	0.87	11.5	2.66
2	1.95	12	2.57
2.5	1.49	12.5	2.45
3	1.16	13	1.91
3.5	1.25	13.5	2.24
4	7.01	14	2.32
4.5	3.4	14.5	2.12
5	3.24	15	2.28
5.5	4.27	15.5	1.99
6	5.15	16	2.16
6.5	3.65	16.5	2.37
7	2.66	17	2.16
7.5	2.37	17.5	2.2
8	2.82	18	2.03
8.5	3.11	18.5	1.91
9	2.57	19	1.87
9.5	2.59	19.5	2.08
10	2.49	20	2.12

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Esta capacidad de carga es válida para zapatas cuadradas con un asentamiento permisible menor a 2.54cm.

Según Terzaghi debido a factores de carga modificados

De acuerdo con Terzaghi la carga ultima está dada por

$$Q_{ult} = cN_cSc + \gamma_1 D_f N_q + 0.5\gamma_2 B N_\gamma S_\gamma$$

Donde:

c = cohesión del suelo

N_c = Factor de capacidad de carga adimensional

S_c = Factor de forma

γ = Peso específico del suelo

D_f = Profundidad de desplante

N_q = Factor de forma

B = Ancho de la cimentación

N_y = Factor de carga

S_y = Factor de forma

Para el cálculo de capacidad de carga admisible se usó un $F_s=3$. Los resultados para este método son mostrados en la Tabla 27 y son presentados por niveles los cuales están referidos al nivel natural del terreno al momento de realizar los sondeos.

Tabla N°30. Capacidad de carga del terreno, factores de carga modificadas (Terzaghi)

Capacidad de carga del terreno, método de Terzaghi Modificado											
Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)
3.5 →	1.00	1.73	4	1.00	3.14	5	1.00	2.43	6	1.00	2.80
	1.50	1.78		1.50	3.25		1.50	2.48		1.50	2.84
	2.00	1.84		2.00	3.36		2.00	2.54		2.00	2.90
	2.50	1.90		2.50	3.47		2.50	2.60		2.50	2.96
	3.00	1.95		3.00	3.58		3.00	2.64		3.00	3.01
	3.50	2.00		3.50	3.69		3.50	2.70		3.50	3.07
7	1.00	3.15	8	1.00	3.53	9	1.00	3.89	10	1.00	4.26
	1.50	3.21		1.50	3.58		1.50	3.94		1.50	4.32
	2.00	3.27		2.00	3.64		2.00	4.00		2.00	4.37
	2.50	3.32		2.50	3.69		2.50	4.05		2.50	4.42
	3.00	3.38		3.00	3.75		3.00	4.10		3.00	4.47
	3.50	3.43		3.50	3.80		3.50	4.17		3.50	4.53
12	1.00	4.99	14	1.00	5.73	16	1.00	6.46	18	1.00	7.19
	1.50	5.04		1.50	5.78		1.50	6.51		1.50	7.25
	2.00	5.10		2.00	5.84		2.00	6.57		2.00	7.31
	2.50	5.15		2.50	5.89		2.50	6.62		2.50	7.36
	3.00	5.21		3.00	5.94		3.00	6.68		3.00	7.42
	3.50	5.27		3.50	6.00		3.50	6.74		3.50	7.50

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Al cimentar la obra utilizando este tipo de cemento, estos podrían ser construidas de concreto reforzados y de peso normal de 24Kn/m³.

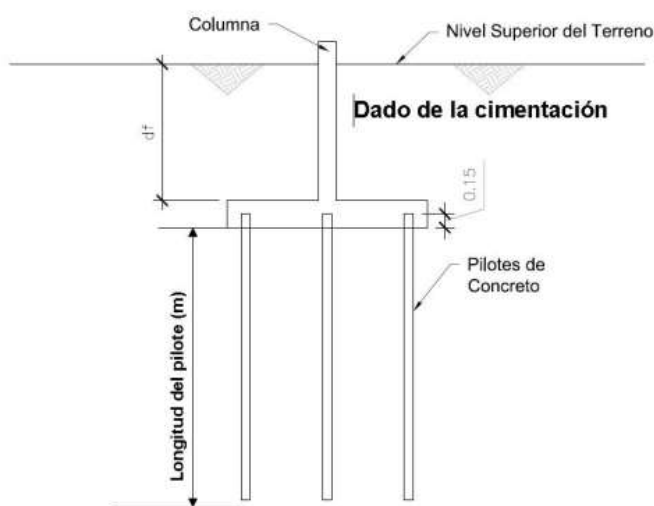
Es recomendable mejorar el suelo por debajo del nivel de desplante a usar, utilizando material de relleno estructural, el espesor de este relleno debe ser de 2m. Primero se deberá excavar hasta una profundidad de 2m por debajo del nivel de desplante, luego se prepara la superficie limpiando y compactando el sitio donde serán emplazados los cimientos, y posterior a esto se coloca el relleno compactándolo en capas de 20cm, usar la carga admisible correspondiente al nivel de desplante a utilizar. Sin embargo, se debe de prever que el nivel de desplante no sea menor a 2m de profundidad. Se recomienda

una sobre excavación mínima de 25cm a cada lado del cimiento y rellenar con material estructural compactándolo en capas de 20cm y a una densidad máxima del 95% Proctor modificado.

Cimientos profundos mediante pilotes

Las cargas de la estructura también podrán ser transmitida al subsuelo por medio del uso de pilotes de concreto los cuales trabajan por punta y fricción (Figura 2-5). Los pilotes podrán ser pre-excavados y fundidos in situ con longitudes y diámetros según la necesidad de la obra. Sobre los pilotes se deberán construir dados de cimentación con la suficiente rigidez para transmitir las cargas a los pilotes de concreto uniformemente. Los dados de concreto se apoyarán a 3.5m debajo del nivel superior fijado como nivel 0m.

Figura N°14. Detalle de pilotes



Fuente: (Instituto de Ingeniería UNAM, Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo (ANIPPAC).)

Capacidad de carga de los pilotes

La capacidad de carga de los pilotes está en función de varios diámetros y a diferentes profundidades (Tabla 2-5). Para el cálculo de la carga admisible se utilizó el método de

Terzaghi con valores de cargas modificados. Se utilizaron factores de seguridad para punta $F_s=3$ y factores de seguridad para fuste $F_s=2$

Tabla N°31. Capacidad de carga para pilotes, Terzaghi factores de carga modificados.

Capacidad de carga para pilotes ($F_s=3$ por punta, y $F_s=2$ por fricción)			
Prof (m) Zapata	Longitud (m)	D (m)	Carga admisible (ton)
3.5	6	0.3	8.37
		0.4	12.45
		0.5	24.21
		0.6	22.61
	8	0.3	8.37
		0.4	14.7
		0.5	20.29
		0.6	26.66
	10	0.3	11.29
		0.4	16.94
		0.5	23.39
		0.6	32.7
	12	0.3	12.9
		0.4	19.19
		0.5	26.48
		0.6	34.78

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Asentamientos en los pilotes

El cálculo de asentamientos (Tabla 31) fue realizado para pilotes individuales con los diámetros, longitudes y cargas propuestas en la Tabla 31. Se ha considerado pilotes de concreto cuya resistencia a la compresión, a los 28 días, sea de 3000psi y módulo de elasticidad ($E_c=210000 \text{ kg/cm}^2$). El peso volumétrico del concreto reforzado es de 2400 kg/m³.

Tabla N°32. Asentamientos en pilotes

Asentamiento de los pilotes			
Prof (m) Zapata	Longitud (m)	D (m)	Asentamiento (mm)
3.5	6	0.3	3.38
		0.4	4.32
		0.5	5.39
		0.6	6.26
	8	0.3	3.48
		0.4	4.47
		0.5	5.42
		0.6	6.38
	10	0.3	3.65
		0.4	4.55
		0.5	5.48
		0.6	6.47
	12	0.3	3.74
		0.4	4.62
		0.5	5.55
		0.6	6.5

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Para la construcción del pilotaje se deberá disponer de equipo necesario de tal manera que no se funda o perfore un pilote cuyo vecino lleve un tiempo de fraguado inferior a 24 horas. La estabilidad de las paredes del subsuelo debido a la perforación del pilote se logrará mediante encamisado (camisas metálicas), luego tratar que al momento de la colocación del concreto este no se disgregue.

Debe de tenerse en cuenta que los pilotes para una misma columna tendrán igual profundidad y serán del mismo diámetro, con una separación de tres veces su diámetro centro a centro de tal manera que proporcionen un área adecuada de los dados (retortas) estructurales que unirán los pilotes. La cabeza de los pilotes penetrará 0.15m dentro del cabezal de cimentación (Figura 13), lo que significa un nivel de cabeza del pilote a -3.35m con relación a nivel 0 del proyecto.

También debe de tenerse en cuenta que los pilotes deberán ser fundidos 0.50m por encima de su nivel de diseño para luego demoler este tramo y de esta forma eliminar el concreto contaminado.

4.7. Preparación del sitio, excavaciones y rellenos

Preparación del sitio

Los sitios donde se proyectan la construcción de las cimentaciones deberán estar libre de árboles, troncos, raíces, escombros y obstrucciones.

Excavaciones

En los sitios donde se construirán los cimientos se recomienda excavar y retirar el suelo 2m de profundidad debajo del desplante, usar la Tabla 26 o Tabla 27 para este propósito. Después de realizar las excavaciones y antes de rellenar, se sugiere que un especialista en geotecnia inspeccione el fondo de las excavaciones y en caso de observar alteraciones, basuras, material orgánico, raíces, suelos agrietados, arenas limosas suelta, limos blandos y material escoráceo suelto; evalúe y dé las instrucciones correspondientes para que se excave y retire el material inestable, en este caso se sugiere excavar 2m por debajo del nivel de desplante y luego se rellene dicho espesor con materiales de relleno estructural. En caso de encontrarse con material escoráceo suelto es importante estabilizar este material, ya sea por medio de la inclusión de lechadas o aditivos para mejorar las propiedades mecánicas de este material.

Relleno estructural

Como material de relleno estructural, se recomienda utilizar: material selecto, suelo-cemento o concreto pobre. Los materiales para utilizarse como relleno en la obra deben de ser debidamente clasificados y sus características físico-mecánicas determinadas previamente en un laboratorio calificado para confirmar que son de adecuada calidad.

4.8 Terracerías y banco de materiales

4.8.1 Características de los espesores de pavimento encontrados en el sitio de estudio

En los sitios de perforación se encontraron espesores de pavimento variables. El espesor de la carpeta asfáltica encontrada en los sondeos SPT 2, SPT 3 y SPT 4 fue de 0.15m. Por debajo de esta capa, se encontró un material de relleno estructural con espesor que va desde los 0.4m hasta los 0.8m de espesor. Es una arena limosa con grava clasificada según el SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b, su compactación es de media a densa y contiene una cantidad de fino menor al 20%. La capacidad de carga de esta capa es 6.43Kg/cm. Subyaciendo a este relleno estructural se encontró el material In-situ correspondiendo a un suelo areno limoso con grava (Toba meteorizada), clasificado según el SUCS como SM y con el método HR como A-8, su compactación va de suelta a media y su capacidad de carga varía de 1 Kg/cm a 324 Kg/cm

Como se aclaró en la introducción, este estudio no contemplaba el diseño de pavimentos, por tanto, no se realizaron pruebas de campo (muestreo de suelos en calicatas, ni con auger manual) y pruebas de laboratorio (CBR, pruebas de compactación y ensayos a los suelos provenientes de banco de materiales). Sin embargo, de acuerdo con estudios previos realizados a bancos de materiales cercanos a la zona de estudio, se presentan algunos resultados de estos y se describen a continuación.

Carpeta de rodamiento

Se recomienda utilizar revestimiento bituminoso (tratamiento superficial doble). El módulo de elasticidad debe ser de 450,000psi. Antes de la colocación de la carpeta de rodamiento la base debe ser barrida, soplada e imprimada con asfalto.

Se sugiere hacer limpieza de drenajes y mantenimiento en un periodo razonable, 2 veces al año, por lo menos, antes de iniciar el periodo lluvioso y al finalizar el mismo. Dentro de 10 años se sugiere hacer un diagnóstico y evaluar el estado estructural de pavimento.

4.9 Trabajos de campo (tramo 2)

El trabajo de campo consistió en la ejecución de 4 sondeos a percusión aplicando SPT con muestreo y equipo rotativo, la profundidad de investigación vario de 15.10m a 20m en cada sondeo, con el propósito de hallar suelo rocoso y asentar los cimientos estructurales, recordemos que el proyecto se encuentra ubicado en zona altamente sísmica y debido a ello es importante asegurar la correcta estabilidad de las columnas en el diseño estructural del paso a desnivel.

➤ SPT con muestreo y perforaciones rotativas

Los sondeos a percusión y rotativos con muestreo de suelos y roca, se realizaron haciendo uso de una perforadora ACKER XLS de torre y mazo hidráulico; toma muestra estándar tipo split-barrel de 2" de diámetro interno; cajas de madera, bolsas de polietileno, accesorios y herramientas para dicho trabajo.

Para la caracterización geotécnica se utilizó la prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo del tipo alterado, realizada continuamente en toda la profundidad de cada sondeo y la recuperación de núcleos de roca con muestreador de 2" de diámetro. Se tomó como referencia el procedimiento descrito en el apartado D158699(ASTM), titulado "Standard test method for penetration test and split-barrel sampling of soils" y equipo rotativo. Las muestras procedentes de cada sondeo fueron analizadas en el laboratorio de geotecnia del IGG-CIGEO/UNAN-Managua.

Todas las muestras se describieron de manera preliminar visual en el campo, de acuerdo al apartado ASTM D2488, titulado "Standard practice for description and identification of soils (visual-Manual procedure)" y basados en el sistema de clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de suelos) y método HRB de la AASHTO; se identificaron y colocaron en cajas de madera, de acuerdo a la designación ASTM D4220, Titulado "Standard practices for preserving and transporting soil samples".

También se tomaron muestras para determinación de humedad In Situ, las cuales se identificaron y almacenaron en bolsas fuertes de polietileno, transparentes y con cierre hermético del tipo grip, con el cuidado de extraer completamente aire y protegiéndola de la radiación solar directa. En la Tabla 4-7 y figura 4-7 se muestra la localización de cada sondeo.

Tabla N°33. Identificación, localización y profundidad de cada sondeo SPT

Identificación	Localización			Prof. (m)
	X	Y	Z(msnm)	
SPT 1	581656	1338493	134	16.33
SPT 2	418211	1338372	134	15.05
SPT 3	418454	1338609	134	15.25
SPT 4	418242	1338443	134	20.00
Total				66.63

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Cabe señalar que las coordenadas fueron tomadas con GPS manual (UTM, WGS 84). Aproximación +/- 5m.

Figura N°15. Ubicación del tramo 2 rotonda Jean Paul Genie



Fuente: Google Earth/ X:-9601183.6, Y:1357804.9

Todas las actividades de la etapa de campo se anotaron en bitácora y se presentan en el anexo correspondiente a "Registros de perforaciones y pruebas de laboratorio", consistiendo de:

- Identificación y localización de sondeos
- Localización del sitio

- Identificación de muestras y tamaño recuperado
- Número de golpes "N"

4.10 Análisis en laboratorio

4.10.1 Metodología

Las muestras de cada sondeo se reclasificaron y se agruparon por estratos para realizarles las pruebas según el SUCS y HRB. Las pruebas realizadas y procedimientos estándares corresponden a:

Tabla N°34. Ensayos realizados sobre el tramo

Ensayos Ejecutados	Procedimiento
Granulometría	ASTM D 422-63(2002)
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-02
Humedad in Situ	ASTM D 2216-08
Clasificación SUCS	ASTM D 2938-06
Clasificación HRB	M 145
Gravedad específica	ASTM D2487-02
Resistencia a la compresión en rocas	ASTM D4543 – 02

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

4.10.2 Resultados

Las muestras de cada sondeo se reclasificaron y agruparon por estratos, los resultados se presentan por cada sondeo en las figuras que van desde la Figura 10 hasta la Figura 11, correspondiendo a:

- Humedad In Situ
- Distribución de partículas por tamaño
- Descripción de las muestras

- Clasificación SUCS

Estos resultados se analizaron junto con el resultado de número de golpes (Ngolpes), de la prueba SPT, para estimar la resistencia al corte y los parámetros necesarios para el análisis de la estabilidad mediante el uso de la relación empírica de Suárez Jaime (1994) y Método de Terzaghi Modificado (1943).

4.10.3 Caracterización geotécnica

En base a los 4 sondeos de penetración estándar, rotativos y pruebas de laboratorio, se presenta la caracterización siguiente.

➤ **Sondeos de penetración estándar y rotativos**

En general los suelos identificados se clasifican del tipo areno limoso de compacidad media, roca alterada bastante porosa y roca sana (andesita) con vacíos. A continuación, se presenta una descripción por cada sondeo.

➤ **Sondeo 1**

En la Figura 10 se muestran datos de campo y de laboratorio del sondeo 1. Los datos de campo corresponden a: identificación de las muestra y valores de número de golpe del SPT (N campo) y los resultados de laboratorio corresponden a: Distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción de los estratos. A continuación, se presenta una descripción de cada tipo de suelo encontrado en el sondeo 1.

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.13 m de profundidad, formado por la carpeta asfáltica.

El segundo estrato (M2) va de 0.13m a 0.58m de profundidad, material de relleno color café claro, arena limosa bien graduada, de compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SW-SM y con el método HRB como A-1-b.

El tercer estrato (M3) va de 0.58m a 5.02m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El cuarto estrato (M4) va de 5.02m a 5.53m, consiste de un areno-limoso de color gris. clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b. De compacidad media.

El quinto estrato (M5) va de 5.53m a 5.93m, consiste de una arena limosa, color café amarillento (Toba), compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-2-4.

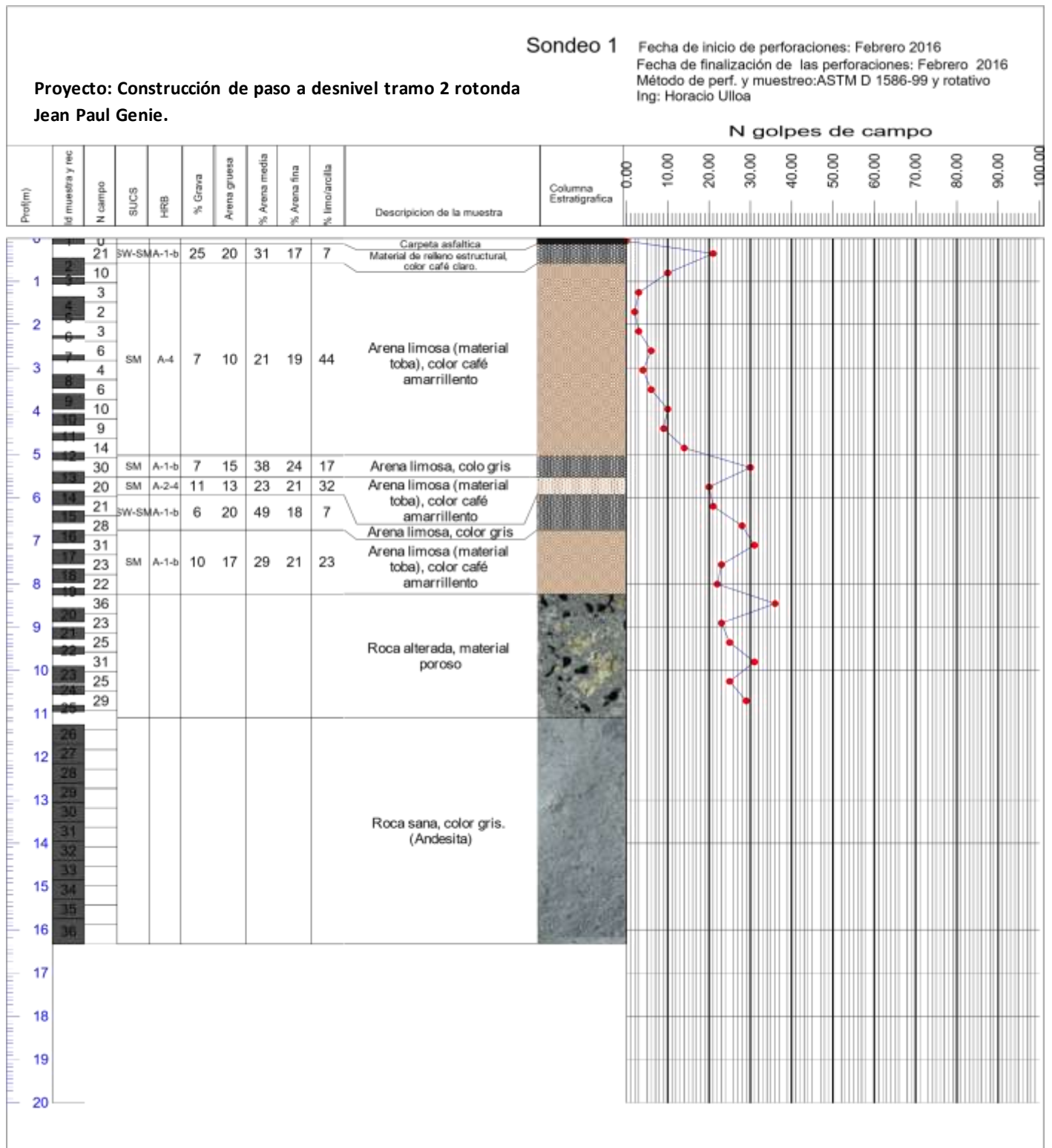
El sexto estrato (M6) va de 5.93m a 6.75m, es una arena limosa bien graduada, de color gris, compacidad media. Clasificado como en el sistema SUCS como SW-SM y con el método HRB como A-1-b.

El séptimo estrato (M7) va de 6.75m a 8.23m, es una arena limosa, de color café amarillento, compacidad media. Clasificado como en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b.

El octavo estrato (M8) va de 8.23m a 11.10m, es una roca meteorizada porosa, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 2% a 5% y su resistencia a la compresión simple varió de 151 kg/cm² a 245 kg/cm².

El noveno estrato (M9) va de 11.10m a 16.33m, es una roca más sana, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 1% a 2% y su resistencia a la compresión simple varió de 250 kg/cm² a 570 kg/cm².

Figura N°16. Registros del Sondeo SPT 1



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

➤ **Sondeo 2**

La Figura 11 muestra datos de campo extraídos del sondeo 2, tales como: identificación de la muestra y N campo. Los datos de laboratorio corresponden a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción de cada estrato. La descripción de cada tipo de suelo del sondeo 2 se presenta a continuación:

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.45 m de profundidad, material de relleno color café claro, arena limosa bien graduada, de compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SW-SM y con el método HRB como A-1-b.

El segundo estrato (M2), de 0.45m a 2.63m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

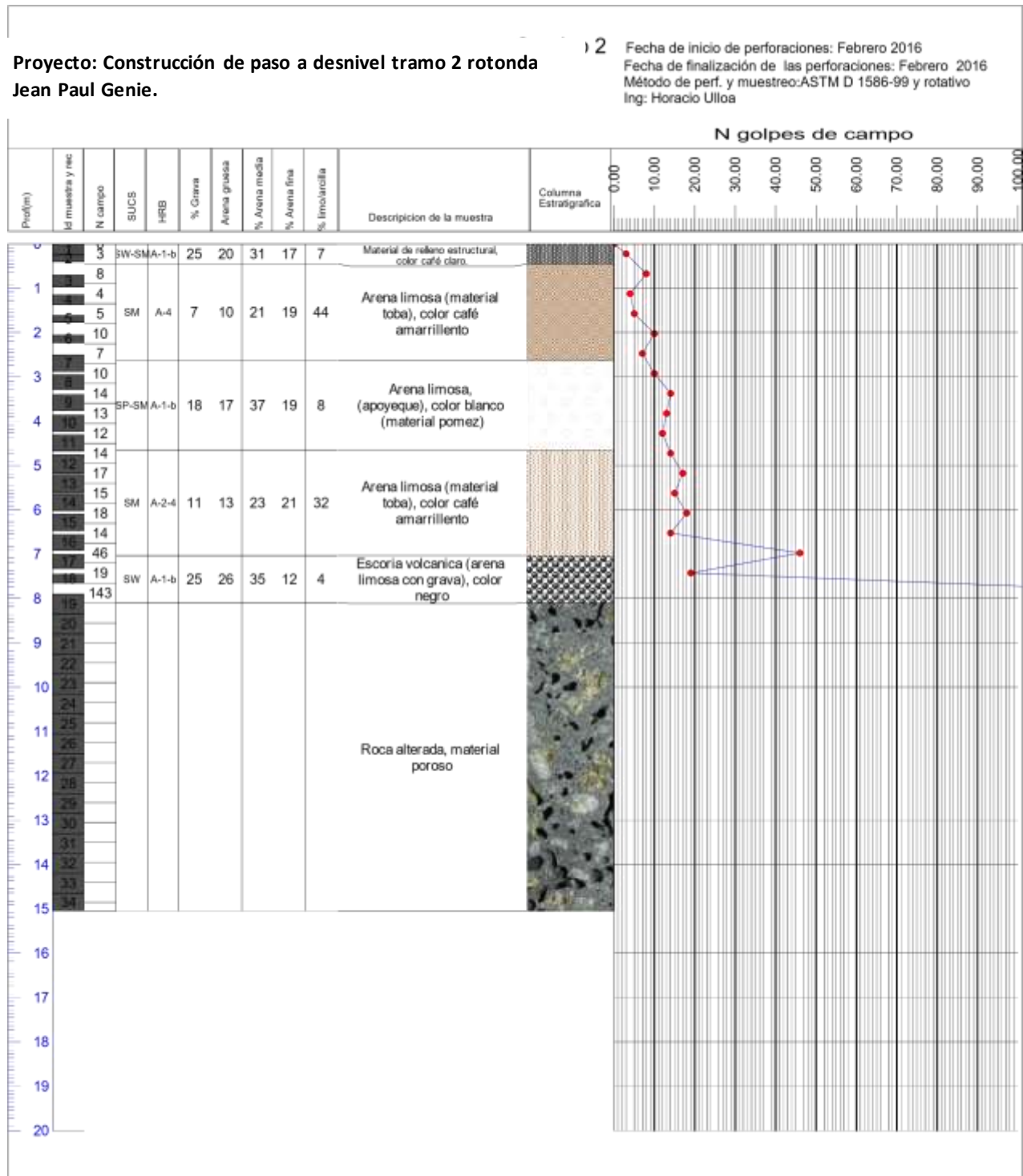
El tercer estrato (M3) va de 2.63m a 4.65m, consiste de arena limosa (pómez apoyeque), color blanco de compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El cuarto estrato (M4) va de 4.65m a 7.03m, consiste de una arena limosa, color café amarillento (Toba), compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-2-4.

El quinto estrato (M5) va de 7.03m a 8.10m, arena limosa con grava (escoria volcánica), color negro, de compacidad media.

El sexto estrato (M6) va de 8.10 a 15.05 m, es una roca meteorizada porosa, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 2% a 5% y su resistencia a la compresión simple varió de 151 kg/cm² a 245 kg/cm².

Figura N°17. Registros del Sondeo SPT 2



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

➤ **Sondeo 3**

En la Figura 12 se muestran datos del sondeo SPT 3. Estos son: identificación de las muestras y N campo, datos de laboratorio correspondiendo a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción por estrato. La descripción de cada tipo de suelo del sondeo 3 es como sigue:

El estrato superior (M1) va de 0.0m a 0.15 m de profundidad, compuesto por la carpeta asfáltica.

El segundo estrato (M2) va de 0.15m a 0.45 m de profundidad, material de relleno color café claro, arena limosa bien graduada, de compactación media, clasificado en el sistema SUCS como SW-SM y con el método HRB como A-1-b.

El tercer estrato (M3) va de 0.45m a 1.75m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compactación de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

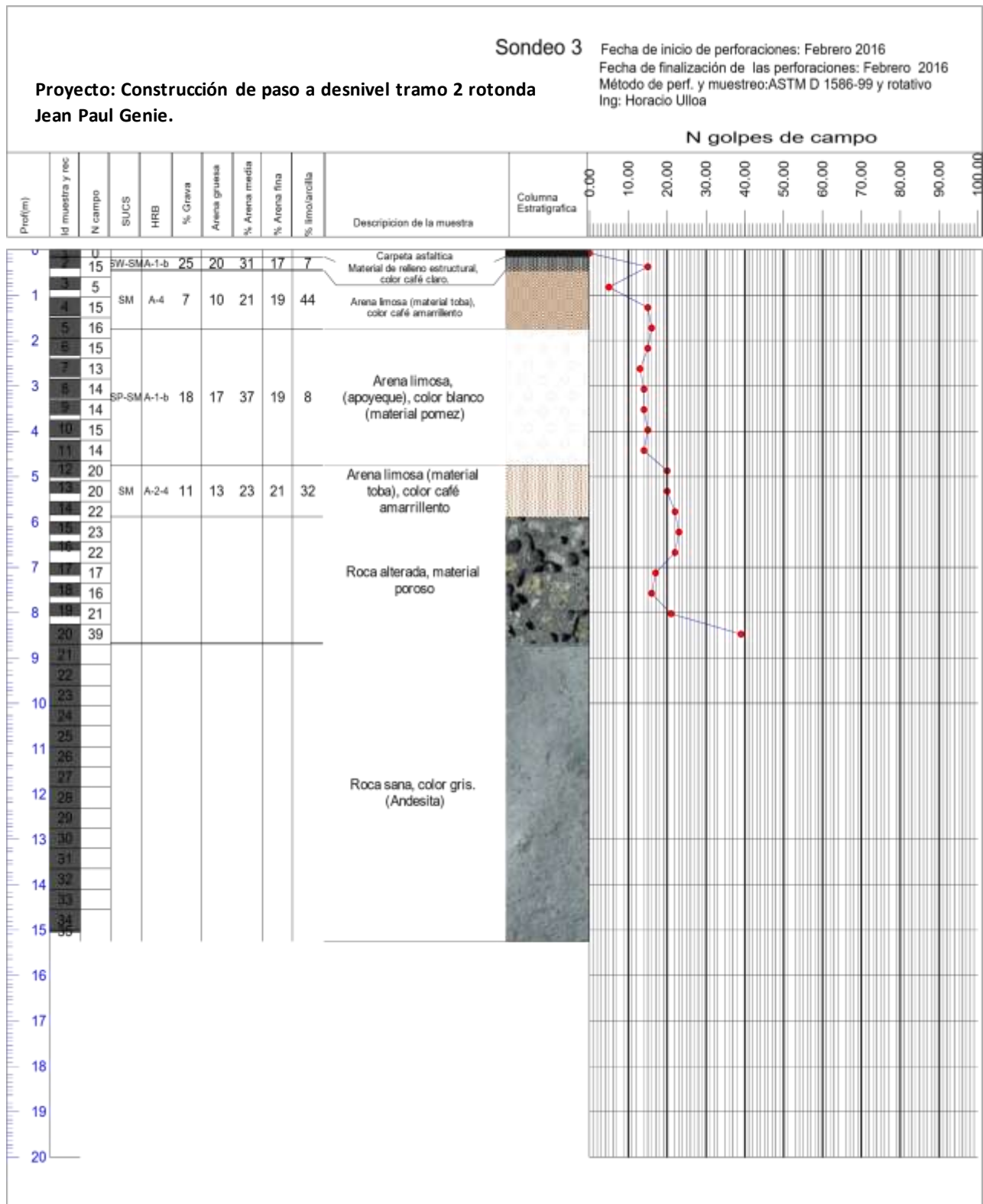
El cuarto estrato (M4) va de 1.75m a 4.75m, consiste de arena limosa (pómez apoyeque), color blanco de compactación media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El quinto estrato (M5) va de 4.75m a 5.88m, consiste de una arena limosa, color café amarillento (Toba), compactación media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-2-4.

El sexto estrato (M6) va de 5.88m a 8.68m, es una roca meteorizada porosa, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 2% a 5% y su resistencia a la compresión simple varió de 151 kg/cm² a 245 kg/cm².

El séptimo estrato (M7) va de 8.68 a 15.25m, es una roca más sana, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 1% a 2% y su resistencia a la compresión simple varió de 250 kg/cm² a 570 kg/cm².

Figura N°18. Registros del Sondeo SPT 3



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

➤ **Sondeo SPT 4**

En la Figura 13 se muestran datos de campo y laboratorio de los suelos muestreados en el sondeo 4, datos de campo tales como: identificación de la muestra y N campo. Los datos de laboratorio correspondiendo a: Humedad del suelo, distribución por tamaño de los suelos, clasificación de los suelos y descripción de cada estrato. La descripción de cada suelo del sondeo 4 se presenta a continuación:

El primer estrato (M1) va de 0.15m a 1.25 m de profundidad, material de relleno color café claro, arena limosa bien graduada, de compacidad suelta, clasificado en el sistema SUCS como SW-SM y con el método HRB como A-1-b.

El segundo estrato (M2) va de 1.25m a 4.5m, consiste de arena limosa con grava de baja plasticidad (Toba), coloración crema. Compacidad de media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-4.

El tercer estrato (M3) va de 4.5m a 8.25m, consiste de una arena limosa, color gris amarillento. Compacidad de suelta a media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-1-b.

El cuarto estrato (M5) va de 8.25m a 10.10m, consiste de una arena limosa, color café amarillento (Toba), compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SM y con el método HRB como A-2-4.

El quinto estrato (M5) va de 10.10m a 10.80m, consiste de una arena bien graduada, color negro (escoria volcánica) de compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SW y con el método HRB como A-1-b.

El sexto estrato (M6) va de 10.80m a 12.15m, consiste de una arena bien graduada, color negro (escoria volcánica) de compacidad media, clasificado en el sistema SUCS como SW y con el método HRB como A-1-b.

El séptimo estrato (M7) va de 12.15m a 12.45, es una roca meteorizada porosa, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 2% a 5% y su resistencia a la compresión simple varió de 151 kg/cm² a 245 kg/cm².

