



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

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

**PRESENTA:
BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA**

**NOMBRE DEL ASESOR:
ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ**



APIZACO, TLAX., OCTUBRE 2024

Apizaco, Tlaxcala, **20/septiembre/2023**

Oficio No. C.T./440/2023

Asunto: Liberación de Proyecto
Para Titulación integral

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado:	Bladimir González García
Carrera:	Ingeniería Civil
No. de Control:	18370377
Nombre Del Proyecto:	"PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA."
Producto:	Titulación Integral Informe de Residencia Profesional.

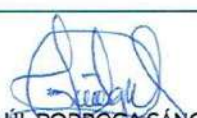
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



EDUARDO CUATIANQUIZ LIMA
JEFE DEL DEPTO. CIENCIAS DE LA TIERRA



RAÚL PORROCA SÁNCHEZ
ASESOR

ccp. División de Estudios Profesionales (Comuníquese la interesada)
Servicios Escolares
Archivo

BEL/Chely*



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 117.
e-mail: ctierra@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



2023
Francisco
VILLA



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., 07/febrero/2024

No. OFICIO: DEP-CT/105/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

BLADIMIR GONZALEZ GARCIA
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CON NÚMERO DE CONTROL: 18370377
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
MANIFIESTO DEL PRESIDENTE
REVOLUCIONARIO Y SEPTIMO
DE MARZO

Agradecimientos

Me gustaría expresar mi más humilde agradecimiento a mis padres, Asunción García Pérez y Roberto González Hernández, mis motores que día a día me impulsaron a salir adelante sin importar las circunstancias que se presentaran, buscando siempre mi bienestar por encima de todo, por brindarme en todo momento ese apoyo incondicional e inspirarme a ser alguien en esta vida, a mis hermanos, que en todo momento me enseñaron el significado de unión, esfuerzo, trabajo y dedicación, motivándome cada día a salir adelante sin importar la cantidad de adversidades que se llegaron a presentar en el camino.

Agradecer a mi asesor el Ing. Armando Victoriano Luna por permitirme realizar este proyecto en el departamento de Infraestructura Vial, dentro de la Secretaría de Infraestructura y permitirme formar parte de su equipo de trabajo, al Ing. Jesús Toledo Pacheco, gracias por su paciencia y constancia en este trabajo, por compartirme sus amplios conocimientos de manera profesional, por su amabilidad ante dudas surgidas, cada palabra y consejo los agradezco y son bien recibidos para ayudarme en mi formación profesional y laboral.

Deseo expresar mi más profunda gratitud al Ing. Raúl Porroga Sánchez, por tomarse el tiempo de atenderme a lo largo de todo este proceso de elaboración del proyecto, por brindarme sus comentarios constructivos y proporcionarme todas las herramientas necesarias para obtener los resultados deseados.

También me gustaría agradecer a las personas que generosamente entregaron su tiempo, corazón y recursos en apoyo a esta nueva etapa.

Índice

Agradecimientos.....	4
Índice de tablas.....	9
Índice de figuras	11
Resumen	15
Introducción.....	16
Justificación.....	17
Objetivos	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Capítulo 1 Generalidades de la empresa	19
1.1 Antecedentes históricos.....	19
1.2 Misión y visión	20
1.3 Organigrama.....	20
1.4 Ubicación.....	21
1.5 Descripción del departamento de trabajo.....	22
Capítulo 2 Marco de referencia.....	23
2.1 Caracterización del área de desarrollo del proyecto	23
2.2 Planteamiento del problema.....	24
2.3 Alcances.....	25
2.4 Limitaciones	26
Capítulo 3 Marco teórico	27
3.1 Generalidades.....	27
3.2 Características para una vialidad	28
3.3 Factores o requisitos de diseño.....	29
3.4 Clasificación de una estructura vial	29

3.4.1 Clasificación por su ubicación	29
3.4.2 Clasificación por jerarquía.....	30
3.5. Clasificación de las carreteras en México.....	32
3.6 Categorías de clasificación oficial.....	33
3.6.1 Nomenclatura de los tipos de carreteras.....	34
3.7 Consideraciones generales para el proyecto de vialidades	34
3.8 Fases para un proyecto vial.....	35
3.9 Selección de rutas.....	37
3.10 Evaluación del trazado de rutas	37
3.11 Elementos de la estructura vial urbana.....	37
3.12 Derecho de vía.....	39
3.13 Instalaciones para servicios públicos.....	39
3.14 Estudios de campo.....	40
3.14.1 Trabajos de campo	41
3.14.2 Trabajos de gabinete	42
3.15 Análisis de demanda	43
3.15.1 Estudio de origen y destino.....	43
3.15.2 Conteo de tránsito y clasificación vehicular (aforos).....	43
3.16 Proyecto geométrico.....	44
3.17 Alineamiento horizontal	45
3.17.1 Conceptos básicos para el alineamiento horizontal.....	46
3.18 Alineamiento vertical	47
3.18.1 Conceptos básicos para el alineamiento vertical.....	49
3.19 Sección transversal	50
3.19.1 Elementos de la sección transversal	50
3.20 Intersecciones	53

3.21 Estudios geotécnicos.....	54
3.21.1 Determinación de la estratigrafía y propiedades del subsuelo.....	54
3.21.2 Determinación de préstamos y bancos de materiales	55
3.22 Diseño de pavimentos	55
3.22.1 Pavimentos rígidos	56
3.22.2 Pavimentos flexibles	58
3.22.3 Consideraciones de diseño	60
3.23 Puentes	61
Capítulo 4 Metodología	63
4.1 Descripción general del proyecto	63
4.2 Localización del proyecto	63
4.3 Verificación de ubicación y condiciones de la zona del proyecto	64
4.4 Levantamiento topográfico	67
4.5 Estudio de tránsito.....	69
4.6 Proyecto geométrico	73
4.7 Obras inducidas	85
4.8 Verificación de referencias de trazo y replanteo del anteproyecto	88
4.9 Terracerías.....	91
4.10 Pavimento	98
4.11 Cimentación	111
4.12 Estructura del viaducto	118
4.13 Proyecto de alumbrado	123
4.14 Impacto ambiental	125
Capítulo 5 resultados	126
5.1 Descripción de los trabajos definitivos a ejecutar	126
5.2 Cambio de circulación municipio de Tlaxcala y Chiautempan.....	133

5.3 Trabajos de demolición	134
5.4 Manifestación de impacto ambiental.....	138
5.5 Catálogo de conceptos.....	139
5.6 Programa de obra	142
Conclusiones y recomendaciones	143
Competencias desarrolladas	144
Referencias	145
Anexos.....	146
Anexo A (Planos Topográficos).....	147
Anexo B (Planos Proyecto Geométrico)	148
Anexo C (Secciones Estructurales del Pavimento).....	155
Anexo D (Estratigrafía y Estructura).....	156
Anexo E (Detalles Estructurales).....	157
Anexo F (Plano de Alumbrado).....	161
Anexo G (Cambios de Circulación)	162
Anexo H (Planta General del Viaducto)	163

Índice de tablas

Tabla 3.1 Características para la clasificación vial.	35
Tabla 3.2 Código de Colores para instalaciones dentro del Derecho de Vía.	40
Tabla 3.3 Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto en vialidades primarias.	48
Tabla 3.4 Valores máximos para la sobreelevación.	51
Tabla 3.5 Módulo de ruptura para el inicio del diseño de un pavimento rígido.	57
Tabla 4.1 Coordenadas del proyecto.	63
Tabla 4.2 Características geométricas Generales sobre la Carretera Federal R-121 Puebla – Belén.	70
Tabla 4.3 TDPA calculado 2022.	71
Tabla 4.4 Velocidad de punto.	72
Tabla 4.5 Cuadro de construcción del eje del proyecto.	76
Tabla 4.6 Vértices de apoyo.	77
Tabla 4.7 Datos relacionados con el banco “San Antonio”.	96
Tabla 4.8 Cargas en ejes Autobús B2.	99
Tabla 4.9 Cargas en ejes Camión C2.	99
Tabla 4.10 Cargas en ejes Camión C3.	99
Tabla 4.11 Cargas en ejes Camión T3-S2.	100
Tabla 4.12 Cargas en ejes Camión T3-S3.	100
Tabla 4.13 Cargas en ejes Camión T3-S2-R4.	100
Tabla 4.14 Autobús B2.	101
Tabla 4.16 Camión C3.	101
Tabla 4.18 Camión T3-S3.	101
Tabla 4.20 Modulo de rigidez para las capas.	102
Tabla 4.21 Valores de Poisson.	102

Tabla 4.22 Diseño preliminar del pavimento (espesores de capas).	103
Tabla 4.23 Resultados de la propuesta preliminar de diseño.	103
Tabla 4.24 Resultados finales y correctos para el diseño del pavimento.....	104
Tabla 4.25 Datos relacionados con el banco “La Herradura”.	105
Tabla 4.26 Coordenadas de ubicación para los sondeos SPT.	112
Tabla 4.27 Resumen de capacidades de carga.	117
Tabla 5.1 Datos principales que rigen el eje del proyecto.	127
Tabla 5.2 Especificaciones geométricas.	128
Tabla 5.3 Áreas de afectación.	133

Índice de figuras

Figura 1.1 Organigrama de la empresa.....	20
Figura 1.2 Ubicación de la empresa.....	21
Figura 1.3 Área del Departamento de Infraestructura vial.	22
Figura 3.1 Clasificación oficial de las carreteras en México.	34
Figura 3.2 Derecho de vía y sección transversal típica de una carretera colectora.	39
Figura 3.3 Trabajos de campo.	41
Figura 3.4 Trabajos de gabinete.	42
Figura 3.5 Esquema básico de una estación de encuesta origen y destino.	44
Figura 3.6 Capas y niveles en la estructura de pavimentos rígidos.....	57
Figura 3.7 Capas y niveles en la estructura de pavimentos flexibles.....	58
Figura 4.1 Croquis general del proyecto.	64
Figura 4.2 Ubicación de la zona del proyecto.	64
Figura 4.3 Zona donde inicia el proyecto.	65
Figura 4.4 Estructura existente.	65
Figura 4.5 Condiciones actuales de la zona.....	66
Figura 4.6 Zona donde termina el proyecto.....	66
Figura 4.7 Planta topográfica general.	68
Figura 4.8 Ubicación de la zona de estudio.	69
Figura 4.9 Croquis general de Aforos, Entronque Santa Ana Km 28+800.....	71
Figura 4.10 Movimientos direccionales.	72
Figura 4.11 Diagrama de movimientos direccionales entronque a desnivel.	75
Figura 4.12 Diagrama de movimientos direccionales entronque a desnivel.	75
Figura 4.13 Sección tipo 7 cadenamiento 30+180.00.	77
Figura 4.14 Planta geométrica.	78
Figura 4.15 Alineamiento vertical.	79

Figura 4.16 Simbología de ejes.	80
Figura 4.17 Planta geométrica de construcción.	80
Figura 4.18 Ubicación de muros de arranque.	81
Figura 4.19 Muro de tierra armada (alzado).	82
Figura 4.20 Muro de concreto armado (alzado).	82
Figura 4.21 Sección transversal 29+766.03 Eje 29 superior.	83
Figura 4.22 Sección transversal 50+153.68 Eje 50.	83
Figura 4.23 Sección transversal 10+000.00 Eje 10.	84
Figura 4.24 Sección estructural tipo.	84
Figura 4.25 Localización de registro telefónico.	85
Figura 4.26 Localización de registro de CFE.	86
Figura 4.27 Localización de registro de centro de carga.	86
Figura 4.28 Localización de registro de agua potable.	87
Figura 4.29 Apertura de registro de agua potable.	87
Figura 4.30 Preparación de equipo topográfico.	88
Figura 4.31 Replanteo de puntos clave.	89
Figura 4.32 Verificación de referencia de trazo.	89
Figura 4.33 Replanteo de cruce a nivel.	90
Figura 4.34 Verificación de sentido.	90
Figura 4.35 Ubicación de PCA'S.	91
Figura 4.36 PCA-1.	92
Figura 4.37 PCA-2.	92
Figura 4.38 PCA-3.	93
Figura 4.39 PCA-4.	93
Figura 4.40 PCA-5.	94
Figura 4.41 PCA-6.	94

Figura 4.42 Ubicación de Banco de préstamo de materiales.	96
Figura 4.43 Panorámica del Banco San Antonio.....	97
Figura 4.44 Obtención de muestra No. 2.	97
Figura 4.45 Obtención de muestra No. 3.	97
Figura 4.46 Croquis de localización del Banco “La Herradura”.	106
Figura 4.47 Panorámica del Banco “La Herradura”.....	106
Figura 4.48 Obtención de muestra de arena No. 2.	107
Figura 4.49 Obtención de muestra de arena No. 6.	107
Figura 4.50 Obtención de muestra de base hidráulica No. 1.....	108
Figura 4.51 Obtención de muestra de base hidráulica No. 4.....	108
Figura 4.52 Obtención de muestra de grava No. 3.....	109
Figura 4.53 Obtención de muestra de grava No. 5.....	109
Figura 4.54 Sección estructural tipo (Ramas 10, 11, 20, 30, 40 y 50.	110
Figura 4.55 Sección estructural tipo (Ramas 10, 11, 20, 30, 40 y 50.	110
Figura 4.56 Ubicación de sondeos SPT.....	112
Figura 4.57 SPT-1.	113
Figura 4.58 SPT-4.	113
Figura 4.59 SPT-5.	114
Figura 4.60 SPT-9.	114
Figura 4.61 SPT-9.	115
Figura 4.62 SPT-10.....	115
Figura 4.63 Ejemplo de datos obtenidos en SPT-7.	116
Figura 4.64 Cargas vivas de diseño IMT 66.5.....	118
Figura 4.65 Geometría AASHTO tipo VI.	121
Figura 4.66 Sección transversal apoyo tipo I.	121
Figura 4.67 Sección transversal apoyo tipo II.	122

Figura 4.68 Sección típica de pilas.	122
Figura 4.69 Croquis de distribución de luminarias.....	124
Figura 5.1 Sección tipo 3.	126
Figura 5.2 Sección tipo 1.	127
Figura 5.3 Planta general “Viaducto Santa Ana”.	129
Figura 5.4 Sección tipo 4.	130
Figura 5.5 Sección tipo 2.	130
Figura 5.6 Sección tipo 6.	131
Figura 5.7 Vista en Planta del Tránsito Local.	131
Figura 5.8 Sección tipo 5.	132
Figura 5.9 Perfil estructural.	132
Figura 5.10 Cambios de sentido vial.	133
Figura 5.11 Microlocalización del sitio de ubicación de la estructura sujeta a demolición ...	134
Figura 5.12 Esquema de las partes de la estructura del Puente sujeta a demolición.	135
Figura 5.13 Localización del Banco de Tiro.	135
Figura 5.14 Esquema de la demolición de la losa de calzada.	136
Figura 5.15 Esquema de desmontaje de trabe suspendida.	136
Figura 5.16 Esquema de retiro de relleno del muro y demolición de apoyos centrales.	137
Figura 5.17 Esquema de la demolición de estribos y trabajos de retiro de escombros.	137
Figura 5.18 Calendario de ejecución de obra.....	142

Resumen

En la actualidad el bienestar de las poblaciones está ligado a la cantidad de servicios con los que cuente. Debido a esto, se pretende que en cada población se logre un crecimiento en cuanto a infraestructura carretera se refiere. Es importante reconocer que las carreteras mejoran diversos factores dentro de las poblaciones, pero también afectan de manera negativa cuando no se diseñan correctamente. Actualmente sobre la carretera Puebla – Santa Ana a la altura del km 29+590.53 y el cruce con las calles Orquídeas, Luis Munive y la avenida Antonio Díaz Varela, se genera un caos vial por la detención total de los vehículos que transitan por esta importante Carretera Federal debido a la existencia de semáforos que permiten el entrecruzamiento para acceder al centro de Santa Ana Chiautempan, así como al panteón municipal y localidades aledañas como Santa María Ixtulco, ciudad de Tlaxcala, etc.

Con la finalidad de propiciar un tránsito de vehículos más ágil sobre la Carretera Puebla – Santa Ana, así como en sus cruces, se propone demoler es Estructura existente (Puente), la cual libra el paso en el sentido Tlaxcala – Chiautempan y realizar la construcción de un Viaducto que consiste en aproximadamente 810.53 m de longitud total, el cual alberga 4 carriles de circulación, un acotamiento lateral a cada lado separado por una barrera central para lograr un ancho total de calzada de 18.0 m.

PALABRAS CLAVE: Carretera, Diseño, Cruce, Caos, Semáforos, Transito, Demoler, Estructura, Viaducto, Carriles, Acotamiento, Calzada.

Introducción

El desarrollo de la infraestructura carretera es un elemento clave para acelerar el crecimiento de la economía nacional y la generación de empleos; la inversión en este tipo de infraestructura contribuye a incrementar la competitividad en aquellas regiones con menores niveles de desarrollo, a integrar el comercio entre los principales centros de producción y consumo y a la articulación de numerosas cadenas productivas y corredores industriales en toda la República Mexicana, fortaleciendo así la competitividad económica, social y cultural de todo el país. (SCT, 2011).

La infraestructura vial ha mejorado considerablemente generación tras generación, logrando un avance significativo en cuanto a carreteras, caminos y puentes se refiere. Este gran salto, presente en cada generación, ha traído consigo un mejoramiento en beneficio a la infraestructura vial. Se han tratado con especial atención algunos aspectos importantes como lo son; una justificada planeación, una correcta ejecución y un procedimiento constructivo eficiente, para que juntos logren mejorar aspectos que puedan aplicarse a carreteras, caminos y puentes.

El presente proyecto realmente es un caso especial debido a la zona en que se encuentra ubicado, pues hasta la fecha antes de la ejecución del proyecto, la zona designada a trabajar presenta problemas en cuanto a agilidad y seguridad vehicular se refiere. Por estas deficiencias, y con el propósito de mejorar el flujo vehicular y la seguridad de los conductores, se pretende llevar a cabo la construcción de un Viaducto el cual asegure agilidad y seguridad al tráfico de largo itinerario, así como al tráfico local.

El proyecto se desarrollará en cinco capítulos, dentro de los cuales el capítulo 1 se enfoca a describir las generalidades de la empresa con la que se trabajó para poder desarrollar dicho proyecto. Lo relacionado con las características del área de desarrollo del proyecto, alcances y limitaciones se tratan en el capítulo 2.

Toda la información con la que el proyecto pretende respaldarse se encuentra en el capítulo 3. En este apartado se redacta todo el marco teórico que sirvió como partida para desarrollar el tema en cuestión, abarcando temas estrechamente relacionados con el objetivo del proyecto. Además, en el capítulo 4 se explica a detalle la metodología empleada y por qué se escogió para desarrollar el proyecto y obtener resultados, mismos que se encuentran plasmados en el capítulo 5.

Justificación

Se requiere proponer un proyecto a desnivel mediante un viaducto, de acuerdo con la geometría final que se establezca en el proyecto definitivo. Esta estructura deberá considerar los movimientos de tráfico pesado y doble remolque que actualmente operan en el punto de conflicto. Así como un cruce a nivel semaforizado que distribuirá el tráfico local y que funcione como acceso a la carretera Puebla – Belén.

Además, se requiere de llevar a cabo otros trabajos a fin de mejorar la funcionalidad y seguridad del proyecto por lo que se rediseñará en forma total el entronque actual, considerando que todos los movimientos direccionales locales, de incorporación y desincorporación sean controlados mediante un sistema de semáforos sin interrumpir el tráfico de largo itinerario.

Actualmente sobre la carretera Puebla Santa Ana a la altura del km 29+590.53 y el cruce con las calles Orquídeas, Luis Munive y la avenida Antonio Díaz Varela, se genera un caos vial por la detención total de los vehículos que transitan por esta importante Carretera Federal debido a la existencia de semáforos que permiten el entrecruzamiento para acceder al centro de Santa Ana Chiautempan, así como al panteón municipal y localidades aledañas como Santa María Ixtulco, Ciudad de Tlaxcala, etc.

Con la finalidad de proporcionar un tránsito de vehículos más ágil sobre la carretera Puebla Santa Ana y el cruce con las calles Orquídeas, Luis Munive y la avenida Antonio Díaz Varela sin detener los vehículos, se propone demoler la estructura existente (Puente) (km 29+590.53 de la Carretera Puebla-Santa Ana), la cual libra el paso en el sentido Tlaxcala-Chiautempan y realizar la construcción de un Viaducto que permita conectar el Puente denominado Los Negros con el Viaducto Apetatitlán, generando una circulación de forma continua sobre la Carretera Puebla Santa Ana.

Como parte para complementar el proyecto y de esta manera lograr brindar una mayor seguridad a los usuarios, se deberá considerar un sistema de alumbrado que de seguridad a todos los usuarios.

Objetivos

Objetivo general

- El proyecto consiste en la modernización del cruce sobre la carretera Puebla – Belén a la altura del km 29+580 en el municipio de Chiautempan, tiene por objetivo principal retirar la estructura actual y construir un Viaducto que eleve la carretera principal para dar agilidad y seguridad tanto al tráfico de largo itinerario como al tráfico local.

Objetivos específicos

- Con la modernización de la carretera Puebla – Belén, en el cruce con la avenida Diaz Varela en el municipio de Chiautempan se pretende elevar la calidad del servicio de movilidad vehicular ofrecido a los usuarios.
- Con el proyecto los habitantes de las localidades que engloban principalmente a los municipios de Tlaxcala, Apetatitlán, Chiautempan y demás municipios circundantes, tendrán un beneficio directo al contar con un mejor y rápido acceso para la región, como también un mayor acercamiento para abastecerse de productos básicos en diferentes comercios de la región.
- Este proyecto podrá beneficiar a todos los automovilistas que transiten por esta vía de comunicación reduciendo el tráfico metropolitano e interestatal acortando los tiempos de traslado, además de que se pretende disminuir significativamente el riesgo y número de muertes de automovilistas por accidentes viales.

Capítulo 1 Generalidades de la empresa

1.1 Antecedentes históricos

Adentrándose un poco con relación a los antecedentes históricos de la Secretaría de Infraestructura del estado de Tlaxcala, aparece un primer antecedente que data del año de 1941 donde de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo urbano y Vivienda, nace el Departamento de Obra Pública. Conforme avanzan los años, específicamente por el año de 1970 cambia su nombre a dirección de Obras Públicas y de esta manera se mantiene hasta 1980 donde eleva su rango a Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Fue en la fecha 21 de enero de 1981 cuando se publicó en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, el decreto número 7 que reforma la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Tlaxcala. Debido a este suceso ahora cambia su denominación a Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano (SECODUR). Su estructura administrativa se integró con cuatro direcciones: planeación, proyectos, operación de programas e ingeniería y operación urbana. (Infraestructura, 2020).

Los cambios seguían para esa misma década, pues unos años más tarde, específicamente el 14 de enero de 1987, fue nuevamente reformada la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado, esto debido a que la situación del Estado exigió nuevas y mejores soluciones en materia de desarrollo y crecimiento de vivienda. Ahora con este cambio paso a denominarse Secretaría de Obras Publicas Desarrollo Urbano y Vivienda (SECODUVI).

Por varios años se mantuvo como SECODUVI, siendo una dependencia bastante reconocida en el estado. Sin embargo, fue en el mes de septiembre de 2021 que cambio su denominación a lo que actualmente conocemos como Secretaría de Infraestructura y que actualmente opera junto con un amplio organigrama. La secretaría cuenta con tres direcciones: Dirección de Obras Públicas, Dirección de Proyectos y Precios Unitarios y Dirección Administrativa. Cada una de estas abarca 4 departamentos que complementan a su vez todos los proyectos a ejecutar.

1.2 Misión y visión

Misión

Programar y ejecutar las obras públicas para impulsar el mejoramiento y modernización de la infraestructura, por medio de la coordinación interinstitucional, teniendo como eje rector el bienestar social, las necesidades de la población y el desarrollo económico, con el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible en apego al Plan Estatal de Desarrollo.

Visión

Ser una Secretaría referente del Gobierno del Estado, en la correcta administración y desempeño de funciones, por medio de la eficiencia en la planeación, control y dirección de los recursos, así como en la correcta aplicación de la normatividad relativa a la ejecución de la obra pública, para satisfacer las necesidades de la población en relación con la infraestructura.

1.3 Organigrama

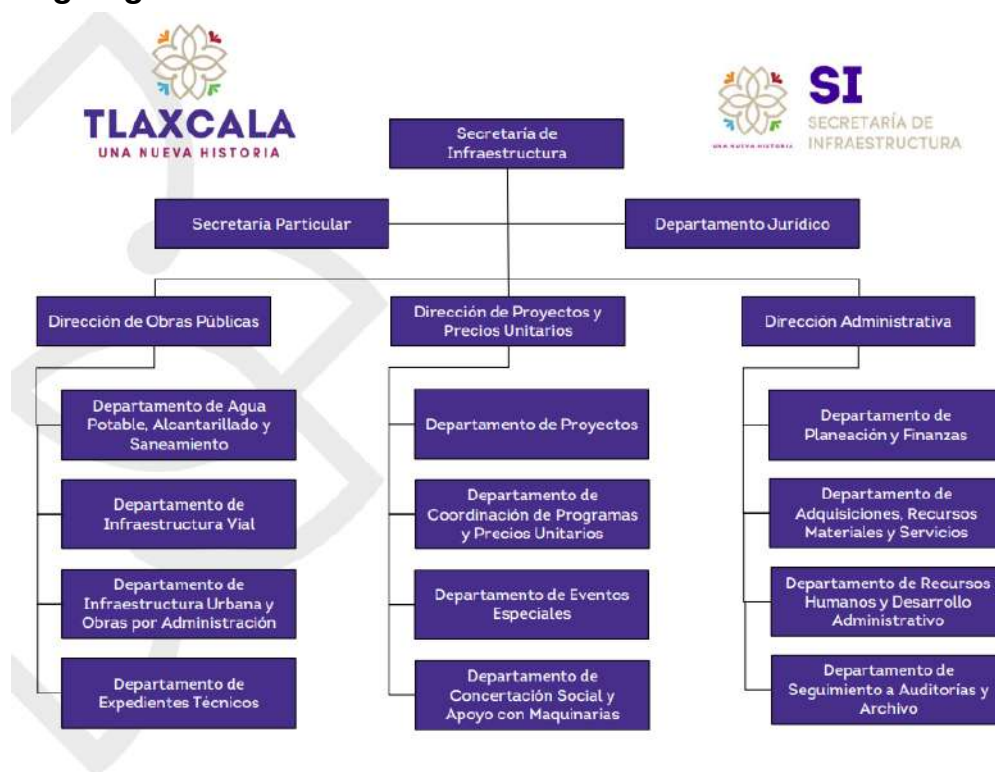


Figura 1.1 Organigrama de la empresa. Fuente: Secretaría de infraestructura.