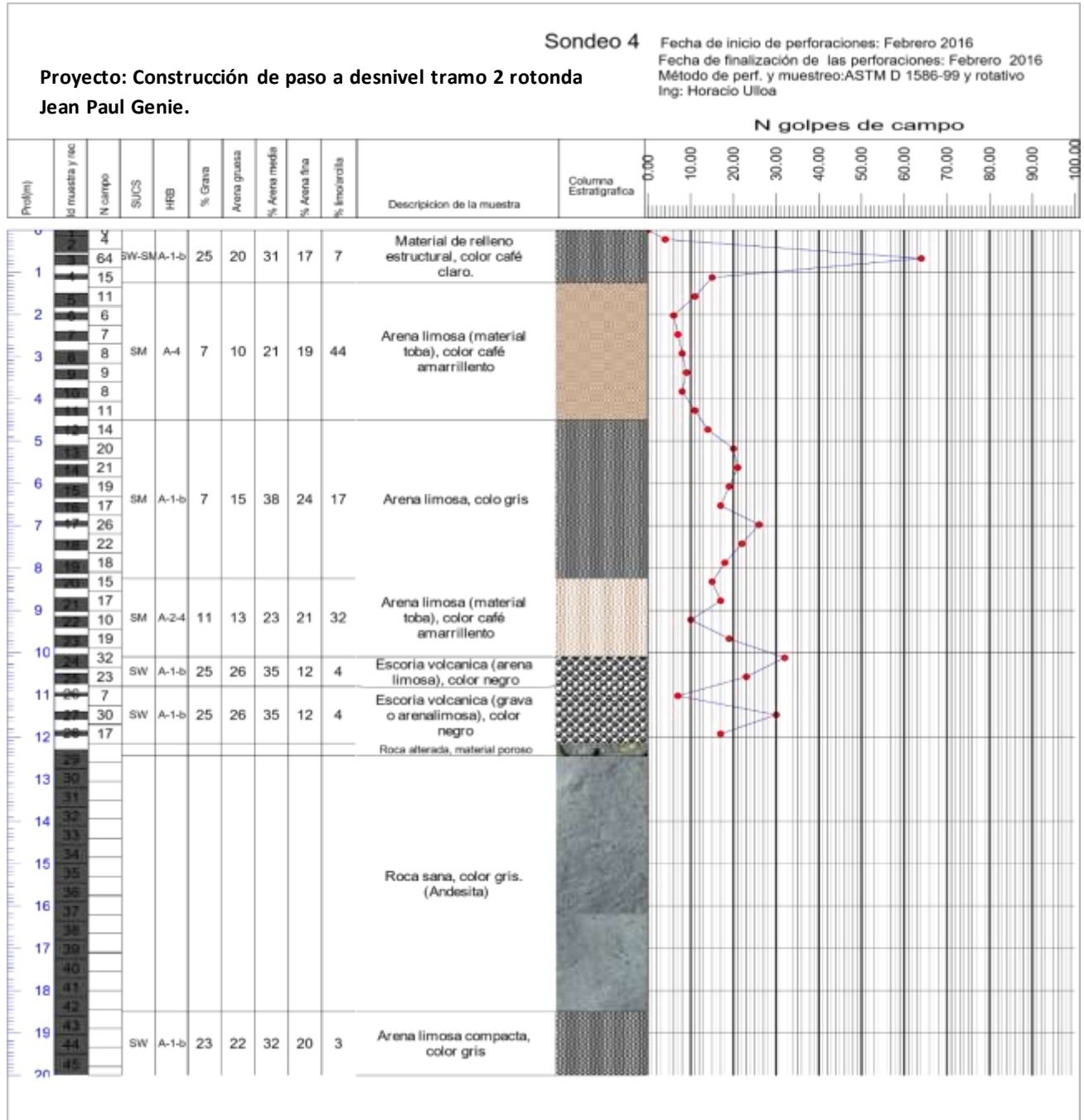
El octavo estrato (M8) va de 12.45m a 18.5m, es una roca más sana, de color café gris, con porcentaje de absorción variando de 1% a 2% y su resistencia a la compresión simple varió de 250 kg/cm² a 570 kg/cm².

El noveno estrato (M9) va de 18.5m a 20m, es una arena limosa compacta, color gris

Propiedades de los materiales del subsuelo

Las propiedades físicas de los suelos se determinaron mediante pruebas de laboratorio para propósitos de clasificación, estas fueron: Determinación del contenido de humedad del suelo, granulometría, plasticidad, clasificación de suelos, gravedad específica (suelos y rocas), pruebas de absorción. Las propiedades mecánicas de los materiales fueron determinadas principalmente utilizando la prueba de penetración estándar y resistencia a la compresión simple en núcleos de rocas. Los resultados de las pruebas de laboratorio son mostrados en la Tabla 31.

Figura N°19. Registros del Sondeo SPT 4



Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Tabla N°35. Propiedades de los suelos del sitio en estudio

Características	unidades	Tipos de suelos y rocas							
Clasificación (SUCS, HRB)	[%]	(SW-SM, A-1-b)	(SM, A-4)	(SM, A-1-b)	(SP-SM, A-1-b)	(SM, A-24)	(SW, A-1-b)	Rocas alteradas	Rocas sanas
Límite Líquido	[%]	-	-				-		
Índice de plasticidad	[%]	NP	NP	Np	NP	NP	NP		
Grava	[%]	25	7	7	18	11	25		
Arena	[%]	68	49	66	74	57	71		
Porcentaje de fino	[%]	7	44	17	8	32	4		
Humedad	[%]	13 - 16	11-29	10 - 29	11-15	11-15	10 -16		
Cohesión	[kg/cm ²]	-	-	-			-		
Angulo de fricción	[°]	29 - 35	30 - 32	33-36	29-34	33-36	30 - 31	40 - 55	
Compacidad		Media	media	media	media	media	media		
Gravedad específica		2.58-2.62	2.34-2.37	2.5-2.6	2 - 2.11	2.32-2.34	1.98-2.14	2.2 - 2.48	2.56 - 2.67
Peso unitario	[g/cm ³]	1.3 - 1.35	1.25 - 1.34	1.22-1.34	0.85-0.97	1.25-1.34	1.02 - 1.04	2.1 - 2.2	2.3 - 2.53
Porcentaje de absorción	[%]							2 - 5	1 - 2
Resistencia a la compresión uniaxial	[kg/cm ²]							151-245	250 - 570

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

El contenido de humedad del suelo varió de bajo a medio, con valores menores a 29% (Tabla 31). De acuerdo al porcentaje de humedad no existe indicativo que se esté en presencia del nivel de aguas subterránea.

4.11 Propiedades de diseño

4.11.1 Capacidad de soporte

De acuerdo a la exploración geotécnica, utilizando el Ngolpes de la prueba de penetración estándar y pruebas de laboratorio se definieron los parámetros geomecánicos del subsuelo. La capacidad de soporte admisible (Q_{adm}), queda definida por el menor valor de aquellos obtenidos por consideraciones de resistencia y deformaciones (asentamientos) admisibles.

La capacidad de carga se evaluó para cimientos superficiales y cimientos profundos.

Cimientos superficiales mediante zapatas cuadradas

La profundidad fue considerada según el nivel del terreno al momento en que se realizó las perforaciones y debe considerarse en caso que se realicen procesos de excavación y rellenos. Para el cálculo de capacidad de carga para zapatas cuadradas se utilizaron 2 métodos. El método propuesto por Suárez (1994), el cual está basado en los resultados obtenidos los valores de Ngolpes corregidos de la prueba de penetración estándar y mediante la ecuación general de capacidad de carga propuesta por Terzaghi (1943).

Según Jaime Suárez (1994)

$Q_{adm} = 0.166 \cdot N_{corr}$ (kg/cm²); N_{corr} : Valores de N_{campo} corregidos

Q_{adm} : Capacidad de carga admisible

En la Tabla 4-10 se muestra el valor de capacidad de carga del terreno de acuerdo a diferentes niveles de desplante propuestos. Este resultado está basado tomando como referencia el nivel del terreno natural y el nivel superior de la carpeta asfáltica en el momento de realizar los sondeos de penetración estándar y rotativos.

Tabla N°36. Capacidad de carga del terreno

Capacidad de carga, Suarez (1994)			
Profundidad de desplante (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)
0.5	3.00	10.5	2.91
1	1.27	11	4.15
1.5	1.54	11.5	4.73
2	1.41	12	4.32
2.5	1.41	12.5	4.48
3	1.37	13	4.98
3.5	1.47		
4	1.78		
4.5	1.90		
5	1.91		
5.5	2.67		
6	3.61		
6.5	3.24		
7	3.60		
7.5	3.66		
8	4.98		
8.5	3.32		
9	6.47		
9.5	4.98		
10	2.00		

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Esta capacidad de carga es válida para zapatas cuadradas con un asentamiento permisible menor a 2.54cm.

Según Terzaghi debido a factores de carga modificados

De acuerdo a Terzaghi la carga ultima está dada por

$$Q_{ult} = C N_c S_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma$$

Donde:

c = cohesión del suelo

N_c = Factor de capacidad de carga adimensional

S_c = Factor de forma

γ = Peso específico del suelo

D_f = Profundidad de desplante

N_q = Factor de forma

B = Ancho de la cimentación

N_y = Factor de carga

S_y = Factor de forma

Tabla N°37. Capacidad de carga del terreno, factores de carga modificados (Terzaghi)

Capacidad de carga del terreno, método de Terzaghi Modificado											
Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)	Profundidad de desplante (m)	B (m)	Capacidad de carga (kg/cm ²)
4.5 →	1.00	1.60	5	1.00	2.33	5.5	1.00	2.57	6	1.00	2.83
	1.50	1.63		1.50	2.38		1.50	2.64		1.50	2.89
	2.00	1.67		2.00	2.45		2.00	2.70		2.00	2.96
	2.50	1.72		2.50	2.51		2.50	2.77		2.50	3.02
	3.00	1.76		3.00	2.57		3.00	2.83		3.00	3.08
	3.50	1.80		3.50	2.64		3.50	2.89		3.50	3.14
6.5	1.00	3.08	7	1.00	3.34	7.5	1.00	3.87	8	1.00	4.09
	1.50	3.15		1.50	3.40		1.50	3.95		1.50	4.16
	2.00	3.21		2.00	3.46		2.00	4.02		2.00	4.24
	2.50	3.27		2.50	3.53		2.50	4.09		2.50	4.31
	3.00	3.34		3.00	3.59		3.00	4.16		3.00	4.38
	3.50	3.40		3.50	3.65		3.50	4.24		3.50	4.45
8.5	1.00	4.31									
	1.50	4.38									
	2.00	4.45									
	2.50	4.53									
	3.00	4.60									
	3.50	4.67									

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Para el cálculo de capacidad de carga admisible se usó un $F_s=3$. Los resultados para este método son mostrados en la Tabla 33 y son presentados por niveles los cuales están referidos al nivel natural del terreno al momento de realizar los sondeos

Al cimentar la obra utilizando este tipo de cimiento, estos podrían ser construidas de concreto reforzados y de peso normal de 24Kn/m^3 .

Es recomendable mejorar el suelo por debajo del nivel de desplante a usar, utilizando material de relleno estructural, el espesor de este relleno debe ser de 4m. Primero se deberá excavar hasta una profundidad de 4m por debajo del nivel de desplante, luego se prepara la superficie limpiando y compactando el sitio donde serán emplazados los cimientos, posteriormente a esto, se coloca el relleno compactándolo en capas de 20cm, usar la carga admisible correspondiente al nivel de desplante a utilizar. Sin embargo, se debe de prever que el nivel de desplante no sea menor a 4.5m de profundidad. Se recomienda una sobre excavación mínima de 25cm a cada lado del cimiento y rellenar con material estructural compactándolo en capas de 20cm y a una densidad máxima del 95% Proctor modificado.

Cimientos profundos mediante pilotes

Las cargas de la estructura también podrán ser transmitida al subsuelo por medio del uso de pilotes de concreto los cuales trabajan por punta y fricción (Figura 19). Los pilotes podrán ser pre-excavados y fundidos in situ con longitudes y diámetros según la necesidad de la obra. Sobre los pilotes se deberán construir dados de cimentación con la suficiente rigidez para transmitir las cargas a los pilotes de concreto uniformemente. Los dados de concreto se apoyarán a 4.5m debajo del nivel superior fijado como nivel 0m.

Capacidad de carga de los pilotes

La capacidad de carga de los pilotes está en función de varios diámetros y a diferentes profundidades (Tabla 38). Para el cálculo de la carga admisible se utilizó el método de Terzaghi con valores de cargas modificados. Se utilizaron factores de seguridad para punta $F_s=3$ y factores de seguridad para fuste $F_s=2$.

Tabla N°38. Capacidad de carga para pilotes, Terzaghi factores de carga modificados

Capacidad de carga para pilotes (Fs=3 por punta, y Fs=2 por fricción) Terzaghi Modificado			
Prof (m) Zapata	Longitud (m)	D (m)	Carga admisible (ton)
4.5	4	0.3	6.82
		0.4	10.04
		0.5	13.74
		0.6	17.92
Capacidad de carga para pilotes (Fs=3) Terzaghi Modificado			
Prof (m) Zapata	Longitud (m)	D (m)	Capacidad de carga (ton)
4.5	4.5	0.3	7.27
		0.4	10.7
		0.5	14.65
		0.6	19.1
Capacidad de carga para pilotes (Fs=3 por punta, y Fs=2 por fricción)			
Prof (m) Zapata	Longitud (m)	D (m)	Carga admisible (ton)
4.5	5	0.3	7.72
		0.4	11.37
		0.5	15.55
		0.6	20.28

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Es recomendable desplantar los pilotes directamente en la roca. En el acápite concerniente a caracterización geotécnica, se muestra la profundidad a la que se encontró el material rocoso en cada sondeo.

Asentamientos en los pilotes

El cálculo de asentamientos (Tabla 38) fue realizado para pilotes individuales con los diámetros, longitudes y cargas propuestas en la Tabla 38. Se ha considerado pilotes de concreto cuya resistencia a la compresión, a los 28 días, sea de 3000psi y módulo de elasticidad ($E_c=210000 \text{ kg/cm}^2$). El peso volumétrico del concreto reforzado es de 2400 kg/m^3 .

Tabla N°39. Asentamientos en pilotes

Asentamiento de los pilotes			
Prof (m) Zapata	Longitud (m)	D (m)	Asentamiento (mm)
4.5	4	0.3	3.31
		0.4	4.25
		0.5	5.22
		0.6	6.2
	4.5	0.3	3.42
		0.4	4.34
		0.5	5.3
		0.6	6.27
	5	0.3	3.44
		0.4	4.37
		0.5	5.32
		0.6	6.29

Fuente: Informe Geotécnico, Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)

Para la construcción del pilotaje se deberá disponer de equipo necesario de tal manera que no se funda o perfore un pilote cuyo vecino lleve un tiempo de fraguado inferior a 24 horas. La estabilidad de las paredes del subsuelo debido a la perforación del pilote se logrará mediante encamisado (camisas metálicas), luego tratar que al momento de la colocación del concreto este no se disgregue.

Debe de tenerse en cuenta que los pilotes para una misma columna tendrán igual profundidad y serán del mismo diámetro, con una separación de tres veces su diámetro centro a centro de tal manera que proporcionen un área adecuada de los dados (retortas) estructurales que unirán los pilotes.

La cabeza de los pilotes penetrará 0.15m dentro del cabezal de cimentación (Figura 19), lo que significa un nivel de cabeza del pilote a -4.35m con relación a nivel 0 del proyecto.

También debe de tenerse en cuenta que los pilotes deberán ser fundidos 0.50m por encima de su nivel de diseño para luego demoler este tramo y de esta forma eliminar el concreto contaminado.

➤ **Preparación del sitio, excavaciones y rellenos**

Preparación del sitio

Los sitios donde se proyectan la construcción de las cimentaciones, deberán estar libre objetos, árboles, troncos, raíces, escombros y otras obstrucciones.

Excavaciones

En los sitios donde se construirán los cimientos se recomienda excavar y retirar el suelo 4m de profundidad debajo del desplante, usar la Tabla 32 o Tabla 33 para este propósito. Después de realizar las excavaciones y antes de rellenar, se sugiere que un especialista en geotecnia, inspeccione el fondo de las excavaciones y en caso de observar alteraciones o materiales débiles tales como: basuras, material orgánico, raíces, suelos agrietados, arenas limosas suelta, limos blandos, material escoráceo o pomáceo suelto; evalúe y dé las instrucciones correspondientes para que se excave y retire el material inestable, en este caso se sugiere excavar 4m por debajo del nivel de desplante y luego se rellene dicho espesor con materiales de relleno estructural. En caso de encontrarse con material escoráceo o pomáceo suelto es importante estabilizar este material, ya sea por medio de la inclusión de lechadas o aditivos para mejorar las propiedades mecánicas de este material.

Relleno estructural

Como material de relleno estructural, se recomienda utilizar: material selecto, suelo cemento o concreto pobre. Los materiales a utilizarse como relleno en la obra deberán ser debidamente clasificados y sus características físico-mecánicas determinadas previamente en un laboratorio calificado para confirmar que son de adecuada calidad. A continuación, se presentan recomendaciones para uso de material selecto, suelo cemento y concreto pobre.

4.12 Terracerías y banco de materiales

Características de los espesores de pavimento encontrados en el sitio de estudio

En los sitios de perforación se encontraron espesores de pavimento variables. El espesor de la carpeta asfáltica encontrada en el sondeo 1 y sondeo 3, fue de 0.13m y 0.15m, respectivamente. Por debajo de esta capa, se encontró un material de relleno estructural con espesor que va desde los 0.3m hasta los 1.25m de espesor. Es una arena limosa bien graduada, clasificada según el SUCS como SW-SM y con el método HRB como (A-1-b) su compacidad es de media y contiene una cantidad de fino menor al 7%. La capacidad de carga de esta capa es de 3 Kg/cm². Subyaciendo a este relleno estructural se encontró el material In-situ correspondiendo a un suelo areno limoso con grava (Toba meteorizada), clasificado según el SUCS como SM y con el método HRB como A-4, su compacidad es media y su capacidad de carga varía de 1.27 Kg/cm² a 3.6 Kg/cm².

A como se aclaró en la introducción del presente capítulo, este estudio no contemplaba el diseño de pavimentos, por tanto, no se realizaron pruebas de campo (muestreo de suelos en calicatas, ni con auger manual) y pruebas de laboratorio (CBR, pruebas de compactación y ensayos a los suelos provenientes de banco de materiales). Sin embargo, de acuerdo a estudios previos realizados a bancos de materiales cercanos a la zona de estudio, se presentan algunos resultados de estos y se describen a continuación.

Carpeta de rodamiento

Se recomienda utilizar revestimiento bituminoso (tratamiento superficial doble). El módulo de elasticidad debe ser de 450,000psi. Antes de la colocación de la carpeta de rodamiento la base de ser barrida, soplada e imprimada con asfalto.

Se sugiere hacer limpieza de drenajes y mantenimiento en un periodo razonable, 2 veces al año, por lo menos, antes de iniciar el periodo lluvioso y al finalizar el mismo. Dentro de 10 años se sugiere hacer un diagnóstico y evaluar el estado estructural del pavimento.

CAPITULO V

DISEÑO GEOMETRICO



CAPITULO V. DISEÑO GEOMÈTRICO DE PASO A DESNIVEL

5.1. Introducción

El diseño geométrico es el proceso de correlacionar los elementos físicos de la carretera con las características de operación de los vehículos, y la razón es que esos elementos físicos se representan por su geometría, como sucede con las alineaciones, visibilidades, anchuras, pendientes, taludes y secciones transversales.

Básicamente el diseño geométrico de una carretera comprenderá el diseño óptimo de la línea definitiva, y esta estará sujeta principalmente, a las alineaciones vertical, horizontal y al ancho de derecho de vía, así como también del criterio del ingeniero diseñador y de las especificaciones establecidas para la misma.

En este capítulo se presenta el diseño geométrico del tramo desde el semáforo de la fuente hasta el km 4.8 rotonda Jean Paul Genie, aproximadamente 3.000ml, de lo que comprende como sección de diseño la del paso a desnivel, para la solución del congestionamiento vehicular. Presentando una propuesta de diseño que combine los alineamientos de manera que ofrezcan la máxima seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación.

5.2. Clasificación de la red de carreteras

Siendo las carreteras un componente de un sistema integral de transporte, ha sido necesario clasificarlas de distintas maneras, según la necesidad de reflejar alguna característica común o algún propósito determinado. Así se han clasificado según sus sistemas operacionales, según su clase, según su función o según tipos geométricos y orográficos. Estas clasificaciones han sido necesarias para facilitar la comunicación entre los planificadores, administradores, ingenieros y el público en general. Según la región en la que se desarrollan, se clasifican en urbanas y rurales; para procedimientos de localización y diseño vial, en base a las características geométricas principales. (Manual

Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 23)

5.3. Clasificación funcional

La clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 23)

5.4. Clasificación funcional y servicios provistos

Esta clasificación reconoce que los caminos y calles individuales no sirven a los viajes en forma independiente. Más bien, la mayoría de los viajes comprenden movimientos a través de las redes de caminos que pueden categorizarse con relación a tales redes en una forma lógica y eficiente. De este modo, la clasificación funcional de caminos y calles es también consistentes con la categorización de viajes. (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 24).

La clasificación funcional agrupa las calles y carreteras en tres grupos:

Tabla N°40. Sistema de clasificación funcional

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	SERVICIOS QUE PROVEE
• Arterial	Provee el mayor nivel de servicio con las mayores velocidades permitidas en distancias de viaje ininterrumpido, con algún grado de control en los accesos.
• Colector	Provee un menor nivel de servicio que la arterial. Se permiten velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y los conecta con las arteriales.
• Local	Consiste en todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su servicio principal es proveer acceso a la mayoría de lugares y sirve a los viajes sobre distancias relativamente cortas.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011; pág. 25 del PDF.

5.5 Clasificación de las carreteras regionales SIECA 2004

Las carreteras regionales o centroamericanas constituyen una clasificación en sí, que las separa y distingue de las carreteras nacionales de cada país de Centroamérica por una tenue línea divisoria que es más práctica que real. Se reputa como regional todo lo que es propio de la integración centroamericana o se acepta como tal por su proyección, alcance o simple definición de las autoridades competentes. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004, págs. 3-8)

La clasificación funcional de las carreteras regionales, admite el establecimiento de cinco tipos de carreteras entre rurales y suburbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño, que por el rango inferior no deben ser inferiores a los 500 vehículos promedio diario. Por consiguiente, están fuera de consideración las carreteras urbanas al igual que los caminos vecinales o locales. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004, págs. 3-8,3-9)

Véase el siguiente cuadro, donde se clasifican las carreteras, en función al volumen de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento.

Tabla N°41. Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento

TPDA	>20,000		20,000-10,000		10,000-3,000		3,000-500	
Clasificación funcional	No. C	Superf.	No. C	Superf.	No. C	Superf.	No. C	Superf.
AR-Autopistas Regionales	6-8	Pav.	4-6	Pav.				
TS-Troncales Suburbanas	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
TR-Troncales Rurales	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
CS-Colectoras Suburbanas			2-4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR-Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2004, pág. 3-9.

5.6. Clasificación de las carreteras regionales SIECA 2011

La clasificación funcional de las carreteras, admite el establecimiento de doce tipos básicos de carreteras entre rurales y urbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño. Esta clasificación se muestra en el cuadro siguiente.

Tabla N°42. Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento.

Función	Clase de carretera (1)	Nomenclatura	TPDA (2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

Fuente: Manual SIECA 2011; pág. 33.

El estudio realizado actualmente en el análisis del aforo vehicular demuestra que la vía en actualmente cumple con su clasificación como arteria principal tomando en cuenta únicamente el criterio de clasificación de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer ya que en los volúmenes de tránsito se registró un TPDA de 22,422 vehículos/día según aforo realizado en la zona de estudio efectuado del 26 al 28 de octubre del año 2022. (Ver tabla N°56 en Anexo)

Esto sin embargo, presenta el mayor problema sobre la vía ya que desde la perspectiva vehicular con un TPDA de 22,422 vehículos/día no cumple con el criterio de la clasificación de autopista regional según tabla N°41 pag.119, debido que esta fue diseñada como una “troncal suburbana con una capacidad proyectada de 15,000 vehículos/día” según información brindada por el Ingeniero Villachica jefe del departamento de dirección de viabilidad de la alcaldía de Managua, mostrando así un déficit actual, principalmente en el congestionamiento vehicular debido a que sobrepasa en número de vehículos su diseño inicial.

Es por ello que a continuación se realizara un diseño geométrico capaz de cumplir con la clasificación funcional de la vía la cual actualmente cuenta con cuatro carriles y en esta propuesta se diseñara el paso a desnivel que constara de 4 carriles más convirtiéndola en una autopista de 8 carriles con un **TPDA proyectado al año 2050 de 79,523 vehículos/día**, siendo un tramo de gran demanda vehicular se realizó la clasificación funcional de la vía, procediendo a utilizar la tabla “Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles (SIECA 2004)”, y tabla “Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles (SIECA 2011)”, partiendo con el dato del TPDA proyectado se encuentra en el rango mayor a 20,000 vehículos, obteniendo así el resultado de la clasificación funcional en ambas tablas, como **Arteria principal-Autopista**.

5.6.1. Autopistas regionales

Se considera que las autopistas regionales deben construirse cuando los volúmenes de tránsito para diseño resultan mayores de 20,000 vehículos promedio diario. La demanda de este tipo de instalaciones de primera categoría en exigencias de calidad y elevación de costos por kilómetro. Siendo su función primordial la movilidad, este tipo de vías mayores debe contar con control total en los accesos, esto es, que se otorga preferencia al tránsito de paso y se limitan las conexiones a determinadas arterias principales, sin posibilidades de acceso a las propiedades colindantes. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004, págs. 3-9,3-10)

El sistema arterial rural principal comprende una red de vías con los servicios característicos siguientes:

1. Son corredores para movimientos con longitud de viaje y densidad de tránsito adecuados para permitir numerosos viajes entre departamentos o municipios.
2. Movimiento entre todas, o virtualmente todas, las zonas urbanas.
3. Movimiento integrado sin conexiones laterales, excepto donde las condiciones geográficas inusuales o de tránsito, dictan otra cosa (es decir, conexiones de límites internacionales o conexiones de ciudades costeras). (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 27)

Las autopistas especiales poseen un nivel de servicio C, una operación estable, pero crecientemente más crítica. Velocidad promedio de viaje de 110 kilómetros por hora. Flujo de servicio a 75 por ciento de la capacidad, o no más de 1,640 automóviles o vehículos livianos por hora carril. (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004, págs. 4-1,4-2)

5.6.2. Vehículo de diseño

Debido a las dimensiones tan variables de los vehículos que circulan por la red de carreteras, es necesario examinarlos, agruparlos en clases similares y establecer un vehículo representativo para cada clase para su uso en el diseño geométrico. Así, cada vehículo de diseño tiene dimensiones físicas mayores y radios de giro mínimos mayores que la mayoría de los de su clase y al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación, se le brindan al diseñador los controles y elementos, a los que debe ajustar el diseño para facilitar su circulación sin restricciones. De cada tipo de vehículo que se utiliza en el diseño geométrico, se seleccionan los de mayores dimensiones físicas y de radio de giro mayores, dentro de su clasificación, para adoptar las condiciones más desfavorables, al efecto de alcanzar el objetivo específico de diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial.

Se han seleccionado cuatro clases generales de vehículos; a saber:

1. Vehículo liviano: incluye los automóviles, automóviles compactos, jeeps, camionetas agrícolas, vehículos deportivos, vans, minivans y pick-ups.
2. Buses: incluye los buses extraurbanos, buses urbanos, buses escolares y buses articulados.
3. Camión: incluye los camiones de unidad única (2 o 3 ejes), cabezal con semirremolque o un cabezal con semirremolque más semirremolque completo.
4. Recreacionales: incluye casas rodantes, carros con camper, carros con remolques con botes y casas rodantes remolcadas por carros.

Además, cuando en las carreteras se permite el tránsito de bicicletas, la bicicleta también debe considerarse un vehículo de diseño.

En el diseño de cualquier obra vial, el diseñador debe considerar el vehículo de diseño más grande, que probablemente use la obra con mayor frecuencia, o un vehículo de diseño con características especiales que deben tomarse en cuenta en

el dimensionamiento de la vía. Este vehículo se usa para determinar el diseño de características críticas tales como radios en las intersecciones y radio de rampas de giro.

A falta de información local, se han adoptado las dimensiones para los vehículos de diseño indicadas en el Exhibit 2.1 de A “Policy on geometric design of highways and streets (1)”. En el cuadro siguiente se muestra un resumen de las dimensiones de 6 vehículos de diseño que representan los vehículos de mayor uso en la red de carreteras en Centroamérica.

El camión WB-20 (cabezal con semirremolque,) debe ser el mínimo vehículo de diseño a considerar en las rampas de salida de autopistas en las intersecciones con carreteras arteriales y para otras intersecciones en carreteras colectoras y calles que conducen a industrias, con altos volúmenes de tráfico y/o que proveen acceso local para camiones grandes. (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 38)

Tabla N°43. Dimensiones de vehículos de diseño

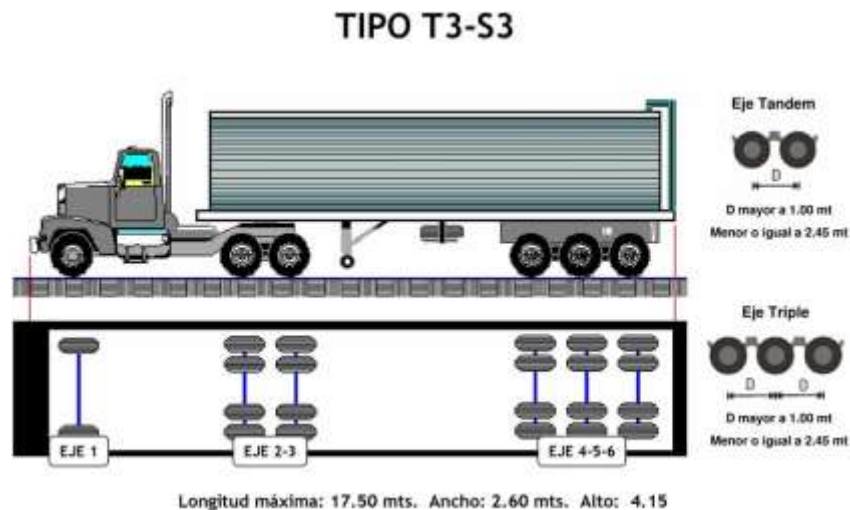
Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.30	2.10	5.80	0.90	1.50	3.40	
Camión	SU	4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	
Bus	BUS-14	3.70	2.60	12.20	1.80	2.60	7.30	
Bus Articulado	A-BUS	3.40	2.60	18.30	3.10	6.70	5.90	
Cabezal con Semirremolque	WB-15	4.10	2.60	16.80	0.60	4.50	10.80	
Cabezal con Semirremolque	WB-19	4.10	2.60	20.90	0.90	0.60	4.50	10.80
Cabezal con Semirremolque	WB-20	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80	6.6	13.20-13.80

Fuente: Manual SIECA 2011, cuadro 2.1, pág. 38 del PDF.

Nota: WB1, WB2 es la distancia entre ejes extremos Dimensiones en metros.

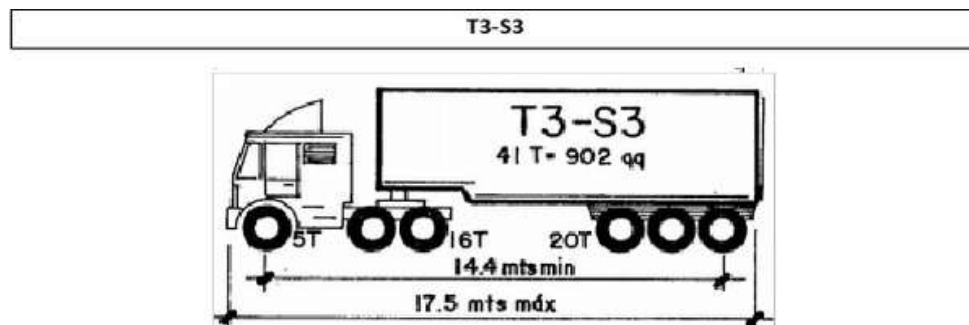
Se propone como vehículo de diseño, el CX-RX $\geq$ 5 o el T3-S3 (WB-20 según la SIECA 211, pág. 38 del Pdf). El cuál es el vehículo mínimo con el cual se suelen diseñar las autopistas. Por lo cual sus dimensiones geométricas se considerarán como las más críticas que se presentarán en la vía durante el periodo de diseño.

Figura N°20. Vehículos de diseño CX-RX $\geq$ 5 e.(T3-S3)



Fuente: Presentación de control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones, pág. 6 del PDF.

Figura N°21. Vehículos de diseño CX-RX $\geq$ 5 e.(T3-S3)



Fuente: Camiones y sistema de protección para puentes, pág.1 del PDF

Se utilizará las dimensiones que se reflejan en el “Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones”, pág. 18 del

PDF. Del vehículo T3 – S3, ya que es un vehículo de mayor dimensión que el que se detalla en el Manual SIECA 2011, cuadro 2.1, pág. 38 del PDF.

5.6.3. Trayectorias mínimas de giro de los vehículos de diseño.

Las dimensiones principales que afectan el diseño son el radio mínimo de giro (RMG) en la línea central, al ancho de la huella, la distancia entre ejes y la trayectoria del neumático interior trasero.

Los efectos de las características del conductor (tal como la velocidad a la cual el conductor realiza un giro) y de los ángulos de deslizamiento de las ruedas, son minimizados asumiendo que la velocidad del vehículo para el radio mínimo de giro es de 15 km/h o menor.

Los límites de las trayectorias de giro de los distintos vehículos de diseño, al hacer los giros más cerrados, están establecidos por la trayectoria del saliente frontal y la trayectoria de la rueda interior trasera.

Este giro supone que la rueda frontal exterior sigue el arco circular, definiendo el radio de giro mínimo según como se determine por el mecanismo de manejo del vehículo. Los radios mínimos de las trayectorias de las ruedas exteriores e interiores y el radio mínimo de giro (RMG) en la línea central, se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N°44. Radios mínimos de giro según vehículos de diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de Giro Mínimo de Diseño (m)	Radio en la Línea Central RMG (m)	Radio Interior Mínimo (m)
Vehículo Liviano	P	7.30	6.40	4.40
Camión	SU	12.80	11.60	8.60
Bus	BUS-14	13.70	12.40	7.80
Bus Articulado	A-BUS	12.10	10.80	6.50
Cabezal con Semirremolque	WB-15	13.70	12.50	5.20
Cabezal con Semirremolque	WB-19	13.70	12.50	2.40
Cabezal con Semirremolque	WB-20	13.70	12.50	1.30

Fuente: Manual SIECA 2011, pág. 39 del PDF.

5.7. Velocidad

El diseño de las autopistas actuales trata de enfocarse en permitir a los conductores operar a altas velocidades con comodidad y seguridad.

La velocidad de los vehículos sobre un camino o carretera depende, además de la capacidad de los conductores y sus vehículos, de cinco condiciones generales: las características físicas de la carretera, la cantidad de interferencias en los lados de la carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos y las limitaciones a la velocidad, sean estas establecidas por regulaciones de carácter legales o debidas a dispositivos de control.

Aunque cualquiera de ellas puede gobernar la velocidad de viaje, usualmente los efectos de estas condiciones son combinados. (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 53)

a) Velocidad de operación

La velocidad de operación es la velocidad a la que los conductores son observados operando su vehículo bajo condiciones favorables. El 85 percentil de la distribución de

velocidades observadas es la más frecuente medida usada de las velocidades de operación asociadas con una particular localización o característica geométrica

b) Velocidad de ruedo

La velocidad a la cual un vehículo viaja en un tramo de una carretera es conocida como la velocidad de ruedo. La velocidad de ruedo es la longitud del tramo de la carretera dividida entre el tiempo requerido para que el vehículo recorra ese tramo. La velocidad de ruedo promedio de todos los vehículos es la más apropiada medida de la velocidad para evaluar el nivel de servicio y costos de los usuarios de la carretera. La velocidad de ruedo promedio es la suma de las distancias recorridas por los vehículos en una sección de la carretera durante un período de tiempo determinado dividido por la suma de sus tiempos de recorrido.

5.7.1. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño (también conocida como velocidad directriz) es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. La velocidad de diseño asumida debe ser consistente con la topografía, el uso de la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera. Excepto para calles locales donde los controles de velocidad son incluidos intencionalmente, debe hacerse un esfuerzo para usar una velocidad de diseño que sea práctica para obtener un deseado grado de seguridad, movilidad y eficiencia bajo las restricciones de la calidad del ambiente e impactos económicos, estéticos y sociales o políticos.

Una vez seleccionada, todas las características pertinentes de la carretera deben relacionarse a la velocidad de diseño para obtener un diseño equilibrado.

En la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera en particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos:

- a) Distribución de las velocidades
- b) Tendencias a las velocidades
- c) Tipo de área

- Rural
- Urbana
- d) Condiciones del terreno
 - Plano
 - Ondulado
 - Montañoso
- e) Volúmenes de tránsito
- f) Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias
- g) Condiciones ambientales

Es deseable que la velocidad de rueda para un porcentaje alto de conductores sea menor que la velocidad de diseño. Las experiencias indican que la desviación de este objetivo deseado es más evidente y problemático en las curvas horizontales agudas (radios de curva reducidos).

En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales, debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110 KPH. En carreteras colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas velocidades de diseño son de 80 a 100 KPH. En carreteras colectoras, el rango de velocidad debe ser de 30 a 80 KPH y rango de velocidades de 20 a 60 KPH pueden utilizarse en carreteras vecinales.

En las calles arteriales el límite de la velocidad durante varias horas del día, está regulada por la presencia de grandes volúmenes de vehículos y por dispositivos de control de tráfico más que por las características físicas de la calle. En tales casos, la selección de la velocidad de diseño es menos crítica para operaciones eficientes y seguras.

Para definir la velocidad de diseño se tomó en cuenta el capítulo correspondiente al levantamiento topográfico, donde se definió que el terreno es ondulado por la variación de pendientes, ver pág. 78, del presente documento. Y como el tránsito diario proyectado al año 2053 es de 22,745.52 vehículos/día; la velocidad de diseño para la vía en estudio

corresponde a 90 Kph. Lo cual podemos corroborar en la tabla que se muestra a continuación.

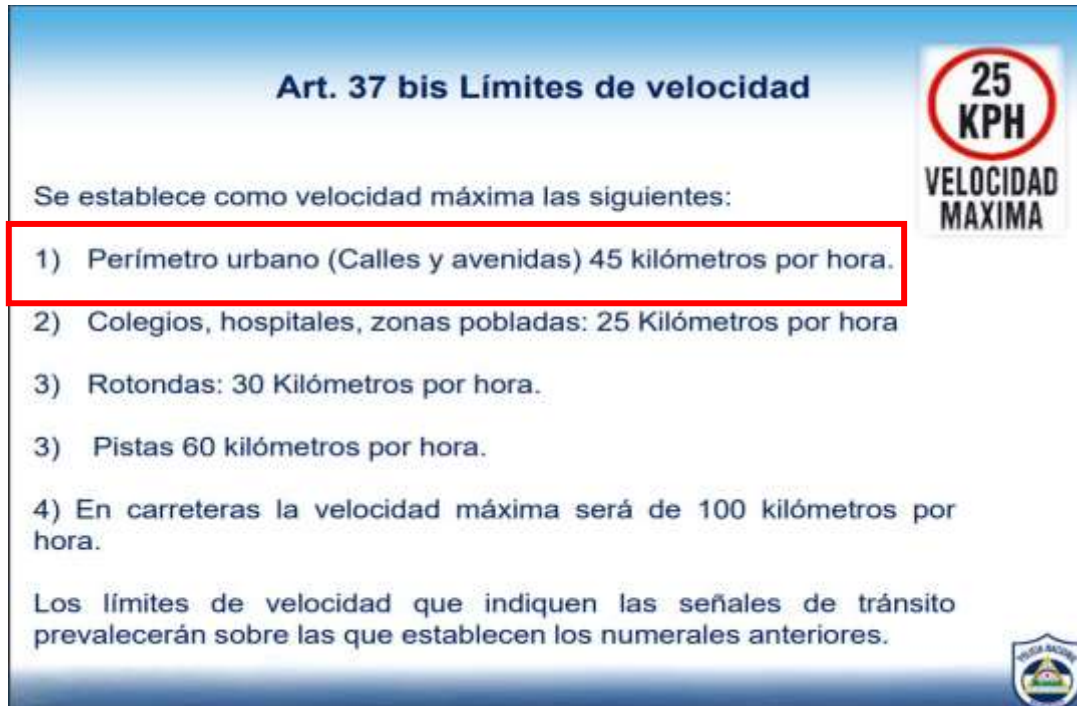
Tabla N°45. Velocidad de diseño en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.

Tipo de Terreno	Volúmenes de tránsito Diario ó TPDA, en vpd			
	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3000-500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras SIECA 2004, pág. 4-3, 94 del PDF.

Tomando en cuenta esta velocidad de diseño que recomienda el “Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras SIECA 2004” por el tipo de terreno; según nuestra clasificación estaría correcta sin embargo en nuestro país existen normas de circulación las cuales están regidas por la ley 431 entonces de acuerdo a estas se realizara una nueva clasificación de velocidad para nuestro diseño.

Tabla N°46. Límites de velocidad



Fuente: Dirección de seguridad transito nacional. pág.6 del PDF

Tomando en cuenta ambos parámetros como direccionales y definiendo que la vía se encontrara en un paso elevado se diseñara con una velocidad de **60 km/h** la cual es la ocupada actualmente en las construcciones simultaneas de los pasos a desnivel que se están dando en la ciudad de Managua (información brindada por el Ingeniero Rodolfo Villachica jefe del departamento de viabilidad de la Alcaldía de Managua).

5.8. Distancia de visibilidad de parada

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto delante de su recorrido.

Esta distancia se calcula para que un conductor, por debajo del promedio, alcance a detener su vehículo ante el peligro u obstáculo que se le presente. Es la distancia mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, cualquiera que sea su tipo. (SIECA 2011, P.75).

Ecuación 28.
$$d = 0.278Vt + 0.039 \frac{V^2}{a}$$

V = Velocidad de diseño, km/h

t = Tiempo de percepción-reacción, 2.5 segundos

a = Tasa de desaceleración, m/seg². Así, la tasa de 3.4 m/seg² es recomendada como la tasa de desaceleración para utilizar en el cálculo de la distancia de visibilidad de parada

Empíricamente se han establecido distancias para cubrir estas distancias divididas en las siguientes cinco situaciones particulares:

- a. Detención en carretera rural
- b. Detención en vía urbana
- c. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera rural
- d. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera suburbana
- e. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en vía urbana

Se ha preparado el cuadro 42 que contiene las distancias de visibilidad de parada en terreno plano y en pendiente y de decisión, producto de la aplicación de las fórmulas mencionadas en este acápite. Están comprendidos en este cuadro los parámetros y resultados aplicables para diseño del alineamiento horizontal y vertical, relacionados con la distancia de visibilidad de parada. (SIECA 2004, P.4-25).

Tabla N°47. Distancias de visibilidad de parada y decisión

a) En Terreno Plano

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada para
Km/h	Km/h	Tiempo (s)	Distancia (m)	f	(m)	(m)
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: Cuadro 4.6, pág. 4-28 del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA 2004.

5.9 Distancia de visibilidad de rebase

La distancia de visibilidad de adelantamiento, equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la velocidad de proyecto; esto es, abandonar su carril, adelantar el vehículo que viaja delante de él y retornar a su carril en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por el carril que utilizará para efectuar la maniobra de adelantamiento. La visibilidad de adelantamiento se requiere únicamente en carreteras de dos carriles, con tránsito bidireccional. (SIECA 2011, P.79). El presente diseño constará de 6 carriles por lo tanto no se tomará en cuenta esta distancia.

5.10 Alineamiento Horizontal

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

- a) Categoría de la carretera
- b) Topografía del área
- c) Velocidad del proyecto
- d) Distancia de visibilidad

- e) Coordinación con el perfil
- f) Costos de construcción, operación y mantenimiento

Todos estos elementos deben conjugarse de tal manera que el diseño resultante sea el más seguro y económico, en armonía con el contorno natural y al mismo tiempo adecuado a su categoría, según la clasificación funcional para el diseño.

La tendencia actual en el diseño de carreteras se orienta hacia la utilización de curvas amplias que se adaptan a la topografía del terreno, haciendo casi desaparecer las rectas.

Siguiendo algunos criterios, se recomienda evitar longitudes en rectas superiores a:

Ecuación 29. $L_r = 20 * V$

En donde:

L_r = longitud de la recta, m

V = velocidad de diseño, KPH

En el diseño de las curvas de la carretera es necesario establecer las relaciones adecuadas entre la velocidad de diseño y la curvatura, así como sus estrechas relaciones con el peralte y la fricción lateral.

Cuando un vehículo se mueve siguiendo una trayectoria circular, es forzado hacia afuera, radialmente, debido a la aceleración centrípeta. Si la carreta tiene una inclinación transversal (sobreelevación o peralte), la componente del peso paralelo a la inclinación de la carretera y la fuerza de fricción lateral que se desarrolla entre las llantas y la superficie, o una combinación de las dos, contrarrestan esta aceleración centrípeta; sin embargo, esta es una fuerza imaginaria que el conductor cree que lo empuja hacia afuera de las curvas cuando, en efecto, el vehículo se aceleró en dirección al interior de la curva.

La fórmula básica que gobierna la operación de un vehículo en curva es:

Ecuación 30.
$$\frac{0.01e+f}{1-0.01ef} = \frac{v^2}{gR} = \frac{0.0079 v^2}{R} = \frac{v^2}{127R}$$

En donde:

e = tasa de peralte de la carretera, en porcentaje

f = factor de fricción lateral

v = velocidad del vehículo, m/s

g = aceleración de la gravedad, 9.81 m/seg^2

V = velocidad del vehículo, Km/h

R = radio de la curva, medido al centro de gravedad del vehículo, m

El valor del producto en esta ecuación es siempre pequeño, por lo que el término es normalmente omitido en el diseño de carreteras y calles, obteniéndose resultados ligeramente conservadores.

Si el vehículo viaja a velocidad constante en una curva con peralte en la que el valor de f es 0, la aceleración centrípeta es balanceada por la componente del peso del vehículo y teóricamente, no se requiere fuerza en el volante; esta velocidad se conoce como “velocidad de equilibrio”.

5.10.1 Tasas de peralte y factor de fricción lateral

De la investigación y experiencia acumuladas, se han establecido valores límites para e y f . Si en la fórmula básica se aplica el valor de $e_{\text{máx}}$. Con un valor conservador de f , se puede obtener el radio mínimo de curva para distintas velocidades de diseño. Para una velocidad de diseño dada, el uso de radios mayores que el mínimo exige, determinar las tasas de peralte menores que el máximo a fin de mantener el equilibrio de los factores involucrados.

- a) Las tasas máximas de peralte utilizables en las carreteras están controladas por varios factores: condiciones climáticas (frecuencia y cantidad de nieve y hielo); condiciones del terreno (plano o montañoso); tipo de zona (rural o urbana) y

frecuencia de vehículos que viajan lento cuya operación puede ser afectada por tasas altas de peralte.

Se considera aquí las siguientes tasas: (1) tasa máxima de 0.10 en áreas rurales montañosas, siempre que no exista nieve o hielo, también 0.12 puede utilizarse en algunos casos, (2) generalmente, 0.08 es reconocido como valor máximo razonable, (3) 0.06 en área suburbana y (4) 0.04 en áreas urbanas. El peralte puede omitirse en calles urbanas de baja velocidad.

- b) A la sección transversal en tramos en recta se le aplica una pendiente transversal conocida como “bombeo normal”. La tasa de la pendiente a aplicar está determinada por las condiciones de drenaje. Consistentes con el tipo de pavimento de la carretera y la cantidad de lluvia, los valores mínimos aceptables para pendientes transversales varían de 1.5% a 3.0%.

- **Criterio para la selección del peralte máximo del proyecto de paso a desnivel semáforos de la fuente – rotonda Jean Paul Genie**

Para la selección del peralte máximo de la vía en estudio, se usa la tabla 4.9, pág. 4-46 del “Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales SIECA 2004”. La cual indica que para terrenos urbanos el peralte máximo a utilizar es de 4%, que sirve para la vía antes mencionada, que es del tipo de terreno ondulado con una velocidad de diseño de 45 Kph.

Tabla N°48. Tasa de sobreelevación en función del tipo de área

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: Tabla 4.9, pág. 4-46 del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA 2004.

- c) Los máximos factores de fricción lateral permisibles para usar en el diseño de las curvas de todas las carreteras rurales y calles urbanas se han tomado del Exhibit 3.12 de AASHTO. Estos valores varían desde 0.28 a 30 KPH hasta 0.14 a 80 KPH, y varían directamente desde aquí hasta 0.09 a 120 KPH. El informe de investigación Side Friction For Superelevation on Horizontal Curves.

Interpolando los valores se toma un coeficiente de fricción lateral=0.23 si este no está sobre el nivel de factor de fricción máxima.

5.11 Radio mínimo

El radio mínimo es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo.

Una vez establecido el máximo factor de peralte o sobreelevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular simplificando de la siguiente fórmula:

Ecuación 31.
$$R = \frac{v^2}{127.14(e_{max} + f_{max})}$$

En donde:

Rmin: radio mínimo de curva, m

e_{máx}: tasa de sobreelevación en fracción decimal

f_{máx}: factor de fricción lateral

V: velocidad de diseño, en KPH

El grado de curvatura es una forma de expresar la “agudeza” de una curva y se expresa, para la definición “arco” como el ángulo central subtendido por un “arco” de 20 metros. A partir de esta definición se obtiene la siguiente expresión:

Ecuación 32.
$$D_{20} = \frac{1145.9156}{R}$$

En donde:

D₂₀ = grado de curvatura, o ángulo en el centro de la curva, para un arco de 20 m.

R = radio de la curva, m.

Tabla N°49. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 4%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 6%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	8.1	8	143°14'	7.7	8	143°14'
30	0.28	22.1	22	52°05'	20.8	21	54°34'
40	0.23	46.7	47	24°23'	43.4	43	26°39'
50	0.19	85.6	86	13°19'	78.7	79	14°30'
60	0.17	135.0	135	08°29'	123.2	123	09°19'
70	0.15	203.1	203	05°39'	183.7	184	06°14'
80	0.14	280.0	280	04°06'	252.0	252	04°33'
90	0.13	375.2	375	03°03'	335.7	336	03°25'
100	0.12	492.1	492	02°20'	437.4	437	02°37'
110	0.11				560.4	560	02°03'
120	0.09				755.9	756	01°31'

Fuente: Manual SIECA 2011; página 87 del PDF

Factor de fricción máxima: **0.17**

Peralte máximo 4% = **135**

Grado de curvatura= **08° 29`**

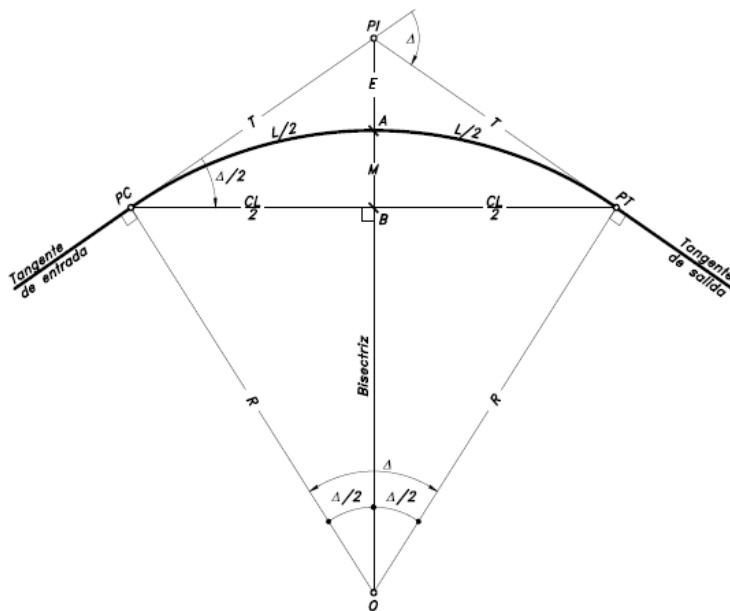
5.12 Curvas circulares simples

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes (alineaciones rectas) consecutivas, están contenidas en el plano horizontal y su función es cambiar de una dirección a otra, de forma gradual, los tramos rectos.

El radio escogido por el diseñador depende de las condiciones topográficas del sitio, la velocidad de diseño escogida y por las tangentes disponibles ya que entre más grande sea el radio, más distancia de tangente se necesita.

Los elementos principales que componen las curvas circulares simples son:

Figura N°22. Elementos geométricos de una curva circular simple



Fuente: Diseño geométrico de carreteras, 2da edición, James Cárdenas Grisales. Pág. 75

1. Punto de intersección de las tangentes (PI): Intersección del Pc y PT.
2. Punto donde comienza la curva (PC): Punto de tangencia inicial entre la recta y la curva.
3. Punto donde termina la curva (PT): Punto de tangencia final entre la recta y la curva.

4. Centro de la curva (O)

5. Tangente (T): Es la distancia entre el PI y el PC o PT, estas distancias son iguales.
Se calcula con la expresión:

Ecuación 33. $T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$

6. Radio de la curva (R): Es el radio de la circunferencia

Ecuación 34. $R = \frac{T}{\tan\frac{\Delta}{2}}$

7. Angulo de deflexión de las tangentes (Δ): Es aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior, es decir, el ángulo central de la curva necesaria para entrelazar las tangentes de ambos alineamientos.

8. Grado de curvatura (G): Es el ángulo sustentado en el centro de un círculo por un arco de 20m en la curva, expresado en grados. Se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 35. $G = \frac{1145.92}{R}$

9. Punto medio de la curva (M): Es la mediana a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

Ecuación 36. $M = R * \left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right)$

10. Externa (E): Es la distancia entre PI y el punto medio de la curva.

Ecuación 37. $E = \left(\frac{R}{\cos\frac{\Delta}{2}} - R\right)$

11. Longitud de la curva (L): Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se puede calcular en función del radio y el grado de curvatura a como se muestra a continuación:

Ecuación 38. $L = \frac{\pi * R * \Delta}{180^\circ}$

Ecuación 39. $L = \frac{20 * \Delta}{G}$

12. Cuerda larga (CL): Es la cuerda máxima, es decir, el segmento recto une al PC con el PT:

Ecuación 40. $CL = 2 * R * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$

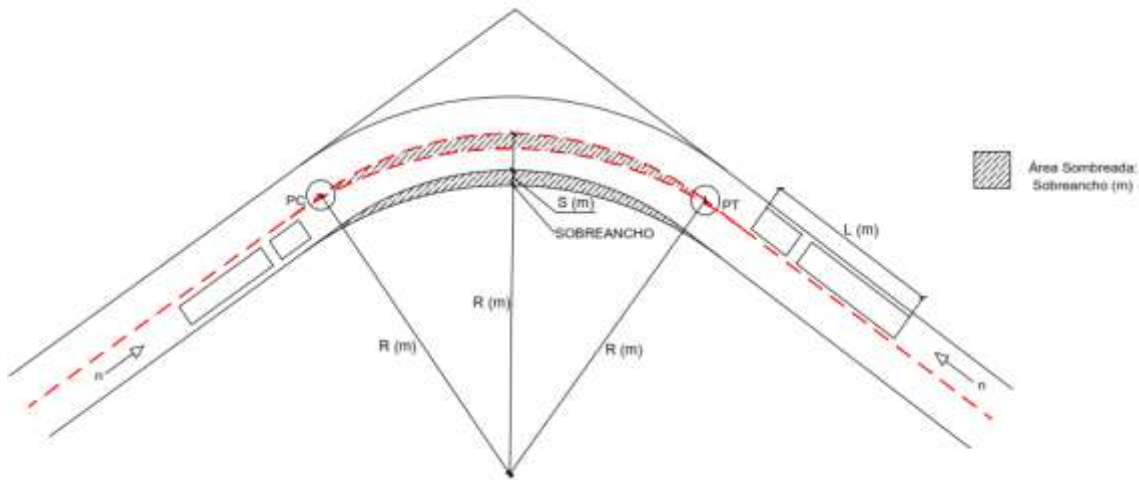
5.13 Sobre ancho

Es el ancho que se adiciona en el extremo interior de la calzada en una curva horizontal, la cual facilita a los conductores mantenerse dentro de su vía. Una de las razones por la cual se hace necesario diseñar el sobre ancho, es que las ruedas traseras de un vehículo describen una trayectoria más corta que las delanteras cuando se recorre una curva.

Para establecer el sobre ancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- d) En alineamientos horizontales con curvas circulares sin curva de transición, el sobre ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- e) Cuando existen curvas de transición entre la tangente y la curva circular, el sobre ancho se distribuye a lo largo de la curva de transición, dividiéndose la mitad del sobre ancho entre los bordes interno y externo de la curva.
- f) Los bordes del pavimento siempre deben tener en desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.
- g) Los sobre anchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera o, alternativa, dejar los detalles finales al ingeniero residente de campo.

Figura N°23. Componentes del sobreancho en curvas de carreteras



Fuente: Elaboración Propia, AutoCAD 2018.

La fórmula general para calcular el ancho necesario en curva, S es:

Ecuación 41.
$$S = n \left[R - \left(\sqrt{R^2 - L^2} \right) \right] + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

S : valor de sobreancho en metros

n : número de carriles de la superficie de rodamiento

L : longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, metros

R : radio de curvatura, metros

V : velocidad de diseño de la carretera, Kilómetros por hora

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los datos obtenidos para el diseño:

Tabla N°50. Clasificación de la carretera y características de diseño

N°	Descripción / Parámetro	Forma	Unidad	Valores
1	Clasificación Funcional	Autopista Regional		
2	Ancho del Derecho de vía	ADV	m.	40
3	Velocidad de Diseño	VD	KPH	60
4	Velocidad de Ruedo	VR	KPH	77
5	Vehículo del Proyecto	Veh.	Tipo	T3 – S3
6	Radio Mínimo de la Curva	R	Rmin.	135
7	Grado de Curvatura Máximo	Gc	G.min.seg.	08° 29'17.87"
8	Número de Carriles de Rodamiento	Nc	Unid.	4
9	Ancho de Carril de Rodamiento	Ac	m.	3
10	Ancho Total de Rodamiento	AR	m.	6
11	Pendiente Transversal (Bombeo)	B	%	3
12	Peralte Máximo	emáx.	%	4
13	Sobreancho	Smáx	m.	
14	Coeficiente de Fricción Lateral	f1	S/U	0.17
15	Distancia de Visibilidad de Parada	DVP	m.	36.1
16	Superficie - Carpeta de Rodamiento	Srod.	Tipo	Concreto

Fuente: Elaboración propia, recopilación de información.

Radio mínimo del proyecto

Velocidad de diseño 60 KPH

Peralte máximo e = 4%

Factor de fricción máxima f = 0.17

$$R_{\min} = \frac{60 \text{ KPH}^2}{127.14 * (0.04 + 0.17)} = 134.83m = 135m$$

Grado máximo de curvatura del proyecto.

$$G_{\max} = \frac{1145.92}{135} = 8.488 (d) \text{ o } (08^\circ 29'17.87'')$$

Sobre ancho de diseño de la vía

$$S = 4 \left[135 - \left(\sqrt{135^2 - 14.4^2} \right) \right] + \frac{60}{10\sqrt{135}} = 3.60m$$

Para la clasificación de la curva se tomó como criterio de la sección 5.12 de este documento donde puede denominarse curva circular simple a dos tangentes que son enlazadas por una solo curva.

Los datos de la siguiente tabla fueron extraídos de la georreferenciación del levantamiento topográfico colocado sobre la ortofoto de Managua en escala 1:1 donde se dibujó la curva para extraer de ella la Est.PI punto donde se interceptaron las tangentes y además se obtuvo el ángulo de deflexión y el Radio con el cual se creó la curva siendo de **150 m** cumpliendo con el radio minio de **135 m** los otros parámetros fueron extraídos a partir de estos como se detalla a continuación en los cálculos.

Tabla N°51. Datos para el cálculo de la curva circular simple del paso a desnivel.

Curva critica puente a desnivel		
Angulo de Deflexión Δ	85	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	4.00	%
Radio de diseño de la curva	150	m
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	1+141	m

Fuente: Elaboración propia

Grado de curvatura del proyecto.

$$G_c = \frac{1145.92}{150} = 7.639(d) \text{ o } (7^\circ 38' 22.08'') \text{ cumple! } < G_{max} = 8.488(d)$$

Cálculo de la sub-tangente

$$ST = R * \tan \frac{\Delta}{2} = 150 * \tan \frac{85}{2} = 137.45 \text{ m}$$

Cálculo de la longitud de la curva de diseño

$$L_c = \frac{\pi * R * \Delta}{180} = \frac{\pi * 150 * 85}{180} = 222.53 \text{ m}$$

Cálculo de los estacionamientos Tangencia donde comienza la curva PC y Tangencia donde termina la curva PT.

Ecuación 42. ***Est. PC = Est. PI – ST***

$$Est. PC = 1 + 141 - 137.45 = 1 + 003.55$$

Ecuación 43. ***Est. PT = Est. PC + Lc***

$$Est. PT = 1 + 003.55 + 222.53 = 1 + 226.08$$

Cálculo de la cuerda máxima

$$Cl = 2(R) * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 86.54 * \left(\sin \frac{85}{2}\right) = 202.68 \text{ m}$$

Cálculo de la Externa

$$E = \left(\frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \right) = \left(\frac{150}{\cos \left(\frac{85}{2} \right)} - 150 \right) = 53.451 \text{ m}$$

Cálculo de la ordenada media

$$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 150 * \left(1 - \cos \frac{85}{2} \right) = 39.408 \text{ m}$$

Solo se presenta el cálculo de la externa y la ordenada media, ya que como es una curva circular simétrica, los resultados de las ordenadas son los mismos.

Cálculo del Sobreancho

$$S = n[R - (\sqrt{R^2 - L^2})] + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$S = 4 \left[150 - \left(\sqrt{150^2 - 14.4^2} \right) \right] + \frac{60}{10\sqrt{150}} = 3.261m.$$

Cálculo de peralte

Ecuación 44.
$$e = \frac{em_{\acute{a}x}}{Gm_{\acute{a}x}^2} * (2 * Gm_{\acute{a}x} - Gc) * Gc$$

$$e = \frac{4}{(8.488)^2} * (2 * 8.488 - 7.639) * 7.639 = 3.960 = 4$$

Cálculo del LT

Ecuación 45.
$$LT = m * a * e$$

Ecuación 46.
$$m = 1.5625 * V + 75$$

Ecuación 47.
$$a = \frac{\text{Ancho de la calzada}}{2}$$

$$LT = (1.5625 * 60 + 75) * \left(\frac{7.20}{2} \right) * (4\%) = 24.3 m$$

Cálculo de N

Ecuación 48.
$$N = \frac{LT * b}{e}$$

Donde:

LT: Longitud de Transición

b: Bombeo

e: Peralte

$$N = \frac{24.3 * 3\%}{4\%} = 18.225 m$$

Tabla N°52. Resultados obtenidos de la curva horizontal simple

Elemento	Resultados de Curva	Longitud	PC	PI	PT
L1		222.53	EST 1+003.55		EST 1+226.08
C1	Gc =7.639 (d)				
	R = 150 m				
	Δ = 85 (d)				
	LC =222.53 m				
	CL = 202.68 m				
	T =137.45 m				
	E = 53.451 m				
	S = 3.60 m				
	e = 4 %				
	LT = 24.3 m				
	N = 18.225 m				

Fuente: Elaboración propia

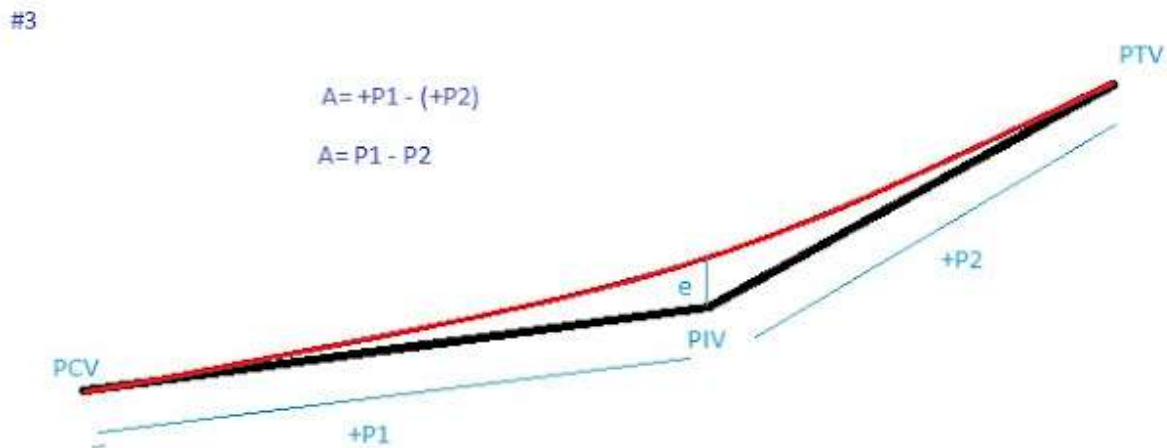
5.14. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical de una vía es la proyección del eje de esta sobre una superficie vertical paralela al mismo, que depende de la topografía del lugar donde se encuentre la

calle o carretera, de tal forma que se muestre la longitud del terreno natural a lo largo del eje, utilizado para diseñar la rasante propuesta en el diseño de la vía.

La curva vertical tiene por objeto suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento vertical, en cuya longitud se efectúa, el paso gradual de la pendiente de entrada a la pendiente de salida, debiendo dar por resultado un camino de operación segura y confortable, agradable apariencia y características de drenaje adecuadas.

Figura N°24. Curva vertical cóncava



Fuente: (Manual de diseño geométrico de carreteras, pág. 137)

Donde:

PCV: Punto de comienzo vertical

PIV: Punto de intersección vertical

PTV: Punto de terminación vertical

e: External (es la mayor distancia entre la curva y el PIV)

In: Longitud ya sea desde el PCV al PIV o del PTV al PIV

LCV: Longitud de Curva Vertical

P1: Pendiente de entrada

P2: Pendiente de salida

T (o bien Y_n): Será nuestra ordenada, o sea la distancia entre la curva y nuestra tangente

El alineamiento vertical de una vía está compuesto por dos elementos principales: rasante y perfil.

Según la SIECA el alineamiento vertical de una carretera está ligada estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresada usualmente en porcentajes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los factores visibilidad y accidentalidad, composición del tránsito, así como la relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

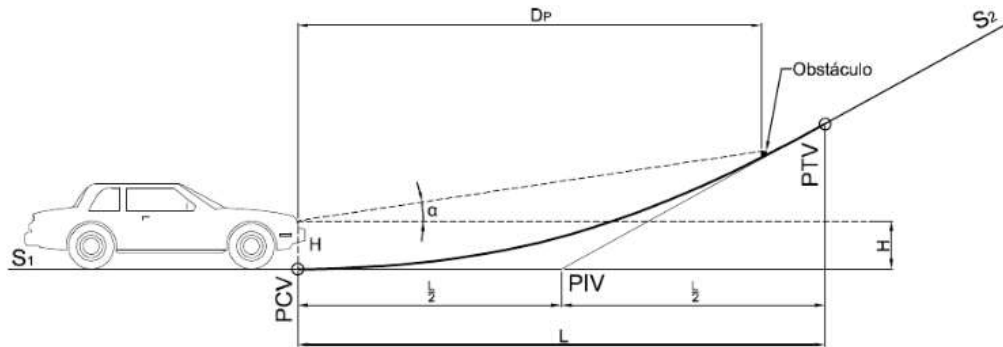
5.15. Rasante

La rasante es la posición final de la estructura de pavimento diseñada con pendientes adecuadas, que se incluye en el perfil longitudinal con el propósito de suavizar o corregir excesos de pendiente que se encuentran en el terreno natural antes de ser conformado.

Dicha rasante está compuesta por tangentes y curvas en el plano vertical, las cuales son representadas generalmente en porcentajes, e identificadas con pendientes ascendentes con signos positivos y descendentes con signos negativos.

5.16. Curva vertical cóncava

Figura N°25. Parámetros de una curva vertical



Fuente: (Manual de diseño geométrico de carreteras, pág. 140)

Las curvas cóncavas, son aquellas donde las tangentes forman una inclinación hacia abajo, para este tipo de curvas solo se considera la distancia visual de parada, por lo que se debe tomar en cuenta la distancia adecuada para iluminar los faros del vehículo del diseño. Se considera valores de K para el diseño de distancia visual de parada.

Estos valores de K pueden ser calculados con la ecuación anterior o bien, puede ser seleccionada según la velocidad directriz escogida para el tramo en estudio de manera directa en las tablas asignadas por la SIECA 2011.