1.4 Ubicación

Nombre de la dependencia: Secretaría de Infraestructura del Estado de Tlaxcala

Dirección: KM 1.5, Carr. Federal Puebla - Tlaxcala, 90000 Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlax.



Figura 1.2 Ubicación de la empresa. Fuente: Google Maps.

Teléfono: (246) 46 5 29 60 EXT. (3930)

Correo electrónico: avictoriano.si@tlaxcala.gob.mx

Giro, ramo o sector: Público

Nombre del titular de la empresa: Arq. Alfonso Sánchez García

RFC: GET850101110

1.5 Descripción del departamento de trabajo

Nombre del departamento: Departamento de Infraestructura Vial

Estructura departamental: el departamento se compone del jefe de departamento, secretaria particular y 12 residentes de obra.

La misión y visión del departamento de infraestructura vial se apega a lo establecido por la Dependencia.

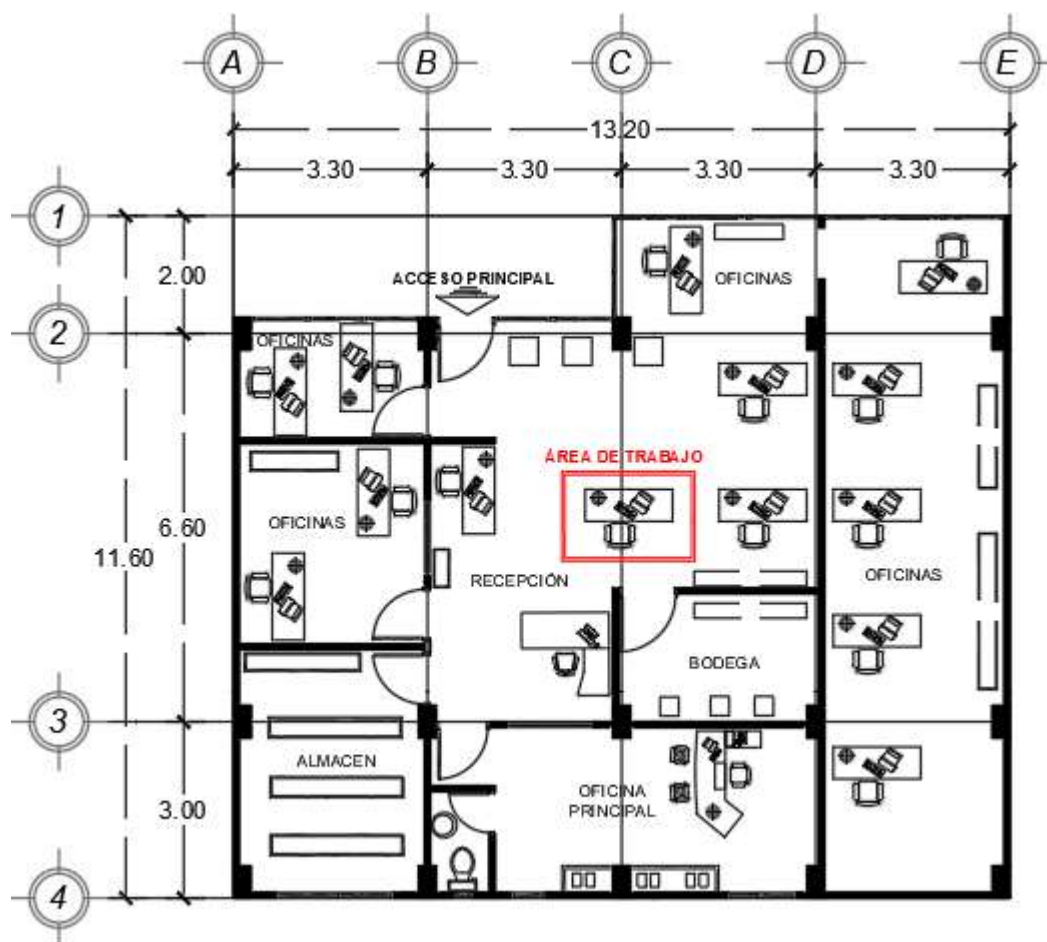


Figura 1.3 Área del Departamento de Infraestructura vial. Fuente propia.

Capítulo 2 Marco de referencia

2.1 Caracterización del área de desarrollo del proyecto

La infraestructura vial ha tenido un gran desarrollo a lo largo de los años, debido a esto el desarrollo de esta se debe ver como un elemento clave para de esta manera lograr acelerar un crecimiento económico. Este tipo de beneficios también traen consigo un gran número de generación de empleos. Dentro de las características importantes de la infraestructura vial, se tiene que gracias a la inversión que se realiza con los diferentes proyectos que se ejecutan, se incrementa considerablemente la competitividad en regiones donde los niveles de desarrollo se consideran bajos.

Constantemente en el área del desarrollo de la infraestructura vial que se puede enfocar a las carreteras y puentes, se manejan aspectos y características importantes que se engloban dentro de una correcta planificación para de esta manera lograr desarrollar proyectos funcionales y beneficiosos. Cumpliendo con todo lo anteriormente mencionado, se busca dotar a los proyectos de infraestructura vial de características correctas y apropiadas para que funcionen de la mejor manera, buscando siempre el beneficio hacia los usuarios de estas.

El desarrollar un proyecto enfocado en la infraestructura vial, busca beneficiar a un gran número de usuarios que día con día se transportan de un lugar a otro haciendo uso de esta infraestructura. Debido a esto, unas de las principales características con la que cuenta este proyecto es mejorar la movilidad y seguridad de los usuarios. Esto se puede lograr proponiendo un tipo de infraestructura que funcione de acuerdo con las necesidades que día con día requieren los usuarios que transitan por esa zona de estudio.

2.2 Planteamiento del problema

Desde hace ya un tiempo, la zona que en esta ocasión se analizara, ya presentaba ciertos problemas debido al tráfico que se genera. Todo iniciaba desde un problema ocasionado por el alto flujo de vehículos que, debido a la ubicación de ciertos semáforos, se presenta una gran fila de vehículos esperando el paso. Esto genera un cuestionamiento y afecta completamente la movilidad en los carriles de la vialidad.

Por mencionar otro aspecto que termina siendo un problema para la zona, es el flujo que existe de vehículos pesados, al ser un tramo bastante transitado y una ruta muy popular en la que este tipo de vehículos pueden transitar, debido a sus propias dimensiones se generan conflictos de flujo vehicular ya que en ocasiones abarcan más espacio e incluso puede ser peligroso para otros conductores que transiten junto a ellos.

El transporte público también genera conflictos en esta zona, esto es debido a que, según su funcionamiento, requieren de hacer paradas continuas ocasionando que se pueda frenar el flujo vehicular. Además, este mismo transporte público requiere de adentrarse en su ruta que abarca calles dentro del municipio de Chiautempan, pero estos accesos no son las adecuadas y no presentan facilidad para acceder a ellos, además, así como el transporte público, también los vehículos particulares requieren de ingresar por estas rutas volviéndose un aspecto desde el cual se puede plantear una correcta solución.

Si bien los semáforos son de ayuda, en este caso este tipo de señalamiento actual no cumple con su función, debido a que no se vuelve seguro dependiendo de hacia dónde quieras dirigirte, lo cual es un problema que requiere de una solución adecuada ya que esto afecta directamente la seguridad de los conductores e incluso peatones que circulan por la zona.

Definiendo los puntos anteriormente mencionados, ahora las preguntas a resolver son, ¿Cómo solucionar el problema de flujo vehicular en la zona?, ¿Cómo lograr accesos prácticos y seguros para las diferentes rutas locales del municipio?, ¿Cómo brindar mayor seguridad a los conductores que circulen por esta zona?

2.3 Alcances

El presente proyecto pretende enfocarse en un estudio de proyecto que resuelva los problemas detectados, tales como flujo vehicular, accesos a las rutas locales y seguridad vial. Para esto se establecen alcances que se pretenden cumplir para lograr los objetivos del proyecto y de esta manera lograr beneficiar un gran número de usuarios.

El proyecto busca solucionar el problema de movilidad y flujo vehicular mediante la construcción de un Viaducto con el cual los vehículos de largo itinerario no interfieran con tráfico local y viceversa. De esta manera se agiliza la movilidad, flujo vehicular e incluso la seguridad de los conductores.

Al solucionar el problema de flujo vehicular, ahora ya no se tendrán problemas con el tráfico que actualmente se presenta en la zona. Por esta razón el tráfico local tiene más posibilidades de ingresar a sus rutas sin que se presenten problemas de movilidad y seguridad. Hasta este punto se presentan dos soluciones reales a los problemas actuales, sin embargo, también se debe alcanzar a cubrir el aspecto de la seguridad, por esta razón y mediante un estudio de semaforización, se atacará el problema. Los alcances ya mencionados son primordiales para que el proyecto funcione de acuerdo con los objetivos establecidos, debido a esto, entre ellos mismos se relacionan para que al final en conjunto resulten como un gran beneficio para todos los usuarios.

2.4 Limitaciones

El proyecto ejecutivo para el viaducto Santa Ana abarca y se centra en todo lo relacionado con el estudio de proyecto, así como su revisión de este para lograr detectar en que aspectos de la propuesta del proyecto se tendrían que modificar, cambiar y en su determinado momento proponer alternativas y soluciones que beneficien al proyecto. Esto se lleva a cabo para lograr que, en su determinado momento, cuando se comiencen a llevar a cabo los planes de construir la estructura, se cuente con toda la información correcta y necesaria para lograr el propósito con el que fue planeado y diseñado dicho proyecto.

Este análisis y estudio del proyecto ejecutivo para el Viaducto Santa Ana abarca la revisión de aspectos relacionados con el tipo de estructura a utilizar, estudios de mecánica de suelos, estudios de semaforización, revisión de los elementos estructurales de subestructura y superestructura, además de la planeación de rutas alternativas, demolición de estructuras actualmente existentes. La viabilidad y seguridad del proyecto son parte fundamental del proyecto por lo que se tiene que alcanzar a cubrir este tema en cuanto a la presentación del proyecto.

Capítulo 3 Marco teórico

3.1 Generalidades

Si bien, el proyecto se trata de la implementación de un viaducto, este tipo de proyectos se contemplan dentro del ámbito de infraestructura vial, por lo que se puede relacionar directamente con los conceptos de carreteras y puentes. De esta manera lo correcto sería plantear algunas generalidades sobre lo anteriormente mencionado.

Podemos definir a una carretera como un tipo de infraestructura que se acondiciona dentro de toda una franja de terreno denominada derecho de vía, tiene como propósito dar circulación a diferentes tipos de vehículos de manera continua. Una carretera debe complementarse con dos aspectos importantes, la seguridad y comodidad. Si la vialidad cumple con estos aspectos, sin duda la carretera cumplirá su objetivo principal el cual es permitir la circulación de vehículos a lo largo de toda su trayectoria.

Ahora para el caso de un puente, se puede entender como una estructura que salva un obstáculo, este puede ser un río, barranco o una vialidad. Un puente permite el paso de personas y/o vehículos que pasen por encima de aquello que, de otro modo, no podría atravesarse.

Como el proyecto se centra en un viaducto, podemos relacionar el concepto de puente con el de viaducto pues también permite el paso de peatones o de vehículos. Sin embargo, para una mejor comprensión del tema, un viaducto es aquel que se encarga de cubrir la totalidad de una distancia entre un punto A y B. Un viaducto puede estar compuesto de varios claros a la lo largo de un conjunto de apoyos.

No existe ninguna diferencia estructural entre un puente y un viaducto, se trata en realidad de mismo tipo de obra. El viaducto y el puente sirven para franquear los mismos obstáculos. Se diferencia un puente de un viaducto en función de su tamaño. Por lo general se considera que un puente es un viaducto cuando su tamaño es mayor que el único obstáculo que intenta franquear, o cuando se trata de un puente que tiene un gran número de arcos, es decir de espacios delimitados por los pilotes de soporte. (Dragon, 2017).

3.2 Características para una vialidad

Para que se realice un proyecto adecuado pensado para cualquier vialidad, siempre será necesario contar con un adecuado diseño geométrico, esto se vuelve de gran importancia debido a que en este apartado se establece su configuración geométrica. Todo esto se realiza con el fin de que la vía cumpla con ciertas condiciones de funcionalidad, seguridad, comodidad, estética, económica y hablando de temas ambientales, que esta sea compatible con el mismo. (Grisales, 2013).

Una vía se podrá considerar **funcional** según como se encuentren desarrolladas sus características geométricas, así como sus volúmenes de tránsito. Todo esto con el fin de que ofrezca una movilidad adecuada, siempre cuidando que su velocidad de operación sea la suficiente.

La vialidad en todo momento tendrá como prioridad básica ser **segura** para los usuarios, esto podrá lograrse a través de un diseño simple, uniforme y consistente.

Una vía será **cómoda** en la medida en que disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, esto se logrará ajustando su geometría trabajando especialmente en sus curvaturas y sus transiciones dependiendo de las velocidades de operación.

Tener en cuenta que una vía puede llegar a ser **estética**, esto se puede lograr cuando la vialidad se adapta con el paisaje, lo cual genera al usuario visuales agradables produciendo en el conductor un recorrido agradable.

Como en todo proyecto a realizar, la economía es un aspecto fundamental al que se le debería prestar gran atención. Por esta razón una vía tiene que ser **económica**, pero que no confundir este aspecto, pues uno mismo podría interpretarlo con ahorrar recurso mientras se podría estar sacrificando calidad en su proceso de elaboración. Con esto, la vialidad tiene que cumplir con todos sus objetivos y satisfacer las necesidades planteadas desde un inicio, con el menor costo posible en su construcción y mantenimiento.

Finalmente, la vía tendrá que ser **compatible** con su entorno, específicamente con el medio ambiente que la rodea, adaptándola en lo posible a la topografía natural de la zona procurando los usos de suelo y sobre todo minimizando los impactos ambientales.

3.3 Factores o requisitos de diseño

Diseñar una vialidad no es un tema que se debería tomar a la ligera, pues esto implica muchos otros factores que al final pudieran beneficiar o afectar al mismo proyecto. Debido a esto, se deben tomar ciertos factores o requisitos para llevar a cabo un diseño correcto y funcional. Estos factores pueden agruparse en externos o previamente existentes, e internos o propios de la vía.

- ***Factores externos***

Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos, con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos existentes y previstos, los parámetros socioeconómicos del área y la estructura de las propiedades. (Grisales, 2013).

- ***Factores internos***

Los factores internos del diseño contemplan las velocidades a tener en cuenta para el mismo y los efectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución. (Grisales, 2013).

3.4 Clasificación de una estructura vial

La clasificación de la estructura vial consiste en el agrupamiento ordenado de vías urbanas dentro de sistemas acordes con el tipo y cantidad de servicios que éstos deben proporcionar al público; de esta forma la clasificación se efectúa en las siguientes formas: (SAHOP, 2018).

- Por ubicación
- Por jerarquía

3.4.1 Clasificación por su ubicación

Para describir de una mejor manera esta clasificación, se subdivide para lograr de esta manera mejorar la comprensión y clasificación de las vialidades.

- ***Vialidades urbanas***

Son todas aquellas vialidades ubicadas dentro del límite oficial del centro de población.

- ***Vialidades Regionales***

Son todas aquellas vialidades ubicadas fuera del límite oficial del centro de población. Su función es unir dos o más comunidades con un volumen amplio y diversificado de transportes automotores de diferentes tipos, capacidades y pesos. Se componen de las vialidades primarias o troncales, vialidades secundarias, vialidades terciarias o alimentadoras y otras vías.

- a) *Vialidad primaria o troncal*

Son vialidades federales y estatales con alto volumen de vehículos. Están compuestas por las autopistas y libramientos.

- b) *Vialidad secundaria*

Son las carreteras federales, estatales, bipartitas y tripartitas. Estas vialidades cuentan con moderados volúmenes de tránsito de vehículos.

- c) *Vialidad terciaria o alimentadora*

Son todas aquellos caminos vecinales y caminos rurales. Estas vialidades cuentan con bajos volúmenes de tránsito.

- d) *Otras vías*

En este tipo de vías se engloban las brechas.

3.4.2 Clasificación por jerarquía

Similar a la clasificación anterior, pero en este caso se detallan de mejor manera este tipo de clasificación por jerarquía. Es similar con la anterior clasificación por sus vialidades primarias, secundarias y terciarias, sin embargo, para la clasificación por jerarquía se tienen en cuenta aspectos más completos.

- ***Vialidad primaria o con accesos controlados***

Las vialidades primarias con accesos controlados deben constituir una estructura celular, que aloje en su interior y conecte entre sí al conjunto de núcleos que forman la ciudad. Estas vialidades están destinadas a desplazamientos de más longitud y de mayor volumen de tránsito, de manera más expedita, uniendo los distintos sectores de la ciudad y asegurando la conexión entre la ciudad y la red nacional de carreteras. (SAHOP, 2018).

- 1. *Autopistas*

Son vías de acceso controlado; es decir, todas las intersecciones o pasos con otros tipos de vías son a desnivel. Las entradas y salidas a este tipo de vías están proyectadas a manera de proporcionar una diferencia mínima entre la velocidad de la corriente principal y la velocidad del tránsito que converge o diverge (velocidad relativa). Las autopistas se dividen en tres tipos:

a) A nivel

Son aquellas cuya rasante, en su mayor longitud, está prácticamente a la misma altura que las calles transversales.

b) Elevadas o viaductos

Son aquellas autopistas cuya rasante se encuentra a un nivel más alto que el de las calles transversales. Están generalmente diseñadas con estructuras de marco y las columnas están colocadas de tal manera que dejan libre gran parte del espacio que queda debajo de ellas.

c) Inferiores

Son aquellas cuya rasante está a nivel inferior al de las calles transversales.

2. *Libramientos*

Los libramientos urbanos deben canalizar un alto flujo de tránsito para evitar su introducción en zonas con alto potencial de congestión y que no representan el destino del conductor, asimismo, los accesos deben ser controlados y articulados con otras vialidades primarias.

- ***Vialidad primaria***

Las vialidades primarias deben constituir una estructura que conecte entre sí a los distintos núcleos o asentamientos que conforman la ciudad. Estas vialidades están destinadas a desplazamientos de gran longitud y a altos volúmenes de tránsito, de manera rápida, uniéndolos los distintos sectores de la ciudad. (SAHOP, 2018).

1. Arterias Principales

Las arterias principales son vías de acceso controlado parcialmente; es decir, las intersecciones que forman con otras arterias o calles pueden ser a nivel, controladas con semáforos o a desnivel. Este tipo de vía, cuando la demanda del tránsito futuro lo amerite, se convertirán en autopistas.

2. Arterias

Las arterias son aquellas vías primarias con intersecciones controladas con semáforos, en gran parte de su longitud. Puede contar con carriles reversibles o carriles exclusivos para el transporte colectivo (autobuses y trolebuses).

- ***Vialidad secundaria o colectora***

Las vialidades secundarias o colectoras son aquellas vías que ligan a las vialidades primarias con las calles locales o terciarias. Estas vías tienen características geométricas más reducidas que las arterias. Pueden tener un tránsito intenso de corto recorrido, movimientos de vueltas, estacionamiento, ascenso y descenso de pasaje, carga y descarga y acceso a las propiedades colindantes. (SAHOP, 2018).

- ***Vialidad terciaria o local***

Las vialidades terciarias o locales se utilizan para el acceso directo a las propiedades y están ligadas con las calles colectoras. Los recorridos del tránsito son cortos y los volúmenes son bajos. Generalmente son de doble sentido del tránsito y para evitar el tránsito de paso se diseñan con retorno en uno de sus extremos (calles cerradas). (SAHOP, 2018).

3.5. Clasificación de las carreteras en México

Existen organismos gubernamentales que proporcionan información acerca de la clasificación existente y oficial para las vialidades. Por su importancia y características, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) clasifica la red mexicana en:

- ***Red Federal de carreteras***

El gobierno federal se encarga de atenderlas en su totalidad. Entre las ciudades, registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga. También, canaliza los recorridos de largo itinerario, es decir, los relacionados con el comercio exterior, así como la producción de los sectores más dinámicos de la economía nacional. (VISE, 2020).

- **Redes estatales**

Su función es de gran importancia para la comunicación regional, ya que enlaza las zonas de producción agrícola y ganadera y al mismo tiempo, asegura la integración de extensas áreas en varias regiones del país. (VISE, 2020).

- **Caminos rurales y brechas mejoradas**

Aunque son vías modestas y por lo general carecen de pavimentación, su importancia es más social que económica, porque proporcionan acceso a comunidades pequeñas que estarían aisladas sin ellos. Por lo que su valor y efecto en las actividades y la calidad de vida de esas comunidades es de gran relevancia. (VISE, 2020).

3.6 Categorías de clasificación oficial

Además, dentro de toda esta clasificación principal, la SCT divide en cinco categorías las carreteras, estas categorías dependen directamente del peso, dimensiones y capacidad del autotransporte ya que varía de un vehículo a otro. Esto también funciona para tener un orden en el cual los conductores de estos diferentes tipos de vehículos conozcan sobre que vialidades pueden o no transitar.

- **ET y A.** Puede circular cualquier tipo de vehículo gracias a sus prestaciones físicas y características geométricas que permiten un desplazamiento seguro de todos los vehículos.
- **B.** Red primaria, su servicio es de comunicación interestatal y ayuda a vincular el tránsito.
- **C.** Red secundaria que comprende las carreteras estatales con longitudes medias y que establecen conexiones con la red primaria.
- **D.** Red alimentadora, su servicio es municipal con longitudes relativamente cortas que conectan con la red secundaria.

Tanto los caminos B, C y D cuentan con algunas restricciones o incluso prohibiciones en cuanto al largo del vehículo (como los de doble remolque), principalmente para los vehículos articulados (figura 3.1). (IMT, 2020).

Tabla 3.1 Características para la clasificación vial. Fuente: SAHOP.

CARACTERÍSTICA	VIALIDAD PRIMARIA		VIALIDAD SECUNDARIA	VIALIDAD TERCIARIA
	AUTOPISTAS	LIBRAMIENTOS, ARTERIAS PRINCIPALES Y ARTERIAS	COLECTORAS	LOCALES
Servicio al tránsito	Movilidad óptima, sólo tránsito de largo itinerario.	Se considera movimiento de tránsito principal.	Movimiento del tránsito y acceso a la propiedad de igual importancia.	Se considera movimiento de tránsito secundario.
Servicio a la propiedad	No hay acceso.	Se incrementa el uso de la calle para los servicios a las propiedades colindantes, carga y descarga, etc.	Movimiento del tránsito y acceso a la propiedad de igual importancia.	Sin restricción.
Volumen de tránsito, en TDPA	Más de 20,000 (urb.) Más de 3,500 (reg.)	De 5,000 a 30,000 (urb.)	1,000 - 12,000 (urb.) 1,000 - 3,500 (reg.)	No aplicable.
Longitud mínima	5 km	2 a 5 km	1.5 km	0.8 km
Ancho de banqueta mínimo	2.0 m	2.0 m	2.0 m	1.5 m
Sección mínima Con vuelta izq. Sin vuelta izq.	32.80 m (urb.) y (reg.)	34.50 m (urb.) y (reg.) 31.20 m (urb.) y (reg.)	27.50 m (urb.) y (reg.) 23.60 m (urb.) y (reg.)	14.00 m (urb.) y (reg.)
Características del flujo del tránsito	Flujo libre.	Flujo ininterrumpido excepto en semáforos y pasos peatonales.	Flujo ininterrumpido.	Flujo ininterrumpido.
Velocidad promedio de marcha en condiciones de hora pico (km/h)	70 – 90	50 - 60	30 – 50	20 – 30
Tipo de vehículo	Todos los tipos, hasta un 20% de camiones.	Todos los tipos, hasta un 20% de camiones.	Todos los tipos.	Vehículos de servicio y vehículos ligeros.
Porcentaje de la longitud total (%)	5	20	15	60
Porcentaje de vehículos -km	0 – 30	15 – 40	10 – 20	2 – 10
Espaciamiento de la estructura en km	1.0 – 5.0	1.5 – 5.0	0.5 – 1.0	0.1
Conexión	Sólo con vialidades primarias.	Con vialidades primarias y secundarias.	Con libramientos, arterias principales, arterias, calles colectoras y calles locales.	Calles colectoras y locales.

3.8 Fases para un proyecto vial

Todo proyecto enfocado a una propuesta de vialidad, independientemente del tipo de vialidad que se trate, se debe realizar por fases o etapas. En estas se hace lo posible por evaluar un tipo de viabilidad de gran importancia, se trata de nada menos que la viabilidad económica del proyecto.

a) Prefactibilidad

Aquí se logra identificar las propuestas de rutas posibles con las que podría contar el proyecto, se realiza un prediseño aproximado de la carretera y, recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, se realiza una evaluación económica preliminar. En términos simples, la evaluación económica consiste en comparar, a lo largo de un período de análisis económico, la suma del costo inicial de construcción, el costo del mantenimiento rutinario y el costo del mantenimiento periódico, con los beneficios que se obtendrían,

representados mayoritariamente en los ahorros en los costos de la operación vehicular. (Grisales, 2013).

b) Fase 2. Factibilidad

De acuerdo con la ruta seleccionada se deberá diseñar el eje definitivo que formará parte de la planta de la vialidad. Sin embargo, este eje definitivo deberá cumplir con las especificaciones geométricas que están planteadas en un perfil longitudinal, así como sus secciones transversales y de todas las estructuras y obras complementarias que requiera o se estén contemplando en el proyecto.