Tabla N°53. Control de diseño para curva vertical cóncava para distancia de visibilidad de parada.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63

K = Longitud (m) por porcentaje de A

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), 2011, pág. 127)

Tabla N°54. Coeficiente de fricción longitudinal según velocidad de diseño.

Velocidad de diseño Km/h	Rango de velocidad de marcha Km/h	Coeficiente de fricción	Valores DVP (m)	
			Menores	Mayores
30	30-30	0.40	30	30
40	40-40	0.38	45	45
50	47-50	0.35	60	65
60	55-60	0.33	75	85
70	63-70	0.31	95	110
80	70-80	0.30	115	140
90	77-90	0.30	130	170
100	85-100	0.29	160	205
110	91-110	0.28	180	245

* Cifras redondeadas

Fuente: (SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición), 2004, pág. 165)

Estos parámetros fueron seleccionados de acuerdo a la velocidad de diseño para el puente a desnivel y para lograr cumplir con los niveles de servicios adecuados.

5.17. Cálculo de curva vertical del puente a desnivel

Tabla N°55. Datos de la curva vertical N°1

Curva N°1 cóncava		
Pendiente de entrada	-2.037	%
Pendiente de Salida	-1.446	%
Coeficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	0+560	m
Elevación ELEV. PIV	146.239	m

Fuente: Elaboración propia

Diferencia algebraica de las pendientes.

Ecuación 49. $G = (P1 - P2)$

$$G = (-2.037) - (-1.446) = -0.591$$

Dado que la diferencia algebraica es negativa entonces la curva es cóncava.

Para el cálculo de la longitud de la curva, necesitamos el valor de K, y dado que, en la tabla del control de diseño para curva vertical cóncava para distancia de visibilidad de parada, K es igual a 18.

Ecuación 50. $L = K * G$

$$L = (18) * (-0.591) = 10.62 \text{ m}$$

Distancia que podrá ser redondeada a los 11 m. del cálculo referencial.

Otra manera de realizar el cálculo de la longitud de la curva es de la siguiente manera.

Cálculo de la distancia de visibilidad de parada.

Introduciendo la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática.

Ecuación 51. $D1 = 0.278 * V * t$

Donde:

V: velocidad inicial, KPH.

t: tiempo de percepción y reacción, que es de 2.5 seg.

a: tasa de desaceleración, m/s^2

$$D1 = (0.278) * (60KPH) * (2.5 s.) = 41.7 m$$

Distancia de frenado

Ecuación 52.
$$D2 = \frac{v^2}{254 * (f \pm G)}$$

Donde:

V: velocidad inicial, KPH

f: coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento ($f = 0.33$)

G: diferencia algebraica de las pendientes

$$D2 = \frac{60^2}{254 * (0.33 \pm 0.591)} = 54.303$$

Ecuación 53.
$$DVP = D1 + D2$$

$$DVP = 41.7 + 54.303 = 96.003 m$$

Longitud mínima de la curva

Ecuación 54.
$$L = \frac{G * DVP^2}{404.25}$$

$$L = \left| \frac{(-0.591) * (96.003)^2}{404.25} \right| = 13.474 m$$

$L = 13.474 < DVP = 96.003$, se propone una longitud de 150 m.

Cálculo de los estacionamientos

La curva que se diseñará es simétrica, por tanto:

Ecuación 55.
$$EST.PCV = EST.PIV - \frac{L}{2}$$

$$EST.PCV = 0 + 560 - \frac{150}{2} = 0 + 485$$

Ecuación 56.
$$EST.PTV = EST.PIV + \frac{L}{2}$$

$$EST. PTV = 0 + 560 + \frac{150}{2} = 0 + 635$$

Cálculo de las elevaciones

Ecuación 57. $Elv. PCV = Elv. PIV - P1 * \frac{L}{2}$

$$Elv. PCV = 146.239 - \left(-2.037\% * \frac{150}{2} \right) = 148 \text{ m}$$

Ecuación 58. $Elv. PTV = Elv. PIV + P2 * \frac{L}{2}$

$$Elv. PTV = 146.239 + \left(-1.446\% * \frac{150}{2} \right) = 147 \text{ m}$$

Como la tangente de entrada, es igual a la tangente de salida, tienen la misma distancia de 75 m. la curva es simétrica por lo tanto las ordenadas son iguales, se demostrará el cálculo de la Externa.

Ecuación 59. $E = \frac{P2-P1}{200L} * \left(\frac{L}{2} \right)^2$

$$E = \frac{-1.446 - (-2.037)}{200 * 150} * \left(\frac{150}{2} \right)^2 = 0.110 \text{ m}$$

En anexos, se muestran los cálculos de las demás curvas verticales, **ver pág. XXXVII – XXXVIII.**

CAPITULO VI

DISEÑO ESTRUCTURAL



CAPITULO VI. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PASO A DESNIVEL

6.1 Diseño estructural

El diseño estructural se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse.

6.2 Estado Límite

Las súper estructuras deberán ser diseñadas teniendo en cuenta los estados límites que se especificarán, para cumplir con los objetivos de constructibilidad, seguridad y serviciabilidad, así como con la debida consideración en lo que se refiere a inspección, economía y estética.

Para el estado límite de servicio y el estado límite de eventos extremos, los factores de resistencia serán tomados como la siguiente ecuación (todos los estados límite serán considerados de igual importancia).

$$\text{Ecuación 60.} \quad \sum \gamma_i \phi_i \leq \phi R_n = R_r$$

Para el cual:

$$\text{Ecuación 61.} \quad n = n_D n_R n_I > 0.95$$

Dónde:

γ_i = factor de carga

ϕ = factor de resistencia (es un multiplicador obtenido estadísticamente que se aplica a la resistencia nominal de acuerdo al material)

n = factor que relaciona a la ductilidad, redundancia e importancia operativa

n_D = factor que se refiere a la ductilidad.

n_R = factor que se refiere a la redundancia

n_I = factor que se refiere a la importancia operacional

Q_i = efectos de fuerza

R_n = resistencia nominal

R_r = resistencia factorizada: ΦR_n , el factor $\Phi = 1.0$

6.3 Estado Límite de Servicio

El estado límite de servicio se debe considerar como restricciones impuestas a las tensiones, deformaciones y anchos de fisura bajo condiciones de servicio regular. (Load and Resistance Factor Design 2010, Arto 1.3.2.2)

El estado límite de servicio proporciona ciertos requisitos basados en la experiencia que no siempre se pueden derivar exclusivamente a partir de consideraciones estadísticas o de resistencia. (Load and Resistance Factor Design 2010, C1.3.2.2)

6.4 Estado Límite de Fatiga y Fractura:

El estado límite de fatiga se debe considerar como restricciones impuestas al rango de tensiones que se da como resultado de un único camión de diseño ocurriendo el número anticipado de ciclos del rango de tensión. (Load and Resistance Factor Design 2010, Arto 1.3.2.3)

La intención del estado límite de fatiga es limitar el crecimiento de las fisuras bajo cargas repetitivas, a fin de impedir la fractura durante el período de diseño de la estructura. (Load and Resistance Factor Design 2010, C1.3.2.3)

6.5 Estado Límite de Resistencia:

Se debe considerar el estado límite de resistencia para garantizar que se provee resistencia y estabilidad, tanto local como global, para resistir las combinaciones de cargas estadísticamente significativas especificadas que se anticipa que la estructura experimentará durante su período de diseño. (Load and Resistance Factor Design 2010, Arto 1.3.2.4).

- **Estados Límites correspondientes a Eventos Extremos:**

Se debe considerar el estado límite correspondiente a eventos extremos para garantizar la supervivencia estructural de una estructura durante una inundación o sismo significativo, o cuando es embestido por un vehículo. (Load and Resistance Factor Design 2010, Arto 1.3.2.5).

6.6 Cargas y factores de cargas

El Load and Resistance factor Design LRFD Sección 3 de la Norma AASHTO LRFD 2010 especifica requisitos mínimos para cargas y fuerzas, sus límites de aplicación, factores de cargas y combinaciones de cargas usadas para diseñar puentes nuevos. Los requisitos de carga también se pueden aplicar a la evaluación estructural de puentes existentes. Además de las cargas tradicionales, esta sección incluye las solicitaciones provocadas por colisiones, sismos, asentamiento y distorsión de la estructura.

Se deben considerar las siguientes cargas y fuerzas permanentes y transitorias:

(Load and Resistance Factor Design 2010, Arto 3.3.2)

Cargas permanentes: Aquellas que actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente o que varían en un solo sentido hasta alcanzar un valor límite. Se consideran el peso propio, empuje de tierra y cargas muertas.

Cargas transitorias o Cargas variables: Son aquellas para las que se observan variación frecuente y significativa en términos relativos a su valor medio (peso de vehículos y personas). En las cargas vivas de vehículo se considera el número de vías, carga viva del diseño (camión de diseño y sobrecarga distribuida), ubicación de las cargas vivas y fatiga.

Cargas Vivas: Se consideran en base a lo establecido por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2005).

Según la AASHTO hay dos clases principales de camiones: los denominados con la letra H seguida de un número y los designados con las letras HS, seguidas también de caracteres numéricos.

Los camiones de tipo H tienen solo dos ejes y el número que le sigue a la H en la denominación indica el peso total del camión cargado. Los camiones HS son vehículos tipo, con tractor y semirremolque, es decir, tres ejes. El número que sigue a las letras HS es el peso del tractor o par de ejes delanteros. El peso del semirremolque o tercer eje es el 80% del peso del tractor.

Fuerzas centrífugas: Debe calcularse como un porcentaje de la carga viva de diseño. Se ha considerado que estas fuerzas actúan horizontalmente a 6 ft sobre el nivel de la cubierta y perpendicular al eje de la estructura.

Fuerzas longitudinales: Debe suponerse en el 5% de la carga viva orientada en una dirección más las fuerzas resultantes de la fricción en los apoyos de expansión.

Carga de viento: Se consideran como cargas móviles que pueden actuar horizontalmente en cualquier dirección.

Efectos de sismo: Deben considerarse actuando horizontalmente en el centro de gravedad de la estructura, en la dirección en que se producen los esfuerzos máximos en el elemento.

Cargas excepcionales: Son aquellas acciones cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, pero en determinadas condiciones deben ser consideradas (colisiones, explosiones o incendios).

6.7 Súper estructura de un puente

Se le llama superestructura a aquellas construcciones que están sobre el suelo. Se halla en contraposición a las infraestructuras, que se encuentran por debajo de los suelos. (Definista, 2017)

En la presente investigación se hará referencia al nombre: paso a desnivel.

6.8 Paso a desnivel

Es el conjunto donde se presenta el cruce de dos o más vías terrestres en diferentes niveles, en las que se puede transitar simultáneamente sin que se mezclen las corrientes de tránsito. Están en función a los volúmenes de tránsito, para el desarrollo de todos los movimientos posibles, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Como parte de la solución al congestionamiento vehicular que se presenta en el tramo en estudio, el paso a desnivel propuesto es funcional de manera ingenieril y aumentará la capacidad de intersecciones y avenidas importantes, mejorando así las condiciones de seguridad de los usuarios; de igual forma, los trayectos se recorrerán en menos tiempos.

Los pasos a desnivel se clasifican en tres tipos:

Pasos a desnivel superiores: Es el paso a desnivel en el que la vialidad pasa por arriba de otra vía de comunicación terrestre. (Hinojosa Campos, 2016)

Pasos a desnivel inferiores: La viabilidad pasa por debajo de otra vía de comunicación terrestre. (Hinojosa Campos, 2016)

Pasos a desnivel mixtos: Es aquel en que se combinan ambos tipos, superior e inferior, dando la oportunidad de que se transite en tres o más vías, de acuerdo al número de niveles. (Hinojosa Campos, 2016)

La superestructura de un paso a desnivel está formada por los siguientes elementos:

- **Elementos principales**

Es el elemento que transmite las cargas vivas (tránsito), y muertas (peso propio de la superestructura) a los apoyos extremos e intermedios de la subestructura (estribos y pilas), (ver imagen 1 en anexos). Los elementos principales de la superestructura son de acuerdo al tipo de estructura:

Losa: Plancha de concreto reforzado o pre esforzado, madera o metal, y sirve de tablero al mismo tiempo.

Vigas: Se utilizan vigas paralelas a la carretera, que soportan esfuerzos de componente vertical y transmiten las cargas recibidas a las columnas y estribos del puente.

Estructuras metálicas: El acero es un material que soporta muy bien los esfuerzos de flexión, compresión y tracción, esta propiedad se emplea en la construcción de puentes metálicos en arcos o de vigas de acero.

- **Elementos secundarios**

Son elementos complementarios de la superestructura siendo necesarios para la estabilidad de la estructura y posibilitan el tránsito por el puente.

Tablero: Es el tablero o losa del puente que soporta directamente el tráfico de vehículos o peatones. Cuando es de madera se le llama tablero y cuando es de concreto y metal se le llama losa.

Diafragmas transversales: Son considerados como elementos simplemente apoyados, que sirven como rigidizadores entre vigas y que a su vez transmiten fuerzas a las vigas longitudinales a través del cortante vertical, el cual es transmitido por el apoyo directo de la losa sobre la viga.

Arriostramiento: Mantiene los elementos estructurales en posición correcta, se usan generalmente en las estructuras metálicas y según su ubicación en la estructura puede clasificarse como: arriostramiento del portal, transversal, lateral superior y lateral superior.

Barandas: Elementos de seguridad que se encuentran en los costados del puente, su función es la de canalizar el tránsito y eventualmente evitan la caída de vehículos y personas.

Calzadas: Proporciona el piso para el tránsito de los vehículos y se coloca sobre la cara superior de la losa estructural.

6.9 Subestructura de un paso a desnivel

Es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de cimentación, y está constituida por: estribos, pilas, tablero, apoyo, vano y tajamar (ver imagen 2 en anexos).

Estribos: Situados en los extremos del puente sostienen los terraplenes que conducen al puente. A diferencia de las pilas los estribos reciben además de la superestructura el empuje de las tierras de los terraplenes de acceso al puente, en consecuencia, trabajan también como muros de contención. Los estribos están compuestos por un muro frontal que soporta el tablero y muros en vuelta o muros-aletas que sirven para la contención del terreno.

Pilas: Son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. Deben soportar la carga permanentemente y sobrecargas sin asientos, ser insensibles a la acción de los agentes naturales (viento, riadas, etc.).

Vigas longitudinales y transversales: Son los elementos que permiten salvar el vano, pudiendo tener una gran variedad de formas como con las vigas rectas, arcos, pórticos, reticulares, etc.

Apoyo: Son los elementos a través de los cuales el tablero transmite las acciones que les solicitan a las pilas y/o estribos. El más común de los apoyos es el neopreno zunchado, está constituido por un caucho sintético que lleva intercaladas unas chapas de acero completamente recubiertas por el material elastómero. Tienen impedido el movimiento vertical.

Cuerpo de bastiones: Parte de la subestructura que sirve de apoyo al extremo de todo un tramo en un puente.

Vano: Cada uno de los espacios de un puente u otra estructura, comprendida entre dos apoyos consecutivos. La distancia entre dos puntos de apoyo consecutivos de los elementos portantes principales es la luz del vano; no hay que confundirla con la luz libre que es la distancia entre los paramentos de los apoyos, ni con la longitud del puente.

Tajamar: Elemento extremo de la pila de un puente que adopta una forma de sección redondeada, almendrada o triangular para conducir suavemente la corriente de agua hacia los vanos para que disminuya el empuje sobre la obra y se facilite el desagüe paramentos de los apoyos, ni con la longitud del puente.

Infraestructura

Lleva las cargas al suelo de cimentación y pueden estar constituidas de pedestales, mamposterías o de concretos, pilotes, cilindros de fricción, etc. (Manual de diseño de puente, 2003, p. 7)

Muros de contención

Los muros de contención son estructuras que proporcionan estabilidad al terreno natural u otro material cuando se modifica su talud natural. Se utiliza como soporte de rellenos, productos mineros y agua.

Los tipos de muros de contención son:

- Gravedad, utiliza su propio peso para estabilidad.
- Cantilever, de concreto reforzado, utiliza la acción de cantilever, para retener el suelo.
- Contrafuerte, similar a cantilever, pero cuando el muro es alto o existen altas presiones de tierra. El contrafuerte está sujeto a tensión.
- Apoyado, similar a contrafuerte, con apoyo en la parte delantera, trabaja a compresión.
- Entramado, constituido por elementos prefabricados de concreto, metal o madera
- Semigravedad, muros intermedios entre gravedad y cantiléver.

Los estribos de puentes son muros de contención con alas de extensión para sostener el relleno y proteger la erosión. Los muros de contención deben ser diseñados para resistir el volteo, deslizamiento y ser adecuados estructuralmente.

6.10 Puentes de concreto

Un puente es un tipo de construcción que sirve para conectar diferentes espacios a los que de otra manera no se podría acceder.

Actualmente los puentes se clasifican en cinco tipos y los demás son derivaciones:

Puentes en vigas (sección tipo I, sección en cajón, o sección en cajón variable):

estos puentes transmiten la carga a los apoyos ejerciendo acciones verticales normalmente descendentes. A partir de este principio, los progresos en la técnica de los materiales y su conocimiento han ido dando lugar a otras formas más complejas pero que responden a una misma idea como son los tramos en voladizos sucesivos (viga cajón de sección variable), los puentes en viga cajón o dovelas prefabricadas, los puentes levadizos y los puentes basculantes.

Puentes en arco: en este tipo de puentes trabaja a compresión la mayor parte de la estructura. Su característica más importante es el empuje horizontal que transmite sobre los apoyos. El arco es el elemento que sustenta el tablero y se pueden construir con el tablero en posición inferior, en posición superior o en posición intermedia respecto a la ubicación de este, pero siempre se ha de disponer de estribos capaces de absorber los empujes creados por dichos arcos.

Puentes colgantes: son sostenidos por un arco invertido formado por numerosos cables de acero. De él se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales llamados pendolones. Los cables que constituyen el arco invertido deben estar anclados en cada extremo del puente, en sus cámaras de anclaje, ya que son los encargados de transmitir una parte importante de la carga que tiene que soportar la estructura. Las fuerzas principales en un puente colgante son de tensión en los cables principales y de compresión en los pilares o columnas.

Puentes flotantes: se apoyan sobre flotadores y por ello no tienen el arraigo en la tierra que toda estructura fija debe tener. Los flotadores deben ser de un tamaño tal que se pueda reducir su movilidad y se pueda conseguir que su movimiento sea incluso menor

que el de algunos puentes fijos. Pero esto no elimina el movimiento que pueda tener el agua, produciendo siempre un movimiento relativo entre el puente y la conexión a los apoyos fijos en tierra.

Puentes atirantados: es aquel cuyo tablero está suspendido mediante cables de acero de uno o varios pilones centrales. En estos puentes, el pilón central es esbelto y su altura puede oscilar entre el 20% y el 25% de la luz principal; generalmente, se utilizan para salvar grandes luces.

Un puente atirantado se diferencia del colgante porque en este tipo de puente los cables principales se disponen de pila a pila, sosteniendo el tablero mediante cables secundarios verticales y porque los puentes colgantes trabajan principalmente a tracción. Los atirantados tienen partes trabajando a tracción y otras a compresión. Cuando el pilón es de menor altura, aproximadamente entre el 7%-13% de la luz y los tirantes tienen una menor inclinación se llaman puentes extradados. Un puente extradado es un híbrido resultante de los puentes por dovelas sucesivas y los atirantados. Además, su luz óptima este alrededor de los 150 m.

Pasos inferiores

Un Paso Inferior es una solución prefabricada que se utiliza habitualmente como vía de paso transversal bajo carreteras, autovías-autopistas y líneas férreas, con especial utilidad en la supresión de pasos a nivel. Normalmente, son los pasos de carreteras que cruzan bajo la vía principal, y la cota de tierras es insignificante o no existe.

6.11 Análisis de cargas en la superestructura

De acuerdo a la norma (AASHTO) los puentes soportan distintos tipos de cargas durante su vida de servicio. Tales cargas pueden ser divididas en dos grandes categorías: Cargas permanentes y cargas transitorias o sobre cargas vivas.

Las cargas permanentes permanecen en el puente por un periodo extendido, usualmente por toda su vida de servicio. Tales cargas incluidas la de peso propio de las vigas y las

losas, superficie de desgaste, bordillos, parapetos y barandas, utilidades, luminarias y presiones de tierra y contención. Entre las cargas permanentes tenemos las siguientes:

- DC= Peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales.
- DW= Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.
- EV= Presión vertical del peso propio del suelo de relleno.
- Cargas de suelo: EH, ES y DD Las cargas correspondientes al empuje del suelo, sobrecarga del suelo y fricción negativa deberán ser como se especifica en el A2010 Artículo 3.11.

Las cargas transitorias o sobrecargas vivas, como su nombre implican, cambia con el tiempo y pueden ser aplicadas de varias direcciones y/o ubicaciones. Típicamente, tales cargas son altamente variables. Entre las sobre cargas vivas tenemos:

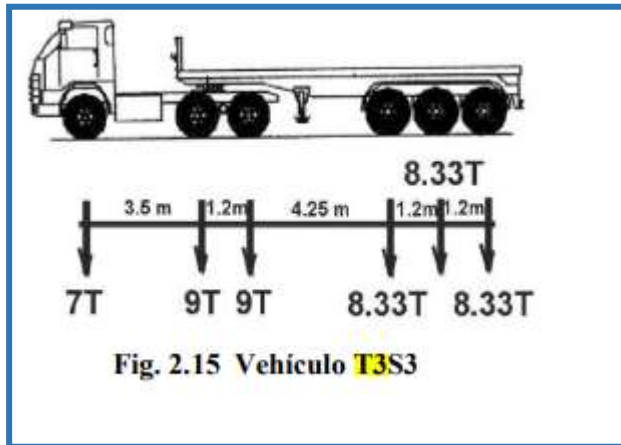
- LL= sobrecarga vehicular: Camión de diseño, tándem de diseño, carril de diseño.
- PL= sobrecarga peatonal (**AASHTO LRFD**). La carga peatonal consiste en una carga de 0.0036 (MPa) que se aplica a todos los pasillos de más de 600(mm), y que se considera simultáneamente con la carga vehicular. Los puentes utilizados solamente para tránsito peatonal y/o de bicicletas serán diseñados para una carga viva de 0.0041 (MPa).
- Cargas laterales: cargas por agua y cargas sísmicas.

6.11.1 Cargas de diseño

Carga T3-S3

Los pesos y las separaciones entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán como se especifica en la figura 18. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica como se especifica en el A2010 Artículo 3.6.2.

Figura N°26. Características del Camión de diseño T3-S3



Fuente: AASHTO LRFD 2020

La distancia entre los dos ejes más pesados se toma como aquella que, estando entre los límites de 4.27m y 9.14m., resulta en los mayores efectos.

Tándem de Diseño:

El tándem de diseño consistirá es un T3S3 que se describe los pesos en cada uno de sus ejes (toneladas) en la figura N°18.

6.11.2 Carga del carril de Diseño:

Carga para el voladizo de la losa

Para el diseño de vuelos de tablero con voladizo, si la distancia entre el eje de la viga exterior y la cara de una baranda de hormigón estructuralmente continua es menor o igual que 6 ft, la fila exterior de cargas de rueda se puede reemplazar por una carga lineal uniformemente distribuida de 1 k/ft ubicada a 1 ft de la cara de la baranda.

Las cargas horizontales que actúan sobre el vuelo cuando un vehículo colisiona contra las barreras deberán satisfacer los requisitos del A2010 Sección 13. (A2010 Arto. 3.6.1.3.4)

Cargas Peatonales: PL

Se deberá aplicar una carga peatonal de 0.075 ksf en todas las aceras de más de 2 ft de ancho, y esta carga se deberá considerar simultáneamente con la sobrecarga vehicular de diseño.

Los puentes exclusivamente para tráfico peatonal y/o ciclista se deberán diseñar de acuerdo con Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges. (LRFD Arto. 3.6.1.6)

Carga de Fatiga

Para el chequeo por fatiga se utiliza un camión similar al camión de diseño, pero con los ejes posteriores separados 9.14m (Art. 3.6.1.4).

Cargas sobre las Barandas:

Las cargas en barandas deben ser tomadas como se especifica en el AASHTO 2020 (9ª Edition) (SERQUEN, pág. 109).

Incremento por Carga Dinámica: IM

Los efectos estáticos del camión o tándem de diseño, a excepción de las fuerzas centrífugas y de frenado, se deberán mayorar en los siguientes porcentajes:

Tabla N°56. AASHTO - Factor de incremento por carga dinámica IM

Componente	IM
Juntas del tablero – Todos los Estados Límites	75%
Todos los demás componentes	
Estado Límite de fatiga y fractura	15%
Todos los demás Estados Límites	33%

Fuente: (PUENTES CON AASHTO LRFD 2020 (9TH EDITION))

Nota. No se aplica a cargas peatonales ni a cargas de carril de diseño. Tampoco en muros de sostenimiento no solicitados por reacciones verticales de la superestructura ni en componentes de fundaciones que estén completamente por debajo del nivel del terreno. (Art. 3.6.2).

El factor a aplicar a la carga estática se deberá tomar como: $1 + \frac{IM}{100}$

No es necesario aplicar el incremento por carga dinámica a:

- Muros de sostenimiento no solicitado por reacciones verticales de la superestructura, y
- Componentes de las fundaciones que están completamente por debajo del nivel del terreno.

Los efectos dinámicos provocados por los vehículos en movimiento se pueden atribuir a dos orígenes: (A2010 C3.6.2.1)

- El efecto de martilleo, y
- La respuesta dinámica del puente en su totalidad frente a los vehículos que lo atraviesan.

Fuerza de frenado: BR

Se toma como el mayor valor de:

- 25 por ciento de los pesos por eje del camión o tándem de diseño
- 5 por ciento del camión o tándem de diseño más la carga de carril

La fuerza de frenado se debe ubicar en todos los carriles de diseño que se consideren cargados y que transporten tráfico en la misma dirección. Se emplean los factores de presencia múltiple. No se aplica el incremento por carga dinámica (IM). Se asumirá que estas fuerzas actúan horizontalmente a una distancia de 1.80 m sobre la superficie de la calzada.

En base a los principios de la energía, y suponiendo una desaceleración uniforme, la fuerza de frenado determinada como una fracción del peso del vehículo es igual a: (A2010 C3.6.4)

$$b = \frac{v^2}{2ga}$$

Donde: a: es la longitud de desaceleración uniforme,

V: es la velocidad de diseño de la carretera y

b: es la fracción del peso del vehículo

Fuerza de Colisión de un Vehículo: CT

Colisión de Vehículos contra las Barreras:

En la colisión de vehículos contra las barreras se aplicarán los requisitos del A2010 Sección 13. (A2010 Arto. 3.6.5.3)

Empuje del Suelo: EH, ES y LS

El empuje del suelo se deberá considerar función de los siguientes factores: (A2010 Arto. 3.11.1)

- Tipo y densidad del suelo
- Contenido de agua
- Grado de compactación
- Ubicación del nivel freático
- Interacción suelo-estructura
- Cantidad de sobrecarga
- Efectos sísmicos Pendiente del relleno

Efectos sísmicos: EQ

Nicaragua es un país en el cuál sus diferentes regiones se ven afectadas por las amenazas derivadas de distintas manifestaciones de la naturaleza, Indiscutiblemente las más importantes son la volcánica y la sísmica, pero las hidro-meteorológicas, como los huracanes y las inundaciones han tenido gran relevancia en la historia de nuestro país. El puente a diseñar en este documento está ubicado en zona de alta sismicidad será diseñado y construido para resistir la carga sísmica.

Para el cálculo del coeficiente sísmico y la aceleración máxima del terreno de los puentes a diseñar, se hará uso del Reglamento Nacional de Construcción (RNC – 07) y

de los Coeficientes de empuje aprobados por el MTI - Departamento de puentes. (Ver disco adjunto)

6.12 Metodología para el Diseño de Puente

Con el objetivo de diseñar la propuesta de paso a desnivel desde los semáforos de la Fuente hacia la rotonda Jean Paul Genie, se utilizará la Norma LRFD 2010 y 2020 (9ª edición). El diseño consta de una estructura de claro simple y conllevará a los siguientes elementos a diseñar:

- **Diseño de superestructura:** constituida en términos generales por las vigas del puente, diafragma, tableros, pasamanos, capa de rodadura o durmientes.
- **Diseño de Infraestructura:** Todo el conjunto de pilas (columnas), estribos (muros de contención en los costados) que soportan la superestructura

6.12.1 Diseño de superestructura:

Diseño de tablero

Se inicia con el diseño de la superestructura del puente de claro sencillo, el cual poseerá las siguientes características:

El paso a desnivel constará de losa de concreto reforzado, vigas seccionadas de concreto prefabricadas, pilas prefabricadas, estribos de mampostería y barandal de acero, sin andén peatonal. Tiene un ancho de rodamiento de 45.28 ft (13.80m) para cuatro carriles y una longitud de 9,842,520 ft, (3000m).

6.12.1 Cargas de diseño de losa de concreto reforzado

Para el diseño de la losa del paso a desnivel se tomarán criterios en base a la siguiente propuesta: puente con vigas simplemente apoyadas de 50.00 m de longitud de conexión (segmentadas) de dos vías en ambas direcciones utilizando un $f'_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ y $f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. El vehículo de diseño es el T3-S3.

Se propone la siguiente sección transversal constituida por una losa apoyada sobre cuatro vigas, distancia entre ejes de vigas $S' = 3.00\text{m}$, voladizos de aproximadamente $0.3S' = 0.84\text{m}$ y barandas de acero con perfil New Jersey con un área en su sección transversal $= 2028.75\text{cm}^2$ (C.G a 0.13 de la cara vertical).

Pre dimensionamiento de losa de concreto reforzado

Ancho de viga

Siendo:

$S' =$ espaciamiento entre ejes de vigas $= 3.0\text{m}$

$L =$ Luz del puente $= 50\text{m}$

Espesor de losa

- En tableros de concreto apoyados en elementos longitudinales:
- $t_{\text{mín}} = 0.175\text{m}$ (Art. 9.7.1.1)
- En voladizos de concreto que soportan parapetos o barreras de concreto, el espesor mínimo de losa es: $t_{\text{mín}} = 0.20\text{m}$ (Art. 13.7.3.1.2). **Condición seleccionada.**

Teniendo en cuenta las disposiciones sobre el espesor de la losa uniformizamos con **$t = 0.20\text{m}$**

Momentos de flexión por cargas

Carga muerta DC:

Peso propio de losa:

$$w_{\text{losa}} = 0.20\text{m} \times 1.0\text{m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Para el peso de la baranda se tomó el siguiente criterio de fuerza vertical dado por:

Tabla N°57. Fuerzas de diseño para las barreras para tráfico vehicular

Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de Ensayo para las Barandas					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (N)	60.000	120.000	240.000	240.000	550.000	780.000
Longitudinal F_L (N)	20.000	40.000	80.000	80.000	183.000	260.000
Vertical descendente F_v (N)	20.000	20.000	20.000	80.000	355.000	355.000
L_t y L_L (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_v (mm)	5500	5500	5500	5500	12.200	12.200
H_e (mín.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Mínima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

Fuente: Puentes con AASHTO LRF 2020 (9th Edition).

Tomado el criterio TL-4 Nivel de Ensayo 4, la cual es usada para la mayoría de aplicaciones de carreteras principales de alta velocidad donde la presencia de vehículos pesados es muy variable y las condiciones del emplazamiento son favorables. (SERQUEN, pág. 21)

$$P_{baranda} = 80 * 0.101972 = 8.16Kg/1m = 8.16Kg/m$$

(aplicado en $x = 0.13m$)

$$MDc = \frac{W_{losa+barera} * l^2}{8} = \frac{(480+8.16) \frac{kg}{m} * 50^2}{8} = 151925kg - m = \mathbf{151.93T - m}$$

Carga por superficie de rodadura (DW):

Tabla N°58. Pesos unitarios de materiales

Tabla 3.5.1-1, AASHTO - Pesos unitarios de materiales (resumen)

Material	Peso Unitario(kg/m³)
Acero	7850
Agua fresca	1000
salada	1020
Albañilería de piedra	2700
Aleaciones de aluminio	2800
Arcilla blanda	1600
Arena, limo o grava no compactados	1600
Arena, limo, o arcilla compactados	1900
Concreto simple	
Liviano	1760
De arena liviana	1920
Peso Normal con $f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	2320
Peso Normal con $350 < f'c \leq 1050 \text{ kg/cm}^2$	$2240 + 0.23f'c$
Concreto Armado (C3.5.1 AASHTO)	Peso Concreto Simple+ 80 kg/m³
Grava, Macadam o balasto compactados	2240
Hierro fundido	7200
Madera dura	960
Blanda	800
Relleno de ceniza	960
Superficies de rodamiento bituminosas	2240
Material	Peso por unidad de longitud (kg/m)
Rieles de tránsito, durmientes y fijadores de vía	300

Fuente: Puentes con AASHTO LRFD 2020 (9th.Edition)

$$w_{\text{concreto de carpeta de rodamiento}} = 0.05\text{m} \times 1.0\text{m} \times \frac{2400\text{kg}}{\text{m}^3} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$MDw = \frac{W_{\text{concretocr}} * l^2}{8} = \frac{0.12 * (50)^2}{8} = 37.50T - m$$

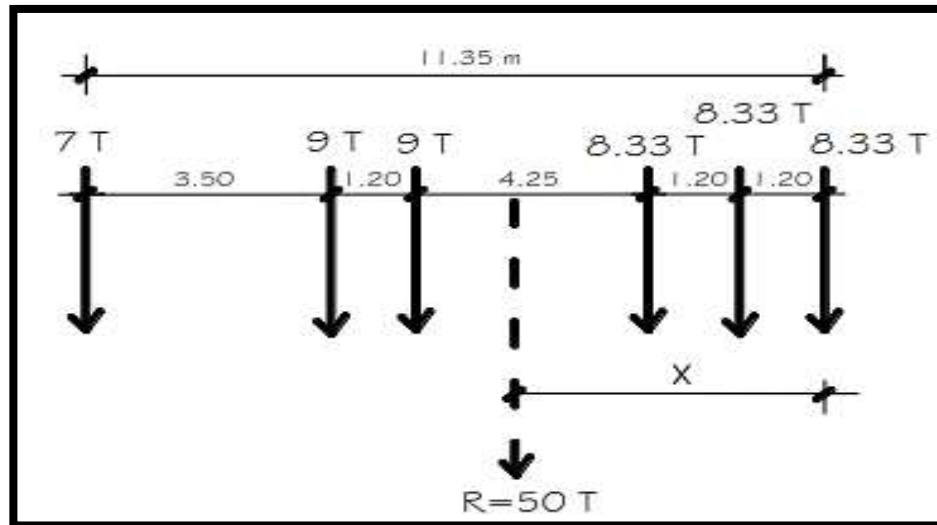
Carga Viva y efecto de Carga Dinámica (LL):

Momento por sobrecarga

Vehículo T3S3

- Determinamos la ubicación de la resultante del tren de cargas suponiendo que los 6 ejes se encuentran sobre el puente:

Figura N°27. Figura: Cargas de vehículo de diseño T3S3

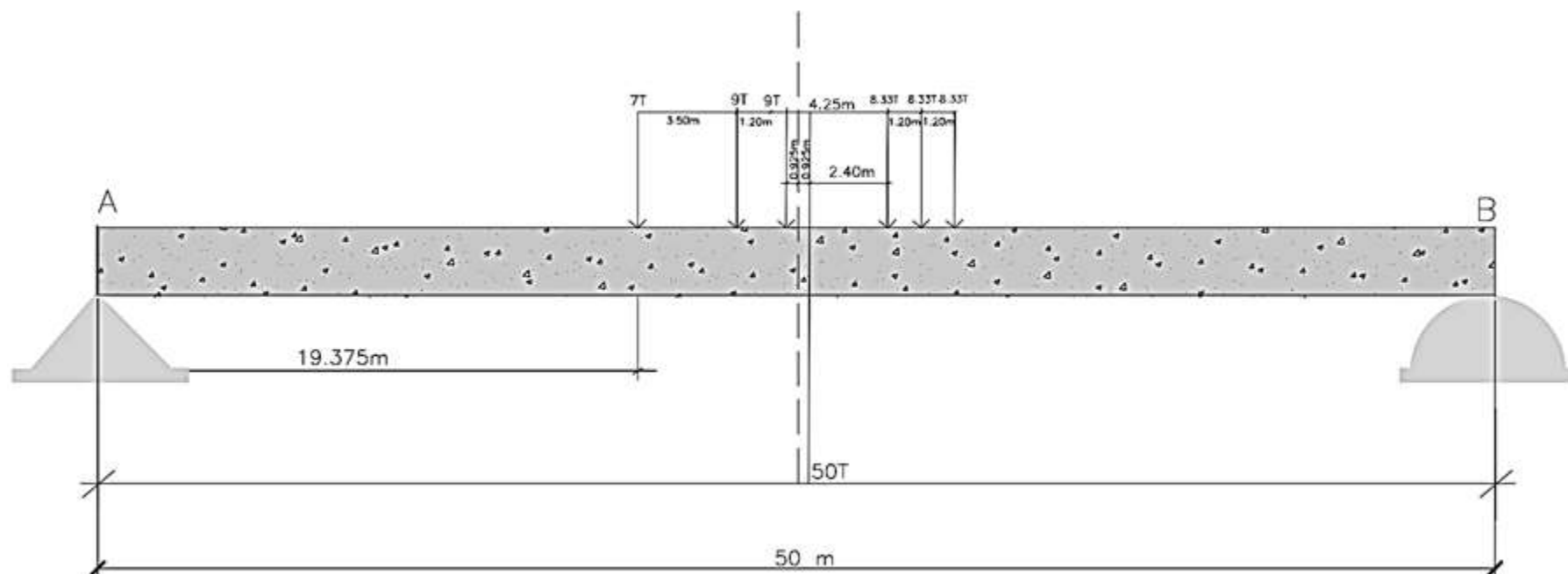


Fuente: Puentes con AASHTO LRFD 2020(9ª. Edición)

$$R = 50T$$

Para localizar el punto de momento máximo, bisecamos la distancia que hay entre la resultante y el eje más cercano a ella, por el eje central de la viga:

Figura N°28. Viga de paso a desnivel propuesta simplemente apoyada con cargas del vehículo de diseño T3S3



Fuente: Elaboración propia

El momento por sobrecarga máximo será:

Cálculo de reacción en el segmento donde ocurre el momento máximo

$$-R_{AY} * 50 + 7 * 30.625 + 9 * 27.125 + 9 * 25.925 + 8.33 * 21.625 + 8.33 * 20.475 + 8.33 * 19.275 = 0$$

$$R_{AY} = \frac{214.38+244.13+233.33+180.14+170.56+160.56}{50} = 24.06T$$

$$M_{m\acute{a}ximo} = 24.06T(24.075m) - 7T(4.70m) - 9T(1.2m) = 535.54 T - m$$

Siendo la luz del puente $L=50m > 4.6m$, el ancho de faja E para carga viva no es aplicable (Art. 4.6.2.1.2). El momento se distribuye en un ancho de faja para carga viva E:

Caso de 2 o más vías cargadas

$$E = 2.1 + 0.12\sqrt{LiWi} \leq \frac{w}{N_L}$$

siendo:

$$L_i = \text{luz real} \geq 18m = 50m$$

$$W_i = \text{ancho real} \leq 18m \text{ (2 ó más vías)} = 13.8m$$

$$W_i = \text{ancho real} \geq 9m \text{ (para 2 vía)} = 13.8m$$

$$W = \text{ancho total} = 13.8m$$

NL= número de vías; en general la parte entera de la relación $w/3.6$, siendo w el ancho libre de la calzada (Art. 3.6.1.1.1) = $7.6/3.6 = 2$

$$E = 2.1 + 0.12\sqrt{50 * 13.8} \leq \frac{W}{N_L} = \frac{13.8}{2}$$

$$E = 6.62m \leq 6.9 \text{ Se considera.}$$

Caso de una vía cargada: (incluye el factor de presencia múltiple, C4.6.2.3):

$$E = 0.25 + 0.42\sqrt{LiWi}$$

$$E = 0.25 + 0.42\sqrt{50 * 13.8}$$

$$E = 11.28m$$

$$M_{LL+IM} = \frac{535.54t-m}{6.62} = 80.90T - m/m$$

Tabla N°59. Resumen de momentos flectores y criterios LRFD aplicables

Carga	M (+) T-m	y		
		Resistencia I	Servicio I	Fatiga I
DC	157.93	1.25	1.0	0
DW	37.50	1.50	1.0	0
LL+IM	80.90	1.75	1.0	1.5

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Resistencia I: } U = n[1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM)]$$

$$\text{Servicio I: } U = n[1.0DC + 1.0DW + 1.0(LL + IM)]$$

$$\text{Fatiga I: } U = n[1.75(LL + IM)]$$

Cálculo de acero

Para el estado límite de resistencia I, con $n = nDnRnI = 1$:

$$Mu = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.75 M(LL + IM)]$$

$$Mu = 1.25(157.93) + 1.50(37.50) + 1.75(80.90) = 395.24 T - m$$

As principal paralelo al tráfico

Utilizando As $\emptyset = 1"$ y recubrimiento $r = 2.5cm$

$$z = 2.5 + \frac{2.54}{2} = 3.77cm \approx 0.0377m$$

$$d = 20 cm - 3.77cm = 16.23cm$$

$$As = \frac{Mu}{\emptyset f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{395.24 * 10^3}{0.90 * 4200 \left(16.23 - \frac{a}{2}\right)} = 396.86cm^2$$

Ecuación cuadrática resultante para encontrar As

$$-\frac{15876000}{47600} As^2 + 61349.40As - 395.24 * 10^3 = 0$$

$$As_1 = 177.25cm^2 a utilizar$$

$$As_2 = 6.69cm^2$$

$$a = \frac{Asfy}{0.85f_{cb}} = \frac{177.25 \times 4200}{0.85 \times 280 \times 100} = 31.28 \text{ cm}$$

Separación s:

$$s = \frac{Ast}{As} = \frac{5.10}{31.28} = 0.16$$

Utilizando 1 $\emptyset = 1$ " a cada 0.16m

$$\text{Ahora, como } c = \frac{a}{\beta_i} = \frac{31.28}{0.85} = 38.15 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 0.65 + 0.15 \left(\frac{d_t}{c} - 1 \right) \leq 0.9$$

$$\emptyset = 0.65 + 0.15 \left(\frac{16.23 \text{ cm}}{38.15} - 1 \right) = 0.56 < 0.9 \text{ Ok!}$$

Luego, $\emptyset = 0.56$ como lo supuesto

As máximo

Las actuales disposiciones AASHTO LRFD eliminan este límite.

As mínimo

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor valor de M_{Cr} y $1.33M_u$:

$$M_{Cr} = 1.1f_r S = 1.1 \left(\frac{33.63 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \right) (6,666.67) = 246620.12 \text{ kg} - m = 246.62 \text{ T} - m$$

Siendo:

$$f_r = \frac{2.11\sqrt{f'c} \text{ kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2.11\sqrt{280} \text{ kg}}{\text{cm}^2} = 33.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{100(20)^2}{6} = 6,666.67 \text{ cm}^3$$

$$1.33M_u = 1.33(395.24 \text{ T} - m) = \mathbf{525.67 \text{ T} - m}$$

El menor valor es 246.62T-m y la cantidad de acero calculada (177.25 cm^2) resiste $M_u = 395.24 \text{ T-m} > 246.12 \text{ T-m}$.

As de distribución

$$\% = \frac{55}{\sqrt{S}} = \leq 50\% \text{ (Art. 9.7.3.2)}$$

$$\% = \frac{55}{\sqrt{50}} = 7.78\%$$

$$A_{s_{repart}} = 0.0778(177.25\text{cm}^2) = 13.56\text{cm}^2$$

$$\text{Utilizando varillas de } \phi = 6/8", \text{ la separaci3n ser3: } s = \frac{2.84}{13.56} = 0.21\text{m}$$

$$A_{s_{temp}} = \frac{0.18bh}{2(b+h)}\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{temp}} = \frac{0.18 \cdot 1380 \cdot 20}{2(1380 + 20)} = 1.77\text{cm}^2/\text{m total en cada direcci3n por cara.}$$

$$\begin{aligned} \text{No cumple con este criterio de dise\~no LRFD (5.10.6.2): } 2.33\text{cm}^2/\text{m} &\leq A_{s_{temp}} \\ &\leq 12.70\text{cm}^2/\text{m} \therefore \text{se utilizar3 } 2.33\text{cm}^2 \end{aligned}$$

Por tal raz3n, se utilizar3 para acero de temperatura 1 varilla de $\phi = 6/8"$ @ 0.21m, la cual cumple con el 3rea de 2.33cm^2 .

Nota: El acero de temperatura se colocar3, por no contar con ning3n tipo de acero, en la parte superior de la losa, en ambos sentidos, y en las partes laterales.

6.12.2 Revisi3n de fisuraci3n por distribuci3n de armadura

Para el acero principal positivo (direcci3n paralela al tr3fico):

Momento actuante

Usando la secci3n agrietada y una franja de 0.16m de ancho, para el dise\~no por estado l3mite de Servicio I, siendo c

$$M_s = n(1.0M_{DC} + 1.0M_{DW} + 1.0M_{LL+IM})$$

$$M_s = 1.0(157.93) + 1.0(37.50) + 1.0(80.90) = 276.33T - \frac{m}{m}$$

Para un ancho tributario de 0.16m

$$M_s = (276.33)(0.16) = 44.21T - \frac{m}{m}$$

Ubicaci3n del eje neutro

$$E_s = 2.04 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E_c = 15300 \sqrt{f'c} = 15300(280) = 2560.18 \frac{kg}{cm^2}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}}{2560.18 \frac{kg}{cm^2}} = 8$$

$$d_c = recub + \frac{\emptyset}{2}$$

$$d_c = 2.5 + \frac{2.54}{2} = 3.77 cm$$

Área de acero transformada:

$$A_{st} = \text{relación modular} \times \text{area de acero} = 8(5.10) = 40.8 cm^2$$

Momentos respecto al eje neutro para determinar y:

$$1.6y \left(\frac{y}{2} \right) = 40.8(16.23 - y)$$

$$y = 12.94 cm$$

Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio

El brazo jd entre las cargas es:

$$jd = d - \frac{y}{3} = 16.23 - \frac{12.94}{3} = 11.92 cm$$

Luego el esfuerzo del acero es:

$$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd)A_s} = \frac{44.21 \times 10^3}{(11.92)(5.10)} = 727.23 \frac{kg}{cm^2} \leq 0.6F_y = 2520 \frac{kg}{cm^2} \text{ Ok!}$$

Separación máxima de la armadura

$$S_{max} = \frac{125000Y_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_{cs} =$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)} = 1 + \frac{3.77}{0.7(20-3.77)} = 1.33$$

Siendo acero de fondo, con $y_e = 1.00$ (Condición de exposición Clase I):

$$S_{max} = \frac{125000(1.00)}{1.33(727.23)} - 2(3.77)121.70cm > 16cm \text{ OK!}$$

Diseño de franja de borde

Según el Art. 4.6.2.1.4b, el ancho efectivo E_{borde} en bordes longitudinales se toma como la sumatoria de la distancia entre el borde del tablero y la cara interna de la baranda, mas 0.30m, más un cuarto del ancho de faja E ya especificado. Eborde no deberá ser mayor que E/2, ni 1.80m.

Con E=6.62m

$$E_{borde} = 0.40m + 0.30m + \frac{6.62}{4} \leq \left(\frac{6.62}{2}\right) \text{ ó } 1.80m$$

$$E_{borde} = 2.36m > 1.80m \therefore \text{Se considerará } 1.80m$$

Momentos de flexión por cargas (franjas de 1.0m de ancho)

Carga muerta (DC):

$$W_{losa} = 0.20 \times 1.0 \times 2.4 \frac{T}{m^3} = 0.48 \frac{T}{m}$$

El peso de la baranda se asume distribuido en E_{borde}

$$W_{barrera} = \frac{0.0082T}{2.36m} = 0.21 \frac{T}{m}$$

$$W_{DC} = 0.48 \frac{T}{m} + 0.0035 \frac{T}{m} = 0.48 \frac{T}{m}$$

$$M_{DC} = \frac{W_{DC}L^2}{8} = \frac{0.48 \frac{T}{m} (50)^2}{8} = 150T - m$$

Carga por superficie de rodadura DW:

$$W_{concreto2} = (120kg/m(2.36 - 0.40m)) / 2.36m = 99.66kg/m$$

$$M_{DW} = \frac{W_{concreto2} \cdot l^2}{8} = \frac{0.099 \cdot 50^2}{8} = 30.94T - m$$

Carga viva LL.

Para una línea de ruedas de tándem (crítico) y una porción tributaria de la carga de vía de 3.00m de ancho, de la Tabla A2.1, APÉNDICE A2.2 con la consideración de carga dinámica (33%) en estado límite de Resistencia I:

Calculando la reaccionan máxima por sobrecarga:

$$R_{Amáx} = \frac{8.33*50+8.33*48.80+8.33*47.60+9*43.35+9.42.15+7*38.65}{50}$$

$$R_{Amáx} = 45.19T - m$$

$$M_{LL+IM} = \frac{45.19*1.33}{2.36m} + 80.90$$

$$M_{LL+IM} = 106.37T - m$$

Tabla N°60. Resumen de momentos flectores y criterios LRFD aplicables

Carga	M (+) T-m	y		
		Resistencia I	Servicio I	Fatiga I
DC	150	1.25	1.0	0
DW	30.94	1.50	1.0	0
LL+IM	106.37	1.75	1.0	1.5

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Resistencia I: } U = n[1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM)]$$

$$\text{Servicio I: } U = n[1.0DC + 1.0DW + 1.0(LL + IM)]$$

$$\text{Fatiga I: } U = n[1.75(LL + IM)]$$

Cálculo del acero

Para el estado límite de Resistencia I, con $n = n_D n_R n_I = 1$:

$$Mu = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.75 M(LL + IM)]$$

$$Mu = 1.25(150) + 1.50(30.94) + 1.75(106.37) = 420.06T - m$$

Utilizando As $\emptyset = 1"$ y recubrimiento r= 2.5cm

$$z = 2.5 + \frac{2.54}{2} = 3.77m \approx 0.0377m$$

$$d = 20cm - 3.77cm = 16.23cm$$

$$As = \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{420.06 * 10^5}{0.90 * 4200 \left(16.23 - \frac{a}{2}\right)} = 176.82cm^2$$

Ecuación cuadrática resultante para encontrar As

$$-\frac{15876000}{47600} As^2 + 61349.40As - 420 * 10^3 = 0$$

$$As_1 = 176.82cm^2 \text{ a utilizar}$$

$$As_2 = 7.12cm^2$$

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f'_{cb}} = \frac{176.82 * 4200}{0.85 * 280 * 100} = 31.20cm$$

Separación s:

$$s = \frac{Ast}{As} = \frac{5.10}{176.82} = 0.03m$$

Utilizando 1 $\emptyset = 1$ " a cada 0.03m

$$\text{Ahora, como } c = \frac{a}{\beta_i} = \frac{31.20}{0.85} = 36.71cm$$

$$\emptyset = 0.65 + 0.15 \left(\frac{d_t}{c} - 1 \right) \leq 0.9$$

$$\emptyset = 0.65 + 0.15 \left(\frac{16.23cm}{36.71} - 1 \right) = 0.57 < 0.9$$

Luego, $\emptyset = 0.57$ como lo supuesto

As máximo

Las actuales disposiciones AASHTO LRFD eliminan este límite.

As mínimo: La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor valor de M_{cr} y $1.33M_u$:

$$M_{Cr} = 1.1f_r S = 1.1 \left(\frac{33.63 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \right) (6666.67) = 246.62 T - m$$

Siendo:

$$f_r = \frac{2.11 \sqrt{f'c} \text{ kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2.11 \sqrt{280} \text{ kg}}{\text{cm}^2} = 33.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{100(20)^2}{6} = 6,666.67 \text{ cm}^3$$

$$1.33M_u = 1.33(420.06 T - m) = 558.68 T - m$$

El menor valor es 246.62 T-m y la cantidad de acero calculada (176.82 cm^2) resiste
 $M_u = 420.06 T - m > 246.62 T - m$ Ok!

As de distribución

$$\% = \frac{55}{\sqrt{S}} = \leq 50\% \text{ (Art. 9.7.3.2)}$$

$$\% = \frac{55}{\sqrt{50}} = 7.78\%$$

$$A_{s_{repart}} = 0.0778(176.82 \text{ cm}^2) = 13.76 \text{ cm}^2$$

$$\text{Utilizando varillas de } \emptyset = 6/8", \text{ la separación será: } s = \frac{2.84}{13.76} = 0.21 m$$

Revisión de fisuración por distribución de armadura

Para el acero principal positivo (dirección paralela al tráfico):

Momento actuante

Usando la sección agrietada y una franja de 0.14m de ancho, para el diseño por estado límite de Servicio I, siendo $n = n_D n_R n_I = 1$:

$$M_s = n(1.0M_{DC} + 1.0M_{DW} + 1.0M_{LL+IM})$$

$$M_s = 1.0(150) + 1.0(30.94) + 1.0(106.37) = 287.31 T - \frac{m}{m}$$

Para un ancho tributario de 0.14m

$$M_s = (287.31)(0.14) = 40.22T - \frac{m}{m}$$

Ubicación del eje neutro

$$E_s = 2.04 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E_c = 15300 \sqrt{f'c} = 15300(280) = 2560.18 \frac{kg}{cm^2}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}}{2560.18 \frac{kg}{cm^2}} = 8$$

$$d_c = recub + \frac{\emptyset}{2}$$

$$d_c = 2.5 + \frac{2.54}{2} = 3.77cm$$

Área de acero transformada:

$$A_{st} = \text{relación modular} \times \text{area de acero} = 8(5.10) = 40.8cm^2$$

Momentos respecto al eje neutro para determinar y:

$$1.4y \left(\frac{y}{2} \right) = 40.8(16.23 - y)$$

$$y = 13.23m$$

Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio

El brazo jd entre las cargas es:

$$jd = d - \frac{y}{3} = 16.23 - \frac{13.23}{3} = 11.82cm$$

Luego el esfuerzo del acero es:

$$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd) A_s} = \frac{40.22 \times 10^3}{(11.82)(5.10)} = 667.20 \frac{kg}{cm^2} \leq 0.6F_y = 2520 \frac{kg}{cm^2} \text{ Ok!}$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)} = 1 + \frac{3.77}{0.7(20-3.77)} = 1.33$$

Separación máxima de la armadura

$$S_{max} = \frac{125000Y_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c =$$

Siendo acero de fondo, con $y_e = 1.00$ (Condición de exposición Clase I):

$$S_{max} = \frac{125000(1.00)}{1.33(667.20)} - 2(3.77) = 133.32cm > 16cm \text{ OK!}$$

Diseño por fatiga

Se calcula con un camión de diseño ocupando una sola vía, con una separación constante de 9.14m entre los ejes posteriores de 14.52T (Art. 3.6.1.4). No se aplica el factor de presencia múltiple (Art. 3.6.1.1.2) y se considera el factor de impacto IM=0.15 (Tabla 3.6.2.1-1).

$$M_{LL} = \frac{PL}{4} = \frac{50T(50m)}{4} = 625T * m$$

$$M_{LL+IM} = 1.15 \times 625T * m = 718.75T * m$$

Para el Diseño por Fatiga I, $n = n_D n_R n_I = 1$

Posteriormente:

$$M_{fat} = n(1.75M_{LL+IM}) = 1.75M_{LL+IM}$$

Considerando el ancho efectivo para una sola vía cargada E=6.62m:

$$M_{fat} = \frac{1.75 \times 718.75T * m}{6.62} = 190.00T - \frac{m}{m}$$

Sección fisurada

Se utiliza la sección fisurada si la suma de esfuerzos debido a cargas permanentes no mayoradas más la combinación de carga de Fatiga I, da por resultado una tensión de tracción mayor que $0.80\sqrt{f'_c}$ (Art. 5.5.3):

$$F_{tracc} = 0.80\sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2} = 0.80\sqrt{280} \frac{kg}{cm^2} = 13.39 \frac{kg}{cm^2}$$

Esfuerzo debido a cargas permanentes no mayoradas más la combinación de carga de Fatiga I en una franja interior:

$$M'_{fat} = M_{DC} + M_{DW} + M_{fat}$$

$$M'_{fat} = 157.93 + 37.50 + 190 = 385.43 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$f_{fat} = \frac{M'_{fat}}{S} = \frac{385.43 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{6666.67 \text{ cm}^3} = 57.81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2},$$

Como $f_{fat} = 57.81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 13.39 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, *Ok! Se usará la sección agrietada*

Verificación de esfuerzos (franja interior)

Esfuerzo en el refuerzo debido a la carga viva

$$\text{Con } A_s = |\phi| @ 0.16M = \frac{5.10 \text{ cm}^2}{0.16m} = 31.88 \frac{\text{cm}^2}{m}$$

$$jd = d - \frac{y}{3} = 16.23 - \frac{12.94}{3} = 11.92 \text{ cm} \text{ Verificar en revisión por agrietamiento}$$

$$f_{LL} = \frac{M_{fat}}{A_s(jd)} = \frac{190 \times 10^3}{(31.88)(11.92)} = 499.99 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo en el refuerzo debido a la carga permanente

$$f_{DL} = \frac{M_{DC+DW}}{A_s(jd)} = \frac{(157.93 + 37.50) \times 10^3}{(31.88)(11.92)} = 514.28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Rango máximo de esfuerzo El esfuerzo mínimo es el esfuerzo por carga viva mínimo combinado con el esfuerzo por cargas permanentes:

$$f_{\min} = 0 + 514.28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 514.28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El esfuerzo máximo es el esfuerzo por carga viva máximo combinado con el esfuerzo por cargas permanentes:

$$f_{\max} = 499.99 + 514.28 = 1014.27 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El rango máximo de esfuerzos es: $f = f_{max} - f_{min} = 1014.27 - 514.28 = 499.99 \frac{kg}{cm^2}$ rango límite es: $f_{limite} = 1828 - 0.367f_{min}$: $f_{limite} = 1828 - 0.367(514.28) = 1639.26 \frac{kg}{cm^2} > 499.99 \frac{kg}{cm^2} OK!$

6.12.3 Diseño de viga

La viga del puente será seleccionada en función del claro de diseño, siendo seleccionada de las siguientes tablas de vigas prefabricadas según criterios de diseño:

Sistema constructivo según la luz de la estructura

RANGO DE LUZ	METODO CONSTRUCTIVO										
	PREFABRICACION						OBRA FALSA	FABRICACION IN SITU			LANZAMIENTO INCREMENTAL
	VIGA PREFABRICADA		PREFABRICACION EN SEGMENTOS					ENCOFRADO MOVIBLE	VOLADOS SUCESIVOS		
	LANZAMIENTO DE VIGA	MONTAJE CON GRUA	MONTAJE CON OBRA FALSA	MONTAJE SEGMENTO POR SEGMENTO	LANZAMIENTO DE VIGA	MONTAJE CON CERCHA DESLIZANTE			MONTAJE CON CERCHA DESLIZANTE	LANZAMIENTO DE VIGA	
20 m - 40 m	≠	≠	≠	≠	X	X	≠	≠	X	X	≠
40 m - 60 m	O	!	O	O	!	!	≠	O	O	O	≠
60 m - 80 m	X	X	!	!	≠	≠	O	!	≠	≠	!
80 m - 100 m	X	X	X	!	O	≠	!	X	≠	≠	X
> 100 m	X	X	X	!	!	≠	!	X	≠	O	X

≠ Más Apropiado

O Aplicable

X No Aplicable

! Mayor Estudio

Fuente: (Manual para carreteras del Paraguay, Normas para Estructuras y Puentes, 2011)

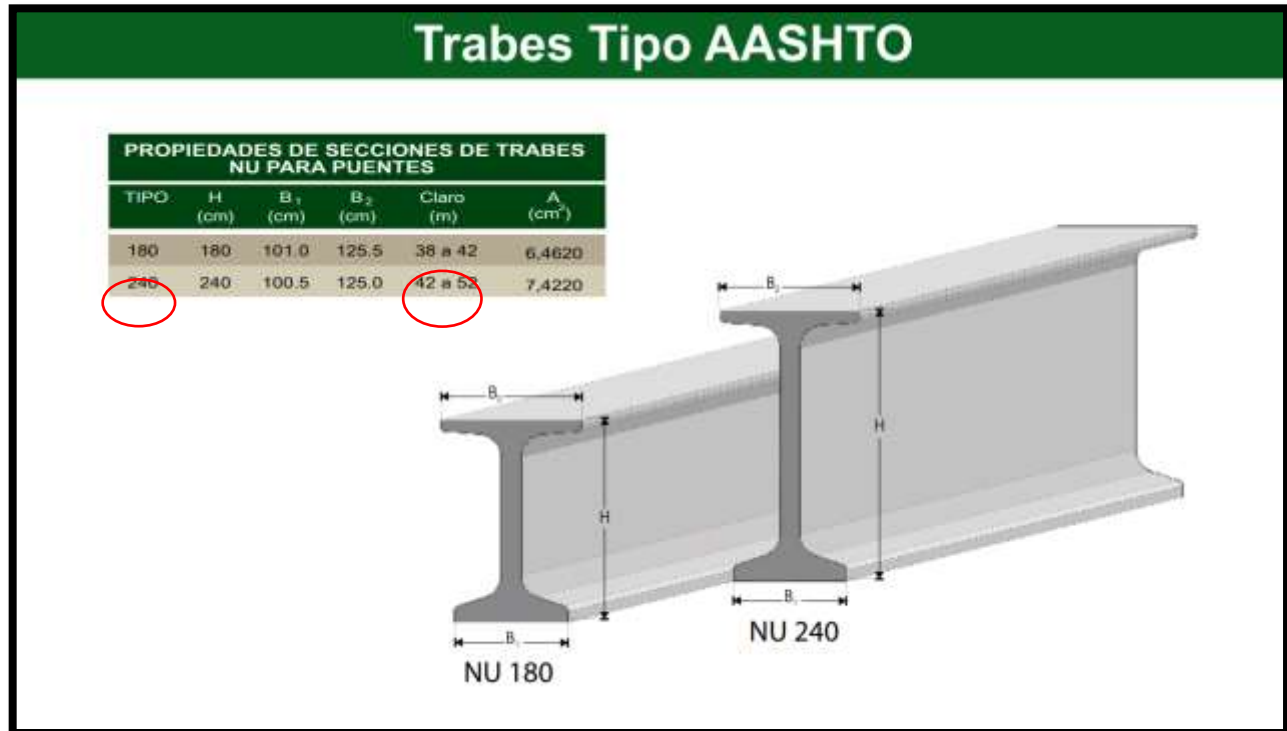
En base al Manual para carreteras del Paraguay, con el rango de luz del diseño para el paso a desnivel propuesto, que oscila entre 50m se permite el método constructivo de prefabricación de vigas; indicando que es aceptable.

Relación entre el tipo de estructura, sistema constructivo y rango de luz aplicable

			TIPO DE ESTRUCTURA	SECCION TRANSVERSAL	METODO DE MONTAJE	LUZ (m)							MAXIMA LUZ (m)	ALTURA DE VIGA / LUZ			
						20	40	60	80	100	140	180					
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS	VIGA PREFABRICADA	TIPO PRETENSADO			GRUA									24	1 / 24		
					GRUA									24	1 / 18		
				GRUA O LANZAMIENTO DE VIGA									45	1 / 16			
				GRUA O LANZAMIENTO DE VIGA										40	1 / 15		
	VACIADO EN SITIO				OBRA FALSA										24	1 / 22	
					OBRA FALSA									66	1 / 17		
OBRA FALSA	VIGA PREFABRICADA	TIPO POSTENSADO			GRUA									24	1 / 24		
					GRUA									24	1 / 18		
						GRUA O LANZAMIENTO DE VIGA									41	1 / 16	
						GRUA O LANZAMIENTO DE VIGA										40	1 / 15

Fuente: (Manual para carreteras del Paraguay, Normas para Estructuras y Puentes, 2011)

Figura N°29. Trabes tipo AASHTO



Fuente: (Vigas prefabricadas presforzadas, 2016)

De acuerdo a las consideraciones, las vigas a utilizar en el diseño son trabes tipo AASHTO NU 240 con sección de patín superior B₁= 125.0cm, patín inferior B₂=100.5cm, altura H= 240cm y un área del elemento= 7,422.0cm² que cumple con las características de claro propuesto, oscilando entre 42 a 52m de su utilidad para colocaciones sobre las pilas. Se colocarán 7 vigas tipo NU 240, con una separación centro a centro de 0.54m en dirección paralela a la losa.

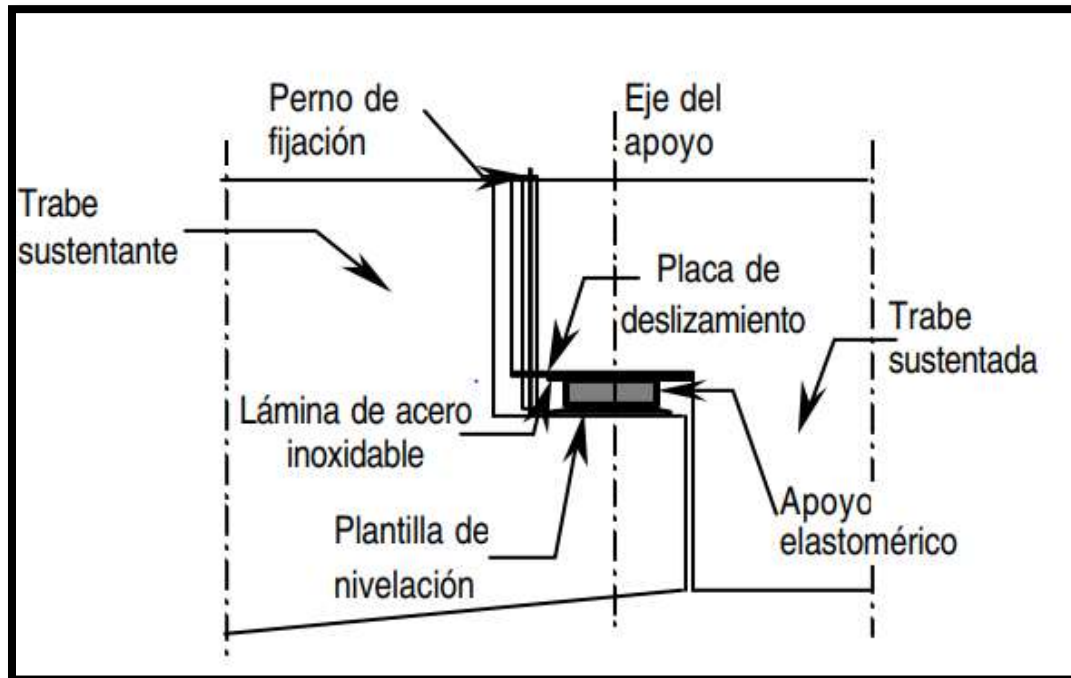
Apoyos

En el análisis para la selección de los apoyos que brinden eficiencia para disipar los movimientos de traslación y rotación, seguridad en la estructura serán los apoyos de neopreno con placas de acero. En la Figura 4.15 se muestra una manera de apoyar las

trabes del puente sobre otra trabe o sobre la subestructura. Figura 4.14 Subestructura de un puente totalmente prefabricado. Estos apoyos se fabrican con materiales sintéticos con características de resistencia y flexibilidad que le permiten combinar rigidez y amortiguamiento en el mismo elemento. Las ventajas del neopreno respecto al hule natural son su mejor comportamiento a baja temperatura, mayor resistencia a la acción del ozono y menor deterioro bajo condiciones ambientales. Aunque hay apoyos de neopreno sencillos, sin placas metálicas intercaladas, los más utilizados son los laminados conformados por varias placas de neopreno y acero estructural (como refuerzo interno) que se intercalan y vulcanizan entre sí (Figura 4.16). La inclusión del refuerzo incrementa el amortiguamiento histerético y permite lograr una rigidez vertical alta, ya que las placas de acero disminuyen el efecto de pandeo en las caras laterales del elastómero, con lo cual es posible apoyar cargas estáticas de magnitud considerable con una deflexión mínima.