Con la trayectoria definitiva en planta del eje de la vía y con los prediseños del eje en perfil longitudinal, de las secciones transversales, de las obras complementarias, de las estructuras como puentes y muros de contención, del pavimento, etc., se procede a la evaluación económica final. Esta evaluación se realiza con un mayor grado de confiabilidad por cuanto en esta fase ya se cuenta con elementos suficientes tanto para elaborar el presupuesto con menor incertidumbre como para cuantificar los costos de la operación vehicular. (Grisales, 2013).

En general, el objetivo principal de esta fase es tomar la decisión final de continuar o no con el proyecto. Si este resulta factible se continua con su elaboración, pero ahora con la elaboración de los diseños definitivos.

c) Fase 3. Diseños definitivos

En esta fase se elaboran los diseños definitivos y a detalle de todo lo que engloba el proyecto, desde los diseños geométricos, pasando por toda la estructura en general y sus obras complementarias que en su debido momento sean requeridas. Tener en cuenta que, en ciertos casos, y dependiendo del tipo de vialidad que contemple el proyecto, la decisión de que un proyecto se concrete y se pase a la fase de construcción, es de carácter eminentemente político, respetando claramente el orden de las prioridades ya establecido por las autoridades gubernamentales.

Es conveniente enfatizar que las decisiones asociadas al diseño geométrico deben ser tomadas en estrecha concordancia con las condiciones prevalecientes en cuanto a la geología, la geotecnia, la hidrología e hidráulica de cauces, las facilidades para el emplazamiento y construcción de las estructuras viales e intersecciones, las fuentes de materiales y las afectaciones al medio ambiente. (Grisales, 2013).

3.9 Selección de rutas

Se entiende por ruta aquella franja de terreno, de ancho variable, comprendida entre dos puntos obligados extremos y que pasa a lo largo de puntos obligados intermedios, dentro de la cual es factible realizar la localización del trazado de una carretera. Los puntos obligados son aquellos sitios extremos o intermedios por los que necesariamente deberá pasar la vía, ya sea por razones técnicas, económicas, sociales o políticas; como, por ejemplo: poblaciones, áreas productivas, puertos, puntos geográficos como valles y depresiones, etc. (Grisales, 2013).

Cuando los trabajos de planeación han definido en forma general la franja territorial del proyecto carretero, se procede al estudio de alternativas de ruta cuyo resultado final viene a ser la línea de ruta seleccionada.

La etapa de selección de ruta es básica, y en general, la más importante, porque en ella se definen fundamentalmente los beneficios y los costos de construcción, de conservación y de operación para los usuarios de la carretera. Estos son los elementos de partida para los estudios de factibilidad económica y financiera del proyecto. (SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2018).

3.10 Evaluación del trazado de rutas

Como se mencionó anteriormente, la mejor ruta entre varias alternas, que permita enlazar dos puntos extremos o terminales, será aquella que de acuerdo con las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrezca el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética. Por lo tanto, para cada ruta será necesario determinar, en forma aproximada, los costos de construcción, operación y conservación de la futura carretera a proyectar, para así compararlos con los beneficios probables esperados. (Grisales, 2013).

3.11 Elementos de la estructura vial urbana

1. Guarniciones

El tipo de guarniciones y su localización afectan los patrones de comportamiento del conductor, los cuales en movimiento de vuelta afectan la seguridad y utilidad de una vialidad. Las guarniciones se usan para el control del drenaje, para la protección de peatones, para prevenir la salida de vehículos de la vía en puntos peligrosos, para delinear la orilla de la calzada y para el desarrollo ordenado de las áreas adyacentes. (Taxcala, 2018).

2. Banquetas

Son franjas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En las zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la vialidad; en la zona rural rara vez son necesarias.

En vialidades locales el ancho mínimo será de 1.50 m, en vialidades secundarias y primarias el ancho mínimo será de 2.00 m.

3. Calzada

La calzada es un elemento de la sección transversal de una vialidad destinada a la circulación de vehículos. Generalmente, en la zona rural está delimitada por los acotamientos o rayas laterales y en la zona urbana por las guarniciones.

4. Fajas separadoras

Son franjas de anchura variable, limitadas por guarniciones que se construyen central o lateralmente para separar el tránsito de vehículos en sentidos opuestos o en el mismo sentido. Las fajas separadoras centrales también pueden estar delimitadas por marcas en el pavimento. (Taxcala, 2018).

5. Isletas

Una isleta es un área definida entre carriles de tránsito, para controlar el movimiento de vehículos o para refugio de peatones y su utilización disminuye en número e intensidad los conflictos en las intersecciones.

6. Cunetas

En los casos en que la vía se desarrolle en cortes y sea difícil la obtención de los datos pluviales, será necesario el uso de las cunetas tipo, las que generalmente serán de forma triangular, trapecial o la que indique el proyecto correspondiente, definidas por su ancho y sus taludes.

7. Taludes

Los taludes estarán definidos por su inclinación expresada únicamente por el recíproco de la pendiente

3.12 Derecho de vía

Se entenderá por derecho de vía al bien del dominio público estatal o municipal, constituido por la franja de terreno de ancho variable dentro de la cual se alojan una vialidad, sus instalaciones y obras complementarias (Figura 3.2); así como las áreas reservadas para su ampliación, conservación y protección. (SAHOP, 2018).

Tener en cuenta que las dimensiones del derecho de vía están completamente dispuestas a lo que la autoridad correspondiente dictamine. El proponer las dimensiones para el derecho de vía dependen directamente y se tendrá en consideración aspectos presentes y futuros para la vialidad correspondiente. Las autopistas, regionales o urbanas, deberán contar con cerco en toda su longitud, para delimitar su Derecho de Vía y establecer el control de accesos.



Figura 3.2 Derecho de vía y sección transversal típica de una carretera colectora. Fuente: Transporte 1 UJCV. Diseño geométrico y construcción de carreteras.

3.13 Instalaciones para servicios públicos

La Autoridad Municipal tiene las facultades para expedir permisos de instalaciones y/o construcciones de líneas de transmisión eléctrica, postes, cercas, ductos de transmisión de productos derivados del petróleo, gas, vapor, agua potable, alcantarillado sanitario, telefonía telégrafos o cualquier otra obra similar; ya sea subterránea, superficial o aérea, en todas las vialidades dentro del límite de población de la ciudad, así como zonas urbanas de comunidades rurales. (SAHOP, 2018).

La ubicación de todo tipo de instalaciones que se encuentren comprendidas dentro del área de proyecto a realizar se debe identificar. Esto es de gran importancia debido a que previamente a realizar cualquier trabajo de construcción en campo, o para el análisis de la ruta final que contemplará el proyecto, se debe tener un antecedente de todo este tipo de instalaciones y señalamientos.

Realizar una identificación correcta puede evitar muchos problemas a lo largo de la elaboración y construcción del proyecto ya que, gracias al previo conocimiento de líneas eléctricas, gas, agua potable, drenaje, etc., en todo momento se conocerá la ubicación de estas y tratarlas con especial cuidado.

Toda instalación subterránea nueva, de reposición o de reparación, deberá utilizar el código de colores que se describe en la Tabla 3.2, el cual se deberá aplicar mediante la colocación de bandas de plástico preventivas con un ancho mínimo de 7.6 cm (del color y con la leyenda correspondientes), las cuales se deberán ubicar a 30 cm de distancia por encima de la instalación y en toda su longitud. (SAHOP, 2018).

Tabla 3.2 Código de Colores para instalaciones dentro del Derecho de Vía. Fuente: SAHOP.

TIPO DE INSTALACIÓN	COLOR
Eléctrica	Rojo
Comunicaciones	Anaranjado
Alcantarillado sanitario o pluvial	Verde
Gas, petróleo, gasolina o vapor	Amarillo
Agua potable	Azul
Agua reciclada	Magenta

3.14 Estudios de campo

Antes de iniciar con algún proyecto en el que se tenga en mente construir algún tipo de infraestructura vial y dependiendo de la importancia y tamaño del proyecto, se deben llevar a cabo ciertos trabajos en campo. Estos trabajos se deben realizar con apego a ciertas normas oficiales las cuales publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), considerando que estas actividades forman parte de un proceso e investigación de flujos de tránsito vehicular.

3.14.1 Trabajos de campo

Es importante contar con las especificaciones técnicas del proyecto carretero que vamos a estudiar, a través de recorridos de reconocimiento por la zona de influencia para identificar posibles puntos de generación o atracción de flujos en la red vial que vaya a ser analizada y hacer un inventario de la infraestructura de transporte existente y sus condiciones actuales de operación. Estos recorridos servirán para definir los tramos de la red carretera, y determinar las velocidades de operación y tiempos de recorrido de cada uno de ellos, así como ubicar las estaciones de aforo. (SCT, Guía para la Ejecución de Trabajos de Campo para la Determinación de la Oferta y Demanda de los Estudios de Transito para el Transporte Carretero, 2020).

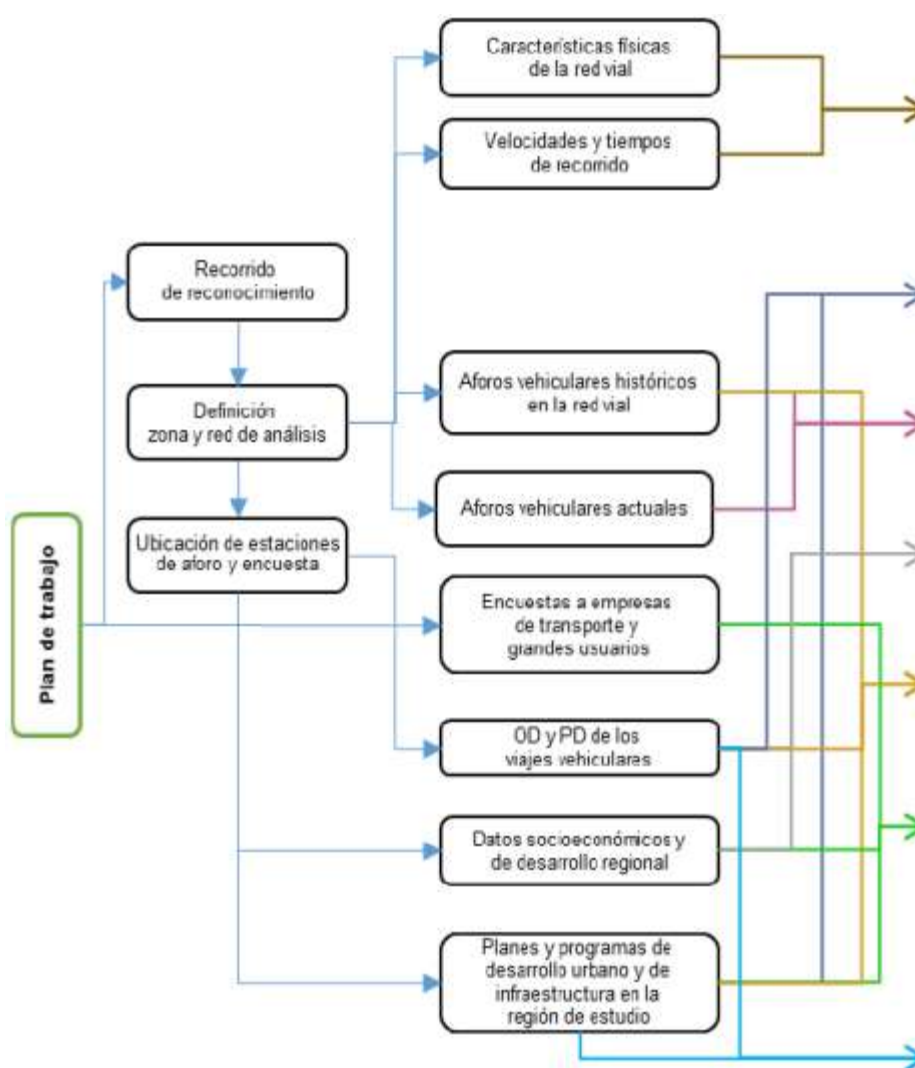


Figura 3.3 Trabajos de campo. Fuente: Instituto Mexicano del Transporte.

3.14.2 Trabajos de gabinete

Una vez concluidos los trabajos de campo y validadas las muestras de los datos, tanto de la oferta como de la demanda, procedemos a determinar los factores de expansión con técnicas de probabilidad y estadísticas para el diseño de experimentos empleados en los modelos de transporte. Los resultados del estudio de mercado nos permiten calcular los tránsitos existentes o actuales; los potenciales, asignados, inducidos y generados expresados en Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y su clasificación vehicular. (SCT, Guía para la Ejecución de Trabajos de Campo para la Determinación de la Oferta y Demanda de los Estudios de Transito para el Transporte Carretero, 2020).

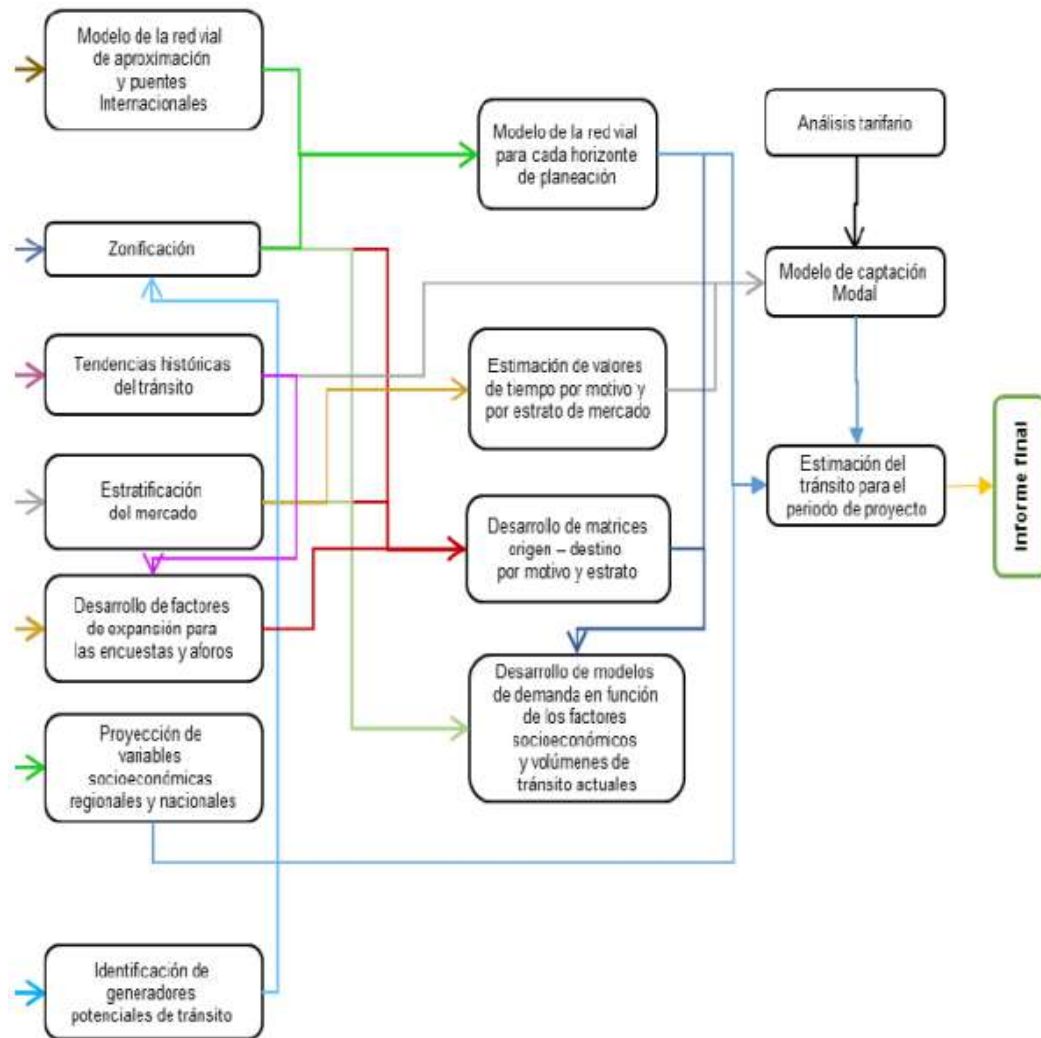


Figura 3.4 Trabajos de gabinete. Fuente: Instituto Mexicano del Transporte.

3.15 Análisis de demanda

Para estimar la demanda dentro de la red de influencia del proyecto, realizamos encuestas de origen-destino, encuestas de preferencia declarada y conteos de tránsito con clasificación vehicular (aforos).

El punto de partida para el conteo de vehículos es tener conocimiento de la clasificación de los vehículos que transitan por la red federal de carreteras.

3.15.1 Estudio de origen y destino

Debemos obtener información acerca del origen y destino de los usuarios mediante encuestas directas al conductor, en estaciones diseñadas conforme al Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y ubicadas en lugares que garanticen la seguridad y funcionalidad de la estación tanto de los usuarios como de los encuestadores. (SAHOP, 2018).

Para la instalación de las estaciones, se visitan previamente los sitios donde serán instaladas las estaciones y se capacita al personal de campo que participará en los estudios. El diseño de las estaciones origen-destino debe considerar aspectos operacionales y de seguridad, tal y como lo indica el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras. (SCT, Manual para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras, 2016).

3.15.2 Conteo de tránsito y clasificación vehicular (aforos)

Se lleva a cabo el conteo de tránsito y clasificación vehicular en un número determinado de estaciones aforadoras de acuerdo con la zona de influencia del proyecto y a los recursos destinados para este fin; durante siete días, las 24 horas, con cortes de datos por hora, por día y por sentido de circulación. (SAHOP, 2018).

Se instalan las estaciones de aforo simultáneas a la aplicación de las encuestas de origen-destino y en otros sitios estratégicos como entronques, puntos de generación y atracción de flujos, y distribuidores viales, donde sea necesario conocer los flujos direccionales. (SCT, Manual para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras, 2016).

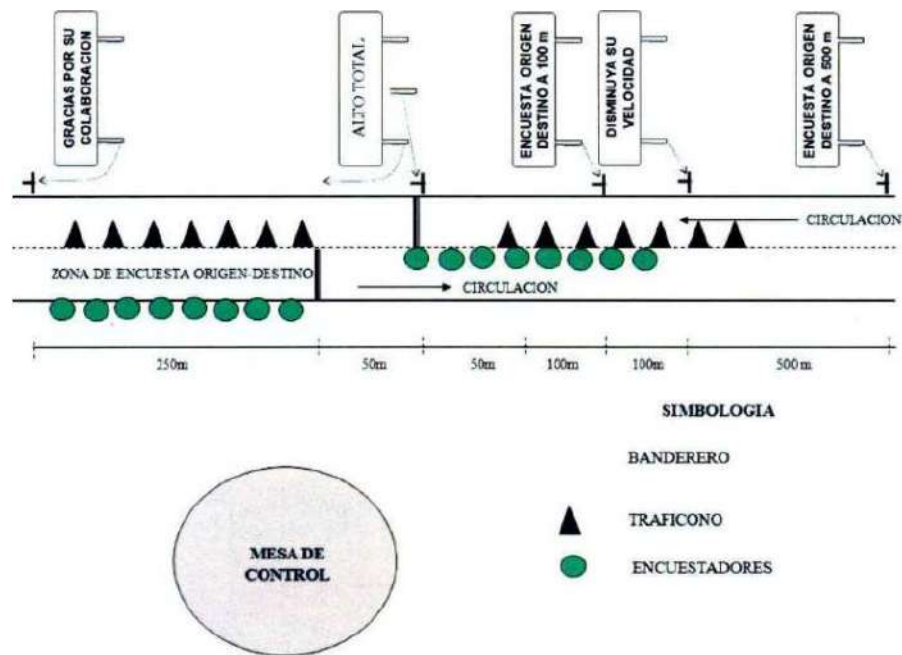


Figura 3.5 Esquema básico de una estación de encuesta origen y destino. Fuente: SAHOP.

3.16 Proyecto geométrico

Es una parte del proyecto ejecutivo de carreteras que comprende desde la ejecución de la ingeniería de detalle necesarios para ordenar y dimensionar geométricamente los elementos de los alineamientos horizontal y vertical, así como de la sección transversal, para que cumplan su función de seguridad, eficiencia y calidad, bajo las condiciones de la demanda vehicular en el horizonte de proyecto resultado de los estudios de planeación. Incluye la elaboración de los planos, especificaciones y documentos en los que se establezcan las características geométricas de cada uno de los elementos. (SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2018).

La ordenación de los elementos de la carretera se refiere a la disposición de sus componentes entre sí y con respecto al terreno natural en que se apoyan. El dimensionamiento consiste en definir los parámetros característicos de cada uno de los elementos. El resultado de este proceso es la definición de las características de la carretera en el espacio con relación al terreno natural.

El proyecto geométrico se expresa en planta, en perfil y en corte, a los que se denomina alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal.

- **Atributos deseables para el proyecto**

Los atributos que debe considerar el proyecto geométrico de carreteras son seguridad, impacto ambiental, economía, rapidez, comodidad, consistencia, durabilidad, apariencia, accesibilidad, conectividad y desempeño de la función. Algunos de estos atributos están contenidos o se traslapan unos con otros por lo que suelen satisfacerse cuando se atienden los tres primeros, por ello se han identificado como deseables a la seguridad, al impacto ambiental y a la economía. (SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2018).

3.17 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona de la vialidad. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

- **Tangentes**

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. En vialidades regionales, las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos durante mucho tiempo. La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a esas curvas. (SCT, Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras, 2004).

- **Curvas circulares**

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

- a) **Curvas circulares simples**

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. Los Elementos característicos de las curvas circulares simples son los siguientes: *grado de curvatura, radio de la curva, ángulo central, longitud de curva, subtangente, cuerda, área bajo la cuerda y rumbo de la cuerda.*

b) Curvas circulares compuestas

Son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas.

- ***Curvas de transición***

Se define como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.

Los tipos de curvas de transición son las siguientes:

1. *Curva clotoide o espiral de transición*
2. *Curva circular simple con espirales de transición.*

3.17.1 Conceptos básicos para el alineamiento horizontal

1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
3. La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.
4. El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible.
5. Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. Se debe tender, en lo general, a usar curvas suaves.
6. Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo.
7. En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura.
8. En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas.

9. Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando una peligrosa la maniobra.
10. Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.
11. Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
12. Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche.

3.18 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son las tangentes y las curvas. (SCT, Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras, 2004).

- ***Tangentes***

Se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de esta. (SCT, Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras, 2004).

- a) ***Pendiente gobernadora.***

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

b) *Pendiente máxima*

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. En la tabla 3.3 se indica la relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto para vialidades principales.

Tabla 3.3 Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto en vialidades primarias.
Fuente SCT.

Tipo de terreno	Porcentaje en pendiente máxima para diversas velocidades de proyecto, en Km/h						
	50	60	70	80	90	100	110
Plano	6	5	4	4	3	3	3
Lomerío	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso	9	8	7	7	6	5	5

c) *Pendiente mínima*

Se fija para permitir el drenaje en zonas urbanas o rurales, la pendiente recomendada es de 0.3% como mínimo, sin embargo, para garantizar el buen funcionamiento de los escurrimientos en ocasiones se podrá llevar a modificar esa pendiente mínima y en casos extremos a tener una pendiente transversal diferente a lo especificado.

d) *Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical.*

Es la longitud máxima en una vialidad en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

• **Curvas verticales**

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vialidad de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. (SCT, Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras, 2004).

a) *Forma de la curva*

La condición óptima para la conducción de un vehículo corresponde a un movimiento cuya componente horizontal de la velocidad sea constante.

b) Elementos que se deben calcular de la curva parabólica

1. Longitud. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas: criterio de comodidad, criterio de apariencia, criterio de drenaje y criterio de seguridad.
2. Pendiente en un punto cualquiera de la curva.
3. Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera.
4. Desviación respecto a la tangente.
5. Externa.
6. Flecha.
7. Elevación de un punto cualquiera de la curva.

3.18.1 Conceptos básicos para el alineamiento vertical

1. La condición topográfica del terreno influye ya sea en terrenos planos, en lomerío o en terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.
2. Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de vialidad y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas.
3. Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.
4. Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable.
5. Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, porque permite aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero, evidentemente, sólo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.
6. Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo con las características previsibles del tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal.
7. Los carriles auxiliares de ascenso también deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario de proyecto excede del 20% de la capacidad de diseño para dicha pendiente, en el caso de vialidades de dos carriles y del 30% en el caso de vialidades de varios carriles.

8. Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, bien con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
9. Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección; este cambio en el perfil es benéfico para todos los vehículos que den vuelta.

3.19 Sección transversal

La sección transversal de una vialidad en un punto cualquiera de ésta es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de elementos que forman la vialidad en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. (SCT, Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras, 2004).

3.19.1 Elementos de la sección transversal

Los elementos que integran y definen la sección transversal de una vialidad son: la corona o arroyo, la subcorona, las cunetas y contracunetas, los taludes, las guarniciones y banquetas, las fajas separadores centrales y laterales, así como las isletas.

- **Corona o arroyo**

La corona es la superficie de la vialidad terminada que queda comprendida entre los hombros, o sea, las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son:

- 1. Rasante*

Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona de la vialidad.

- 2. Pendiente transversal*

Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Se presentan tres casos:

- a) Bombeo. Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia ambos lados de la rasante, para evitar la acumulación del agua sobre la vialidad. El bombeo para las superficies de concreto hidráulico o asfáltico será de 3% en zonas planas y del 2% en zonas montañosas o con lomerío, para superficies de tierra o de grava será de 3 a 4 %.

- b) **Sobreelevación.** La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

Tabla 3.4 Valores máximos para la sobreelevación. Fuente SCT.