Apoyo

Figura N°30. Apoyo elastomérico utilizado en un puente



Fuente: (Instituto de Ingeniería UNAM, Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo (ANIPPAC)., pág. 69)

Figura N°31. Ejemplos de neoprenos a utilizar en la propuesta de paso a desnivel desde el semáforo de la Fuente hacia la rotonda Jean Paul Genie



Fuente: La Jornada



Fuente: Jairo Cajina, El 19 Digital

6.12.4 Elementos de infraestructura

Columnas

En la selección de columnas se hará bajo el criterio propuesto por el ingeniero Arthur H. Nilson y George Winter en el libro Diseño de estructura de concreto 11ª edición, que cita “Las dimensiones de columnas se controlan principalmente por cargas axiales, aunque la presencia de momento incrementa el área necesaria. Para columnas interiores, donde el incremento de momento no es apreciable un aumento de 10% puede ser suficiente, mientras que para columnas exteriores un incremento de 50% del área sería apropiado (Diseño de Estructura de Concreto, 1994, pág. 344); teniéndose la siguiente fórmula:

$$A_c = Incremento * \frac{Pu}{\phi f'_c} = 0.9 \frac{24,060 kgf}{0.70 * 280 \frac{kg}{cm^2}} = 110.50 cm^2$$

Siendo

$$A_c = \text{Area de la columna} ; Pu = \text{Carga axial} = 24.06T = 24,060 kgf$$

ϕ = Factor de minoración de resistencia. $\phi = 0.65$ para columnas con estribos y = 0.70 para columnas con zunchos

$$f'_c = \text{Resistencia del concreto} = 280 kg/cm^2$$

Considerando el área calculada, se usará las siguientes especificaciones para la columna: Columna circular de diámetro $\phi = 1.80m$, con 54 varillas de 4" de diámetro, con una altura variable según el nivel de terreno natural y el desarrollo del puente.

Zapatas

Se propone una zapata de sección de ancho de 9.60m, largo de 6.00m, con una altura de 1.50m y 58 varillas de 1" de diámetro.

Nota: se recomienda profundizar en un diseño detallado de cimentaciones, considerando los parámetros del suelo en estudio; debido a que la propuesta está basada en consideraciones de los pasos a desniveles que se están llevando a cabo en Managua.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Basado en los aspectos apartados en esta investigación y en los objetivos planteados se concluye que:

- El flujo vehicular está compuesto por un **90.66%** de vehículos de pasajeros, **8.15%** de vehículos de carga y **1.19%** en la categoría de equipos pesados.
- Promediando las tasas de crecimiento propuestas en el presente documento se obtiene como resultado una tasa de crecimiento de **4.31%**; la que es considerada la tasa de diseño para el cálculo de proyección de tránsito.
- Se determina un **TPDA de 22,422 Vehículos/día**, el cual, se proyecta a un período comprendido del 2023 hasta el año 2053, obteniendo un TPDA al final de **79,523 vehículos/día** y un tránsito de diseño total de **TD = 135,382,180 veh/días**.
- Se determinó un ESAL's de diseño de 141,506,498 veh/días, ejes equivalentes de 18 kips para el carril de diseño.
- Durante el análisis del levantamiento topográfico y calculando las pendientes cada 10m que tenían variaciones mínimas se decidió evaluar el tramo completo y clasificar de acuerdo a este el terreno como ondulado.
- Los tipos de suelos en el tramo 1 según los datos obtenidos en los sondeos SPT y los resultados del laboratorio de muestras tomadas en el campo se puede decir que la capa superior corresponde a la carpeta asfáltica con espesor de 0.15m.

Debajo de la carpeta asfáltica se encuentra un material de relleno estructural con espesor que varía de 0.4m a 0.8m correspondiendo a una **arena limosa (SM, A-1-B)**, por debajo de esta capa encontramos otra arena limosa, es una toba meteorizada, **clasificada como (SM, A-4)**. A esta capa de toba le subyace un material rocoso, por debajo de esta roca encontramos otra capa de toba **(SM, A-4)**. Finalmente, por debajo de la toba se encuentra una grava bien graduada, material escoria volcánica y se prolonga hasta 20m de profundidad según la clasificación **SUCS y HRB**.

- Los tipos de suelos en el tramo 2 según los datos obtenidos en los sondeos SPT, rotativos y los resultados del laboratorio de las muestras tomadas en el campo, se puede decir que la capa superior corresponde a la carpeta asfáltica con espesor de 0.13m en el sondeo 1 y de 0.15m en el sondeo 3. Debajo de la carpeta asfáltica se encuentra un material de relleno estructural con espesor que varía de 0.3m a 1.25m correspondiente a una arena limosa bien graduada **(SW-SM, A-1-b)**, por debajo de esta capa se encontró arenas limosas del tipo: **SM, SP-SM (A-4, A-1-b, A-4-2)**. A esta capa areno-limosa le subyace un material rocoso meteorizado bastante poroso, por debajo de esta roca porosa, se encontró otro material rocoso con mayor resistencia y con menor poros en su estructura según la clasificación **SUCS y HRB**.
- Según los datos obtenidos en los sondeos SPT, rotativos y los resultados del laboratorio de las muestras tomadas en el campo, se puede decir que los tipos de suelos del área de estudio son de características no plásticas o de baja plasticidad, lo que hace a estos materiales muy sensibles a las vibraciones, aumentando su densificación y por lo tanto disminuyendo el volumen ocupado, lo que podría provocar asentamientos importantes.

- Los suelos del sitio se caracterizan por presentar compacidades medias. En general se obtienen densidades adecuadas para cimentar la obra a partir de 4.5m de profundidad a partir del nivel natural del sitio al momento de realizar los sondeos.
- Las humedades encontradas en los suelos y rocas provenientes de los sondeos no indican la presencia del nivel freático.
- Mediante cálculos se determinó diseño estructural para el paso a desnivel; obteniéndose: un ancho de 13.80m, longitud de claro segmentados de 50m, espesor de losa de concreto reforzado de 0.20m, con espesor de carpeta de rodamiento de 0.05m de concreto hidráulico.
- El vehículo de diseño seleccionado para el análisis estructural es el T3S3, que concentra su fuerza o resultante máxima en el eje central del mismo con un valor de 50T; bisecándose a la distancia que existe entre su peso máximo y el eje más cercano a ella; por el eje central de la viga (el cual, coincide con las cargas puntuales que se ejercen desde el apoyo A hasta esta resultante de 50T); ocasionando en el apoyo una reacción de 24.06T. De igual forma, un momento máximo de 535.54T-m. Debido a este análisis, se considera esta sección como la zona donde recibe mayores cargas y momentos; por esta razón, es en la que se consideran elementos estructurales con refuerzos que tengan la capacidad de resistir las mismas.
- Se consideró el análisis en una vía cargada, obteniendo un momento de $M=80.90T\cdot m/m$.
- Para el cálculo de requerimiento del área de acero (A_s), se realizó encontrándose un momento último de diseño $M_u= 395.24 T\cdot m$; el que considera momento por carga muerta, viva y efecto de carga dinámica en un eje cargado. Se requiere de un área de acero de $177.25cm^2=27.47plg^2$ con una separación de 17cm para una

losa de 20cm de espesor según el requerimiento de diseño. Se hizo selección de viga prefabricada AASHTO tipo UN 240 que cumple con el claro propuesto de 50m.

- El menor valor encontrado es de 246.62 T-m, con una cantidad de acero 177.25cm²; la que resiste $M_u = 395.24 > 246.12 \text{ T-m}$.
- Se realizó una revisión por fisuración de distribución de armadura cumpliendo con el esfuerzo que se le aplica al acero positivo (dirección paralela al tráfico) $F_{ss} = 667.20 \text{ Kg} \leq 0.6 f_y = 2520 \text{ kg/cm}^2$

RECOMENDACIONES

- Realizar los procesos de excavación hasta alcanzar 4m por debajo del nivel de desplante que se vaya a utilizar y rellenar estos 4m con material estructural. Para compensar el material retirado en las excavaciones se recomienda utilizar relleno estructural o suelos mejorados, se sugiere que el material estructural sea tipo A-1 o A2, índice de grupo 0 según el método H.R.B. También puede usarse una mezcla de suelo cemento combinando con un material SM (A-2-4 (0)) proveniente de bancos de materiales.
- El espesor de las capas del relleno estructural no debe ser mayor a 20cm y compactado al 95% de su densidad máxima por el método Proctor Estándar modificado. Cimentar la obra utilizando zapatas de concreto reforzado y de peso normal de 24 Kn/m³. Colocar el cimiento sobre material con compacidades relativas de medianamente media a densa; remover suelos sueltos si existiesen a la profundidad de desplante indicada. Evitar que la superficie de desplante sea alterada adversamente por el agua o la actividad de excavación no adecuada.
- A partir de estudios previos realizados por parte de CONSULTORES EN GEOTECNIA (EGG), se recomiendan los siguientes bancos de materiales:

1.Banco Los Martinez: Ubicado en Acahualinca, formado por arenas piroclásticas y tobas alteradas, con bombas de rocas andesitas y se encuentran en capas estratificadas. El conjunto presenta color gris.

2.Banco Motastepe: Está formado por gravas arenosas escoráceas, ferruginosas y vítreas, de granulometría suelta y coloración roja.

Ambos bancos están formados por materiales granulares, con características no plásticas, clasificados como A-1-b (0), con CBR (valor relativo de soporte) de 95%

a 100% de compactación. Frecuentemente los materiales provenientes de estos bancos se utilizan mezclados para optimizar las propiedades granulométricas y cohesivas.

3.Banco Proinco: Está ubicado en la comarca Veracruz, en el sitio llamado El Portillo. Los materiales que se encuentran en este sitio corresponden a lavas y escorias efusivas recientes y vítreas. Los análisis realizados en el material indican que corresponden a arenas gravelíticas con menos de 0.5% que pasa por el tamiz No 200 (0.075mm) y retenidos de 75% sobre el tamiz # 1(2.54mm).

- En el estudio presentado por EGG concluyen que es necesario agregar entre 10% y 15% de finos los cuales funcionen como aglutinantes proporcionando cohesión, plasticidad e impermeabilización. El material se clasifica como A-1(0) en el sistema HRB, presenta color gris oscuro y es apto para sub-bases y bases.
- El aforo de conteo vehicular debe ser actualizado previo a la ejecución del proyecto; con la finalidad de conocer el incremento o decremento de la cantidad de vehículos que circulan en el periodo realizado en función de la clasificación que el Anuario de aforos de tráfico del MTI considera.
- En el diseño estructural se debe de considerar las afectaciones a la infraestructura existente; planteándose soluciones de reestructuración de las rotondas afectadas y se permita conservar el diseño actual del paso a desnivel Centroamérica.
- En la planificación debe de analizarse y realizarse un estudio hidrosanitario; mejorando los sistemas de acueductos y alcantarillado público, con el fin de entrelazar una infraestructura con un sistema que permita mejores condiciones de drenaje.

- El proyecto tiene que considerar una valoración de impacto ambiental, contemplando alternativas verdes que se relacionen directamente con la conservación de espacios que proyecten positivamente un medio ambiente armonioso con la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- (MTI), M. d. (2020). Anuario de aforos de tráfico.**
- AASTHO, e. (1993). Diseño de Pavimentos AASTHO 93. Estados Unidos: San Juan: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos .**
- Alfonso, M. F. (2004). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras (Segunda ed.). Stella Valbuena de Fierro.**
- Aparicio, M. (2000). Topografia. México: Mc Graw-Hill.**
- Bornstein., D. F. (2006). ¿Dónde está Managua?**
- Carciente, J. (1965). Carreteras Estudio y Proyecto. Venezuela, Caracas.**
- Definista. (17 de Diciembre de 2017). Definicion y que.es. Obtenido de <https://definicionyque.es/superestructural/>**
- DIARIO, E. N. (03 de Enero de 2000). Empieza la construcción de la rotonda Centroamérica.**
- Ecomexico. (s.f.). Generalidades de la topografia. En Generalidades de la topografia (pág. 16). Mexico.**
- El Nuevo Diario. (03 de Enero de 2000). Empiezan la construcción de la rotonda Centroamérica. pág. 1.**
- G., Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas. (1998). Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A. de C.V.**
- Grisales, R. c. (s.f.). Ingeniería de tránsito Fundamentos y Aplicaciones 7ma edicion. México: Alfaomega.**
- Heras Molina, A. E. (s.f.). En A. E. Molinos, & A. E. Heras Molino, Instrumentos topograficos. Madrid.España.**
- INIDE. (2019). Anuario Estadístico.**
- J.CERNUSCHI, D. (s.f.). XX CONCURSO SOBRE TEMAS VIALES. LAS BARANDAS EN LOS PUENTYES CARRETEROS: ESTÁTICA Y ESTÉTICA.**
- Manual Centroamaricano para Diseño de Pavimentos (SIECA). (2002).**

Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA). (2011).

Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA). (2011).

Manual de diseño de puente. (2003). Lima, Perú .

Manual ET LEICA TPS400. (2012). China.

(2008). Manual para la Revisión de Pavimentos . Ministerio de Transporte e Infraestructura .

Ministerio de transporte e infraestructura(MTI). (2008). Manual para la revisión de estudios geotécnicos. Managua,Nicaragua.

Moncada, R. (12 de Mayo de 2012). Más gente agravará vía. pág. 1.

MTI. (2020). Anuario de Aforo de Tráfico . MANAGUA: División General de Planificación.

MTI. (2020). Anuario Estadístico sector transporte.

Nicaragua, B. C. (s.f.). 50 años de Estadísticas Macroeconómicas 1960-2009.

Okrania Hernández, I. M. (2017). Monografía, Managua. Recuperado el 2023

R., J. C. (1994). Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. ALFAOMEGA S.A.

Raymond E. Davis, F. S. (1972). Tratado de Topografía (Tercera ed.). España: Aguilar S.A.

Rodgers, D. (. (s.f.).

Rodríguez, J. B. (1972). Mecánica de Suelos (Vol. Tomo 1). Limusa.

SERQUEN, A. R. (s.f.). PUENTES CON AASHTO LRFD 2020 (9TH EDITION).

SIECA. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala.

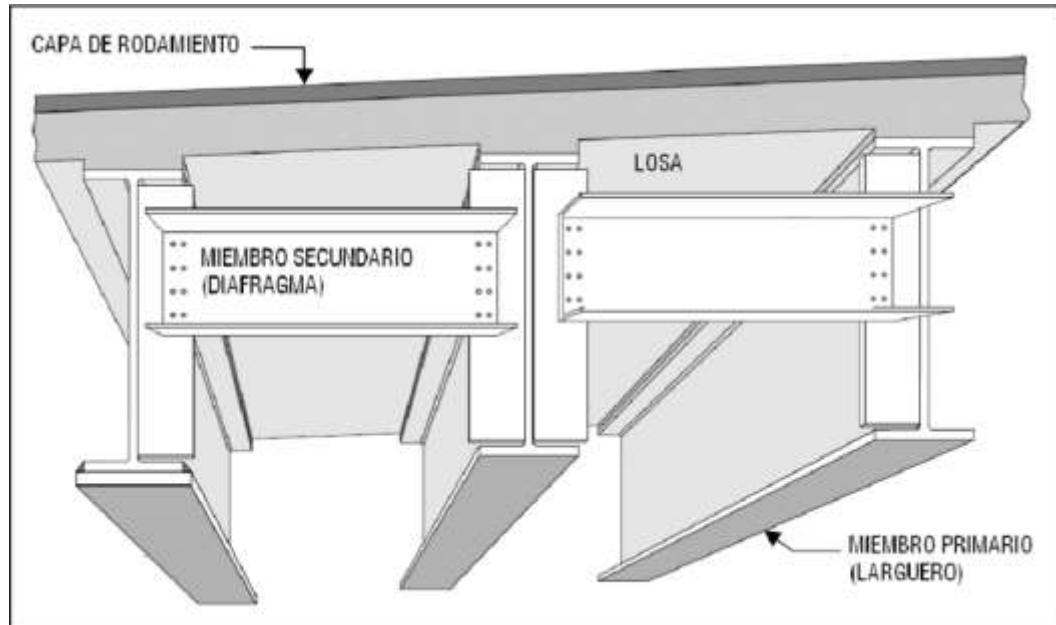
SIECA, (Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da edición). (2004).

Suelos, M. d. (1972). Rodríguez, J.B. México: Limusa.

(Rodgers)Brown, D. and Bornstein, L. (2006). Whither Managua? Evolution of a city's morphology. In 42nd ISoCaRP Congress 2006, 1-16. Researchgate website: https://www.researchgate.net/publication/308991516_Whither_Managua

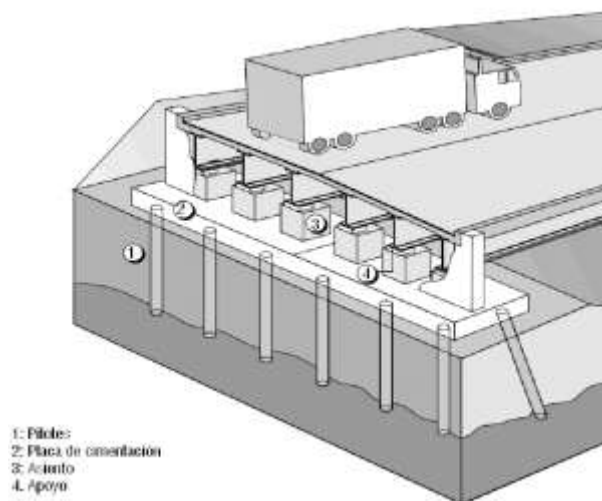
ANEXOS

Figura N°32. Componentes de la superestructura



Fuente: Tonias & Zhao, 1995

Elementos de la subestructura



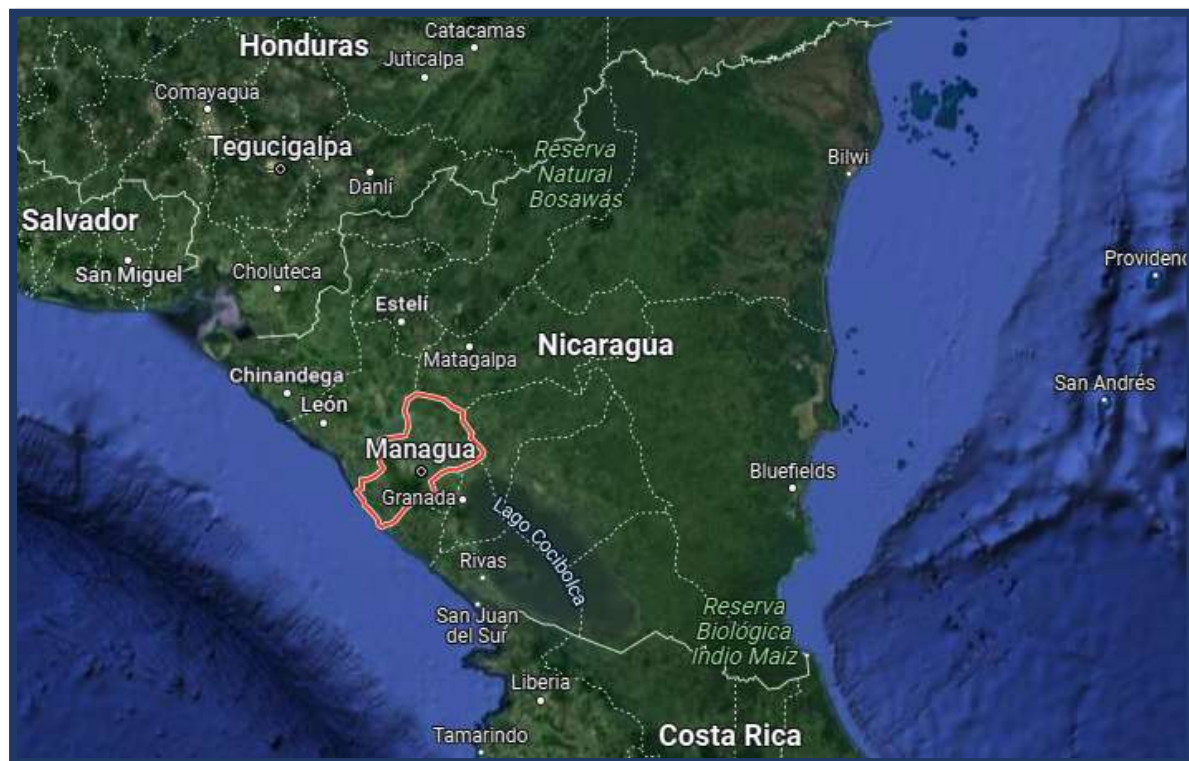
Fuente: Tonias & Zhao, 1995

Figura N°33. Paso a desnivel Rotonda Centroamérica



Fuente: Foto CCC/Jairo Cajina (Fotógrafo profesional).

Figura N°34. Macro localización: Managua, Nicaragua



Fuente: coordenadas geográficas: **Longitud: -85.0000000, Latitud: 13.0000000.**

Figura N°35. Micro localización: Zona de estudio, rotonda Centroamérica-Jean Paul Genie. Managua, Nicaragua.



Fuente: coordenadas geográficas de Qgis: Longitud: 9601033, Latitud: 1357674. (Elaboración propia).

Continuación de Tabla N°23. en pág. 61

Tabla N°61. Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevación)	CODIGO
11	1339587.36	581477.966	154.287	ROTONDA
12	1339585.04	581477.284	154.34	ROTONDA
13	1339587.35	581478.016	154.319	BORDILLO
14	1339585.02	581477.295	154.384	BORDILLO
15	1339587.28	581478.122	154.309	BORDILLO
16	1339585	581477.421	154.386	BORDILLO
17	1339586.44	581479.958	154.474	ANDEN
18	1339584.58	581479.417	154.532	ANDEN
19	1339586.39	581479.994	154.564	BORDILLO
20	1339584.58	581479.462	154.636	BORDILLO
21	1339586.35	581480.088	154.565	BORDILLO
22	1339584.55	581479.573	154.633	BORDILLO
23	1339580.68	581477.537	154.427	OP
24	1339583.29	581475.547	154.354	OP
25	1339580.72	581477.599	154.553	BORDILLO
26	1339583.2	581475.673	154.471	BORDILLO
27	1339580.77	581477.67	154.555	BORDILLO
28	1339583.37	581475.695	154.466	BORDILLO
29	1339580.83	581477.775	154.448	ROTONDA
30	1339583.3	581477.217	154.387	ROTONDA
31	1339580.87	581477.794	154.491	BORDILLO
32	1339583.31	581477.231	154.429	BORDILLO
33	1339580.91	581477.899	154.493	BORDILLO
34	1339583.31	581477.375	154.425	BORDILLO
35	1339581.79	581479.703	154.606	ANDEN
36	1339583.55	581479.378	154.546	ANDEN
37	1339581.84	581479.758	154.726	BORDILLO
38	1339583.55	581479.4	154.661	BORDILLO
39	1339581.9	581479.847	154.732	BORDILLO
40	1339583.58	581479.541	154.662	BORDILLO

Fuente: Levantamiento alcaldía de Managua (ALMA)

Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevación)	CODIGO
41	1339576.69	581481.455	154.409	ROTONDA
42	1339575.71	581484.921	154.342	ROTONDA
43	1339576.73	581481.494	154.465	BORDILLO
44	1339575.76	581484.915	154.395	BORDILLO
45	1339576.84	581481.542	154.464	BORDILLO
46	1339575.89	581484.901	154.388	BORDILLO
47	1339561.43	581462.031	154.953	BORDILLO
48	1339568.75	581469.83	154.855	SEMAFORO
49	1339566.37	581469.569	155.091	BASE
50	1339566.55	581469.873	155.093	BASE
51	1339566.25	581470.072	155.065	BASE
52	1339566.07	581469.753	155.069	BASE
53	1339568.84	581467.872	155.078	BASE
54	1339569.15	581468.178	155.064	BASE
55	1339569.35	581467.828	155.066	BASE
56	1339569.13	581467.642	155.08	BASE
57	1339576.77	581463.654	154.618	MANJOL
58	1339576.71	581463.638	151.686	MANJOL
59	1339567.39	581470.563	154.807	CAJA D AGUA
60	1339566.83	581470.854	154.833	CAJA D AGUA
61	1339566.53	581470.332	154.788	CAJA D AGUA
62	1339567.02	581470.017	154.794	CAJA D AGUA
63	1339567.04	581470.084	154.032	CAJA D AGUA
64	1339567.31	581470.519	153.989	CAJA D AGUA
65	1339566.89	581470.829	154.033	CAJA D AGUA
66	1339566.57	581470.406	154.006	CAJA D AGUA
67	1339568.34	581477.295	154.544	MANJOL
68	1339568.33	581477.289	151.999	MANJOL
69	1339559.36	581485.307	154.758	MANJOL
70	1339559.33	581485.3	152.932	MANJOL

Fuente: Levantamiento alcaldía de Managua (ALMA)

Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevación)	CODIGO
71	1339562.58	581495.73	154.819	MANJOL
72	1339562.6	581495.823	151.91	MANJOL
73	1339550.99	581490.495	154.985	MANJOL
74	1339550.99	581490.526	153.163	MANJOL
75	1339552.98	581468.141	154.607	CAJA
76	1339553.68	581467.699	154.542	CAJA
77	1339554.12	581468.371	154.487	CAJA
78	1339553.29	581468.807	154.662	CAJA
79	1339553.47	581468.264	151.591	CAJA
80	1339551.72	581462.326	154.702	CAJA
81	1339551.01	581460.592	154.681	CAJA
82	1339552.8	581461.842	154.663	CAJA
83	1339551.9	581460.045	154.675	CAJA
84	1339551.83	581461.312	152.45	CAJA
85	1339566.97	581443.207	155.225	ROTULO
86	1339566.32	581443.779	155.236	ROTULO
87	1339565.37	581442.639	155.221	ROTULO
88	1339548.07	581458.283	155.663	ROTULO
89	1339547.2	581458.965	155.602	ROTULO
90	1339560.51	581448.657	155.167	ROTULO
91	1339560	581449.153	155.073	ROTULO
92	1339536.1	581406.778	155.416	BORDILLO
93	1339536.11	581406.788	155.504	BORDILLO
94	1339536.17	581406.688	155.522	ANDEN
95	1339537.42	581405.678	155.636	ANDEN
96	1339538.33	581402.827	155.687	L DE CASA
97	1339515.7	581416.516	155.953	L DE CASA
98	1339541.95	581407.575	155.557	L DE CASA
99	1339523.41	581426.692	155.888	L DE CASA
100	1339547.53	581414.904	155.535	L DE CASA

Fuente: Levantamiento alcaldía de Managua (ALMA)

Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevación)	CODIGO
101	1339529.27	581434.355	155.821	L DE CASA
102	1339556.43	581419.891	155.597	L DE CASA
103	1339550.5	581424.537	155.333	ROTULO
104	1339537.7	581446.183	155.797	L DE CASA
105	1339549.91	581464.806	154.777	L DE CASA
106	1339540.73	581479.644	155.821	L DE CASA
107	1339562.96	581433.695	155.408	CAJA D TLF
108	1339563.9	581434.929	155.408	CAJA D TLF
109	1339564.48	581434.486	155.411	CAJA D TLF
110	1339563.54	581433.225	155.389	CAJA D TLF
111	1339548.85	581454.533	154.78	OP
112	1339548.81	581454.508	154.892	BORDILLO
113	1339547.45	581455.043	154.906	ANDEN
114	1339550.94	581462.439	154.726	OP
115	1339550.92	581462.421	154.763	BORDILLO
116	1339549.55	581462.571	154.802	ANDEN
117	1339550.09	581469.916	154.916	OP
118	1339549.98	581469.768	154.926	BORDILLO
119	1339549	581469.188	154.957	ANDEN
120	1339544.27	581478.564	155.535	OP
121	1339544.27	581478.552	155.601	BORDILLO
122	1339543.43	581477.531	155.616	ANDEN
123	1339547.66	581482.339	155.213	ENTRADA
124	1339551.54	581486.973	154.819	ENTRADA
125	1339557.86	581495.319	154.96	ENTRADA
126	1339566.71	581506.212	154.788	ENTRADA
127	1339571.69	581513.256	154.72	CUNETAS
128	1339571.75	581513.479	154.871	BORDILLO
129	1339572.32	581514.35	155.13	L DE CASA
130	1339582.25	581506.752	154.359	L DE CASA

Fuente: Levantamiento alcaldía de Managua (ALMA)

Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevacion)	CODIGO
131	1339582.41	581504.966	154.011	OP
132	1339582.37	581505.184	154.005	CUNETAS
133	1339582.35	581505.215	154.146	BORDILLO
134	1339561.32	581507.551	155.118	GASOLINERA
135	1339550.91	581493.831	155.118	GASOLINERA
136	1339535.52	581505.371	155.03	GASOLINERA
137	1339567.78	581496.581	154.572	ILA
138	1339567.7	581496.51	154.726	ILA
139	1339565.47	581490.973	154.53	ILA
140	1339565.43	581491.037	154.651	ILA
141	1339565.56	581496.548	154.699	ILA
142	1339565.65	581496.472	154.868	ILA
143	1339563.79	581491.057	154.646	ILA
144	1339563.84	581491.13	154.783	ILA
145	1339568.16	581494.268	154.448	ILA
146	1339568.13	581494.315	154.582	ILA
147	1339562.96	581492.442	154.743	ILA
148	1339563.03	581492.431	154.872	ILA
149	1339597.43	581493.844	154.045	OP
150	1339597.44	581493.93	154.21	BORDILLO
151	1339597.49	581494.048	154.207	BORDILLO
152	1339590.09	581499.288	154.123	OP
153	1339590.14	581499.314	154.259	BORDILLO
154	1339590.21	581499.433	154.257	BORDILLO
155	1339589.89	581501.121	154.084	OP
156	1339589.98	581501.15	154.223	BORDILLO
157	1339598.45	581494.136	154.004	OP
158	1339587.06	581503.458	154.012	LC
159	1339598.44	581494.196	154.167	BORDILLO
160	1339594.83	581497.76	154.306	PE

Fuente: Levantamiento alcaldía de Managua (ALMA)

Base de datos de la Estación Total, libreta digital.