Condiciones de tránsito	Sobreelevación máxima
Zonas urbanas.	6 %
Libramientos y vialidades regionales:	
Zonas con heladas o nevadas frecuentes.	8 %
Zonas con gran porcentaje de tránsito de vehículos pesados y no existen heladas ni nevadas.	10 %
Zonas con porcentaje mínimo de tránsito pesado y no existen heladas ni nevadas.	12 %

- c) **Transición del bombeo a la sobreelevación.** En el Alineamiento Horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición.

3. Calzada

Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y está constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

4. Acotamientos

Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros de la vialidad.

• Subcorona

La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas de pavimento. En sección transversal es una línea. Los elementos que definen la subcorona son:

1. **Subrasante.** La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.
2. **Pendiente transversal.** La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación.
3. **Ancho.** El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

- **Guarniciones**

Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, de concreto hidráulico utilizados para limitar banquetas, camellones, isletas, delinear la orilla del pavimento y canalizar los escurrimientos superficiales hacia las obras e instalaciones de drenaje pluvial. Los tipos de guarnición se dividen en verticales y achaflanadas. (SCT, Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras, 2004).

Las primeras tienen su cara exterior sensiblemente vertical para que los vehículos no puedan pasar sobre ellas y se utilizan en zonas urbanas. Las segundas tienen la parte saliente achaflanada para que, en caso de emergencia, los vehículos puedan pasar sobre ellas con relativa facilidad y se utilizan en zonas rurales.

- **Banquetas**

Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o ambos lados de ella.

1. *Rampas en banquetas*

Uno de sus objetivos principales es facilitar y proporcionar seguridad en el acceso a banquetas y libre tránsito a personas discapacitadas.

- **Fajas separadoras centrales y laterales**

Se llaman fajas separadoras a las zonas dispuestas para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto de circulación, o bien para dividir carriles del mismo sentido de circulación, pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas separadoras centrales y a las segundas fajas separadoras laterales.

- **Isletas**

Es un área definida entre carriles de tránsito, para controlar y separar el movimiento de vehículos o para refugio de peatones. En las intersecciones se logra una reducción en los tiempos de recorrido, en los conflictos y en los accidentes. Las isletas se clasifican en tres grupos: canalizadoras, separadoras del tránsito y de refugio para peatones.

3.20 Intersecciones

Se llama intersección, al área donde dos o más vialidades se unen o se cruzan. Se consideran dos tipos generales de intersecciones: los entronques y los pasos.

Se llama *entronque*, a la zona donde dos o más vialidades se cruzan o se unen, permitiendo la mezcla de las corrientes del tránsito. Se llama *paso*, a la zona donde dos vialidades se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito. Tanto los entronques como los pasos pueden contar con estructuras a distintos niveles. (SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2018).

- ***Entronques a nivel***

Un entronque a nivel implica la realización de un proyecto que permita al conductor efectuar oportunamente las maniobras necesarias para la incorporación o cruce de las corrientes de tránsito. Las formas que adoptan los entronques son de tres ramas, de cuatro ramas, de ramas múltiples y de tipo glorieta. (SAHOP, 2018).

Las condiciones locales y el costo del derecho de vía influyen al seleccionar el tipo de entronque. Una distancia de visibilidad limitada puede hacer necesario el control del tránsito mediante señales o semáforos.

- ***Entronques a desnivel***

Un entronque a desnivel es una solución útil y adaptable en muchos problemas de intersecciones. Debido a su alto costo inicial, su empleo se limita a aquellos casos en que pueda justificarse ese costo.

Los entronques a desnivel son necesarios en las intersecciones en donde un entronque a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos de la intersección.

Podemos tener diferentes tipos de entronques a desnivel, algunos ejemplos son: entronque trompeta, entronque direccional, entronque trébol, entronque diamante, glorieta a desnivel.

- ***Pasos a nivel***

Paso a nivel es el cruzamiento a una misma elevación de una vialidad con personas, animales u otra vía terrestre.

Podemos encontrar pasos a desnivel tales como: pasos para peatones, pasos para ganado, pasos para maquinaria agrícola, pasos para vehículos, pasos para ferrocarril.

- ***Pasos a desnivel***

Los pasos a desnivel pueden ser de dos tipos: superiores e inferiores.

3.21 Estudios geotécnicos

El estudio geotécnico es el conjunto de actividades de campo, laboratorio y gabinete necesarios para:

- Determinar la estratigrafía y propiedades geotécnicas del subsuelo a lo largo de la línea de trazo, para deducir el empleo y tratamiento de los materiales que lo integran para la formación de las terracerías; determinar su atacabilidad y sus coeficientes de variación volumétrica para diferentes grados de compactación o acomodo por bandeo; y recomendar la inclinación de los taludes para que sean estables, tanto para cortes como para terraplenes; así como los procedimientos de construcción convenientes para lograr estructuras terreas estables. (SCT, Estudios Geotécnicos , 2019).
- Proporcionar las recomendaciones geotécnicas para las obras menores de drenaje transversal, que permitan el diseño de sus cimentaciones y que establezcan los procedimientos constructivos de los terraplenes sobre ellas.
- Definir los tipos, características y ubicación de las obras complementarias de drenaje y subdrenaje, necesarias para proteger contra la acción nociva del agua a la carretera, a partir de su alineamiento vertical, de las condiciones morfológicas del terreno, de las características de su drenaje superficial y subterráneo, y de los atributos de los materiales que constituyen el subsuelo, en forma eficiente. (SCT, Estudios Geotécnicos , 2019).
- Identificar, precisar y proponer soluciones conceptuales a los problemas geotécnicos especiales que puedan influir en el comportamiento de la obra.
- Determinar los préstamos y bancos de materiales para terracerías, pavimentos, concretos hidráulicos y mezclas asfálticas, con la calidad y el volumen necesarios para la construcción de la carretera.

3.21.1 Determinación de la estratigrafía y propiedades del subsuelo

Para el caso de este tipo de proyectos, se tiene que determinar la estratigrafía y las propiedades de subsuelo a lo largo del trazo de la carretera, en los sitios donde se construirán las obras menores de drenaje y en laderas inestables, para lo que se ejecutara la exploración directa del subsuelo, su muestreo y análisis en el laboratorio y, en su caso, su exploración indirecta. (SCT, Estudios Geotécnicos , 2019).

3.21.2 Determinación de préstamos y bancos de materiales

Se tendrán que determinar los préstamos y bancos de materiales, tanto de terracerías y pavimentos, como de agregados para concretos hidráulicos y pétreos para mezclas asfálticas, que se utilizarán en la construcción de la carretera.

Se deben tomar en cuenta aspectos que se requieran para caracterizar y definir la calidad de los materiales encontrados; la utilización, los tratamientos a que se sujetaran y los volúmenes de los materiales aprovechables de cada préstamo y banco, indicando su ubicación, ruta de acceso, distancia de acarreo, régimen de propiedad y nombre del propietario del terreno, así como su dirección. (SCT, Estudios Geotécnicos , 2019).

3.22 Diseño de pavimentos

Se define a un pavimento como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados comprendido entre el nivel superior de terracerías y la superficie de rodamiento. El pavimento es la superestructura de la obra vial que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto. La superficie de rodamiento de un pavimento puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico, o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. (Secretaría de Obras Públicas, 2018).

- ***Diseño de la estructura de un pavimento***

Es el conjunto de cálculos, especificaciones, normas y planos que definen las características de las capas comprendidas entre la superficie superior de las terracerías y la superficie de rodamiento de una vialidad, cuya función primordial es resistir sin que se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas, las cargas originadas por los vehículos al transitar y transmitir las eficientemente a la subestructura de la obra civil, proporcionando una superficie de rodamiento cómoda y segura. (SAHOP, 2018).

- ***Clasificación***

Los pavimentos se clasifican según el comportamiento de los materiales que los forman en dos tipos:

1. **Pavimentos rígidos:** Aquellos cuyas deformaciones a la acción de una carga externa son mínimas y en los cuales el elemento fundamental resistente sea una losa de concreto hidráulico.

2. **Pavimentos flexibles:** Son los que a la acción de una carga externa presentan deformaciones apreciables, como acontece en el concreto asfáltico, los empedrados y los adoquines.

3.22.1 Pavimentos rígidos

El pavimento rígido estará constituido por una losa de concreto hidráulico apoyada sobre una base hidráulica de espesor mínimo indicada en el proyecto. En el caso especial de que la sub-rasante tenga la resistencia suficiente y las condiciones de calidad aprobadas para apoyo de la losa, podrá eliminarse la base y usar la sub-rasante como base. (Secretaría de Obras Públicas, 2018).

Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos, difieren de los pavimentos de asfalto o pavimentos flexibles; primero, en que poseen una resistencia considerable a la flexión y segundo, en que son afectados grandemente por los cambios de temperatura.

Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- a) Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- b) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- c) Esfuerzos directos de compresión y corte causados por las cargas de las ruedas.
- d) Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- e) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- f) Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la deformación cóncava o convexa (combadura) del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

Para que un pavimento rígido cumpla en forma satisfactoria y económica la vida útil esperada, su diseño deberá basarse en los siguientes factores:

- a) Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- b) Valor relativo de soporte y características de la sub-rasante.
- c) Clima de la región.
- d) Resistencia y calidad del concreto a emplear.
- e) Drenaje eficiente.

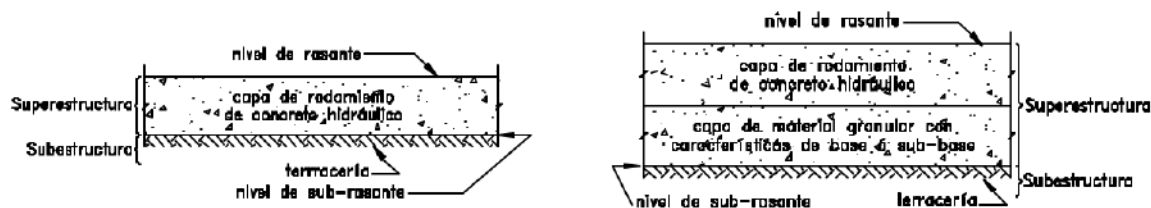


Figura 3.6 Capas y niveles en la estructura de pavimentos rígidos. Fuente: SAHOP.

- **Base hidráulica**

El material apropiado para diseñar la base deberá darle a ésta las siguientes características:

1. Apoyo uniforme a la losa.
2. Incremento de la capacidad portante de los suelos de apoyo.
3. Reducir al mínimo los cambios de volumen que pudieran presentarse en la subrasante.
4. Evitar el fenómeno de bombeo que se presenta cuando a la acción de una carga, la losa comprime la base, que por efecto de infiltración de agua se encuentra saturada y expulsa agua, arrastrando con ella el material fino de la base.

- **Losa de concreto hidráulico**

El pavimento rígido puede diseñarse mediante losas de concreto simple o reforzado, bajo las siguientes condiciones:

1. El ancho de las losas será de 3 m a 5 m. Este ancho podrá variarse de acuerdo con la justificación técnica del proyecto respectivo, en función del espesor de las losas y las indicaciones de la Autoridad correspondiente.
2. El Módulo de Ruptura (MR) es la resistencia mínima del concreto a la tensión por flexión a los 28 días, cuyo valor será obtenido en el diseño de pavimento y validado por la Autoridad Correspondiente. A continuación, se muestran los valores del MR que se deberán utilizar para iniciar el diseño de la losa de concreto:

Tabla 3.5 Módulo de ruptura para el inicio del diseño de un pavimento rígido. Fuente SAHOP.

Tipo de vialidad o Zona	MR (en kg/cm ²)
Vialidades regionales	48
Vialidades urbanas:	
▪ primarias e industriales	45
▪ secundarias	42
▪ locales	38
Zonas industriales	45

- **Juntas transversales**

- a) Juntas transversales de contracción: sirven básicamente para controlar el agrietamiento en el pavimento debido al esfuerzo que se provoca por la contracción y alabeo de las losas; así como los cambios diferenciales de temperatura y humedad.
- b) Juntas transversales de construcción: se instalan al término de la operación diaria de colocación del pavimento o cuando ocurre algún otro tipo de interrupción.
- c) Juntas transversales de dilatación o de aislamiento: son aquellas que se colocan en lugares que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes o el propio pavimento.

- **Juntas longitudinales**

- a) Juntas longitudinales de contracción: son juntas que dividen los carriles de circulación del tránsito y controlan el agrietamiento, en lugares donde se colocan dos o más secciones de un mismo carril simultáneamente.
- b) Juntas longitudinales de construcción: son aquellas que unen carriles adyacentes de pavimento, que se construyen en diferente tiempo o con pasadas separadas.

3.22.2 Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles estarán constituidos por capas denominadas sub-rasante, sub-base, base y carpeta asfáltica; pudiendo eliminar la capa de sub-base, siempre y cuando el material de la sub-rasante reúna las características mecánicas que lo permitan. La diferencia estructural con el pavimento rígido está en que los pavimentos flexibles presentan muy poca resistencia a la flexión. (Secretaría de Obras Públicas, 2018).

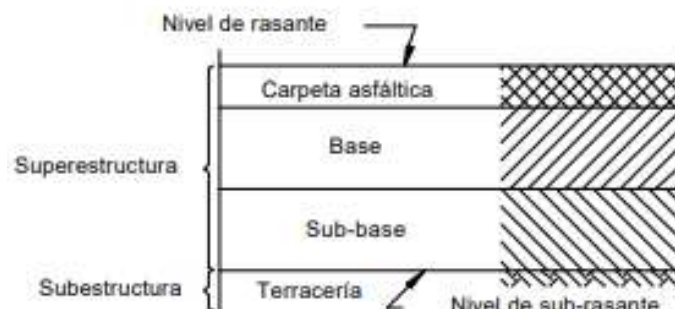


Figura 3.7 Capas y niveles en la estructura de pavimentos flexibles. Fuente: SAHOP.

El pavimento flexible es una estructura que se diseña con los siguientes propósitos:

- a) Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- b) Tener la impermeabilidad necesaria.
- c) Resistir la acción destructora de los vehículos.
- d) Tener resistencia a los agentes atmosféricos.
- e) Tener una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil, cómodo y seguro de los vehículos.
- f) Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la sub-rasante, sub-base o base.

Debido a lo anterior, los factores esenciales que se deben considerar para el diseño y posteriormente para la construcción de un pavimento de asfalto son:

- a) Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- b) Valor relativo de soporte y características de la sub-rasante.
- c) Clima de la región.
- d) Compactación eficiente de la estructura.
- e) Calidad de los materiales a emplear (granulometría, resistencia, etc).
- f) Drenaje eficiente.

- ***Sub-rasante***

Es la capa de terracerías y se forma con el tratamiento adecuado del material del lugar y/o del material producto de los cortes, siempre y cuando cumpla con las especificaciones establecidas; o en caso contrario, del material de préstamo. Sus funciones principales son las de proporcionar el nivel uniforme indicado en el proyecto para alojar la estructura del pavimento y transmitir sin deformarse, las cargas recibidas al terreno natural. Una sub-rasante de buena calidad permite eliminar la capa de sub-base. (SAHOP, 2018).

- ***Sub-base hidráulica***

Es la capa formada por materiales que presenten resistencia friccionante y capacidad drenante como las gravas, arenas gruesas, roca triturada y en general materiales gruesos combinados con un cementante no plástico y de buena permeabilidad, que permita eliminar el agua que se filtre por la superficie o ascienda por capilaridad.

- **Base hidráulica**

Es la capa formada por material de agregados seleccionados procesados y/o tratados, de calidad y espesor determinados en el diseño. El material que constituya la base deberá ser friccionante y suficientemente provisto de vacíos, para garantizar la resistencia estructural permitiendo la transmisión de esfuerzos. (SAHOP, 2018).

- **Carpeta asfáltica**

La carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodamiento cómoda y segura para el tránsito de proyecto y está formada por una mezcla de agregado pétreo y un aglutinante asfáltico, por lo que deberá presentar características de impermeabilidad y condiciones mecánicas para una alta resistencia a la abrasión, la fatiga y al intemperismo.

3.22.3 Consideraciones de diseño

- **Periodo de diseño**

- a) Se tomará como período de diseño la vida útil de la vialidad. Entendiéndose como vida útil de la vialidad, el intervalo de tiempo mínimo esperado, tal que, al finalizar éste, el carril de diseño funcionará con el nivel de servicio seleccionado.
- b) Todo diseño de pavimentos deberá considerar, como mínimo, una vida útil de 20 años para vialidades primarias y de 15 años para vialidades secundarias.

- **Volumen, clasificación y distribución de tránsito**

Se deberá tomar en cuenta la distribución del tránsito, considerando el porcentaje de vehículos pesados y ligeros. Se deberán efectuar los estudios de Ingeniería de Tránsito que indique la Autoridad correspondiente, de acuerdo con la naturaleza propia del proyecto.

- **Carril de diseño**

El carril de diseño será el carril en el cual circulará la mayor cantidad de vehículos pesados.

- **Nivel de confianza**

- a) En vialidades primarias se utilizará un nivel de confianza mínimo de 0.90.
- b) En vialidades secundarias o de menor jerarquía se utilizará un nivel de confianza mínimo de 0.80.

- ***Coefficientes de daño***

- a) Se tomarán los valores utilizados en el método de diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la UNAM referentes a los diferentes tipos de vehículos y condiciones de carga, previa validación por la Autoridad Correspondiente.
- b) Se deberá considerar como mínimo un 50% de vehículos cargados.

- ***Datos de diseño mínimos***

Las distintas capas que conforman la estructura del pavimento deberán cumplir con los espesores resultantes del proyecto correspondiente. Los materiales que se utilicen para la construcción de cada una de las distintas capas del pavimento deberán cumplir con las especificaciones de calidad deseable indicadas en las Normas de Construcción de la SAHOPE.

- ***Tasa de crecimiento***

Se deberá tomar como volumen de tránsito de diseño, el volumen de tránsito esperado al finalizar la vida útil de la vialidad, para lo cual el proyectista recabará ante CONEPO y/o ante la instancia de gobierno correspondiente, la información oficial referente a las tasas de crecimiento y los indicadores sociodemográficos requeridos para el diseño.

3.23 Puentes

El puente es una estructura que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación. Los puentes podrán ser vehiculares y/o peatonales. (SCT, Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares, 2018). Los estudios de campo que son necesarios efectuar para el proyecto de los puentes se pueden dividir en cinco grandes partes: Estudios de Ingeniería de Tránsito, topográficos, hidráulicos, geológicos, geotécnicos y económicos. La Autoridad Correspondiente indicará para cada caso particular, el tipo y alcance de los estudios requeridos para cada anteproyecto y/o proyecto de puente. (SAHOP, 2018).

La estructura de un puente está formada por las siguientes partes:

1. **La superestructura**, parte de la estructura destinada a transmitir las cargas (muertas y vivas) a los apoyos. La superestructura se divide en isostática, como el caso de trabes

libremente apoyadas, trabes con voladizos y arcos de tres articulaciones; y en hiperestáticas, como el de las trabes continuas, arcos empotrados, arcos de dos articulaciones, marcos rígidos, etc.

2. **La subestructura**, es la que transmite las cargas de los apoyos a la infraestructura; que puede ser caballetes de concreto armado, pilas y estribos de mampostería, torres metálicas sobre pedestales de concreto, pilas y estribos de concreto ciclópeo o simple y pilas y estribos de concreto armado, etc.
3. **La infraestructura**, que es la que lleva las cargas al suelo de cimentación; puede estar constituida de pedestales de mampostería o de concreto, pilotes, cilindros de fricción, etc.

Los puentes deben ser diseñados para soportar las siguientes cargas:

1. Cargas muertas.
2. Cargas vivas.
3. Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva.
4. Fuerzas laterales.
5. Otras fuerzas, cuando existan, como fuerzas longitudinales, centrífugas y fuerzas térmicas.

Podemos relacionar el concepto de puente con el de viaducto, un puente también permite el paso de peatones o de vehículos. Sin embargo, para una mejor comprensión, un viaducto es aquel que se encarga de cubrir la totalidad de una distancia entre un punto A y B. Un viaducto puede estar compuesto de varios claros a lo largo de un conjunto de apoyos.

No existe ninguna diferencia estructural entre un puente y un viaducto, se trata en realidad de mismo tipo de obra. El viaducto y el puente sirven para franquear los mismos obstáculos. Se diferencia un puente de un viaducto en función de su tamaño.

Capítulo 4 Metodología

4.1 Descripción general del proyecto

La obra del viaducto Santa Ana, consiste en un Viaducto de aproximadamente 810.53 m de longitud total, inicia en el cadenamiento 29+340.00 y termina en el km 30+0150.53, el cual alberga 4 carriles de circulación de 3.50 m, 2 en sentido hacia Apizaco y 2 Carriles en dirección a Puebla, con un acotamiento lateral de 1.50 m a cada lado separados por una barrera central en un ancho de 1 m, para un ancho total de 18.0 m, de esta manera se permite la circulación continua de vehículos sobre la Carretera Puebla Santa Ana que es la que presenta mayor volumen de tránsito.

El proyecto tiene como objetivo principal modernizar y mejorar la distribución vial con el Viaducto Santa Ana Chiautempan; la construcción de un viaducto para encajonar el tránsito de carriles principales, y carriles laterales para transito local e incorporaciones a la carretera.

Es importante mencionar que, en el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de habla de Mantener al estado con comunicaciones terrestres dignas y accesibles. La ejecución del presente proyecto permitirá gestionar e impulsar el desarrollo de infraestructura vial (puentes peatonales o pasos vehiculares a desnivel) en la entidad tlaxcalteca.

4.2 Localización del proyecto

El proyecto se localiza en el estado de Tlaxcala, específicamente en el municipio de Chiautempan, se sitúa entre las siguientes coordenadas UTM extremas.

Tabla 4.1 Coordenadas del proyecto. Fuente: propia.

COORDENADAS UTM			
TRAMO	KM	X	Y
INICIO	KM 29+340.00	583,577.8210	2,135,933.3813
TERMINO	KM 30+183.59	583,941.0989	2,136,693.4373

El proyecto sobre el que se trabajó abarca una longitud de 843.59 m, como se puede apreciar en el siguiente croquis.

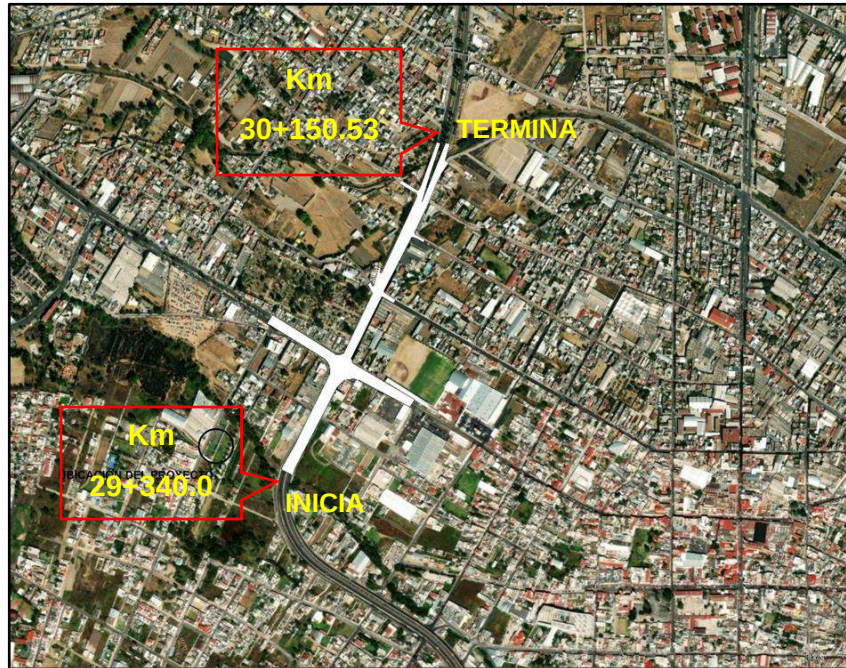


Figura 4.1 Croquis general del proyecto. Fuente propia.

4.3 Verificación de ubicación y condiciones de la zona del proyecto

Previo a iniciar con todas las actividades del proyecto, se inició con una visita a la zona del proyecto con el fin de conocer su ubicación, características y condiciones de la zona. En este recorrido es necesario identificar desde que punto inicia el proyecto y hasta donde termina ya que es base fundamental para posteriormente comprender información que se trabajará más adelante, tal es el caso de planos, ubicación de calles y puntos específicos de referencia.

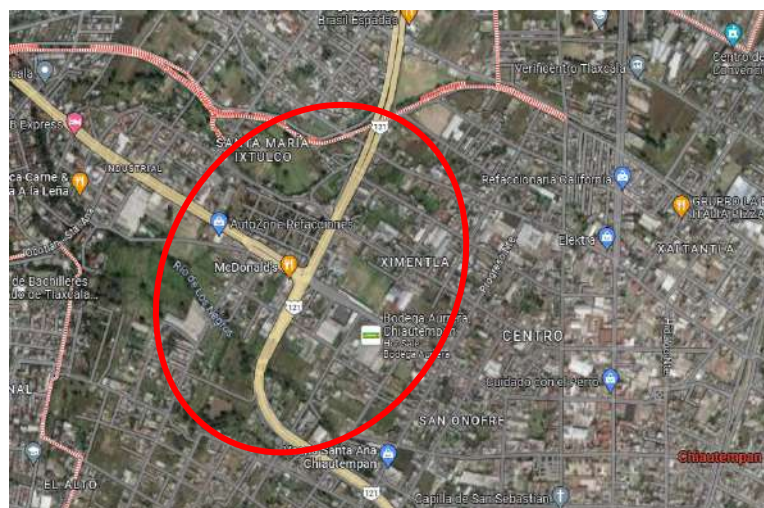


Figura 4.2 Ubicación de la zona del proyecto. Fuente Google Maps



Figura 4.3 Zona donde inicia el proyecto. Fuente propia.

Como parte del reconocimiento de la zona del proyecto se identificó una estructura existente. Tal es el caso del puente que se aprecia en la figura 4.4.



Figura 4.4 Estructura existente. Fuente propia

Debido a la situación y ubicación de la estructura, se considerará una demolición para esta estructura debido a las características y requisitos que debe cumplir el proyecto.



Figura 4.5 Condiciones actuales de la zona. Fuente propia.

La condición de poco flujo vehicular no está muy presente, además, como se puede apreciar en la figura 4.5, las condiciones y ubicación del semáforo actual provoca un estancamiento de vehículos provocando grandes filas de vehículos.



Figura 4.6 Zona donde termina el proyecto. Fuente propia.

En general, en la zona del proyecto realmente se observa la problemática anteriormente planteada, el flujo vehicular no es constante como se muestra en la figura 4.6.

4.4 Levantamiento topográfico

- **Objetivo**

Revisar el levantamiento topográfico de la zona de estudio de proyecto, esta revisión se basa en la planimetría y en la altimetría, se pretenden incluir la revisión de las características y condiciones geométricas del proyecto.

- **Alcances**

Descripción de los trabajos que se revisaron, así como también la presentación de los planos correspondientes relacionados con la planta topográfica, perfil y secciones del proyecto.

- **Descripción de la actividad**

Para la interpretación y revisión del proyecto, previamente se tuvo que realizar un levantamiento topográfico de la zona donde se construirá el viaducto, todo esto con el fin de conocer las características topográficas con las que cuenta el terreno, específicamente en el tramo que abarca el proyecto.

El levantamiento topográfico se realizó con equipo estación total, razón por la cual al ingresar datos a un software nos arroja una serie de puntos relacionados con el levantamiento topográfico.

La revisión de la planimetría incluyo ubicación de estructuras, postes, escurrimientos, lavaderos, cunetas, bordillos, instalaciones áreas, subterráneas, señalamientos y todos aquellos elementos que existentes en la zona del proyecto.

Se procedió a la revisión de toda la información capturada y procesada, esto con el fin de entender y analizar las características del terreno, el seccionamiento de este, así como iniciar a analizar y comparar lo planeado de acuerdo a las especificaciones del proyecto.



Figura 4.7 Planta topográfica general. Fuente: Secretaría de Infraestructura.

En la figura 4.7 se observa la planta topográfica general que se analizó y revisó para determinar los diversos elementos que la componen. En el **Anexo A (Planos Topográficos)** se presentan los planos topográficos acerca de lo que se revisó, la planta topográfica, perfil y secciones transversales, aclarando que las estaciones fueron colocadas a cada 20.00 m.

4.5 Estudio de tránsito

- **Objetivo**

Revisión del estudio de tránsito correspondiente en la zona de estudio para identificar el TPDA en la zona, así como ciertas características que permitan realizar el proyecto del Entronque SANTA ANA para favorecer el flujo vehicular, que ayudara en el desarrollo socioeconómico de la entidad, permitiendo una movilidad eficiente para toda la población.

Proponer recomendaciones para mejorar la circulación vehicular en la zona de estudio, tomando en cuenta condiciones reales y actuales del tránsito.

- **Ubicación del camino**

Se define como zona de estudio el TRAMO PUEBLA – BELÉN en el KM 28+800, ubicado en la intersección de las siguientes vialidades:

- a) Carretera Federal R-121 Puebla-Belén
Km 28+800.
- b) Ramal Tlaxcala– Belén, Carretera Federal R-121
Km 4+800.



Figura 4.8 Ubicación de la zona de estudio. Fuente propia.

Para obtener las características operativas del ENTRONQUE SANTA ANA se emplearon aforos durante siete días durante 24 horas, para identificar los días y las horas de mayor demanda; además se obtuvieron los movimientos direccionales, para determinar el volumen y clasificación de los usuarios de la vialidad que entran y salen.

- ***Tipo de camino y características geométricas***

La Carretera Federal R-121 Puebla – Belén, en general, es una carretera tipo “B4” en terreno lomerío suave para velocidad de proyecto 80 km/h. En la tabla 4.2 se enlistan las características geométricas:

Tabla 4.2 Características geométricas Generales sobre la Carretera Federal R-121 Puebla – Belén.
Fuente Secretaría de infraestructura.

Velocidad de Proyecto 80 km/h	
Distancia de Visibilidad de Parada	128 m
Distancia de Visibilidad de rebase	520 m
Grado Máximo de Curvatura	5.50°
Pendiente Gobernadora	4%
Pendiente Máxima	6%
Ancho de Calzada	7.0 m / sentido
Ancho de Corona	12.0 m / sentido
Ancho de Acotamiento lateral	2.50 m
Bombeo	2 m%
Sobre elevación Máxima	10 %

- ***Datos físicos y operacionales***

Es necesario obtener los patrones de movilidad, para ello se realizó un aforo vehicular a partir del cual se procesó la información obtenida para calcular el TDPA, los niveles de servicio, movimientos direccionales y demás características.



Figura 4.9 Croquis general de Aforos, Entronque Santa Ana Km 28+800. Fuente propia.

En la figura 4.9 se muestra en detalle la localización del punto de aforo ubicado estratégicamente.

Para el correcto análisis del TDPA localizado en la zona de estudio, fue necesario el analizar diversos datos y factores que están implícitos en los datos recabados en el tiempo en que se llevó a cabo el estudio de aforo, para este caso se tomaron datos por una semana las 24 horas. Analizando el comportamiento de los volúmenes registrados, se observa en todos los puntos un incremento acelerado de las **09:00 y a las 16:00 hrs.** Posteriormente se presentan fluctuaciones que determinan las horas valle y las horas pico.

Tabla 4.3 TDPA calculado 2022. Fuente Secretaría de Infraestructura.

No.	KM	ENTRONQUE	SENTIDO	TPDS	Fmp	TDPA
1	28+800	SANTA ANA	1	26747	0.992	26533
2	28+800	SANTA ANA	2	25117	0.992	24916
3	28+800	SANTA ANA	0	51726	0.992	51312

En la tabla 4.3 se muestran los resultados obtenidos del TDPA en la zona de estudio en el Entronque Santa Ana, Km 28+800 de la Carretera Federal Puebla – Belén.

- **Velocidad de punto o instantánea**

El estudio por revisar nos devolverá datos de las características de velocidad actual de las vialidades en estudio. Por lo cual se realizará un aforo vehicular de velocidad en un punto, con método manual, esta estación se ubicó en cada uno de los sentidos del Entronque SANTA ANA del Km 28+800, con una longitud de paso de 50 m, la hora para el aforo oscila entre 10:00 y 15:00 horas.

El tamaño de la muestra que se tomó como mínimo de 250 vehículos para el ENTRONQUE SANTA ANA, por lo tanto, estamos dentro del parámetro mínimo requerido.

Tabla 4.4 Velocidad de punto. Fuente Secretaría de Infraestructura.

No.	TIPO	LUGAR	km	SENTIDO	VEL. PUNTO
1	VEL. DE PUNTO	Entronque Santa Ana	28+800	1	69 Km/H
2	VEL. DE PUNTO	Entronque Santa Ana	28+800	2	70 Km/H

En la tabla 4.4 se muestran las velocidades de punto o instantánea en el Km 28+800, de la Carretera Federal R-121 Puebla – Belén.

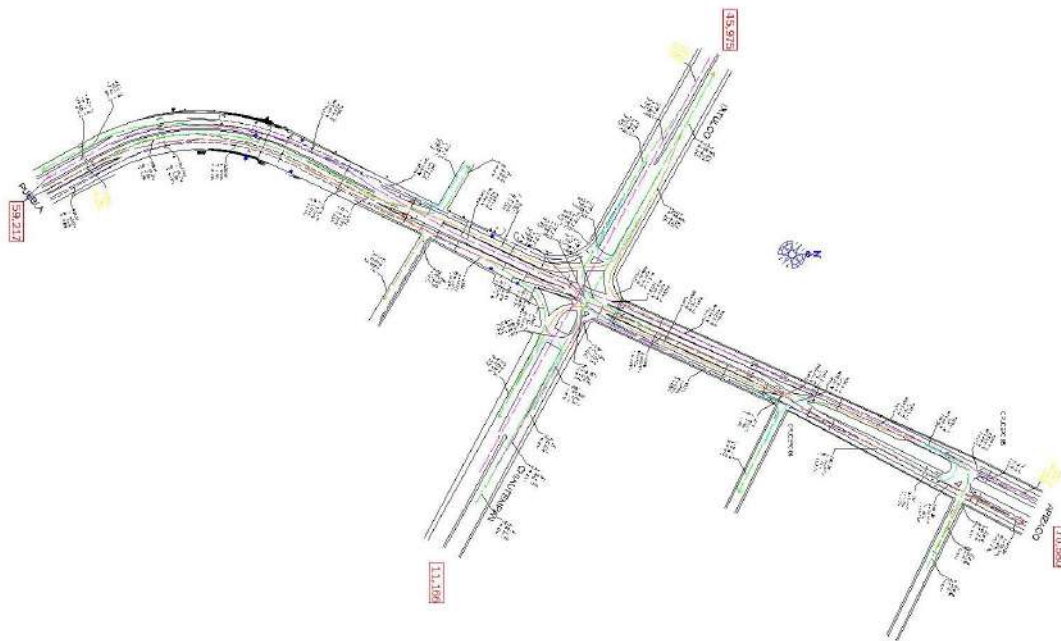


Figura 4.10 Movimientos direccionales. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Como se aprecia en la figura 4.10, se aprecian los movimientos direccionales, así como tus TDPA en los diversos puntos.

4.6 Proyecto geométrico

- **Objetivo**

Lograr identificar las partes que componen el proyecto geométrico, así como la revisión de sus diferentes alineamientos y secciones transversales para verificar que cumplan con las condiciones que el proyecto requiere.

- **Alcances**

Proyecto geométrico que se expresa en planta, en perfil y en corte, a los que se denomina alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal.

- **Descripción de las actividades**

Para realizar la actividad de revisión del anteproyecto geométrico se inició por interpretar los elementos que representan y proporcionan una idea general y clara de lo que se pretende realizar, teniendo en cuenta en todo momento las condiciones iniciales planteadas del proyecto, así como sus alcances.

Se verificaron, en conjunto con el levantamiento topográfico y los datos plasmados en este, las características del terreno sobre el cual tendrá lugar el proyecto, buscando un contexto en todo su alrededor para una mejor propuesta.

En preciso que para el caso del anteproyecto se lleve a cabo una evaluación de la geometría propuesta para el proyecto, verificando que cumpla con las condiciones que solicita y que son importantes que cumpla el proyecto.

Para poder llevar a cabo un trazo optimo, este se debe adaptar a la situación actual que se está presentando, así como a lo que el proyecto propiamente requiera. Se presenta una estructura que obstaculiza el proyecto debido a lo que se tiene planeado. Se llega a esta conclusión debido a que el proyecto requiere de un viaducto el cual se va a elevando a lo largo de su trayectoria. Dentro de esta trayectoria se presenta esta estructura. La selección de este trazo, de la línea o el eje de proyecto se tiene que adaptar a las condiciones topográficas.

Todos los criterios que se analizaron, además de los factores presentes, depende a su vez del tipo y volumen de tránsito previstos durante la vida útil del proyecto, además, también se tomaron en cuenta factores como la velocidad del proyecto, los usos del suelo, factores ecológicos, etc.

Previamente se identificó la clasificación de la vía, así como las diferentes especificaciones que regirán el proyecto geométrico, es de gran importancia buscar una combinación entre los tipos de alineamientos que se adapten al terreno, y en este caso a la zona de desarrollo del proyecto.

El derecho de vía que se está proponiendo es el mismo con el cual ya cuenta la infraestructura vial actual, con esto se cumple uno de varios requisitos importantes dando como lugar que la línea o eje de proyecto proyectada resulte ser la adecuada. Todos los factores que se establecieron para el proyecto influyen directamente en la determinación del alineamiento horizontal y vertical. Esta relación entre ambos alineamientos depende el uno del otro, por lo que se debe guardar cierta relación la cual permita la construcción con menor movimiento de tierra, balance entre volúmenes de excavación y terraplén.

La zona de proyecto ya presenta una infraestructura vial, razón por la cual el alineamiento horizontal continua con la misma geometría ya que no se presentan modificaciones que afecten directamente este alineamiento.

Para el caso de todo el proyecto geométrico, se deben tener en cuenta todo lo que se engloba en el mismo, como ya se mencionó antes, desde un alineamiento horizontal, vertical, secciones, etc. Sin embargo, debido a la propia naturaleza del proyecto se requiere también de cierta información que complemente la información presentada en el proyecto.

Es importante conocer cómo se manejan los movimientos direccionales en ciertas zonas del proyecto, esto con el fin de que todas las partes del proyecto geométrico se engloben y funcionen de acuerdo con lo indicado. Al tratarse de un entronque a desnivel, de acuerdo con los requerimientos del proyecto, es importante conocer los diagramas de movimientos direccionales en el entronque “Santa Ana”.

Todo lo anterior es necesario debido a que en el proyecto geométrico se contemplan estos entronques a desnivel, por lo cual se debe tener conocimiento de estos movimientos direccionales en cada caso. Podemos darnos cuenta de que en la figura 4.11 se aplica a un entronque a desnivel, mismo caso que en la figura 4.12.

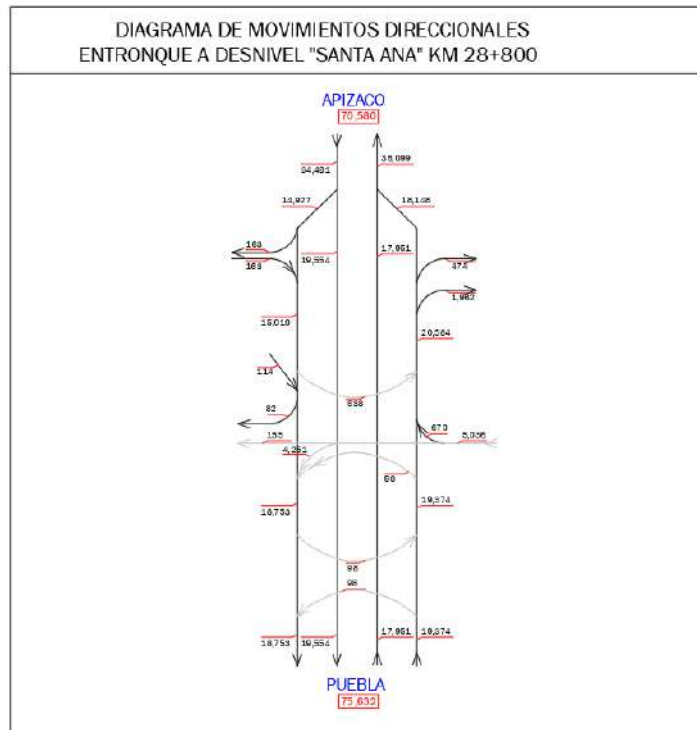


Figura 4.11 Diagrama de movimientos direccionales entronque a desnivel. Fuente Secretaría de Infraestructura.

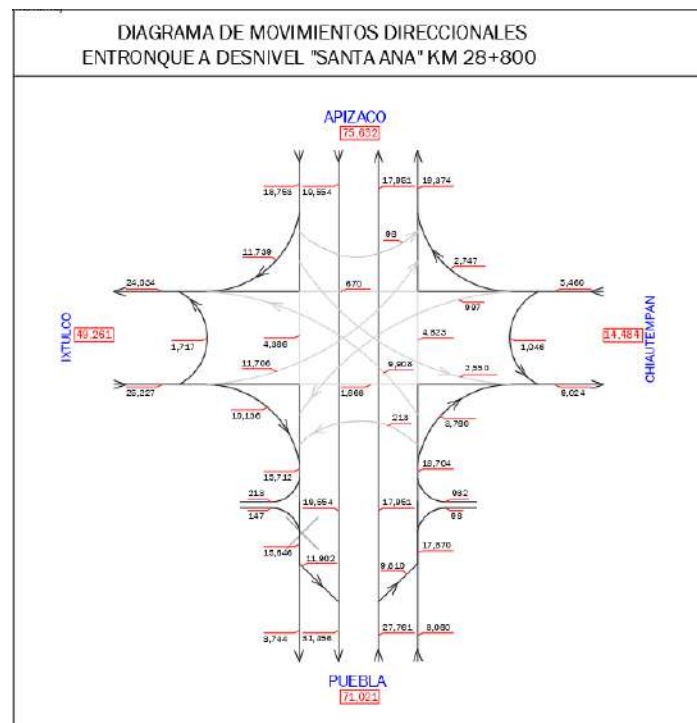


Figura 4.12 Diagrama de movimientos direccionales entronque a desnivel. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Además, para complementar la información relacionada con el proyecto geométrico, es de gran importancia contar con el cuadro de construcción del eje. Este mismo debe estar plasmado, generalmente en la planta geométrica del proyecto o en el alineamiento horizontal para lograr identificar los datos presentados en el cuadro y lograr una mejor interpretación de lo plasmado en la planta geométrica o alineamiento horizontal.

Tabla 4.5 Cuadro de construcción del eje del proyecto. Fuente Secretaría de Infraestructura.

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PST=29+340.00	PC=29+604.51	N 28°09'42.77" E	264.519	PST=29+340.00	583,577.8210	2,135,933.3813
PC=29+604.51	PT=29+657.61	N 26°50'04.48" E $\Delta = 2'39''16.58''$ izq Rc = 1,145.916	53.087 Lc = 53.092 ST = 26.551	PC=29+604.51	583,702.6643	2,136,166.5855
PT=29+657.61	PC=30+063.02	N 25°30'26.19" E	405.416	PT=29+657.61	583,726.6288	2,136,213.9561
PC=30+063.02	PT=30+146.97	N 20°47'06.29" E $\Delta = 9'26''39.80''$ izq Rc = 509.296	83.855 Lc = 83.950 ST = 42.070	PC=30+063.02	583,715.1953	2,136,189.9932
PT=30+146.97	PST=30+183.58	N 16°03'46.39" E	36.612	PT=30+146.97	583,901.2115	2,136,579.8568
				PST=30+183.58	583,930.9686	2,136,658.2544
					583,919.3281	2,136,617.8266
					583,941.0989	2,136,693.4373
LONGITUD = 843.589m						

- **Alineamiento horizontal**

Dentro del apartado del alineamiento horizontal se tomaron en cuenta diversas condiciones que deben satisfacer las necesidades propias del proyecto. Para esto se revisó toda la información que contiene este apartado, específicamente la información plasmada en un plano general de la geometría propuesta.

Se acuerdo con lo analizado y plasmado en planos, en la estación 29+340.00 comienza el trayecto de la vía. Este punto de inicio está a nivel de rasante de la vialidad, pues es hasta el cadenamiento 29+420.00 donde inicia la rampa que conduce a la estructura viaducto para terminar hasta el cadenamiento 30+028.40.

Se llevo a cabo una revisión respecto a la seguridad proporcionada al tránsito, lo cual se considera que la propuesta del proyecto se puede considerar segura, además el alineamiento horizontal se apeg a la topografía del terreno natural. En este caso dentro de lo que contempla el proyecto no se presentan curvas horizontales.

Se considero que el alineamiento no presente quiebres bruscos a lo largo de todo su trayecto. Todos estos factores para beneficio y seguridad de los usuarios.

A lo largo de este alineamiento horizontal se presentan diversas secciones de construcción, dentro de las cuales son a nivel, a desnivel (estructura del viaducto) e incluso algunas en donde se presentan muros de contención (diseñados para recibir rellenos). Estas secciones se presentarán más adelante como propuestas finales del proyecto, sin embargo, es importante mencionar que diversas secciones son similares a las que podemos encontrar en la infraestructura actual de la zona del proyecto, tal es el caso de la sección presentada en la figura 4.13.



Figura 4.13 Sección tipo 7 cadenamiento 30+180.00. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Dentro del alineamiento horizontal se analizó información relacionada con los vértices de apoyo dentro del proyecto. Esta información debe ser estudiada debido a que contiene la nomenclatura del vértice, así como sus coordenadas en X, Y, Z.

Tabla 4.6 Vértices de apoyo. Fuente Secretaría de Infraestructura.

VERTICES DE APOYO			
VERTICE	X	Y	Z
V-1	583635.15	2135653.86	2271.67
V-2	583567.13	2135729.54	2270.67
V-3	583538.94	2135874.94	2268.65
V-4	583616.25	2136040.36	2266.13
V-5	583708.27	2136128.09	2267.95
V-6	583710.62	2136160.19	2267.85
V-7	583774.52	2136323.04	2269.47
V-8	583817.75	2136408.49	2267.96
V-9	583849.26	2136473.29	2267.44
V-10	583883.40	2136554.06	2267.00
V-11	583938.37	2136647.10	2267.97

Además, en la planta geométrica se identificaron también referencias con infraestructura existente como colindancias, ductos, semáforos, postes de alumbrado público y postes de teléfono, entre otras cosas más.

En la figura 4.14 se muestra lo relacionado con la planta geométrica, el proyecto inicia donde se encuentra la línea roja y termina en la línea azul, aunque si se quiere ver el plano más a detalle e identificar más información se encuentra en el **Anexo B (Planos Proyecto Geométrico)**.

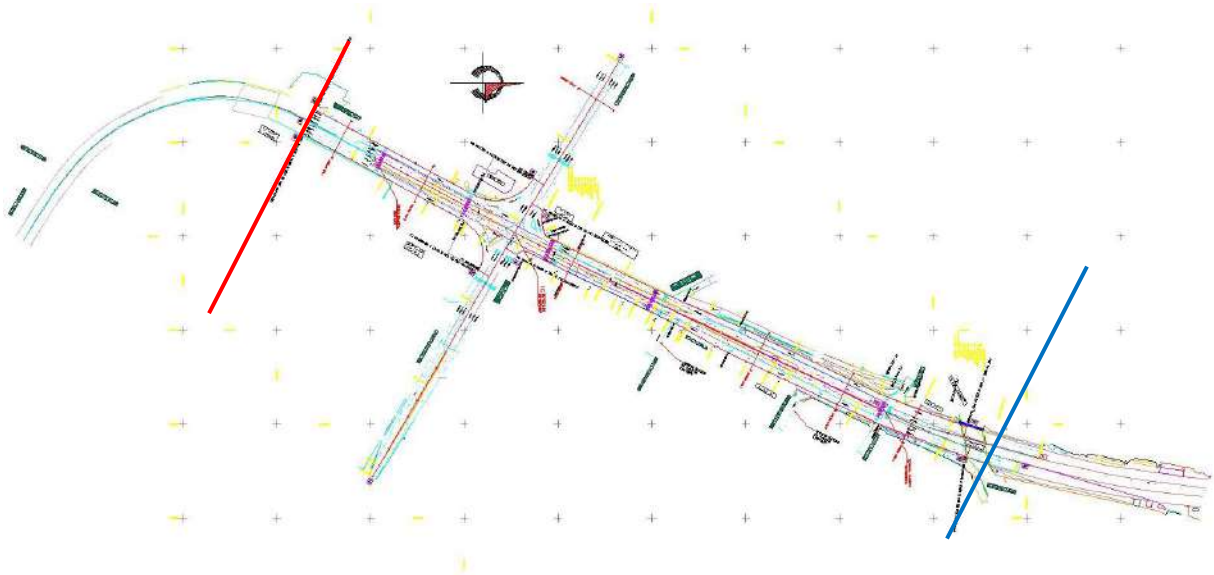


Figura 4.14 Planta geométrica. Fuente Secretaría de Infraestructura.

- ***Alineamiento vertical***

En general, lo que define el alineamiento vertical la mayoría de las ocasiones es la topografía de la zona, en este caso no tenemos problemas relacionados con la topografía debido a que únicamente se implementará una estructura de viaducto, es decir, ya se tiene una infraestructura carretera construida y operando.

Anteriormente con el alineamiento horizontal tratábamos de que no se presentaran curvas a lo largo de la trayectoria que contempla el proyecto, ahora para el alineamiento vertical únicamente se presenta un cambio de nivel debido a la estructura del viaducto proyectado, sin embargo, no se presentan problemas relacionados con la pendiente con la que se operará.

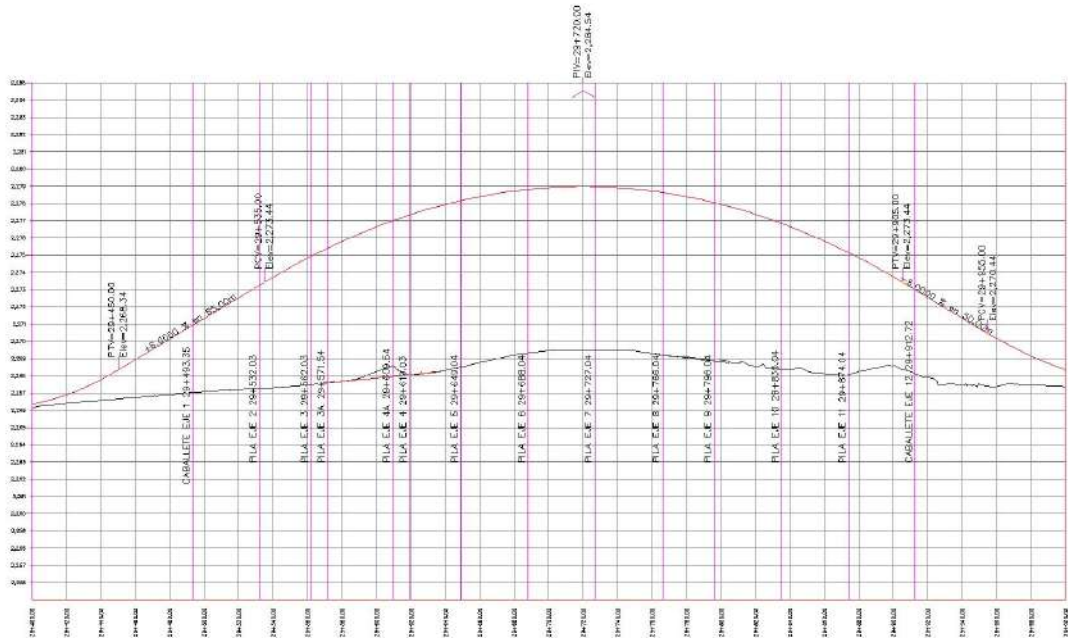


Figura 4.15 Alineamiento vertical. Fuente Secretaría de Infraestructura.