PUNTOS OBSERVADOS	Y (Norte)	X(Este)	Z (Elevacion)	CODIGO
161	1339598.4	581494.329	154.167	BORDILLO
162	1339596.86	581494.959	154.146	ROTULO
163	1339595.54	581495.971	154.204	CAJA D AGUA
164	1339594.99	581496.238	154.215	CAJA D AGUA
165	1339595.33	581496.764	154.242	CAJA D AGUA
166	1339595.91	581496.464	154.204	CAJA D AGUA
167	1339595.44	581496.344	153.35	CAJA D AGUA
168	1339597.71	581494.426	154.421	BASE E
169	1339597.93	581494.757	154.421	BASE E
170	1339598.26	581494.552	154.412	BASE E
171	1339598.05	581494.253	154.42	BASE E
172	1339601.21	581492.133	153.786	LC
173	1339602.75	581516.809	153.933	BORDILLO
174	1339602.62	581516.858	153.957	BORDILLO
175	1339600.25	581518.487	153.719	LC
176	1339602.54	581516.893	153.791	OP
177	1339598.05	581520.304	153.658	OP
178	1339597.67	581520.512	153.618	CUNETAS
179	1339597.7	581520.541	153.781	BORDILLO
180	1339597.6	581520.583	153.782	BORDILLO
181	1339596.62	581521.304	153.77	ANDEN
182	1339676.85	581623.516	151.99	BORDILLO
183	1339676.77	581623.564	151.991	BORDILLO
184	1339676.73	581623.584	151.828	ANDEN
185	1339675.04	581624.892	151.78	CANAL
186	1339675	581624.859	151.292	CANAL
187	1339674.32	581625.434	151.238	CANAL
188	1339674.17	581625.529	152.045	CANAL
189	1339684.16	581618.293	152.296	BORDILLO
190	1339684.16	581618.294	152.297	BORDILLO

Fuente: Levantamiento alcaldía de Managua (ALMA)

Continuación de Tabla N°25. en pág. 65

Tabla N°62. Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
0+100	154.200	10	0.038
0+110	154.276		
0+110	154.276	10	-0.122
0+120	154.032		
0+120	154.032	10	-0.066
0+130	153.900		
0+130	153.900	10	-1.39
0+140	153.761		
0+140	153.761	10	-1.28
0+150	153.6330		
0+150	153.7610	10	0.91
0+160	153.8520		
0+160	153.8520	10	-2.27
0+170	153.6250		
0+170	153.6250	10	-1.02
0+180	153.5230		
0+180	153.5230	10	-0.67
0+190	153.4560		
0+190	153.4630	10	-1.37
0+200	153.3260		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
0+200	153.3260	10	-1.25
0+210	153.2010		
0+210	153.2010	10	-0.67
0+220	153.1340		
0+220	153.1340	10	-1.64
0+230	152.9700		
0+230	152.9700	10	-3.17
0+240	152.6530		
0+240	152.6530	10	-1.64
0+250	152.4890		
0+250	152.4890	10	-0.076
0+260	152.3370		
0+260	152.3370	10	-0.1885
0+270	151.9600		
0+270	151.9600	10	-0.0855
0+280	151.7890		
0+280	151.7890	10	-2.21
0+290	151.5680		
0+290	151.5680	10	-1.99
0+300	151.3690		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
0+300	151.3690	10	-1.13
0+310	151.2560		
0+310	151.2560	10	-0.985
0+320	151.1575		
0+320	151.1575	10	0.046
0+330	151.1621		
0+330	151.1621	10	-1.761
0+340	150.9860		
0+340	150.9860	10	-1.34
0+350	150.8520		
0+350	150.8520	10	-1.3
0+360	150.722		
0+360	150.722	10	-1.6
0+370	150.562		
0+370	150.562	10	-1.96
0+380	150.366		
0+380	150.366	10	-2.25
0+390	150.141		
0+390	150.141	10	-2.81
0+400	149.860		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
0+400	149.860	10	-0.1205
0+410	149.619		
0+410	149.619	10	-0.126
0+420	149.367		
0+420	149.367	10	-0.145
0+430	149.077		
0+430	149.077	10	-2.36
0+440	148.841		
0+440	148.841	10	-3.41
0+450	148.500		
0+450	148.500	10	-2.9
0+460	148.210		
0+460	148.210	10	0.18
0+470	148.228		
0+470	148.228	10	-3.34
0+480	147.894		
0+480	147.894	10	-3.89
0+490	147.505		
0+490	147.505	10	-1.91
0+500	147.314		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTA L (m)	PENDIENTE %
0+500	147.314	10	-1.74
0+510	147.140		
0+510	147.140	10	-3.36
0+520	146.804		
0+520	146.804	10	-2.57
0+530	146.547		
0+530	146.547	10	-1.08
0+540	146.439		
0+540	146.439	10	-2
0+550	146.239		
0+550	146.239	10	-0.084
0+560	146.071		
0+560	146.071	10	-0.134
0+570	145.803		
0+570	145.803	10	-0.099
0+580	145.605		
0+580	145.605	10	-3.26
0+590	145.279		
0+590	145.279	10	-1.09
0+600	145.170		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
0+600	145.170	10	-2
0+610	144.970		
0+610	144.970	10	-1.3
0+620	144.840		
0+620	144.840	10	-2.55
0+630	144.585		
0+630	144.585	10	-1.11
0+640	144.474		
0+640	144.474	10	-1.16
0+650	144.358		
0+650	144.358	10	-1.6
0+660	144.198		
0+660	144.198	10	-2.68
0+670	143.930		
0+670	143.930	10	-1.82
0+680	143.748		
0+680	143.748	10	-0.61
0+690	143.687		
0+690	143.687	10	-2.01
0+700	143.486		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
0+800	142.117	10	-2.46
0+810	141.871		
0+810	141.871	10	-1.88
0+820	141.683		
0+820	141.683	10	-0.68
0+830	141.615		
0+830	141.615	10	-3.14
0+840	141.301		
0+840	141.301	10	-0.05
0+850	141.296		
0+850	141.296	10	-0.086
0+860	141.124		
0+860	141.124	10	-0.078
0+870	140.968		
0+870	140.968	10	-0.0715
0+880	140.825		
0+880	140.825	10	-2.08
0+890	140.617		
0+890	140.617	10	-5.35
0+900	140.0820		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
1+000	138.651	10	0.013
1+010	138.677		
1+010	138.677	10	0.007
1+020	138.691		
1+020	138.691	10	-0.052
1+030	138.587		
1+030	138.587	10	-1.61
1+040	138.426		
1+040	138.426	10	-1.96
1+050	138.2300		
1+050	138.2300	10	-2.17
1+060	138.013		
1+060	138.013	10	-1.03
1+070	137.910		
1+070	137.910	10	-0.15
1+080	137.895		
1+080	137.895	10	0.88
1+090	137.983		
1+090	137.983	10	-0.76
1+100	137.907		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
1+100	137.907	10	-1.72
1+110	137.735		
1+110	137.735	10	-1.42
1+120	137.593		
1+120	137.593	10	-1.51
1+130	137.442		
1+130	137.442	10	-1.89
1+140	137.253		
1+140	137.253	10	-1.17
1+150	137.136		
1+150	137.136	10	-0.0705
1+160	136.995		
1+160	136.995	10	-0.0875
1+170	136.820		
1+170	136.820	10	-0.076
1+180	136.668		
1+180	136.668	10	-1.21
1+190	136.547		
1+190	136.547	10	-1.84
1+200	136.363		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
1+200	136.363	10	-1.72
1+210	136.191		
1+210	136.191	10	-1.69
1+220	136.022		
1+220	136.022	10	-1.73
1+230	135.849		
1+230	135.849	10	-1.93
1+240	135.656		
1+240	135.656	10	-1.64
1+250	135.492		
1+250	135.492	10	-0.054
1+260	135.384		
1+260	135.384	10	-0.0895
1+270	135.205		
1+270	135.205	10	-0.111
1+280	134.983		
1+280	134.983	10	-3.33
1+290	134.650		
1+290	134.650	10	-0.04
1+300	134.6460		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
1+300	134.6460	10	-1.46
1+310	134.500		
1+310	134.500	10	-2.26
1+320	134.274		
1+320	134.274	10	-1.52
1+330	134.122		
1+330	134.122	10	-1.65
1+340	133.957		
1+340	133.957	10	-2.04
1+350	133.753		
1+350	133.753	10	-0.63
1+360	133.690		
1+360	133.690	10	-1.45
1+370	133.545		
1+370	133.545	10	-1.63
1+380	133.382		
1+380	133.382	10	-1.54
1+390	133.228		
1+390	133.228	10	-2.17
1+400	133.011		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
1+400	133.011	10	-0.1065
1+410	132.798		
1+410	132.798	10	-0.1115
1+420	132.575		
1+420	132.575	10	-0.09
1+430	132.395		
1+430	132.395	10	-1.98
1+440	132.197		
1+440	132.197	10	-1.57
1+450	132.0400		
1+450	132.0400	10	-1.6
1+460	131.880		
1+460	131.880	10	-1.65
1+470	131.715		
1+470	131.715	10	-2.45
1+480	131.470		
1+480	131.470	10	-1.92
1+490	131.278		
1+490	131.278	10	-0.59
1+500	131.219		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTA L (m)	PENDIENTE %
1+500	131.219	10	-1.88
1+510	131.031		
1+510	131.031	10	-1.65
1+520	130.866		
1+520	130.866	10	-1.76
1+530	130.690		
1+530	130.690	10	-2
1+540	130.49		
1+540	130.49	10	-2.3
1+550	130.260		
1+550	130.260	10	-0.141
1+560	129.978		
1+560	129.978	10	-0.144
1+570	129.690		
1+570	129.690	10	-0.1175
1+580	129.455		
1+580	129.455	10	-2.11
1+590	129.244		
1+590	129.244	10	-1.63
1+600	129.0810		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
1+600	129.0810	10	-1.84
1+610	128.897		
1+610	128.897	10	-1.91
1+620	128.706		
1+620	128.706	10	-1.75
1+630	128.531		
1+630	128.531	10	1.48
1+640	128.679		
1+640	128.679	10	-0.38
1+650	128.641		
1+650	128.641	10	-2.28
1+660	128.413		
1+660	128.413	10	-3.23
1+670	128.090		
1+670	128.090	10	-0.97
1+680	127.993		
1+680	127.993	10	-1.2
1+690	127.873		
1+690	127.873	10	-4.74
1+700	127.399		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
1+700	127.399	10	0.106
1+710	127.611		
1+710	127.611	10	-0.194
1+720	127.223		
1+720	127.223	10	-0.198
1+730	126.827		
1+730	126.827	10	2.17
1+740	127.044		
1+740	127.044	10	-4.26
1+750	126.6180		
1+750	126.6180	10	-0.08
1+760	126.610		
1+760	126.610	10	-1.15
1+770	126.495		
1+770	126.495	10	-1.77
1+780	126.318		
1+780	126.318	10	-1.66
1+790	126.152		
1+790	126.152	10	-4.79
1+800	125.673		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
1+800	125.673	10	0.67
1+810	125.740		
1+810	125.740	10	-0.42
1+820	125.698		
1+820	125.698	10	-3.98
1+830	125.300		
1+830	125.300	10	-1.42
1+840	125.158		
1+840	125.158	10	-0.56
1+850	125.102		
1+850	125.102	10	-0.134
1+860	124.834		
1+860	124.834	10	-0.109
1+870	124.616		
1+870	124.616	10	-0.0385
1+880	124.539		
1+880	124.529	10	4.12
1+890	124.941		
1+890	124.941	10	-1.77
1+900	124.7640		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
1+900	124.7640	10	-0.12
1+910	124.752		
1+910	124.752	10	0.36
1+920	124.788		
1+920	124.788	10	-0.89
1+930	124.699		
1+930	124.699	10	0.04
1+940	124.703		
1+940	124.703	10	-0.38
1+950	124.665		
1+950	124.665	10	-0.33
1+960	124.632		
1+960	124.632	10	-2.93
1+970	124.339		
1+970	124.339	10	2.08
1+980	124.547		
1+980	124.547	10	-0.54
1+990	124.493		
1+990	124.493	10	-2.36
2+000	124.257		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+100	123.578	10	0.69
2+110	123.647		
2+110	123.647	10	4.83
2+120	124.130		
2+120	124.130	10	-1.04
2+130	124.026		
2+130	124.026	10	2.2
2+140	124.246		
2+140	124.246	10	1.17
2+150	124.363		
2+150	124.363	10	-0.008
2+160	124.347		
2+160	124.347	10	0.1825
2+170	124.712		
2+170	124.712	10	0.084
2+180	124.880		
2+180	124.880	10	-0.61
2+190	124.819		
2+190	124.819	10	-0.03
2+200	124.8160		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+200	124.816	10	3.25
2+210	125.141		
2+210	125.141	10	-1.66
2+220	124.975		
2+220	124.975	10	3.12
2+230	125.287		
2+230	125.287	10	0.71
2+240	125.358		
2+240	125.358	10	0.35
2+250	125.393		
2+250	125.393	10	0.11
2+260	125.613		
2+260	125.613	10	-0.1085
2+270	125.396		
2+270	125.396	10	0.023
2+280	125.442		
2+280	125.442	10	1.03
2+290	125.545		
2+290	125.545	10	-1.66
2+300	125.3790		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+300	125.3790	10	0.58
2+310	125.437		
2+310	125.437	10	-2.7
2+320	125.167		
2+320	125.167	10	-2.03
2+330	124.964		
2+330	124.964	10	-2.76
2+340	124.688		
2+340	124.688	10	-1.28
2+350	124.560		
2+350	124.560	10	-2.4
2+360	124.320		
2+360	124.320	10	-1.08
2+370	124.212		
2+370	124.212	10	19.41
2+380	126.153		
2+380	126.153	10	-0.51
2+390	126.102		
2+390	126.102	10	-0.77
2+400	126.025		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
2+400	126.025	10	-0.0425
2+410	125.940		
2+410	125.940	10	-0.0215
2+420	125.897		
2+420	125.897	10	-0.0705
2+430	125.756		
2+430	125.756	10	-1.15
2+440	125.641		
2+440	125.641	10	-1.15
2+450	125.526		
2+450	125.526	10	-0.51
2+460	125.475		
2+460	125.475	10	-1.55
2+470	125.320		
2+470	125.320	10	-0.12
2+480	125.308		
2+480	125.308	10	-0.98
2+490	125.210		
2+490	125.210	10	1.16
2+500	125.326		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+500	125.326	10	-1.68
2+510	125.158		
	.		
2+510	125.158	10	-2.46
2+520	124.912		
2+520	124.912	10	-0.36
2+530	124.876		
2+530	124.876	10	-0.87
2+540	124.789		
2+540	124.789	10	-1.39
2+550	124.650		
2+550	124.650	10	-0.0555
2+560	124.539		
2+560	124.539	10	-0.0305
2+570	124.478		
2+570	124.478	10	-0.062
2+580	124.354		
2+580	124.354	10	-1.29
2+590	124.225		
2+590	124.225	10	-0.73
2+600	124.152		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+600	124.152	10	-2.01
2+610	123.951		
2+610	123.951	10	-1.28
2+620	123.823		
2+620	123.823	10	-0.82
2+630	123.741		
2+630	123.741	10	-1.26
2+640	123.615		
2+640	123.615	10	-0.67
2+650	123.548		
2+650	123.548	10	-0.98
2+660	123.450		
2+660	123.450	10	-0.88
2+670	123.362		
2+670	123.362	10	-1.47
2+680	123.215		
2+680	123.215	10	-0.7
2+690	123.145		
2+690	123.145	10	0.71
2+700	123.216		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+700	123.216	10	-0.181
2+710	122.854		
2+710	122.854	10	0.051
2+720	122.956		
2+720	122.956	10	-0.2055
2+730	122.545		
2+730	122.545	10	3.07
2+740	122.852		
2+740	122.852	10	-2.29
2+750	122.623		
2+750	122.623	10	-4.64
2+760	122.159		
2+760	122.159	10	0.99
2+770	122.258		
2+770	122.000	10	2.58
2+780	122.258		
2+780	122.258	10	-1.22
2+790	122.136		
2+790	122.136	10	-3.02
2+800	121.834		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	PENDIENTE %
2+800	121.834	10	1.28
2+810	121.962		
	.		
2+810	121.962	10	-6.37
2+820	121.325		
2+820	121.325	10	2.64
2+830	121.589		
2+830	121.589	10	-2.2
2+840	121.369		
2+840	121.369	10	-2.46
2+850	121.123		
2+850	121.123	10	0.195
2+860	121.513		
2+860	121.513	10	-0.2285
2+870	121.056		
2+870	121.056	10	0.154
2+880	121.364		
2+880	121.364	10	-1.06
2+890	121.258		
2+890	121.258	10	-4.02
2+900	120.856		

Fuente: Elaboración propia

Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACION	ELEVACION (m)	DISTANCIA HORIZONTAL L (m)	PENDIENTE %
2+900	120.856	10	-0.44
2+910	120.812		
2+910	120.812	10	-0.67
2+920	120.745		
2+920	120.745	10	-0.93
2+930	120.652		
2+930	120.652	10	-1.02
2+940	120.550		
2+940	120.550	10	0.37
2+950	120.587		
2+950	120.587	10	2.02
2+960	120.789		
2+960	120.789	10	-2.08
2+970	120.581		
2+970	120.581	10	-3.02
2+980	120.279		
2+980	120.279	10	-1.25
2+990	120.154		
2+990	120.154	10	-0.44
3+000	120.110		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°63. Cálculo de curva vertical 1, curva cóncava

Pendiente de entrada		-2.037	%
Pendiente de Salida		-1.446	%
Coefficiente de fricción longitudinal		0.33	
Velocidad de diseño		60	KPH
Estacionamiento EST. PIV		0+560	m
Elevación ELEV. PIV		146.239	m
G = P1-P2	-0.591		
K	18		
L = K * G	-11		
Distancia de visibilidad de parada			
D1 = 0.278 * V * t	41.7		
V = 60 KPH	60		
t = 2.5 s	2.500		
D1	41.700		
Distancia de frenado			
V	60		
F	0.330		
G	-0.591		
D2	54.303		
DVP	96.003		
Longitud mínima de la Curva			
L	14		
L > DVP	Se propone una longitud de curva de 150	150	
EST. PCV = EST. PIV - L/2	485		
EST. PTV = EST. PIV + L/2	635		
Elv. PCV = Elv. PIV - P1 * L/2	148		
Elv. PTV = Elv. PIV + P2 * L/2	147		
Externa			
E = (P2-P1/200L) * (L/2) ^2	0.110		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°64. Cálculo de curva vertical 2, curva cóncava

Pendiente de entrada		-1.158	%
Pendiente de Salida		-2.222	%
Coefficiente de fricción longitudinal		0.33	
Velocidad de diseño		60	KPH
Estacionamiento EST. PIV		2+270	m
Elevación ELEV. PIV		129	m
G = P1-P2	-1.064		
K	18		
L = K * G	-20		
Distancia de visibilidad de parada			
D1 = 0.278 * V * t	41.7		
V = 60 KPH	60		
t = 2.5 s	2.500		
D1	41.700		
Distancia de frenado			
V	60		
F	0.330		
G	-1.064		
D2	19.309		
DVP	61.009		
Longitud mínima de la Curva			
L	10		
L > DVP	Se propone una longitud de curva de 180	180	
EST. PCV = EST. PIV - L/2	2+180		
EST. PTV = EST. PIV + L/2	2+360		
Elv. PCV = Elv. PIV - P1 * L/2	130		
Elv. PTV = Elv. PIV + P2 * L/2	127.957		
Externa			
E = (P2-P1/200L) * (L/2) ^2	0.24		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°65. Conteo vehicular en el punto n°.1 Estación del distrito V

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR. CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL CONTADOR BR. JESSENIA CAROLINA ORDOÑES VASQUEZ FECHA DE REALIZACIÓN MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022																
ESTACIÓN PUNTO LOCALIZACIÓN		1 1 ESTACIÓN DE POLICIA DEL DISTRITO V																
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 3 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																
HORA		GRUPOS																
INICIO	FIN	Vehículos de Pasajeros							Vehículos de carga					Equipo pesado			Total	
		Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros		
06:00:am	06:15:am	188	43	70	43	6	20	13	2	2	0	0	0	1	2	1	466	
06:15:am	06:30:am	191	48	74	51	8	24	17	8	2	1	0	0	0	2	1	497	
06:30:am	06:45:am	197	44	74	51	9	27	16	4	4	1	0	0	0	1	2	501	
06:45:am	06:50:am	195	50	74	18	9	31	13	8	2	0	0	0	0	1	4	480	
06:50:am	07:00:am	202	48	74	24	8	29	11	0	2	0	0	0	0	0	2	473	
07:00:am	07:15:am	199	52	74	18	6	27	19	12	0	0	0	1	1	0	1	480	
07:15:am	07:30:am	198	50	72	9	9	30	12	12	2	0	0	0	0	3	2	470	
07:30:am	07:45:am	201	52	74	13	8	25	16	2	3	0	1	1	0	1	4	465	
07:45:am	08:00:am	199	51	71	11	9	23	11	4	2	0	0	0	0	0	2	443	
08:00:am	08:15:am	202	44	68	0	5	25	13	2	3	0	0	0	0	1	1	425	
08:15:am	08:30:am	188	46	64	13	5	18	13	9	0	2	0	0	0	1	1	424	
08:30:am	08:45:am	189	45	61	4	5	22	9	9	3	0	2	0	0	1	1	426	
08:45:am	09:00:am	178	46	64	6	8	18	15	2	0	0	0	0	1	0	0	403	
09:00:am	09:15:am	176	43	63	2	6	23	11	8	0	0	0	0	0	0	2	392	
09:15:am	09:30:am	174	39	61	4	6	10	10	0	3	0	0	0	0	0	0	368	
09:30:am	09:45:am	171	41	64	2	5	13	11	0	2	2	0	0	0	0	1	389	
09:45:am	10:00:am	174	40	64	2	6	10	12	4	0	0	0	0	0	0	0	383	
10:00:am	10:15:am	169	39	59	6	4	6	16	0	3	0	2	0	0	0	2	366	
10:15:am	10:30:am	160	32	54	0	4	9	13	0	0	0	0	0	0	0	0	329	
10:30:am	10:45:am	162	34	58	4	2	4	9	0	0	0	0	0	0	0	3	336	
10:45:am	11:00:am	175	39	60	2	5	11	9	9	4	1	0	0	1	0	2	371	
11:00:am	11:15:am	178	40	54	2	5	13	8	8	2	0	0	0	0	0	3	364	
11:15:am	11:30:am	175	40	55	13	5	15	9	2	4	1	0	0	0	3	0	375	
11:30:am	11:45:am	174	40	54	6	5	13	10	2	6	0	0	0	0	0	3	366	
11:45:am	12:00:md	176	40	59	6	6	16	11	9	3	0	0	0	0	2	0	379	
12:00:md	12:15:md	190	43	61	11	5	20	11	4	2	0	0	0	0	2	3	434	
12:15:md	12:30:md	188	45	60	4	8	24	9	2	0	2	0	0	1	0	2	433	
12:30:md	12:45:md	187	44	61	2	9	25	10	0	8	0	0	0	0	1	3	441	
12:45:md	01:00:pm	191	47	64	4	6	29	8	9	0	3	0	0	0	2	1	449	
01:00:pm	01:15:pm	188	45	52	2	8	27	11	0	3	0	0	0	2	0	3	431	
01:15:pm	01:30:pm	177	43	58	2	6	23	10	8	9	0	0	0	0	2	0	415	
01:30:pm	01:45:pm	176	41	44	0	5	20	11	4	2	2	0	0	0	0	4	388	
01:45:pm	02:00:pm	178	40	47	4	3	18	8	2	0	0	0	0	0	2	0	379	
02:00:pm	02:15:pm	181	44	40	4	3	20	9	0	2	2	0	0	0	0	1	0	381
02:15:pm	02:30:pm	162	43	45	9	8	13	10	0	0	2	0	0	0	0	1	2	348
02:30:pm	02:45:pm	170	44	44	2	4	10	9	0	3	1	2	0	0	0	1	338	
02:45:pm	03:00:pm	163	41	50	0	5	10	8	0	5	2	0	0	0	3	3	341	
03:00:pm	03:15:pm	169	40	58	2	4	8	6	2	2	0	0	0	1	0	3	342	
03:15:pm	03:30:pm	171	40	46	0	5	13	11	8	4	0	0	0	0	1	2	358	
03:30:pm	03:45:pm	176	45	51	2	5	16	10	17	0	1	0	0	0	0	3	390	
03:45:pm	04:00:pm	178	43	53	6	8	11	9	9	4	0	0	1	0	0	3	378	
04:00:pm	04:15:pm	176	43	52	0	6	13	10	4	2	0	0	1	0	0	1	371	
04:15:pm	04:30:pm	197	45	72	6	8	13	9	5	3	1	0	0	0	0	0	424	
04:30:pm	04:45:pm	199	48	77	13	9	16	11	4	0	0	0	0	0	0	4	459	
04:45:pm	05:00:pm	202	46	74	11	9	25	17	8	6	2	0	1	0	3	2	477	
05:00:pm	05:15:pm	204	50	71	20	10	27	13	15	3	0	0	0	0	2	3	503	
05:15:pm	05:30:pm	202	44	67	24	9	29	12	17	4	1	2	1	0	1	0	512	
05:30:pm	05:45:pm	199	46	68	31	9	27	11	34	5	2	1	0	0	1	3	532	
05:45:pm	06:00pm	199	43	72	38	9	30	9	26	4	0	0	0	0	0	3	534	
Total		9014	2139	3006	507	315	929	549	294	125	27	10	10	4	52	82	20429	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°66. Conteo vehicular en el punto n°.1 Estación del distrito V

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA																		
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																				
ESTACIÓN	1					CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL					CONTADOR					FECHA DE REALIZACIÓN				
PUNTO	1					2					BR. JESSENIA CAROLINA ORDOÑEZ VASQUEZ					MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022				
LOCALIZACIÓN	ESTACIÓN DE POLICIA DEL DISTRITO V																			
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 7 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																		
HORA		GRUPOS																	Total	
INICIO	FIN	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado					
			Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros			
06:00:am	06:15:am	76	189	43	70	43	6	21	13	2	2	1	0	0	0	0	2	468		
06:15:am	06:30:am	70	193	49	75	51	8	24	17	8	2	0	0	0	1	2	2	502		
06:30:am	06:45:am	71	199	44	75	51	9	28	16	4	4	1	0	0	0	3	1	506		
06:45:am	06:50:am	76	196	50	75	18	9	31	13	8	2	1	2	0	0	0	3	484		
06:50:am	07:00:am	74	203	49	75	24	8	29	11	0	2	0	0	0	0	0	1	476		
07:00:am	07:15:am	70	201	52	75	18	6	28	19	12	0	2	0	1	0	2	1	487		
07:15:am	07:30:am	71	200	50	72	9	9	30	12	12	2	0	0	0	0	2	1	470		
07:30:am	07:45:am	64	202	52	75	13	8	25	16	2	3	0	0	0	0	0	5	467		
07:45:am	08:00:am	61	201	51	71	11	9	23	11	4	2	0	1	0	0	0	2	447		
08:00:am	08:15:am	62	203	44	69	0	5	25	13	2	3	0	0	0	1	1	0	428		
08:15:am	08:30:am	64	189	47	64	13	5	18	13	9	0	2	0	0	1	1	1	427		
08:30:am	08:45:am	76	190	45	62	4	5	22	9	9	3	0	0	0	0	2	1	428		
08:45:am	09:00:am	65	180	47	64	6	8	18	15	2	0	0	0	0	0	2	1	408		
09:00:am	09:15:am	58	177	43	63	2	6	23	11	8	0	0	2	0	0	2	1	396		
09:15:am	09:30:am	62	175	39	62	4	6	10	10	0	3	0	0	0	0	0	2	373		
09:30:am	09:45:am	77	173	42	64	2	5	13	11	0	2	2	0	0	0	1	0	392		
09:45:am	10:00:am	71	175	41	64	2	6	10	12	4	0	0	0	0	0	0	0	385		
10:00:am	10:15:am	61	170	39	59	6	4	6	16	0	3	0	2	0	0	1	3	370		
10:15:am	10:30:am	57	161	32	55	0	4	9	13	0	0	0	0	0	0	1	0	332		
10:30:am	10:45:am	61	163	35	58	4	2	4	9	0	0	0	0	0	0	0	2	338		
10:45:am	11:00:am	54	176	39	61	2	5	11	9	9	4	2	0	0	0	1	1	374		
11:00:am	11:15:am	51	180	41	55	2	5	13	8	8	2	0	0	0	0	1	3	369		
11:15:am	11:30:am	54	176	41	56	13	5	15	9	2	4	0	0	0	0	3	1	379		
11:30:am	11:45:am	54	175	41	55	6	5	13	10	2	6	0	0	0	0	0	3	370		
11:45:am	12:00:md	51	177	41	59	6	6	16	11	9	3	0	0	0	0	4	1	384		
12:00:md	12:15:md	83	192	43	62	11	5	21	11	4	2	0	0	0	0	2	3	439		
12:15:md	12:30:md	89	189	45	61	4	8	24	9	2	0	2	0	1	0	2	0	436		
12:30:md	12:45:md	91	188	44	62	2	9	25	10	0	8	0	0	0	0	1	3	443		
12:45:md	01:00:pm	85	193	48	64	4	6	29	8	9	0	3	0	0	0	1	1	451		
01:00:pm	01:15:pm	89	189	45	52	2	8	28	11	0	3	0	0	2	0	3	2	434		
01:15:pm	01:30:pm	77	179	43	58	2	6	23	10	8	9	0	0	0	1	2	0	418		
01:30:pm	01:45:pm	80	177	42	44	0	5	21	11	4	2	2	0	0	0	1	4	393		
01:45:pm	02:00:pm	77	180	41	48	4	3	18	8	2	0	0	0	2	0	2	0	385		
02:00:pm	02:15:pm	76	182	44	41	4	3	21	9	0	2	2	0	0	0	1	0	385		
02:15:pm	02:30:pm	54	163	43	45	9	8	13	10	0	2	0	0	0	0	1	2	350		
02:30:pm	02:45:pm	49	172	44	44	2	4	10	9	0	3	1	4	0	0	1	1	342		
02:45:pm	03:00:pm	51	165	42	50	0	5	10	8	0	5	0	0	0	0	1	3	340		
03:00:pm	03:15:pm	45	170	41	58	2	4	8	6	2	2	0	0	1	0	3	2	344		
03:15:pm	03:30:pm	57	173	41	47	0	5	13	11	8	4	1	0	0	0	0	2	362		
03:30:pm	03:45:pm	64	177	45	51	2	5	16	10	17	0	0	0	0	0	0	3	390		
03:45:pm	04:00:pm	54	180	43	54	6	8	11	9	9	4	0	0	0	0	0	3	381		
04:00:pm	04:15:pm	62	177	43	52	0	6	13	10	4	2	0	0	1	0	2	2	374		
04:15:pm	04:30:pm	64	199	45	72	6	8	13	9	5	3	0	0	0	1	1	2	428		
04:30:pm	04:45:pm	78	201	49	77	13	9	16	11	4	0	1	0	0	0	2	3	464		
04:45:pm	05:00:pm	71	203	47	75	11	9	25	17	8	6	0	0	1	0	0	2	475		
05:00:pm	05:15:pm	85	206	50	71	21	10	28	13	15	3	0	2	0	0	3	5	509		
05:15:pm	05:30:pm	100	203	44	68	24	9	29	12	17	4	1	0	1	0	1	2	515		
05:30:pm	05:45:pm	96	201	47	69	31	9	28	11	35	5	1	1	0	0	1	2	537		
05:45:pm	06:00pm	102	201	43	72	38	9	30	9	26	4	0	0	0	0	1	2	537		
Total		3390	9084	2159	3030	508	315	938	549	295	125	25	12	13	5	59	85	20592		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°67. Conteo vehicular en el punto n°.1 Estación del distrito V

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA																		
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																				
ESTACIÓN		CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL										CONTADOR		FECHA DE REALIZACIÓN						
PUNTO		3										BR. JESSENIA CAROLINA ORDOÑES VASQUEZ		MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022						
LOCALIZACIÓN		ESTACIÓN DE POLICIA DEL DISTRITO V																		
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 7 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																		
HORA		GRUPOS																		Total
INICIO	FIN	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado					
			Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros			
06:00:am	06:15:am	77	192	44	71	44	6	21	14	2	2	0	0	0	0	3	3	479		
06:15:am	06:30:am	71	196	50	76	52	8	24	17	8	2	0	0	0	1	0	2	507		
06:30:am	06:45:am	72	202	45	76	52	9	28	16	4	4	2	0	0	0	2	1	513		
06:45:am	06:50:am	77	200	51	76	18	9	32	14	8	2	1	2	0	0	1	3	494		
06:50:am	07:00:am	75	207	50	76	24	8	29	11	0	2	1	0	0	0	0	1	484		
07:00:am	07:15:am	71	204	53	76	18	6	28	20	12	0	1	0	1	0	0	1	491		
07:15:am	07:30:am	72	203	51	74	9	9	30	12	12	2	0	0	0	0	3	1	478		
07:30:am	07:45:am	65	206	53	76	14	8	26	16	2	3	1	0	2	0	1	5	478		
07:45:am	08:00:am	62	204	52	72	11	9	23	11	4	2	0	1	0	0	0	2	453		
08:00:am	08:15:am	63	207	45	70	0	5	26	14	2	3	0	0	0	1	1	0	437		
08:15:am	08:30:am	65	192	47	65	14	5	18	14	9	0	1	0	0	1	1	1	433		
08:30:am	08:45:am	77	194	46	63	4	5	22	9	9	3	0	0	0	0	2	1	435		
08:45:am	09:00:am	66	183	47	65	6	8	18	15	2	0	0	0	0	0	2	1	413		
09:00:am	09:15:am	59	180	44	64	2	6	23	11	0	0	0	2	0	0	0	1	402		
09:15:am	09:30:am	63	178	40	63	4	6	10	10	0	3	1	0	0	0	0	2	380		
09:30:am	09:45:am	78	176	42	65	2	5	14	11	0	2	1	0	0	0	2	0	398		
09:45:am	10:00:am	72	178	41	65	2	6	10	12	4	0	0	0	0	0	0	0	390		
10:00:am	10:15:am	62	173	40	60	6	4	6	16	0	3	1	2	0	0	0	3	376		
10:15:am	10:30:am	58	164	33	56	0	4	9	14	0	0	1	0	0	0	0	1	340		
10:30:am	10:45:am	62	166	35	59	4	2	4	9	0	0	0	0	0	0	0	2	343		
10:45:am	11:00:am	54	179	40	62	2	5	11	9	9	4	2	0	0	0	0	1	378		
11:00:am	11:15:am	52	183	41	56	2	5	14	8	8	2	0	0	0	0	2	3	376		
11:15:am	11:30:am	54	179	41	57	14	5	15	9	2	4	0	0	0	0	0	1	381		
11:30:am	11:45:am	54	178	41	56	6	5	14	10	2	6	0	0	0	0	0	3	375		
11:45:am	12:00:md	52	180	41	60	6	6	16	11	9	3	0	0	0	0	4	1	389		
12:00:md	12:15:md	84	195	44	63	11	5	21	11	4	2	0	0	0	0	2	3	445		
12:15:md	12:30:md	90	192	46	62	4	8	24	9	2	0	2	0	1	0	2	0	442		
12:30:md	12:45:md	93	191	45	63	2	9	26	10	0	8	0	0	0	0	0	3	451		
12:45:md	01:00:pm	87	196	48	65	4	6	29	8	9	0	2	0	0	0	2	1	457		
01:00:pm	01:15:pm	90	192	46	53	2	8	28	11	0	3	1	0	2	0	1	2	439		
01:15:pm	01:30:pm	78	182	44	59	2	6	23	10	8	9	0	0	0	1	2	0	424		
01:30:pm	01:45:pm	81	180	42	45	0	5	21	11	4	2	2	0	0	0	0	4	397		
01:45:pm	02:00:pm	78	183	41	48	4	3	18	8	2	0	0	0	2	0	2	1	390		
02:00:pm	02:15:pm	77	185	45	41	4	3	21	9	0	2	2	0	0	0	1	2	392		
02:15:pm	02:30:pm	54	166	44	46	9	8	14	10	0	2	0	0	0	0	1	2	356		
02:30:pm	02:45:pm	50	174	45	45	2	4	10	9	0	3	1	2	1	0	0	1	347		
02:45:pm	03:00:pm	52	167	42	51	0	5	10	8	0	5	0	0	0	0	3	3	346		
03:00:pm	03:15:pm	46	173	41	59	2	4	8	6	2	2	1	0	1	0	3	2	350		
03:15:pm	03:30:pm	58	176	41	47	0	5	14	11	8	4	0	0	0	0	0	2	366		
03:30:pm	03:45:pm	65	180	46	52	2	5	16	10	17	0	0	0	0	0	0	3	396		
03:45:pm	04:00:pm	54	183	44	54	6	8	11	9	9	4	0	0	0	0	0	3	385		
04:00:pm	04:15:pm	63	180	44	53	0	6	14	10	4	2	0	0	1	0	2	2	381		
04:15:pm	04:30:pm	65	202	46	74	6	8	14	9	5	3	0	0	0	1	1	2	436		
04:30:pm	04:45:pm	80	204	50	78	14	9	16	11	4	0	1	0	0	0	2	3	472		
04:45:pm	05:00:pm	72	207	47	76	11	9	26	17	8	6	0	0	1	0	3	2	485		
05:00:pm	05:15:pm	87	209	51	72	21	10	28	14	15	3	1	2	0	0	2	3	518		
05:15:pm	05:30:pm	101	207	45	69	24	9	29	12	17	4	0	0	1	0	2	2	522		
05:30:pm	05:45:pm	98	204	47	70	32	9	28	11	35	5	1	1	0	0	1	2	544		
05:45:pm	06:00pm	104	204	44	74	39	9	30	9	27	4	0	0	0	0	1	2	547		
Total		3440	9236	2191	3078	517	315	950	556	296	125	27	12	13	5	60	90	20911		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°68. Conteo vehicular en el punto n°.2: Edificio plaza Centroamérica