En la figura 4.15 se puede tener una idea de lo relacionado con el alineamiento vertical, sin embargo, para poder visualizar de manera más clara esta información, en el **Anexo B (Planos Proyecto Geométrico)** se presenta con mayor claridad cada uno de estos perfiles para los diferentes ejes manejados en este proyecto.

- **Geometría de la construcción**

Como menciona el párrafo anterior, dentro del proyecto de manejaron 8 ejes, con los cuales se pretende identificar de mejor manera la información plasmada en el proyecto, específicamente en este caso para el proyecto geométrico.

Prácticamente en estos ejes se secciona todo el tramo del proyecto a analizar, para que de esta manera resulte más sencillo identificar perfiles, secciones e información indicada dentro de cada eje. Considerando lo anteriormente mencionado se realizó un cuadro de simbología de ejes con el propósito de identificar de que se trata en la planta geométrica de construcción donde se puede lograr observar que partes constructivas o secciones del proyecto se contempla dentro de cada uno de estos ejes.

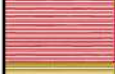
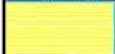
SIMBOLOGIA EJES		
	EJE 29 SUPERIOR	KM 29+340.00 – KM 29+493.03
		KM 29+913.03 – KM 30+183.58
	EJE 29 INFERIOR	KM 29+493.03 – KM 29+581.11
		KM 29+603.33 – KM 29+622.99
	EJE 10	KM 10+000.00 – KM 10+491.53
		KM 10+500.30 – KM 10+513.02
	EJE 20	KM 20+024.69 – KM 20+430.57
	EJE 30	KM 30+080.00 – KM 30+153.03
		KM 30+221.29 – KM 30+243.49
	EJE 40	KM 40+017.21 – KM 40+048.24
		KM 40+112.58 – KM 40+185.62
	EJE 50	KM 50+000.00 – KM 50+513.87
	EJE 11	KM 11+000.00 – KM 11+083.16

Figura 4.16 Simbología de ejes. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Resulta que al manejar este tipo de información por medio de ejes realmente facilita el manejo de tanta información como es el caso de este proyecto. Este “seccionamiento” favorece la comprensión de los elementos implícitos en cada eje, incluso se logró identificar que zonas son las pertenecientes a la estructura del viaducto. Con la nomenclatura de los cadenamientos ligada a sus ejes correspondientes, se plasman y entiende mejor en los alineamientos, secciones y perfiles. Para visualizar mejor la información ver **Anexo B (Planos Proyecto Geométrico)**.

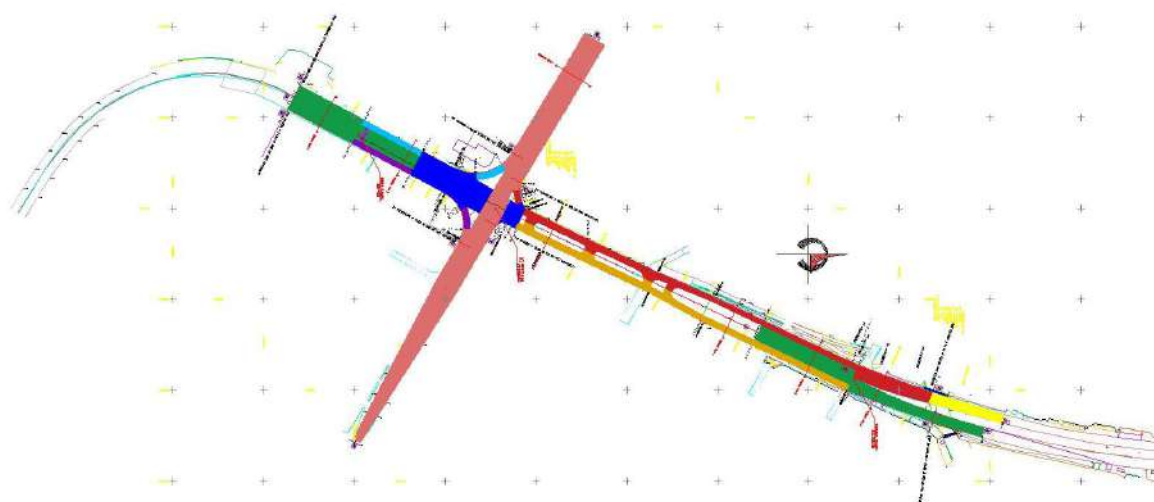


Figura 4.17 Planta geométrica de construcción. Fuente Secretaría de Infraestructura.

- **Muros de arranque**

Dentro del proyecto geométrico se consideraron muros de arranque en diversas ubicaciones, específicamente en las zonas donde inician y terminan las rampas, además de un quinto muro iniciando donde termina la rampa que va en dirección hacia Apizaco.

Los muros que están indicados en las rampas de inicio y termino se consideran como muros de tierra armada. Los muros de tierra armada son sistemas en los cuales se utiliza materiales térreos como elementos de construcción. Un muro de contención de tierra armada está constituido por un suelo granular compactado en el que se colocan bandas de refuerzos horizontales y verticales a intervalos regulares.

Además, estos muros están armados con piezas de concreto prefabricadas llamadas escamas y tienen forma de un hexágono las cuales se unen unas con otras. También se presenta otro muro de contención el cual es a base de concreto armado y presenta una sección variable.

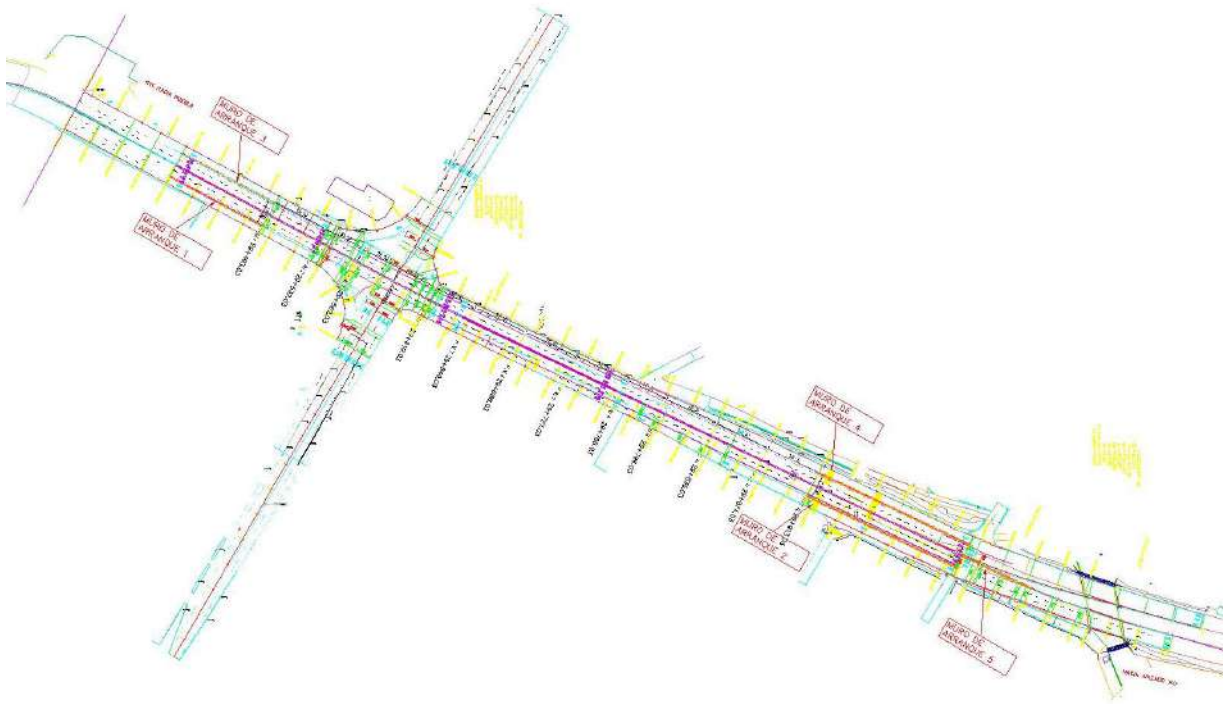


Figura 4.18 Ubicación de muros de arranque. Fuente Secretaría de Infraestructura.

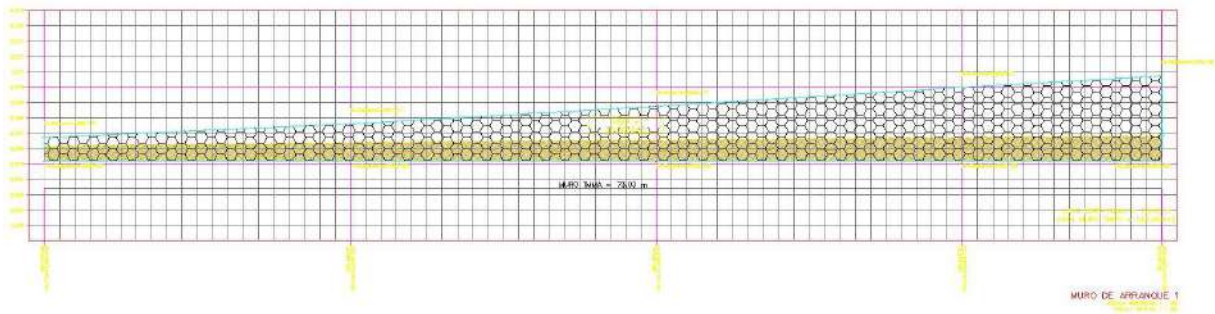


Figura 4.19 Muro de tierra armada (alzado). Fuente Secretaría de Infraestructura.

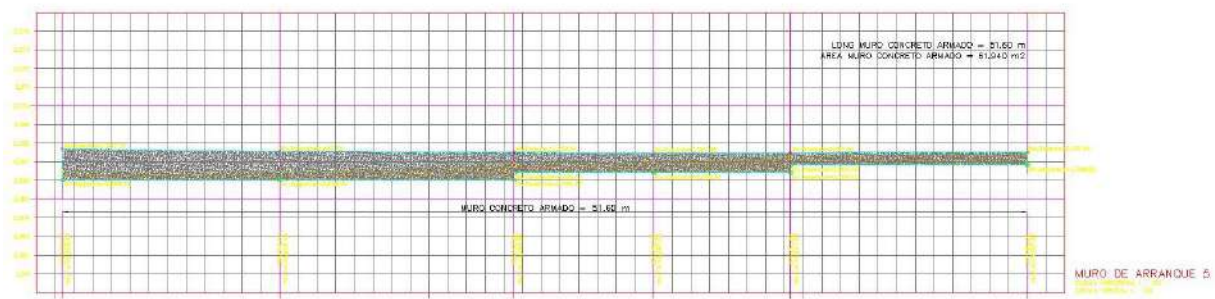


Figura 4.20 Muro de concreto armado (alzado). Fuente Secretaría de Infraestructura.

Este tipo de estructuras forman parte fundamental de todo el proyecto geométrico, ya que en este mismo se tienen que englobar toda la información relacionada con la geometría final del proyecto, y teniendo en cuenta que para lograr esta geometría es necesario recurrir a estructuras que funciones para lograr el propósito del proyecto.

Para mayor interpretación de la información acerca de estas estructuras ver **Anexo B (Planos Proyecto Geométrico)**.

- **Secciones transversales**

Como parte primordial de todo proyecto geométrico debemos prestar especial atención a las secciones transversales indicadas en el proyecto. Esto quiere decir que deben presentar toda esa información necesaria para lograr identificar y comprender el comportamiento a lo largo de todo el eje de proyecto.

Como se mencionó en apartados anteriores, el proyecto se manejó por ejes, esto debido a la gran cantidad de información que se tiene respecto al propio proyecto. Como parte de toda esta información se encuentran secciones separadas por esos ejes, dentro de los cuales las secciones se especifican lo más claro posible.

En todas las secciones, independientemente del eje, presentan información importante a la hora de analizar su estructura, bombeo, terreno natural y obras destinadas a realizarse en dicha sección.

Si queremos analizar todo lo respectivo a la estructura del viaducto, debemos analizar el eje 29 superior, dentro de estas secciones se analizó el inicio y termino de la estructura. Además, se pueden analizar e interpretar detalles de la sección estructural.

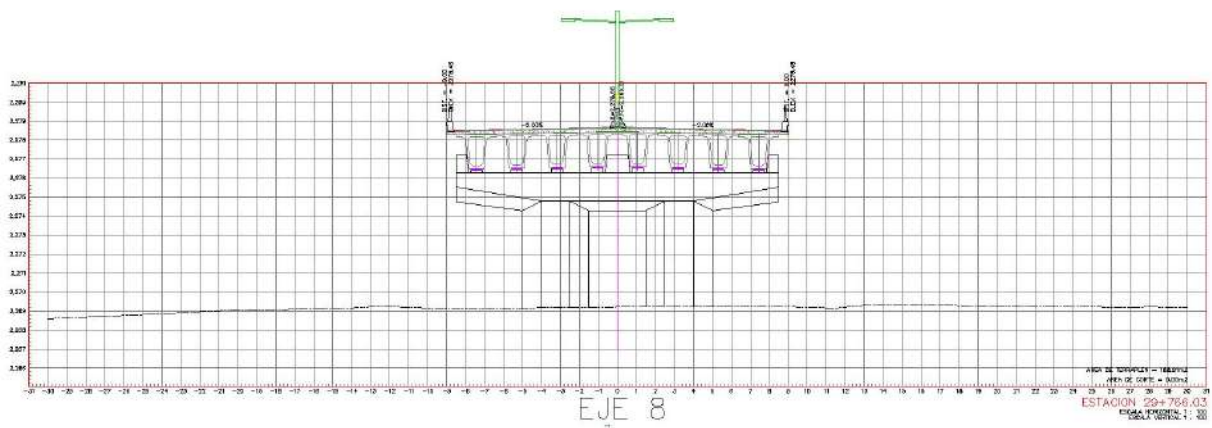


Figura 4.21 Sección transversal 29+766.03 Eje 29 superior. Fuente Secretaría de Infraestructura.

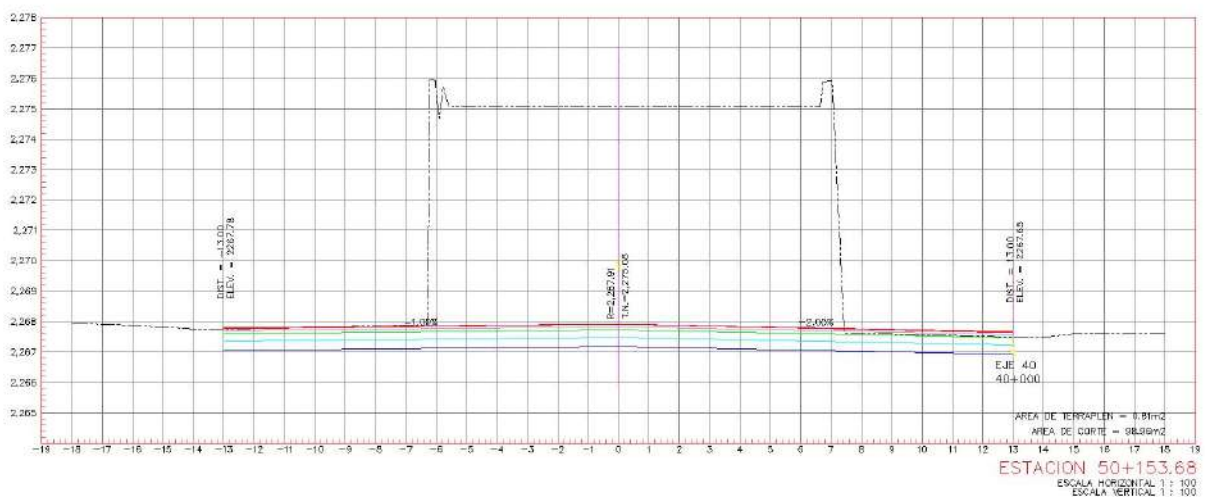


Figura 4.22 Sección transversal 50+153.68 Eje 50. Fuente Secretaría de Infraestructura.

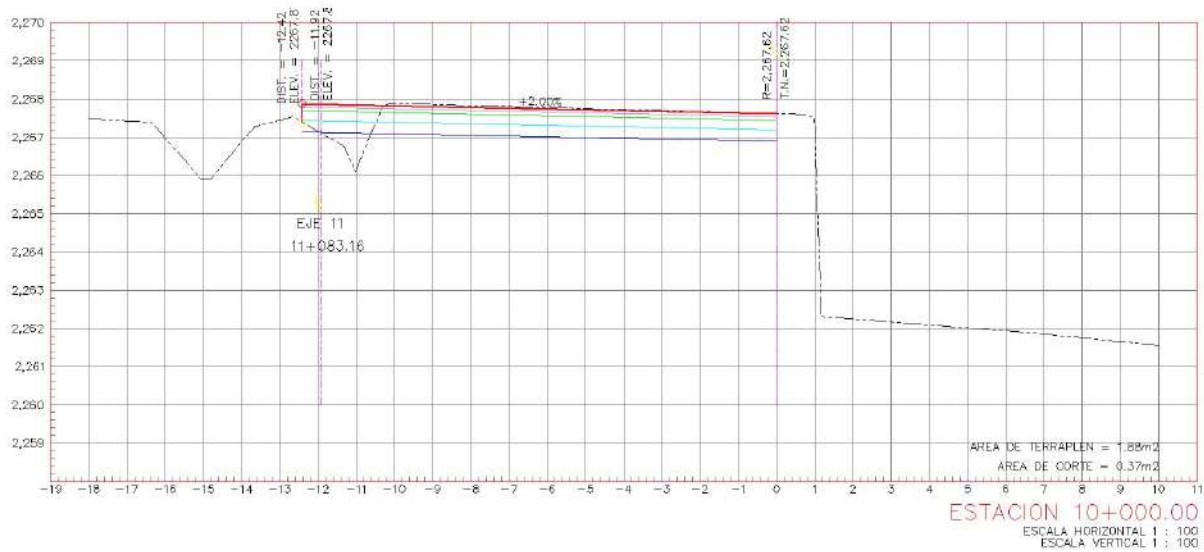


Figura 4.23 Sección transversal 10+000.00 Eje 10. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Como bien se presentan en las secciones transversales información relevante respecto a que es lo que ocurre en esa zona, también es de gran importancia conocer más a detalle su sección estructural, pues bien, esta será la encargada de lograr la vida útil del pavimento.

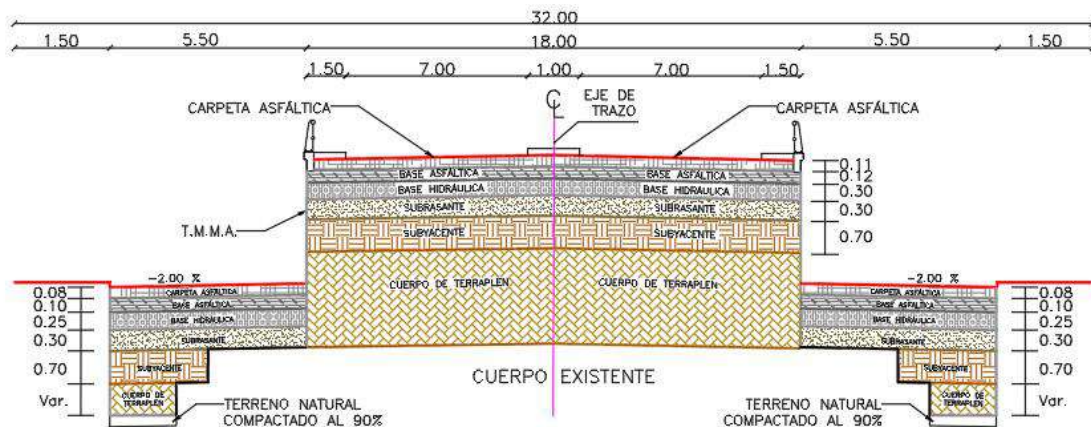


Figura 4.24 Sección estructural tipo. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Para lograr una mejor comprensión de la información acerca de las secciones transversales ver **Anexo B (Planos Proyecto Geométrico).**

4.7 Obras inducidas

1. *Objetivo*

Lograr identificar las diferentes obras inducidas que se encuentran dentro de la zona del proyecto como parte fundamental para la realización de trabajos próximos en la zona, como pueden ser excavaciones. De esta manera se evitará el dañar alguna tubería, instalación telefónica, eléctrica, etc.

2. *Alcances*

Levantamiento de obras inducidas plasmadas en el plano topográfico como parte de fuente de información para identificar en todo momento de ubicación de estas obras inducidas.

Descripción de las actividades

Para llevar a cabo esta actividad se tuvo que disponer en todo momento con equipo preventivo para de esta manera lograr prevenir accidentes tanto para el personal encargado de la actividad, así como para los conductores que transitan por esa zona de la vialidad.



Figura 4.25 Localización de registro telefónico. Fuente propia.

En la figura 4.25 se puede observar la localización de un registro de teléfono, así mismo de lado izquierdo se pudo identificar una alcantarilla para captación de agua pluvial. En este caso se muestra la dirección que sigue el cableado de teléfono de acuerdo con la flecha.



Figura 4.26 Localización de registro de CFE. Fuente propia.

En la figura 4.26 se puede observar la identificación de un registro perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en este caso se marcó y se señaló la dirección perteneciente a su trayectoria.



Figura 4.27 Localización de registro de centro de carga. Fuente propia.

En la figura 4.27 se puede apreciar la ubicación de un centro de carga de energía eléctrica del cual distribuye hacia diversos puntos. Se encuentra localizado a un costado de la estructura existente (puente).



Figura 4.28 Localización de registro de agua potable. Fuente propia.

En la figura 4.28 se puede observar el levantamiento de tapas en registros pertenecientes a la red de agua potable. Se utilizó la herramienta necesaria para poder identificar lo que se encuentra en su interior, además de ser parte fundamental del levantamiento de obras inducidas.



Figura 4.29 Apertura de registro de agua potable. Fuente propia.

Al abrir los registros de agua potable encontramos la tubería correspondiente, identificando las piezas necesarias para su instalación, además de observar que la tubería es de material tipo PVC hidráulico.

4.8 Verificación de referencias de trazo y replanteo del anteproyecto

1. *Objetivo*

Verificar las referencias de trazo que previamente se llevaron a cabo dentro de la zona del proyecto, así llevar a cabo un replanteo de los puntos y zonas importantes que incluye el anteproyecto.

2. *Alcances*

Revisión de la información previamente analizada y recorrido por puntos en específico de la zona del proyecto.

Descripción de las actividades

Las actividades que se realizaron en general fue realizar un recorrido para verificar información que previamente ya se había analizado en gabinete, así como también replantear puntos clave para el proyecto y zonas sobre las cuales se requiere tomar acciones para cumplir con el objetivo del proyecto.



Figura 4.30 Preparación de equipo topográfico. Fuente propia.

Como se muestra en la figura 4.30, con ayuda de un equipo topográfico se replantearon puntos específicos que abarca el proyecto, esto con la finalidad de observar en campo su geometría real y compararla con lo analizado en gabinete.



Figura 4.31 Replanteo de puntos clave. Fuente propia.

Como se observa en la figura 4.31, se replantearon puntos específicos en la zona del proyecto. En este caso el punto se replanteo para lograr coincidir con la información analizada en gabinete sobre el próximo cruce a desnivel planteado.



Figura 4.32 Verificación de referencia de trazo. Fuente propia.

Como se observa en la figura 4.32, se llevo a cabo la verificación de cierta referencia de trazo, misma que coincidió con lo planteado anteriormente, lo cual indica un cruce a nivel que también es contemplado en el proyecto.



Figura 4.33 Replanteo de cruce a nivel. Fuente propia.

De acuerdo con lo que se muestra en la figura 4.33, se llevo a cabo el replanteo de un cruce a desnivel, mismo que seguirá en operación como el proyecto lo requiere.



Figura 4.34 Verificación de sentido. Fuente propia.

En la figura 4.34 se muestra la verificación del sentido que seguirá la vialidad que tendrá acceso al proyecto de la vialidad mediante un entronque a nivel.

4.9 Terracerías

1. *Objetivo*

Verificar y analizar la información referente a los trabajos realizados para la identificación de materiales para terracerías, además como el análisis de información referente a los PCA'S que se llevaron a cabo dentro de la zona donde se desarrollará el proyecto, así como los bancos de materiales que en su debido momento se analizarán los materiales referentes a terracerías.

2. *Alcances*

Como parte del análisis de la información, se pretende lograr analizar y comparar los materiales que se presentan tanto en la zona del proyecto, previamente analizados, así como los materiales de banco.

Descripción de las actividades

Se comenzó con el análisis de la información referente a los PCA'S realizados dentro de la zona del proyecto. En este caso se realizaron 6 PCA en distintas ubicaciones según lo muestra la figura 4.35. Los PCA se realizaron únicamente con herramienta manual.



Figura 4.35 Ubicación de PCA'S. Fuente propia.



Figura 4.36 PCA-1. Fuente propia.

En la figura 4.36 de puede observar el PCA no. 1, mismo al que se le tomaron dimensiones sus diversos estratos localizados y también muestras para su posterior análisis.



Figura 4.37 PCA-2. Fuente propia.

En la figura 4.37 de puede observar el PCA no. 2, mismo al que se le tomaron dimensiones sus diversos estratos localizados y también muestras para su posterior análisis. Este sondeo se encuentra localizado en un punto importante dentro de lo contemplando en el proyecto, ya que es una zona cercana de donde inicia la estructura Viaducto.



Figura 4.38 PCA-3. Fuente propia.

En la figura 4.38 de puede observar el PCA no. 3, mismo al que se le tomaron dimensiones sus diversos estratos localizados y también muestras para su posterior análisis. Este sondeo se realizó en el camellón central de la infraestructura existente.



Figura 4.39 PCA-4. Fuente propia.

En la figura 4.39 de puede observar el PCA no. 4, mismo al que se le tomaron dimensiones sus diversos estratos localizados y también muestras para su posterior análisis. Este sondeo se localizó prácticamente al final de donde termina la estructura del proyecto.



Figura 4.40 PCA-5. Fuente propia.

En la figura 4.40 de puede observar el PCA no. 5, mismo al que se le tomaron dimensiones sus diversos estratos localizados y también muestras para su posterior análisis. Para el caso de este PCA fue localizado a las orillas del puente existente, en una de sus intersecciones que conectarán con el proyecto.



Figura 4.41 PCA-6. Fuente propia.

En la figura 4.41 de puede observar el PCA no. 6, mismo al que se le tomaron dimensiones sus diversos estratos localizados y también muestras para su posterior análisis. Para el caso de este PCA fue localizado a las orillas del puente existente, en una de sus intersecciones que conectarán con el proyecto.

Posterior a la realización de cada PCA se llevó a cabo su análisis del material en gabinete. Esto arrojó ciertas características de los materiales encontrados en el terreno. Como el propósito de estos análisis de PCA'S es identificar las características de los materiales dentro de la zona de proyecto, se identificaron y analizaron datos proporcionados por un laboratorio de mecánica de suelos.

Como datos relevantes encontrados en estos reportes se encuentra que:

- ✓ Los PCA'S alcanzaron una profundidad de 3.00 m.
- ✓ La excavación de estos se realizó con medios manuales.
- ✓ Las diferentes capas de suelo localizadas varían respecto unos con otro.
- ✓ De acuerdo con las normas vigentes que establece la S.C.T., el material analizado en el PCA 1, 2 y 4 NO CUMPLEN con los requerimientos para considerarlos en la capa subrasante.
- ✓ De acuerdo con las normas vigentes que establece la S.C.T., el material analizado en el PCA 3, 5 y 6 CUMPLEN con los requerimientos para considerarlos en la capa subrasante.

- ***Exploración de banco de materiales para terracerías***

Se considero el préstamo de material para desarrollar las siguientes capas contempladas en el proyecto:

- ✓ Subrasante
- ✓ Subyacente
- ✓ Capa de transición
- ✓ Cuerpo de terraplén

Para este caso, se seleccionó al banco "San Antonio", el cual se encuentra ubicado sobre la carretera San Martín Texmelucan-Tlaxcala-el Molinito km 25+470, con 1,494 m, desviación derecha.

Además, se encuentra a 19,931 m de acarreo al km 29+340 donde inicia el Viaducto Santa Ana de la carretera Puebla – Belén. El banco de préstamo cuenta con unas dimensiones de 200 m de largo, 105 m de ancho y un espesor de 7.00 m.

En la tabla 4.7 se muestran más a detalle los datos del banco denominado "Banco San Antonio"

Tabla 4.7 Datos relacionados con el banco “San Antonio”. Fuente Secretaría de Infraestructura.

PRESTAMO DE MATERIAL PARA: SUBRASANTE, SUBYACENTE, CAPA DE TRANSICIÓN Y CUERPO DE TERRAPLEN				DENOMINACIÓN: BANCO SAN ANTONIO							
UBICACIÓN	ESTRATO		CLASIFICACIÓN	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACIÓN			BANDEADO	CLASIFICACIÓN PRESUPUESTO		
	No.	Espesor (m.)			90%	95%	100%		A	B	C
BANCO "SAN ANTONIO" CARRETERA SAN MARTÍN TEXMELUCAN-TLAXCALA-EL MOLINITO KM 25+470, CON 1,494 m DESVIACION DERECHA. 19,931 m DE ACARREO AL KM 29+340 VIADUCTO SANTA ANA DE LA CARRETERA PUEBLA - BELEM.	1	0.50	CAPA VEGETAL	DESPALME					100	00	00
	2	7.00	SC - ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HÚMEDA, COMPACTA	DISGREGADO CRIBADO T.M. 3"	1.03	0.97	0.93	1.32	40	60	00
DIMENSIONES LARGO:200 m ANCHO: 105 m ESPESOR: 7 m	VOLUMEN APROVECHABLE 147,000		OBSERVACIONES: CAMINO DE PROYECTO  COORDENADAS X= 583,528.0 m E Y = 2,139,839.2 m N								
RECOMENDACIONES: PARA EL ATAQUE DEL BANCO PODRÁ SER UTILIZADA UNA PALA MECÁNICA, REALIZANDO EL PREVIO DESPALME DE TODA EL ÁREA A UTILIZAR PARA EVITAR LA CONTAMINACION DEL MATERIAL.											

Se deberán tener en consideración los datos expuestos en la tabla 4.7, debido a que los materiales extraídos de este banco se usarán para diferentes capas de la estructura ya anteriormente mencionadas.



Figura 4.42 Ubicación de Banco de préstamo de materiales. Fuente propia.



Figura 4.43 Panorámica del Banco San Antonio. Fuente propia.

En la figura 4.43 se puede verificar mejor las condiciones del banco San Antonio, y como previamente ya se han realizado extracciones de material en este sitio.

Previo al reconocimiento del banco de material, se procedió a obtener un determinado número de muestras, en este caso se tomaron 6 muestras de material en total.



Figura 4.44 Obtención de muestra No. 2. Fuente propia.

En la figura 4.4 se observa la extracción de dos muestras (No. 2 y No. 3) para su posterior análisis, esto se realizó con ayuda de herramientas manuales (pala) excavando un poco para obtener material lo más sano posible.



Figura 4.45 Obtención de muestra No. 3. Fuente propia.

4.10 Pavimento

1. *Objetivo*

Verificar y analizar la información referente al diseño del pavimento a emplear en el proyecto, además del análisis de los materiales a emplear para las diferentes capas que componen al pavimento seleccionado. Verificar la información acerca del banco de materiales a emplear en la estructura del pavimento.

2. *Alcances*

Como parte del análisis de la información, se pretende lograr llegar a una decisión sobre qué tipo de pavimento ocupar en el proyecto, además de verificar las especificaciones y características de los materiales empleados.

- *Actividades que se realizaron*

DISEÑO DEL PAVIMENTO

De acuerdo con lo establecido en el proyecto se tiene la opción de construir pavimento flexible o rígido. Para este caso se optó por el pavimento flexible por el método de DIS-PAV 5.

CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA Y REVISIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA

OBRA: VIADUCTO SANTA ANA
CARRETERA: PUEBLA - BELEM
TRAMO: SANTA ANA CHIAUTEMPAN – EL MOLINITO
SUBTRAMO: VIADUCTO SANTA ANA

DATOS DE PROYECTO:

TDPA en el carril de diseño:	16,467 vehículos
Tasa de crecimiento vehicular:	2.00 %
Periodo de diseño:	15 años
Vehículos cargados en el carril de diseño:	80%

Composición del tránsito:

Automóvil: A: 96.98

Autobús: B2: 1.03

Camión unitario

C2: 1.64

C3: 0.22

Tractocamión articulado

T3-S2: 0.08

T3-S3: 0.04

Tractocamión doblemente articulad0: T3-S2-R4: 0.01

Tabla 4.8 Cargas en ejes Autobús B2. Fuente NOM-012-SCT-2-2017.

Autobús B2		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	6.5	12.5
Presión**	6.0	6.0

Tabla 4.9 Cargas en ejes Camión C2. Fuente NOM-012-SCT-2-2017.

Camión C2		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	6.5	12.5
Presión**	6.0	6.0

Tabla 4.10 Cargas en ejes Camión C3. Fuente NOM-012-SCT-2-2017.

Camión C3		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Doble
Carga*	6.5	21.0
Presión**	6.0	6.0

Tabla 4.11 Cargas en ejes Camión T3-S2. Fuente NOM-012-SCT-2-2017.

Camión T3-S2			
Eje	1	2	3
Tipo	Sencillo	Doble	Doble
Carga*	6.5	21.0	19.0
Presión**	6.0	6.0	6.0

Tabla 4.12 Cargas en ejes Camión T3-S3. Fuente NOM-012-SCT-2-2017.

Camión T3-S3			
Eje	1	2	3
Tipo	Sencillo	Doble	Triple
Carga*	6.5	21.0	26.5
Presión**	6.0	6.0	6.0

Tabla 4.13 Cargas en ejes Camión T3-S2-R4. Fuente NOM-012-SCT-2-2017.

Camión T3-S2-R4					
Eje	1	2	3	4	5
Tipo	Sencillo	Doble	Doble	Doble	Doble
Carga*	6.5	18.0	17.0	17.0	17.0
Presión**	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en la tabla de pesos y dimensiones de la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Tabla 4.14 Autobús B2. Fuente DIS-PAV 5.

EJE	AUTOBÚS B2					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	1.31	2.67	5.85	9.03	10.02	10.41
TOTAL	2.43	3.29	6.22	9.32	10.3	10.69

Tabla 4.15 Camión C2. Fuente DIS-PAV 5.

EJE	CAMIÓN C2					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	1.31	2.67	5.85	9.03	10.02	10.41
TOTAL	2.43	3.29	6.22	9.32	10.3	10.69

Las tablas 4.14 y 4.15 muestran los coeficientes de equivalencia de vehículos cargados para Autobús B2 y Camión C2.

Tabla 4.16 Camión C3. Fuente DIS-PAV 5.

EJE	CAMIÓN C3					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.54	3.85	4.48	6.35	6.89	7.11
TOTAL	3.66	4.47	4.85	6.64	7.17	7.38

Tabla 4.17 Camión T3-S2. Fuente DIS-PAV 5.

EJE	CAMIÓN T3-S2					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.54	3.85	4.48	6.35	6.89	7.11
3	2.49	3.13	3.01	3.79	4	4.08
TOTAL	6.15	7.59	7.86	10.43	11.18	11.47

Las tablas 4.16 y 4.17 muestran los coeficientes de equivalencia de vehículos cargados para Camión C3 y Camión T3-S2.

Tabla 4.18 Camión T3-S3. Fuente DIS-PAV 5.

EJE	CAMIÓN T3-S3					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.54	3.85	4.48	6.35	6.89	7.11
3	3.67	3.99	4.64	6.66	7.25	7.48
TOTAL	7.33	8.46	9.5	13.3	14.42	14.87

Tabla 4.19 Camión T3-S2-R4. Fuente DIS-PAV 5.

EJE	CAMIÓN T3-S2-R4					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.46	2.78	2.42	2.87	2.98	3.03
3	2.43	2.44	1.91	2.13	2.18	2.2
4	2.43	2.44	1.91	2.13	2.18	2.2
5	2.43	2.44	1.91	2.13	2.18	2.2
TOTAL	10.86	10.7	8.51	9.54	9.81	9.91

Las tablas 4.18 y 4.19 muestran los coeficientes de equivalencia de vehículos cargados para Camión T3-S3 y Camión T3-S2-R4.

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
8	9.2	15.7	23.2	25.6	26.5

Se empleará el tránsito de proyecto determinado a 15 y 90 cm para diseño por fatiga y deformación permanente, respectivamente.

El tránsito de proyecto, en millones de ejes estándar, es:

- (a) Por fatiga en las capas estabilizadas: 9.2
- (b) Por deformación en capas no estabilizadas: 25.6

Tabla 4.20 Modulo de rigidez para las capas. Fuente DIS-PAV 5.

Capa	VRSz	VRSp	Mod de rigidez
Carpeta			30000
Base granular	100.00	100	3265
Sub-base	60.00	30	2284
Subrasante	20.00	20	1058
Terracería	8.39	8.39	576

Se han calculado los valores como módulos de rigidez de capas no estabilizadas, a partir de la expresión: $E=130 (VRSz^{.7})$. Esta ecuación se obtiene para condiciones generales.

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa:

Tabla 4.21 Valores de Poisson. Fuente DIS-PAV 5.

Capa	VRSz	VRSp	Mod de rigidez	Poisson
Carpeta			30000	0.35
Base granular	100.00	100	3265	0.35
Sub-base	60.00	30	2284	0.45
Subrasante	20.00	20	1058	0.45
Terracería	8.39	8.39	576	0.45

Diseño por deformación para un camino de Altas especificaciones, con un nivel de confianza de 90 % Para un tránsito de proyecto de 32 millones de ejes estándar.

Tabla 4.22 Diseño preliminar del pavimento (espesores de capas). Fuente DIS-PAV 5.

Capa	Espesor calculado	Espesor proyecto
Carpeta	10	10
Base granular	25.4	25.4
Sub-base	11.6	15
Subrasante	33.7	40

El diseño anterior previene contra la deformación excesiva; a continuación, se revisa para prevenir el agrietamiento por fatiga.

- ***Datos y resultados del diseño***

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 90 %

Tabla 4.23 Resultados de la propuesta preliminar de diseño. Fuente DIS-PAV 5.

Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm ²	V	Vida previsible	
					Def	Fatiga
Carpeta	10.0		30000	0.35		2.7
Base granular	25.4	100.00	3265	0.35	25.7	
Sub-base	15.0	60.00	2284	0.45	25.7	
Subrasante	40.0	20.00	1058	0.45	46.4	
Terracería	Semi-inf	8.39	576	0.45	77.5	

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	25.7	25.6
Fatiga	2.7	9.2

EL DISEÑO NO ES ADECUADO.

Como se puede apreciar en la tabla 4.23, el diseño no cumple con las restricciones, debido a esto se tiene que buscar una solución para solucionar el problema. Esta solución pretende agregar una capa adicional de base asfáltica en caliente, más la carpeta.

Tabla 4.24 Resultados finales y correctos para el diseño del pavimento. Fuente DIS-PAV 5.

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO						
Camino de altas especificaciones.			Nivel de confianza en el diseño: 90.0%			
Para un tránsito de		25.6	millones de ejes estándar		Vida Previsible	
Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
1.Carpeta	8.0		30000	0.35		> 150
Base Asfáltica	10		25000	0.35		14.8
Base granular	25	100.0	3265	0.35	0	
Subrasante	30	20.0	1058	0.45	47.3	
Terracería	Semi-inf.	8.39	576	0.45	25	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	25	25.6
Fatiga	14.8	9.2

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

MATERIALES EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO

Para el caso de los materiales empleados para la construcción del pavimento, se requiere especialmente conocer la calidad de los materiales que componen las capas restantes del pavimento, como lo son la carpeta asfáltica, base hidráulica y base asfáltica.

Para poder determinar la calidad de estos materiales se realizaron estudios a seis muestras tomadas aleatoriamente en el banco de materiales. Esto se realizó para materiales de grava y arena, para finalmente obtener resultados para la base hidráulica.

BANCO DE MATERIALES PARA EL PAVIMENTO

Se consideró el banco de materiales para desarrollar las siguientes capas contempladas del pavimento, de acuerdo con el diseño final propuesto y autorizado. A este material previamente se le realizaron pruebas para poder determinar si cumple o no con lo establecido.

- ✓ Base hidráulica
- ✓ Base asfáltica
- ✓ Carpeta asfáltica

Para este caso, se seleccionó al banco denominado "La Herradura", el cual se encuentra ubicado sobre la carretera Texcoco-Apizaco km 73+750, con 2,860 m, desviación derecha. Además, se encuentra a 60,839 m de acarreo al km 29+340 donde inicia el Viaducto Santa Ana de la carretera Puebla – Belén. El banco de préstamo cuenta con unas dimensiones de 430 m de largo, 220 m de ancho y un espesor de 10.00 m. En la tabla 4.25 se muestran más a detalle los datos del banco denominado "La Herradura".

Tabla 4.25 Datos relacionados con el banco "La Herradura". Fuente Secretaría de Infraestructura".

PRESTAMO DE MATERIAL PARA: BASE HIDRÁULICA, BASE ASFÁLTICA Y CARPETA ASFÁLTICA				DENOMINACIÓN: BANCO LA HERRADURA							
UBICACIÓN	ESTRATO		CLASIFICACIÓN	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACIÓN PRESUPUESTO		
	No.	Espesor (m.)			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C
BANCO "LA HERRADURA" CARRETERA TEXCOCO-APIZACO KM 73+750, CON 2,860 m DESVIACION DERECHA . 60,839 m DE ACARREO AL KM 29+340 VIADUCTO SANTA ANA DE LA CARRETERA PUEBLA - BELEM.	1	0.50	CAPA VEGETAL	DESPALME					100	00	00
	2	10.00	Rie ROCA ÍGNEA EXTRUSIVA (ANDESITA), POCO INTEMPERIZADA, POCO FRACTURADA QUE AL EXPLOTARSE, TRITURARSE Y CRIBARSE SE OBTENDRÁ UNA GM, GRAVA BIEN GRADUADA CON ARENA Y LIMO	TRITURADO TOTAL PARA CARPETA CRIBADO T.M. 3/4" PARA BASE ASF/ BASE HID CRIBADO T.M. 1 1/2"	-	-	-	1.15	00	20	80
DIMENSIONES		VOLUMEN		OBSERVACIONES: CAMINO DE PROYECTO  COORDENADAS X= 556,738.1 m E Y = 2,160,361.2 m N							
LARGO: 430 m ANCHO: 220 m ESPESOR: 10 m		APROVECHABLE 946,000 m3									
RECOMENDACIONES: PARA EL ATAQUE DEL BANCO PODRÁN SER UTILIZADOS BARRENOS, EXPLOSIVOS Y PALA MECÁNICA, REALIZANDO EL PREVIO DESPALME DE TODA EL ÁREA A UTILIZAR PARA EVITAR LA CONTAMINACION DEL MATERIAL.											

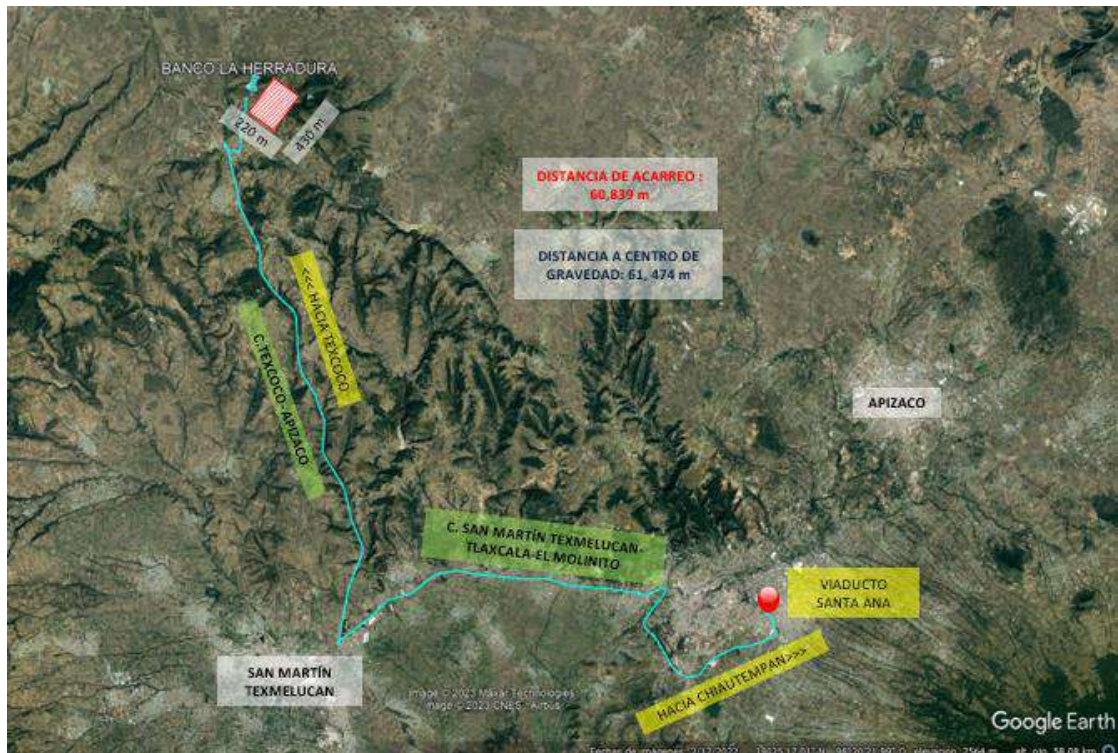


Figura 4.46 Croquis de localización del Banco “La Herradura”. Fuente propia.

Para lograr identificar de mejor manera como se encuentra distribuido el banco de material “La Herradura”, se presenta la figura 4.47.



Figura 4.47 Panorámica del Banco “La Herradura”. Fuente propia.

En la figura 4.47 se logra apreciar la situación en la que se encuentra en banco “La Herradura”. Los diferentes materiales que distribuyen se encuentran acamellonados como se observa, además de que se logra distinguir un cargador frontal operando.

Recordando que para poder elegir el material adecuado se tienen que realizar pruebas en los materiales a emplear en las diferentes capas que componen al pavimento, en este caso se usaran para la carpeta asfáltica, base hidráulica y base asfáltica. En este caso, se obtuvieron 6 muestras de los materiales a emplear (grava y arena).

- ***Muestras de arena para carpeta asfáltica***



Figura 4.48 Obtención de muestra de arena No. 2. Fuente propia.

En la figura 4.48 se aprecia como se obtuvo la muestra de arena No. 2 dentro del banco denominado “La Herradura”, esta muestra de arena pretende emplearse para la carpeta asfáltica.



Figura 4.49 Obtención de muestra de arena No. 6. Fuente propia.

En la figura 4.49 se muestra la obtención de la muestra No. 6. Para la obtención de todas las muestras se seleccionó material que preferentemente no se encontrara contaminado y este mismo fue ingresado a un contenedor para su posterior análisis.

- **Muestras de base hidráulica**



Figura 4.50 Obtención de muestra de base hidráulica No. 1. Fuente propia.

En la figura 4.50 se llevó a cabo la obtención de muestras del material para base hidráulica. Para la obtención de todas las muestras se seleccionó material que preferentemente no se encontrara contaminado y este mismo fue ingresado a un contenedor para su posterior análisis.



Figura 4.51 Obtención de muestra de base hidráulica No. 4. Fuente propia.

En la figura 4.51 se llevó a cabo la obtención de muestras del material para base hidráulica. Para la obtención de todas las muestras se seleccionó material que preferentemente no se encontrara contaminado y este mismo fue ingresado a un contenedor para su posterior análisis.

- **Muestras de grava para carpeta asfáltica**



Figura 4.52 Obtención de muestra de grava No. 3. Fuente propia.

En la figura 4.52 se aprecia como se obtuvo la muestra de grava No. 3 dentro del banco denominado “La Herradura”, esta muestra de grava pretende emplearse para la carpeta asfáltica.



Figura 4.53 Obtención de muestra de grava No. 5. Fuente propia.

En la figura 4.53 se muestra la obtención de la muestra No. 5. Para la obtención de todas las muestras se seleccionó material que preferentemente no se encontrara contaminado y este mismo fue ingresado a un contenedor para su posterior análisis.

SECCIONES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

Dentro del proyecto no se considera un solo tipo de sección del pavimento, como se había mencionado, el proyecto se trabaja por diferentes ejes o ramas y dependiendo de este eje o rama corresponde la sección. A continuación, se presentan un par de secciones típicas de la estructura del pavimento empleadas en el proyecto, para mejor entendimiento y claridad ver **Anexo C (Secciones Estructurales del Pavimento)**.

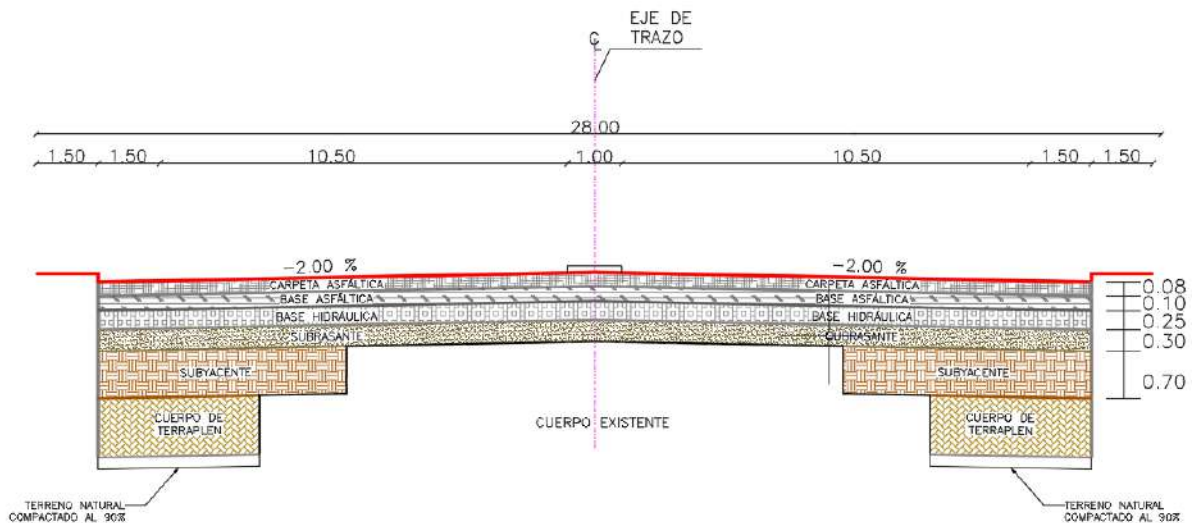


Figura 4.54 Sección estructural tipo (Ramas 10, 11, 20, 30, 40 y 50. Fuente Secretaría de Infraestructura.