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA																		
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																				
ESTACIÓN		CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL										CONTADOR		FECHA DE REALIZACIÓN						
PUNTO		2										BR. ELIZ JAVIER ORTEGA HERNÁNDEZ		MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022						
LOCALIZACIÓN		EIDIFICIO PLAZA CENTROAMÉRICA																		
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 7 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																		
HORA		GRUPOS																		Total
INICIO	FIN	Motos	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de carga					Equipo pesado							
			Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros			
06:00:am	06:15:am	75	186	42	69	42	6	20	13	2	2	0	0	0	0	2	2	461		
06:15:am	06:30:am	69	190	48	74	50	7	24	17	7	2	0	0	0	0	0	0	488		
06:30:am	06:45:am	70	195	43	74	50	9	27	16	4	4	0	0	1	2	2	3	500		
06:45:am	06:50:am	75	193	49	74	18	9	31	13	7	2	0	2	2	0	0	4	479		
06:50:am	07:00:am	72	200	48	74	24	7	28	11	0	2	0	0	0	2	2	0	470		
07:00:am	07:15:am	69	198	52	74	18	6	27	19	12	0	2	0	0	0	0	2	479		
07:15:am	07:30:am	70	197	49	71	9	9	29	12	12	2	0	0	0	0	0	2	462		
07:30:am	07:45:am	63	199	52	74	13	7	25	16	2	3	0	0	0	0	0	3	457		
07:45:am	08:00:am	60	198	50	70	11	9	23	11	4	2	0	2	0	0	0	2	442		
08:00:am	08:15:am	61	200	43	68	0	5	25	13	2	3	0	0	0	0	0	2	422		
08:15:am	08:30:am	63	186	46	63	13	5	18	13	9	0	0	0	0	0	0	2	418		
08:30:am	08:45:am	75	187	45	61	4	5	21	9	9	3	0	0	0	0	0	0	419		
08:45:am	09:00:am	64	177	46	63	6	7	18	14	2	0	0	0	0	0	0	0	397		
09:00:am	09:15:am	57	174	42	62	2	6	23	11	7	0	1	2	0	2	0	3	392		
09:15:am	09:30:am	61	172	39	61	4	6	10	10	0	3	0	0	0	0	0	0	366		
09:30:am	09:45:am	76	170	41	63	2	5	13	11	0	2	2	0	0	0	0	0	385		
09:45:am	10:00:am	70	172	40	63	2	6	10	12	4	0	0	0	0	0	0	2	381		
10:00:am	10:15:am	60	168	39	58	6	4	6	16	0	3	0	2	0	0	0	2	364		
10:15:am	10:30:am	56	158	32	54	0	4	9	13	0	0	0	0	0	0	0	2	328		
10:30:am	10:45:am	60	161	34	57	4	2	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	331		
10:45:am	11:00:am	53	173	39	60	2	5	11	9	9	4	3	0	0	0	0	2	370		
11:00:am	11:15:am	50	177	40	54	2	5	13	7	7	2	0	0	0	0	0	3	360		
11:15:am	11:30:am	53	173	40	55	13	5	14	9	2	4	0	0	0	0	3	0	371		
11:30:am	11:45:am	53	172	40	54	6	5	13	10	2	6	0	0	0	0	0	3	364		
11:45:am	12:00:md	50	174	40	58	6	6	16	11	9	3	0	0	1	0	0	0	374		
12:00:md	12:15:md	82	188	42	61	11	5	20	11	4	2	0	0	0	0	2	3	431		
12:15:md	12:30:md	87	186	45	60	4	7	24	9	2	0	2	0	0	0	2	0	428		
12:30:md	12:45:md	90	185	43	61	2	9	25	10	0	7	0	0	0	0	0	3	435		
12:45:md	01:00:pm	84	190	47	63	4	6	28	7	9	0	3	0	0	0	0	0	441		
01:00:pm	01:15:pm	87	186	45	52	2	7	27	11	0	3	0	0	0	0	0	2	422		
01:15:pm	01:30:pm	76	176	42	57	2	6	23	10	7	9	0	0	0	0	0	0	408		
01:30:pm	01:45:pm	78	174	41	43	0	5	20	11	4	2	2	0	0	0	0	4	384		
01:45:pm	02:00:pm	76	177	40	47	4	3	18	7	2	0	2	0	1	0	2	0	379		
02:00:pm	02:15:pm	75	179	43	40	4	3	20	9	0	2	0	0	0	0	0	0	375		
02:15:pm	02:30:pm	53	161	42	45	9	7	13	10	0	2	0	0	0	0	2	2	346		
02:30:pm	02:45:pm	48	169	43	43	2	4	10	9	0	3	0	2	1	0	0	0	334		
02:45:pm	03:00:pm	50	162	41	49	0	5	10	7	0	5	0	0	0	0	2	3	334		
03:00:pm	03:15:pm	45	168	40	57	2	4	7	6	2	2	0	0	0	0	0	0	333		
03:15:pm	03:30:pm	56	170	40	46	0	5	13	11	7	4	0	0	0	0	2	2	356		
03:30:pm	03:45:pm	63	174	45	50	2	5	16	10	17	0	0	0	0	0	0	3	385		
03:45:pm	04:00:pm	53	177	42	53	6	7	11	9	9	4	0	0	0	0	0	3	374		
04:00:pm	04:15:pm	61	174	42	52	0	6	13	10	4	2	0	0	0	0	0	0	364		
04:15:pm	04:30:pm	63	195	45	71	6	7	13	9	5	3	0	0	0	0	0	0	417		
04:30:pm	04:45:pm	77	198	48	76	13	9	16	11	4	0	0	0	1	0	0	4	457		
04:45:pm	05:00:pm	70	200	46	74	11	9	25	17	7	6	2	0	0	0	0	0	467		
05:00:pm	05:15:pm	84	202	49	70	20	10	27	13	14	3	2	0	0	0	2	4	500		
05:15:pm	05:30:pm	98	200	43	67	24	9	28	12	17	4	2	0	0	0	0	0	504		
05:30:pm	05:45:pm	94	198	46	68	31	9	27	11	34	5	0	0	0	0	0	2	525		
05:45:pm	06:00pm	100	198	42	71	38	9	29	9	26	4	1	0	0	0	1	3	531		
Total		3335	8937	2121	2984	504	306	921	544	286	124	24	10	7	6	24	77	20210		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°69. Conteo vehicular en el punto n°.2: Edificio plaza Centroamérica

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA																		
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																				
CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL		CONTADOR										FECHA DE REALIZACIÓN								
BR. ELIZ JAVIER ORTEGA HERNÁNDEZ		MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022																		
ESTACIÓN		2																		
PUNTO		3																		
LOCALIZACIÓN		EIDIFICIO PLAZA CENTROAMÉRICA																		
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 7 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																		
HORA		GRUPOS																		Total
INICIO	FIN	Motos	Autos	Jeep	Vehículos de Pasajeros				Vehículos de carga				Equipo pesado							
					Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros			
06:00:am	06:15:am	75	187	42	69	42	6	20	13	2	2	0	0	0	1	2	2	463		
06:15:am	06:30:am	69	190	48	74	51	7	24	17	7	2	0	0	0	0	0	2	491		
06:30:am	06:45:am	70	196	44	74	51	9	27	16	4	4	0	0	0	2	2	2	501		
06:45:am	06:50:am	75	194	49	74	18	9	31	13	7	2	0	2	0	0	1	3	478		
06:50:am	07:00:am	73	201	48	74	24	7	28	11	0	2	0	0	0	2	2	2	474		
07:00:am	07:15:am	69	199	52	74	18	6	27	19	12	0	2	0	1	0	1	2	482		
07:15:am	07:30:am	70	197	49	72	9	9	30	12	12	2	0	0	0	0	0	2	464		
07:30:am	07:45:am	63	200	52	74	13	7	25	16	2	3	0	0	2	0	1	3	461		
07:45:am	08:00:am	60	199	51	70	11	9	23	11	4	2	0	2	0	0	0	2	444		
08:00:am	08:15:am	61	201	44	68	0	5	25	13	2	3	0	0	0	0	0	2	424		
08:15:am	08:30:am	63	187	46	63	13	5	18	13	9	0	0	0	0	0	0	2	419		
08:30:am	08:45:am	75	188	45	61	4	5	21	9	9	3	0	0	0	0	2	0	422		
08:45:am	09:00:am	65	178	46	63	6	7	18	14	2	0	0	0	0	0	0	1	400		
09:00:am	09:15:am	58	175	42	62	2	6	23	11	7	0	2	2	0	2	0	3	395		
09:15:am	09:30:am	61	173	39	61	4	6	10	10	0	3	0	0	0	0	0	0	367		
09:30:am	09:45:am	76	171	41	63	2	5	13	11	0	2	2	0	0	0	0	0	386		
09:45:am	10:00:am	70	173	40	63	2	6	10	12	4	0	0	0	0	0	0	2	382		
10:00:am	10:15:am	60	168	39	59	6	4	6	16	0	3	0	2	0	0	0	2	365		
10:15:am	10:30:am	56	159	32	54	0	4	9	13	0	0	0	0	0	0	0	2	329		
10:30:am	10:45:am	60	161	34	58	4	2	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	332		
10:45:am	11:00:am	53	174	39	60	2	5	11	9	9	4	3	0	0	0	0	2	371		
11:00:am	11:15:am	51	178	40	54	2	5	13	7	2	2	0	0	0	0	0	3	362		
11:15:am	11:30:am	53	174	40	55	13	5	14	9	2	4	0	0	0	0	3	0	372		
11:30:am	11:45:am	53	173	40	54	6	5	13	10	2	6	0	0	0	0	0	3	365		
11:45:am	12:00:md	51	175	40	59	6	6	16	11	9	3	0	0	0	0	0	0	376		
12:00:md	12:15:md	82	189	42	61	11	5	20	11	4	2	0	0	0	0	2	3	432		
12:15:md	12:30:md	88	187	45	60	4	7	24	9	2	0	2	0	1	0	2	0	431		
12:30:md	12:45:md	90	186	44	61	2	9	25	10	0	7	0	0	0	0	1	3	438		
12:45:md	01:00:pm	84	190	47	63	4	6	28	7	9	0	3	0	0	0	0	0	441		
01:00:pm	01:15:pm	88	187	45	52	2	7	27	11	0	3	0	0	0	2	0	3	429		
01:15:pm	01:30:pm	76	176	42	58	2	6	23	10	7	9	0	0	0	0	0	0	409		
01:30:pm	01:45:pm	79	175	41	44	0	5	20	11	4	2	2	0	0	0	0	4	387		
01:45:pm	02:00:pm	76	178	40	47	4	3	18	7	2	0	2	0	2	0	2	0	381		
02:00:pm	02:15:pm	75	180	44	40	4	3	20	9	0	2	0	0	0	0	0	0	377		
02:15:pm	02:30:pm	53	161	42	45	9	7	13	10	0	2	0	0	0	0	2	2	346		
02:30:pm	02:45:pm	48	169	44	44	2	4	10	9	0	3	0	2	0	0	0	0	335		
02:45:pm	03:00:pm	51	162	41	49	0	5	10	7	0	5	0	0	0	0	3	3	336		
03:00:pm	03:15:pm	45	168	40	58	2	4	7	6	2	2	0	0	0	0	0	0	334		
03:15:pm	03:30:pm	56	171	40	46	0	5	13	11	7	4	0	0	0	0	0	2	355		
03:30:pm	03:45:pm	63	175	45	51	2	5	16	10	17	0	0	0	0	0	0	3	387		
03:45:pm	04:00:pm	53	178	42	53	6	7	11	9	9	4	0	0	0	0	0	3	375		
04:00:pm	04:15:pm	61	175	42	52	0	6	13	10	4	2	0	0	0	0	0	0	365		
04:15:pm	04:30:pm	63	196	45	72	6	7	13	9	5	3	0	0	0	0	1	0	420		
04:30:pm	04:45:pm	77	199	48	76	13	9	16	11	4	0	0	0	0	0	3	4	460		
04:45:pm	05:00:pm	70	201	46	74	11	9	25	17	7	6	2	0	0	0	0	0	468		
05:00:pm	05:15:pm	84	203	49	70	20	10	27	13	14	3	2	0	0	0	2	4	501		
05:15:pm	05:30:pm	98	201	44	67	24	9	28	12	17	4	2	0	1	0	0	0	507		
05:30:pm	05:45:pm	95	199	46	68	31	9	27	11	34	5	2	0	0	0	0	2	529		
05:45:pm	06:00pm	101	199	42	72	38	9	30	9	26	4	0	0	1	0	1	3	535		
Total		3346	8976	2128	2995	506	306	923	544	286	124	26	10	10	7	36	80	20303		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°70. Conteo vehicular en el punto n°.3: Frente al MIFIC

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA																							
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																									
ESTACIÓN		CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL								CONTADOR				FECHA DE REALIZACIÓN											
PUNTO		2								BR. KARLA VANESSA VANEGAS AGUILAR				MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022											
LOCALIZACIÓN																									
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 3 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																							
HORA		GRUPOS																Total							
INICIO	FIN	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado											
		Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros									
06:00:am	06:15:am	160	36	59	36	5	17	11	1	1	0	0	1	0	1	1	393								
06:15:am	06:30:am	163	41	63	43	6	20	14	6	1	0	0	0	0	0	0	416								
06:30:am	06:45:am	168	37	63	43	7	23	13	3	3	0	0	0	1	1	2	424								
06:45:am	06:50:am	166	42	63	15	7	26	11	6	1	0	1	1	0	0	3	406								
06:50:am	07:00:am	172	41	63	20	6	24	9	0	1	0	0	0	1	1	0	400								
07:00:am	07:15:am	170	44	63	15	5	23	16	10	0	1	0	0	0	0	1	407								
07:15:am	07:30:am	169	42	61	7	7	25	10	10	1	0	0	0	0	0	1	393								
07:30:am	07:45:am	171	44	63	11	6	21	13	1	2	0	0	0	0	0	2	388								
07:45:am	08:00:am	170	43	60	9	7	19	9	3	1	0	1	0	0	0	1	374								
08:00:am	08:15:am	172	37	58	0	4	21	11	1	2	0	0	0	0	0	1	359								
08:15:am	08:30:am	160	39	54	11	4	15	11	7	0	0	0	0	0	0	1	356								
08:30:am	08:45:am	161	38	52	3	4	18	7	7	2	0	0	0	0	0	0	356								
08:45:am	09:00:am	152	39	54	5	6	15	12	1	0	0	0	0	0	0	0	339								
09:00:am	09:15:am	150	36	53	1	5	19	9	6	0	1	1	0	1	0	2	333								
09:15:am	09:30:am	148	33	52	3	5	8	8	0	2	0	0	0	0	0	0	311								
09:30:am	09:45:am	146	35	54	1	4	11	9	0	1	1	0	0	0	0	0	327								
09:45:am	10:00:am	148	34	54	1	5	8	10	3	0	0	0	0	0	0	1	324								
10:00:am	10:15:am	144	33	50	5	3	5	13	0	2	0	1	0	0	0	1	308								
10:15:am	10:30:am	136	27	46	0	3	7	11	0	0	0	0	0	0	0	1	279								
10:30:am	10:45:am	138	29	49	3	1	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	281								
10:45:am	11:00:am	149	33	51	1	4	9	7	7	3	2	0	0	0	0	1	312								
11:00:am	11:15:am	152	34	46	1	4	11	6	6	1	0	0	0	0	0	2	306								
11:15:am	11:30:am	149	34	47	11	4	12	7	1	3	0	0	0	0	2	0	315								
11:30:am	11:45:am	148	34	46	5	4	11	8	1	5	0	0	0	0	0	2	309								
11:45:am	12:00:md	150	34	50	5	5	13	9	7	2	0	0	0	0	0	0	318								
12:00:md	12:15:md	162	36	52	9	4	17	9	3	1	0	0	0	0	1	2	366								
12:15:md	12:30:md	160	38	51	3	6	20	7	1	0	1	0	0	0	1	0	363								
12:30:md	12:45:md	159	37	52	1	7	21	8	0	6	0	0	0	0	0	2	370								
12:45:md	01:00:pm	163	40	54	3	5	24	6	7	0	2	0	0	0	0	0	376								
01:00:pm	01:15:pm	160	38	44	1	6	23	9	0	2	0	0	1	0	0	1	360								
01:15:pm	01:30:pm	151	36	49	1	5	19	8	6	7	0	0	0	0	0	0	347								
01:30:pm	01:45:pm	150	35	37	0	4	17	9	3	1	1	0	0	0	0	3	327								
01:45:pm	02:00:pm	152	34	40	3	2	15	6	1	0	1	0	1	0	1	0	321								
02:00:pm	02:15:pm	154	37	34	3	2	17	7	0	1	0	0	0	0	0	0	319								
02:15:pm	02:30:pm	138	36	38	7	6	11	8	0	1	0	0	0	0	1	1	292								
02:30:pm	02:45:pm	145	37	37	1	3	8	7	0	2	0	1	0	0	0	0	282								
02:45:pm	03:00:pm	139	35	42	0	4	8	6	0	4	0	0	0	0	1	2	284								
03:00:pm	03:15:pm	144	34	49	1	3	6	5	1	1	0	0	0	0	0	0	282								
03:15:pm	03:30:pm	146	34	39	0	4	11	9	6	3	0	0	0	0	1	1	302								
03:30:pm	03:45:pm	150	38	43	1	4	13	8	14	0	0	0	0	0	0	2	327								
03:45:pm	04:00:pm	152	36	45	5	6	9	7	7	3	0	0	0	0	0	2	317								
04:00:pm	04:15:pm	150	36	44	0	5	11	8	3	1	0	0	0	0	0	0	310								
04:15:pm	04:30:pm	168	38	61	5	6	11	7	4	2	0	0	0	0	0	0	356								
04:30:pm	04:45:pm	170	41	65	11	7	13	9	3	0	0	0	0	0	0	3	388								
04:45:pm	05:00:pm	172	39	63	9	7	21	14	6	5	1	0	0	0	0	0	397								
05:00:pm	05:15:pm	174	42	60	17	8	23	11	12	2	1	0	0	0	1	3	426								
05:15:pm	05:30:pm	172	37	57	20	7	24	10	14	3	1	0	0	0	0	0	429								
05:30:pm	05:45:pm	170	39	58	26	7	23	9	29	4	1	0	0	0	0	1	448								
05:45:pm	06:00pm	170	36	61	32	7	25	7	22	3	2	0	0	0	0	2	453								
Total		7683	1808	2549	414	246	774	445	229	86	16	5	4	3	12	48	14322								

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°71. Conteo vehicular en el punto n°3: Frente al MIFIC

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA													
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.															
CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL		CONTADOR										FECHA DE REALIZACIÓN			
3		BR. KARLA VANESSA VANEGAS AGUILAR										MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022			
ESTACIÓN															
PUNTO															
LOCALIZACIÓN		MIFIC													

Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 7 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																	
HORA		GRUPOS																	Total
INICIO	FIN	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Vehículos de carga			Equipo pesado				
												Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros		
06:00:am	06:15:am	70	162	39	64	41	6	16	10	2	1	0	0	0	0	1	1	413	
06:15:am	06:30:am	64	165	45	68	49	8	19	16	7	1	0	1	0	0	1	1	446	
06:30:am	06:45:am	66	170	40	69	49	9	22	15	4	2	0	0	1	0	1	1	449	
06:45:am	06:50:am	70	168	46	69	17	9	25	13	7	1	1	0	4	0	0	2	432	
06:50:am	07:00:am	68	174	45	69	23	8	23	10	0	2	0	0	0	0	1	1	424	
07:00:am	07:15:am	64	172	48	69	17	6	22	10	12	1	4	0	0	0	0	1	426	
07:15:am	07:30:am	66	171	46	67	8	9	24	11	12	2	0	1	0	0	0	1	418	
07:30:am	07:45:am	59	173	48	69	12	8	20	12	2	3	0	0	0	0	0	2	408	
07:45:am	08:00:am	56	172	47	66	10	9	18	10	4	2	0	0	0	0	0	1	395	
08:00:am	08:15:am	57	174	40	63	0	5	20	13	2	5	0	0	0	0	0	1	380	
08:15:am	08:30:am	59	162	42	59	12	5	14	10	8	1	0	0	0	0	0	1	373	
08:30:am	08:45:am	70	163	41	57	3	5	17	8	8	0	0	0	0	0	0	0	372	
08:45:am	09:00:am	60	154	42	59	5	8	14	14	2	0	0	0	0	1	0	0	359	
09:00:am	09:15:am	53	152	39	58	1	6	18	10	7	2	4	4	0	0	0	2	356	
09:15:am	09:30:am	57	150	36	57	3	6	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	325	
09:30:am	09:45:am	71	148	38	59	1	5	10	10	0	1	4	1	0	0	0	0	348	
09:45:am	10:00:am	66	150	37	59	1	6	7	9	4	1	0	0	0	0	0	1	341	
10:00:am	10:15:am	56	146	36	55	5	4	4	13	0	2	0	0	0	0	0	1	322	
10:15:am	10:30:am	52	138	29	50	0	4	6	11	0	0	0	0	0	0	0	1	291	
10:30:am	10:45:am	56	140	31	53	3	1	2	8	0	2	0	0	0	0	0	0	296	
10:45:am	11:00:am	49	151	36	56	1	5	8	8	8	3	8	0	0	0	0	1	334	
11:00:am	11:15:am	47	154	37	50	1	5	10	7	7	4	0	0	0	1	0	2	325	
11:15:am	11:30:am	49	151	37	51	12	5	11	8	2	0	0	0	0	0	2	0	328	
11:30:am	11:45:am	49	150	37	50	5	5	10	9	2	3	0	0	0	0	0	2	322	
11:45:am	12:00:md	47	152	37	55	5	6	12	10	8	2	0	0	0	1	0	0	335	
12:00:md	12:15:md	77	164	39	57	10	5	16	9	4	1	0	0	0	0	1	2	385	
12:15:md	12:30:md	82	162	41	56	3	8	19	8	2	2	4	0	0	0	1	0	388	
12:30:md	12:45:md	84	161	40	57	1	9	20	9	0	0	0	0	0	0	0	2	383	
12:45:md	01:00:pm	79	165	44	59	3	6	23	7	8	0	8	1	1	0	0	0	404	
01:00:pm	01:15:pm	82	162	41	48	1	8	22	10	0	4	0	0	0	0	0	1	379	
01:15:pm	01:30:pm	71	153	39	53	1	6	18	9	7	6	0	0	0	0	0	0	363	
01:30:pm	01:45:pm	73	152	38	40	0	5	16	8	4	1	4	0	0	0	0	3	344	
01:45:pm	02:00:pm	71	154	37	44	3	2	14	7	2	2	4	0	4	0	1	0	345	
02:00:pm	02:15:pm	70	156	40	37	3	2	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	332	
02:15:pm	02:30:pm	49	140	39	41	8	8	10	9	0	3	0	0	0	0	1	1	309	
02:30:pm	02:45:pm	45	147	40	40	1	4	7	8	0	2	0	4	0	0	0	0	298	
02:45:pm	03:00:pm	47	141	38	46	0	5	7	7	0	4	0	0	0	0	1	2	298	
03:00:pm	03:15:pm	41	146	37	53	1	4	5	6	2	2	0	0	0	0	0	0	297	
03:15:pm	03:30:pm	52	148	37	42	0	5	10	10	7	3	2	0	0	0	1	1	318	
03:30:pm	03:45:pm	59	152	41	47	1	5	12	9	16	0	1	0	0	0	0	2	345	
03:45:pm	04:00:pm	49	154	39	49	5	8	8	8	8	2	0	0	0	0	0	2	332	
04:00:pm	04:15:pm	57	152	39	48	0	6	10	9	4	3	0	0	0	0	0	0	328	
04:15:pm	04:30:pm	59	170	41	67	5	8	10	8	5	1	1	0	0	0	0	0	375	
04:30:pm	04:45:pm	72	172	45	71	12	9	12	10	4	1	0	0	0	0	0	3	411	
04:45:pm	05:00:pm	66	174	42	69	10	9	20	14	7	3	4	0	1	0	0	0	419	
05:00:pm	05:15:pm	79	176	46	66	19	10	22	10	14	2	4	0	0	0	1	2	451	
05:15:pm	05:30:pm	92	174	40	62	23	9	23	12	16	3	4	0	0	0	0	2	460	
05:30:pm	05:45:pm	89	172	42	63	29	9	22	10	33	2	4	0	0	0	0	1	476	
05:45:pm	06:00pm	94	172	39	67	36	9	24	8	25	1	0	0	0	0	0	2	477	
Total		3120	7781	1963	2784	459	312	725	477	276	89	61	12	11	4	12	49	18135	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°72. Conteo vehicular en el punto n°3: Frente al MIFIC

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONOGRAFÍA																	
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																			
ESTACIÓN		CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL										CONTADOR		FECHA DE REALIZACIÓN					
PUNTO		1										BR. KARLA VANESSA VANEGAS AGUILAR		MIÉRCOLES 26 DE OCTUBRE DE 2022					
LOCALIZACIÓN		MIFIC																	
Camino NIC4		Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 7 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																	
HORA		GRUPOS																	Total
INICIO	FIN	Motos	Autos	Jeep	Vehículos de Pasajeros			Vehículos de carga					Equipo pesado						
					Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros		
06:00:am	06:15:am	72	164	40	65	49	8	18	12	2	3	0	0	1	0	0	1	435	
06:15:am	06:30:am	66	167	45	69	58	9	21	15	7	1	0	0	0	0	1	0	459	
06:30:am	06:45:am	67	172	41	70	58	11	24	14	4	3	0	0	0	1	0	2	467	
06:45:am	06:50:am	72	170	46	69	20	10	27	12	7	1	0	1	1	0	1	3	440	
06:50:am	07:00:am	69	176	45	70	27	9	25	10	0	1	0	0	0	1	2	0	435	
07:00:am	07:15:am	66	174	48	69	20	8	24	17	12	0	1	0	0	0	0	1	440	
07:15:am	07:30:am	67	173	46	67	9	11	26	11	12	3	0	0	0	0	1	1	427	
07:30:am	07:45:am	60	175	48	70	14	9	22	14	2	2	0	0	0	0	0	2	418	
07:45:am	08:00:am	57	174	47	66	12	10	20	10	4	1	0	1	0	0	1	1	404	
08:00:am	08:15:am	58	176	41	64	0	6	22	12	2	2	0	0	0	0	1	3	387	
08:15:am	08:30:am	61	164	43	59	14	7	16	12	9	0	0	0	0	0	0	1	386	
08:30:am	08:45:am	72	165	42	57	3	6	19	8	9	2	0	0	0	0	0	0	383	
08:45:am	09:00:am	62	156	43	60	6	9	16	13	2	0	0	0	0	0	0	0	367	
09:00:am	09:15:am	55	153	40	58	1	8	20	10	7	0	1	1	0	1	0	2	357	
09:15:am	09:30:am	58	151	36	57	3	8	9	9	0	2	0	0	0	0	1	0	334	
09:30:am	09:45:am	73	149	39	60	1	7	12	10	0	1	1	0	0	0	0	0	353	
09:45:am	10:00:am	67	151	37	59	1	8	9	11	4	0	0	0	0	0	1	1	349	
10:00:am	10:15:am	57	147	36	55	6	5	6	14	0	2	0	1	0	0	1	1	331	
10:15:am	10:30:am	54	139	30	51	0	5	8	12	0	0	2	0	0	0	0	1	302	
10:30:am	10:45:am	57	141	32	54	3	2	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	301	
10:45:am	11:00:am	50	152	36	56	1	6	10	8	9	3	2	1	0	0	1	1	336	
11:00:am	11:15:am	48	156	38	51	1	7	12	7	7	1	0	0	0	0	0	2	330	
11:15:am	11:30:am	51	152	38	52	14	6	13	8	2	3	0	0	0	0	3	0	342	
11:30:am	11:45:am	50	151	37	51	6	6	12	9	2	5	0	0	0	0	1	2	332	
11:45:am	12:00:md	48	153	38	55	6	8	14	10	9	2	0	0	0	0	0	0	343	
12:00:md	12:15:md	78	166	40	57	12	7	18	10	4	1	0	0	0	0	2	4	399	
12:15:md	12:30:md	84	164	42	56	3	9	21	8	2	0	1	0	0	0	2	0	392	
12:30:md	12:45:md	86	163	41	57	1	10	22	9	0	6	0	0	0	0	0	2	397	
12:45:md	01:00:pm	80	167	44	60	3	8	25	7	9	0	2	0	0	0	0	0	405	
01:00:pm	01:15:pm	84	164	42	48	1	9	24	10	0	2	0	0	0	0	1	1	386	
01:15:pm	01:30:pm	73	155	40	54	1	8	20	9	7	7	0	0	0	0	1	0	375	
01:30:pm	01:45:pm	75	153	39	41	0	6	18	10	4	1	1	0	0	0	1	3	352	
01:45:pm	02:00:pm	73	156	38	44	3	4	16	7	2	0	1	0	0	1	2	0	347	
02:00:pm	02:15:pm	72	158	41	37	3	3	18	8	0	1	0	0	0	0	0	0	341	
02:15:pm	02:30:pm	50	141	40	42	9	9	12	9	0	1	0	0	0	0	2	1	316	
02:30:pm	02:45:pm	46	148	41	41	1	5	9	8	0	2	0	1	0	0	1	0	303	
02:45:pm	03:00:pm	48	142	39	46	0	6	9	7	0	0	0	0	0	0	0	2	303	
03:00:pm	03:15:pm	43	147	37	54	1	5	7	6	2	4	0	0	0	0	1	2	306	
03:15:pm	03:30:pm	54	149	38	43	0	7	12	10	7	3	0	0	0	0	2	1	326	
03:30:pm	03:45:pm	60	153	42	47	1	6	14	9	17	0	0	0	0	0	0	2	351	
03:45:pm	04:00:pm	50	156	40	50	6	9	10	8	9	3	0	0	0	0	1	2	344	
04:00:pm	04:15:pm	58	153	40	48	0	8	12	9	4	1	0	0	0	0	0	0	333	
04:15:pm	04:30:pm	60	172	42	67	6	9	12	8	5	2	0	0	0	0	0	0	383	
04:30:pm	04:45:pm	74	174	45	72	14	10	14	10	4	0	0	0	0	0	1	3	421	
04:45:pm	05:00:pm	67	176	43	69	12	11	22	15	7	5	1	1	0	0	1	0	430	
05:00:pm	05:15:pm	81	178	46	66	22	12	24	12	14	2	1	0	0	0	2	3	463	
05:15:pm	05:30:pm	94	176	41	63	27	10	25	11	17	3	1	0	0	0	0	0	468	
05:30:pm	05:45:pm	91	174	43	64	34	10	24	10	33	6	1	0	0	0	0	1	491	
05:45:pm	06:00pm	96	174	40	67	43	11	26	8	25	5	2	0	0	0	1	2	500	
Total		3194	7860	1996	2807	536	381	823	494	284	94	18	7	3	3	36	54	18590	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°73. TPDA del punto N°1: Estación de policía del distrito V

MONOGRAFÍA																		
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																		
ESTACIÓN	CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL						CONTADOR			FECHA DE REALIZACIÓN								
PUNTO	1		1,2 y 3					BR. JESSENIA CAROLINA ORDOÑES VASQUES					26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022					
LOCALIZACIÓN	ESTACIÓN DE POLICIA DEL DISTRITO V																	



Camino NIC4	Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 3 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																
CONSOLIDADO	GRUPOS																Total
	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado				
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros		
TPD (6:00 am- 6:00pm)	9112	2163	3038	511	315	939	552	295	125	27	12	12	5	57	86	20648	
Factor día	1.34	1.27	1.31	1.35	1.3	1.25	1.27	1.31	1.31	1.35	1	1	1	1	1		
Factor semana	1.01	1.09	0.98	0.91	0.94	0.99	0.88	0.9	0.87	0.88	1	1	1	1	0.95		
Factor fin de semana	0.97	0.84	1.07	1.32	1.18	1.03	1.52	1.41	1.63	1.55	1	1	1	1	1.14		
Factor expansión	0.96	0.88	1.02	0.98	0.98	0.93	1.06	1.1	0.94	1.02	1	1	1	1	2.18		
TPDA	11484	2214	4257	813	446	1114	994	540	219	51	12	12	5	57	204	22422	
Composición del tráfico	92.3%						6.8%						1.0%				100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°74. TPDA del punto N°2: Frente a donde fue el Quetzal

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN																							
MONOGRAFÍA																							
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																							
ESTACIÓN	CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL						CONTADOR						FECHA DE REALIZACIÓN										
PUNTO	2						1,2 y 3						BR. ELIZ JAVIER ORTEGA HERNÁNDEZ						26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022				
LOCALIZACIÓN	FRENTE A DONDE FUE EL QUETZAL																						



Camino NIC4	Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 3 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																
CONSOLIDADO	GRUPOS															Total	
	Vehiculos de Pasajeros					Vehículos de carga					Equipo pesado						
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros		
TPD (6:00 am- 6:00pm)	8923	2055	2978	504	306	919	543	286	124	24	10	8	7	28	76	20119	
Factor día	1.34	1.27	1.31	1.35	1.3	1.25	1.27	1.31	1.31	1.35	1	1	1	1	1		
Factor semana	1.01	1.09	0.98	0.91	0.94	0.99	0.88	0.9	0.87	0.88	1	1	1	1	0.95		
Factor fin de semana	0.97	0.84	1.07	1.32	1.18	1.03	1.52	1.41	1.63	1.55	1	1	1	1	1.14		
Factor expansión	0.96	0.88	1.02	0.98	0.98	0.93	1.06	1.1	0.94	1.02	1	1	1	1	2.18		
TPDA	11246	2103	4173	801	433	1090	978	523	217	46	10	8	7	28	180	21843	
Composición del tráfico	92.4%						6.7%					0.8%					100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°75. TPDA del punto N°3: Frente al MIFIC

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN																		
MONOGRAFÍA																		
PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL DESDE EL SEMÁFORO DE LA FUENTE HASTA EL KM 4.8 ROTONDA JEAN PAUL GENIE, APROXIMADAMENTE 3.000ML, PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR.																		
ESTACIÓN				CONTEO VEHICULAR SECUENCIAL				CONTADOR				FECHA DE REALIZACIÓN						
PUNTO	3			1,2 y 3				BR. KARLA VANESSA VANEGAS AGUILAR				MIÉRCOLES 26, 27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2022						
LOCALIZACIÓN	MIFIC																	



Camino NIC4	Estación: 401 Tramo: Semáforos de la fuente, rotonda Jean Paul Genie Días: 3 Horas: 12 Mes/año: octubre 2022 Km: 3																
CONSOLIDADO	GRUPOS																Total
	Vehiculos de Pasajeros						Vehículos de carga						Equipo pesado				
	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv 2.5t	C2 5+ t	C3	Tx-Sx>=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	V.A	V.C	Otros		
TPD (6:00 am- 6:00pm)	7775	1923	2714	470	313	774	472	263	90	32	8	6	4	20	51	17971	
Factor día	1.34	1.27	1.31	1.35	1.3	1.25	1.27	1.31	1.31	1.35	1	1	1	1	1		
Factor semana	1.01	1.09	0.98	0.91	0.94	0.99	0.88	0.9	0.87	0.88	1	1	1	1	0.95		
Factor fin de semana	0.97	0.84	1.07	1.32	1.18	1.03	1.52	1.41	1.63	1.55	1	1	1	1	1.14		
Factor expansión	0.96	0.88	1.02	0.98	0.98	0.93	1.06	1.1	0.94	1.02	1	1	1	1	2.18		
TPDA	9799	1968	3803	747	443	918	850	481	158	61	8	6	4	20	121	19387	
Composición del tráfico	92.8%						6.6%						0.6%				100%

Fuente: Elaboración propia