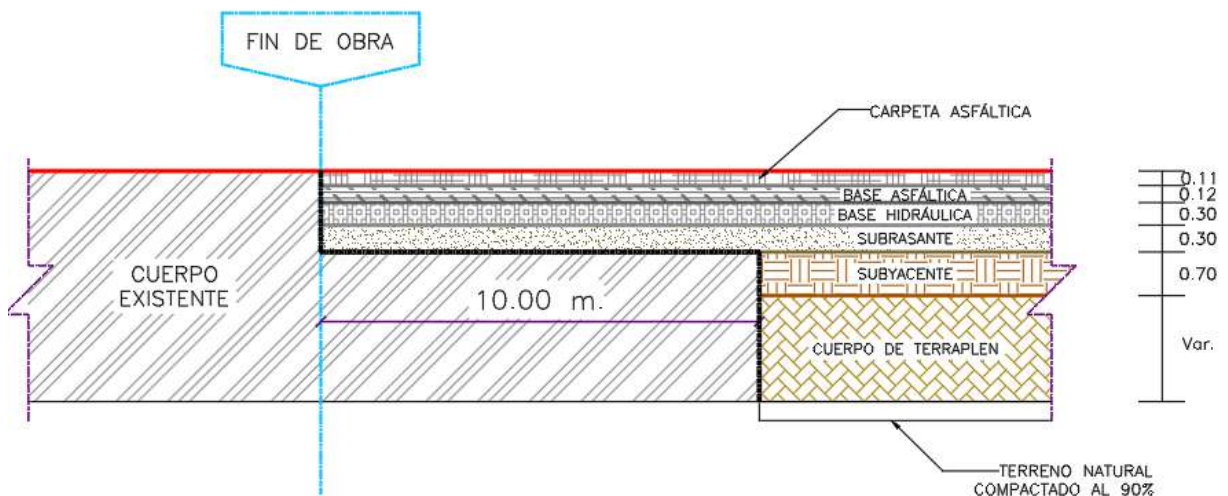


Figura 4.55 Sección estructural tipo (Ramas 10, 11, 20, 30, 40 y 50. Fuente Secretaría de Infraestructura.

4.11 Cimentación

1. Objetivo

Verificar y analizar la información referente a la cimentación a emplear en el proyecto, además del análisis e interpretación de los resultados arrojados por la mecánica de suelos identificando el procedimiento que se empleó.

2. Alcances

Revisar la profundidad de pilas a emplear en la cimentación de la estructura, además de la interpretación de los resultados de la mecánica de suelos. Verificar que la profundidad de desplante de pilas corresponda con lo establecido en el estudio de mecánica de suelos.

Actividades que se realizaron

Para poder analizar la cimentación de una estructura, independientemente del tipo al que pertenezca, se debe partir de un estudio de mecánica de suelos. Si no tenemos un previo análisis de cómo está conformado el suelo en la zona donde se desarrollará el proyecto, siempre existirá incertidumbre al momento de proponer el tipo de cimentación, sección y armado.

Por esta razón partimos con la revisión de lo establecido en la mecánica de suelos e iniciamos por interpretar y entender el terreno sobre el que se va a desplantar la estructura.

Para el caso del proyecto en curso, se realizó la mecánica de suelos correspondiente bajo el método de SPT (Prueba de Penetración Estándar) a lo largo del eje del proyecto contemplando. La información que se requiere para el analizar estas pruebas es muy grande, por lo que se trató de analizar e interpretar los resultados que al final conducen al objetivo principal que es la revisión de los desplantes, pilas y demás estructuras que forman parte de la cimentación.

Se llevaron a cabo 10 sondeos SPT, cada uno de ellos ubicados en zonas específicas, tal y como se muestra en la tabla 4.26, misma que muestra las coordenadas de ubicación correspondientes a cada SPT.

Tabla 4.26 Coordenadas de ubicación para los sondeos SPT. Fuente Secretaría de Infraestructura.

ESTACION	COORDENADAS		
	X	Y	Z
STP 1=29+452.28	583823.7583	2136024.0000	2266.4336
STP 2=29+492.80	583660.5000	2136062.4700	2266.6864
STP 3=29+546.94	583688.5300	2136108.8500	2267.1969
STP 4=29+621.35	583891.9714	2135134.4602	2268.1338
STP 5=29+666.48	583734.0600	2136220.4300	2268.8254
STP 6=29+725.00	583759.1000	2136273.1400	2269.4100
STP 7=29+803.03	583789.6900	2136344.9700	2268.9500
STP 8=29+847.62	583810.8200	2136384.3200	2268.2356
STP 9=29+907.29	583838.5400	2136437.2800	2267.4600
STP 10=29+968.92	583860.3200	2136495.1000	2267.5766

Independientemente de lo que nos diga la tabla de coordenadas de cada SPT, es necesario tener una idea de donde se encuentran estas coordenadas, por lo tanto, en la figura 4.55 se muestra el croquis de ubicación para cada SPT.

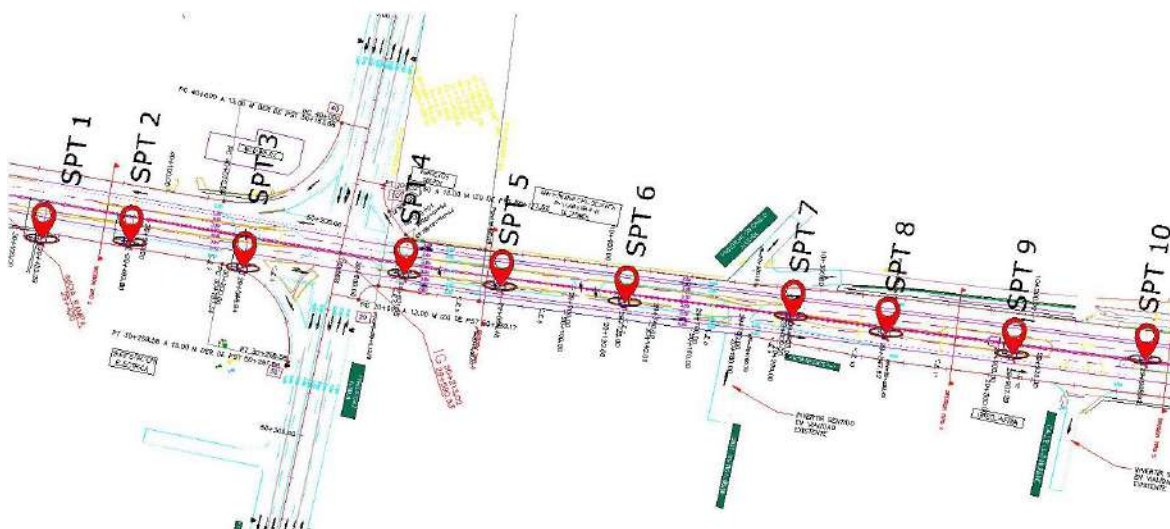


Figura 4.56 Ubicación de sondeos SPT. Fuente Secretaría de Infraestructura.

A continuación, se muestran unas figuras en las cuales se observan los trabajos en campo realizados para los sondeos SPT.



Figura 4.57 SPT-1. Fuente propia.

En la figura 4.56 se muestra la supervisión correspondiente durante el progreso de la perforación no.1. esta misma se encuentra ubicada aproximadamente por la zona donde inicia el proyecto.

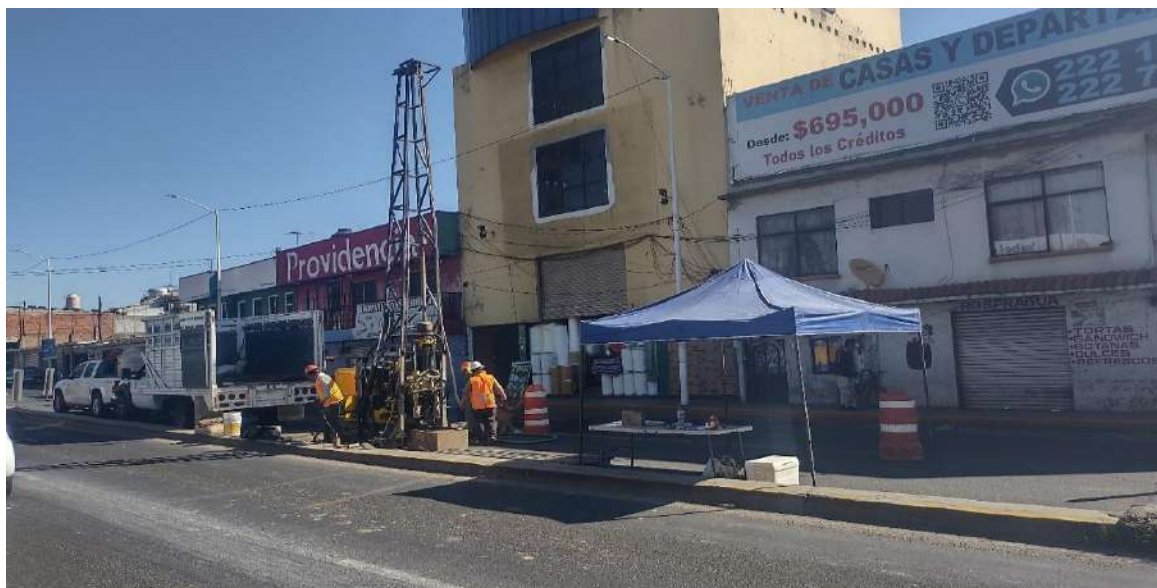


Figura 4.58 SPT-4. Fuente propia.

En la figura 4.57 se muestra la realización de la Prueba de Penetración Estándar (SPT) no.4. esta misma se encuentra ubicada aproximadamente por la zona donde comienza a elevarse la estructura del viaducto.

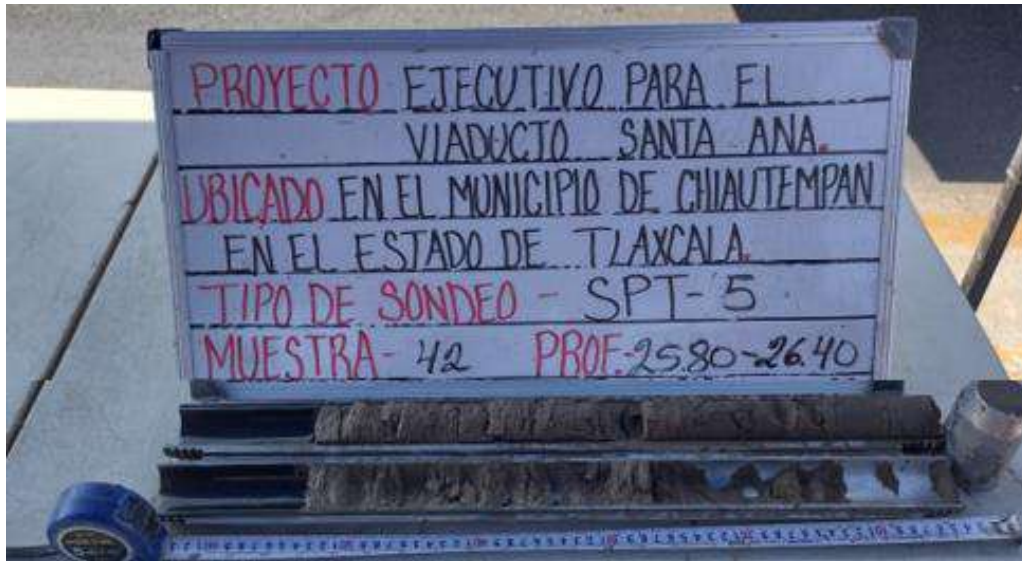


Figura 4.59 SPT-5. Fuente propia.

En la figura 4.58 se muestran los núcleos extraídos de la Prueba de Penetración Estándar (SPT) no.5. De acuerdo con la información visible se trata de la muestra número 42 y este suelo se encuentra a una profundidad entre 25.80 y 26.40.



Figura 4.60 SPT-9. Fuente propia.

En la figura 4.59 se muestra la supervisión correspondiente durante el progreso de la perforación no.9.

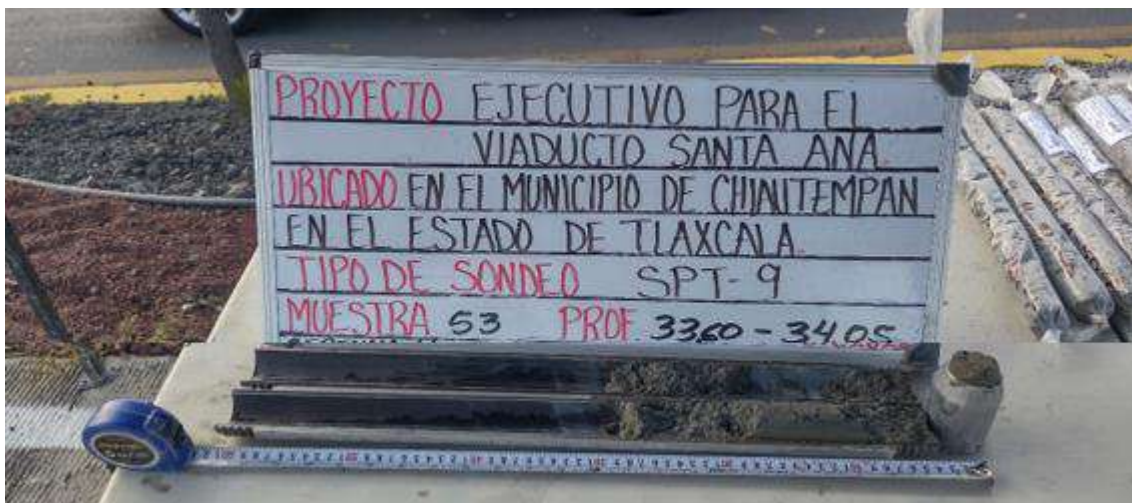


Figura 4.61 SPT-9. Fuente propia.

En la figura 4.60 se muestran los núcleos extraídos de la Prueba de Penetración Estándar (SPT) no.9. De acuerdo con la información visible se trata de la muestra número 53 y este suelo se encuentra a una profundidad entre 33.60 y 34.05. Además, se puede observar que se trata de un material friccionante.



Figura 4.62 SPT-10. Fuente propia.

En la figura 4.61 se muestra la supervisión correspondiente durante el progreso de la perforación no.10. esta misma se encuentra ubicada aproximadamente por la zona donde termina el proyecto.

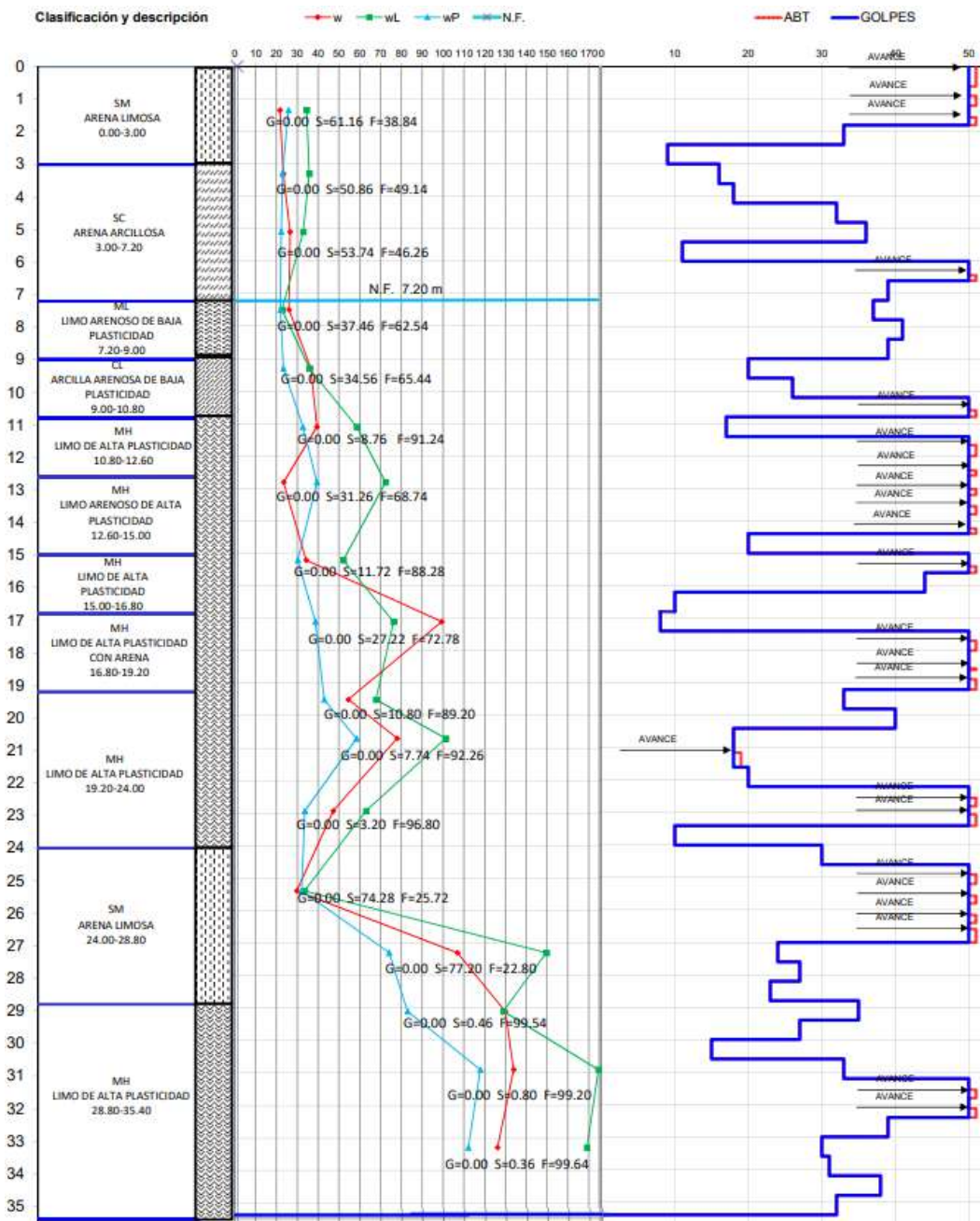


Figura 4.63 Ejemplo de datos obtenidos en SPT-7. Fuente Secretaría de Infraestructura.

En la figura 4.62 se muestra en ejemplo de cómo se pueden plasmar los resultados que están presentes en todo el análisis de la Prueba de Penetración Estándar (SPT) No.7. se pueden analizar los números de golpes, los tipos de suelos encontrados y su profundidad. Para más información y claridad con respecto a la estratigrafía de las SPT ver **Anexo D (Estratigrafía y Estructura).**

A forma de resumen con toda la información analizada respecto a la información trabajada en gabinete, se muestra en la tabla 4.27 las capacidades de carga a lo largo de todos los apoyos para la estructura del Viaducto.

Tabla 4.27 Resumen de capacidades de carga. Fuente propia.

APOYO	DIAMETRO	CAP CARGA FUSTE	CAP CARGA PUNTA	CAP CARGA ADM
	m	ton x pila	ton x pila	ton x pila
1	1.2	95.85	379.73	475.58
2	1.2	546.55	583.44	1129.99
3	1.2	546.55	583.44	1129.99
4	1.2	712.46	407.4	1119.86
5	1.2	712.46	407.4	1119.86
6	1.2	349.9	275.81	625.71
7	1.2	120.78	357.88	478.66
8	1.2	342.94	336.54	679.48
9	1.2	342.94	336.54	679.48
10	1.2	433.17	116.72	549.89
11	1.2	523.64	530.46	1054.1
12	1.2	523.64	621.35	1144.99

4.12 Estructura del viaducto

1. Objetivo

Verificar y analizar la información referente a la estructura a emplear en el viaducto, además del análisis e interpretación de los detalles estructurales del proyecto.

2. Alcances

Revisar las secciones, armados de pilas a emplear en la cimentación de la estructura, detalles en columnas y zapatas del viaducto, así como sus respectivas trabes y losas empleadas para su construcción. Planos de detalles estructurales, únicamente uno por pila, losa, trabe, caballete.

Actividades que se realizaron

Analizar una estructura como la que se encuentra presente en este proyecto, es realmente algo complejo debido al gran número de elementos estructurales que la componen. Sin embargo, si podemos analizar partes fundamentales e importantes que se encuentran presentes, tal es el ejemplo de pilas, trabes, losas etc.

Antes de pasar a los elementos estructurales presentes en la estructura del viaducto, es importante conocer ciertos datos relacionados con las cargas de diseño, en la figura 4.63 se expone este tema.

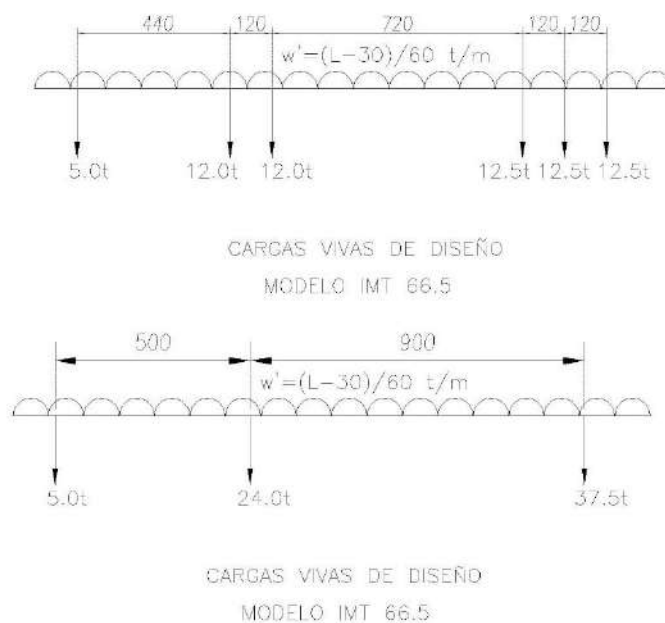


Figura 4.64 Cargas vivas de diseño IMT 66.5. Fuente Secretaría de Infraestructura.

- **Especificaciones estructurales**

Concreto

Se usará concreto de $f'_c=250$ y 300 kg/cm^2 para elementos reforzados, cuya compactación no será menor de 0.80, con revenimiento de 5 a 10cm. Y agregado grueso con tamaño máximo de 2.5cm. Se vibrará al colocarlo. En caso de que el contratista requiera usar aditivos para el concreto, deberá justificar oportunamente la cantidad y dosificación de estos productos, presentando a la secretaria pruebas satisfactorias de su empleo, con los agregados y el cemento que se vayan a emplear.

Acero de refuerzo

Se tendrá especial cuidado en la limpieza de las varillas, para evitar que tengan óxido suelto antes de depositar el concreto. Los empalmes de varillas se harán exclusivamente con soldadura a tope ó por traslape debiendo tener la autorización de la secretaria para usar otro tipo de empalme. Los empalmes no indicados en este plano se harán cuatrapiandolos, sin exceder del 33.0% del acero principal de la sección. Los casos aislados en que se empalme más del 50.0% del refuerzo, se aumentarán en un 25.0% las longitudes de traslape. De preferencia las varillas de 8c ó 6c no tendrán soldadura, ni empalmes por traslape.

Recomendaciones de construcción

Las varillas del refuerzo de las columnas serán de una sola pieza debiendo quedar ahogadas junto con sus estribos en el cabezal y la zapata; sólo se permitirán empalmes soldados en casos extremos, previa autorización del ingeniero residente. El colado entre las juntas de construcción deberá hacerse en una sola operación. Las juntas de construcción se prepararán antes del siguiente colado, como se indica en el capítulo 3.01.02.026-f.30.

Superestructura

La superestructura podrá apoyarse en la pila a los 28 días del último colado de esta o a los 14 días si se usó cemento de fraguado rápido; pero en ningún caso antes de que el concreto de la pila haya alcanzado una resistencia de $0.80f'_c$ como mínimo. La transferencia del presfuerzo en la trabe se realizará cuando el concreto alcance una resistencia de f'_c del 100% igual a 400kg/cm^2 .

Muro de tierra mecánicamente estabilizado

- Materiales de relleno bien graduados para el sistema de muro TA con ángulo de fricción interna $\phi \geq 34^\circ$
- Porcentaje máximo de finos 15%
- Limite liquido <30% - Limite plástico <6%
- Peso volumétrico $\gamma=1.6$ a 1.8 ton/m^3

NOTA: En todo momento se deben tener en cuenta las normas de construcción vigentes.

- **Elementos estructurales**

- ✓ Pilas de concreto reforzado $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ colados en el lugar de 1.50 de diámetro.
- ✓ Trabes de concreto presfzadas y reforzadas tipo AASHTO de 1.83 de peralte y 39.50 m. de longitud, según proyecto.
- ✓ Losas de concreto armado $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Columnas de concreto reforzado tipo octagonal $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$.

Dentro del proyecto se tiene considerado:

- ✓ 110 trabes de concreto presfzadas y reforzadas AASHTO tipo VI de 1.83m de peralte.
- ✓ 20 columnas de concreto reforzado de sección octagonal $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ 76 pilas de concreto reforzado $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ colados en el lugar de 1.50 de diámetro.
- ✓ 10 zapatas de concreto reforzado $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ con una sección de 1.50m de alto por 6.00 m de ancho, además de una longitud de 11.00 m.
- ✓ 2 caballetes los cuales se ubican al inicio y al final de la estructura del viaducto.
- ✓ 11 tramos de losa de concreto reforzado $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ de doble parrilla con acero del "4 @ 20cm con un peralte de 18cm.
- ✓ 10 cabezales de concreto reforzado $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ para recibir las trabes.

Sin duda para lograr entender todo lo relacionado con la estructura debemos tener en mente siempre de donde sale cada valor, la normatividad que aplica, así como ser lo más explícito en los detalles constructivos ya que no podemos darnos el lujo de fallar en un proyecto de este estilo. Comentado lo anterior, en las siguientes figuras se muestran figuras alusivas a lo que indica el proyecto, sin embargo, para mayor comprensión de la información ver **Anexo E (Detalles Estructurales)**.

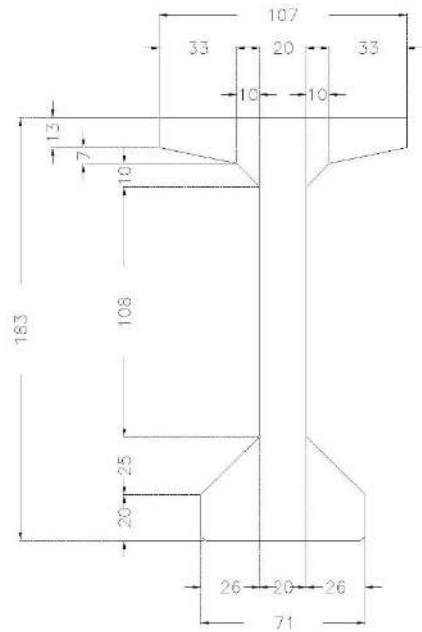


Figura 4.65 Geometría AASHTO tipo VI. Fuente Manual AASHTO.

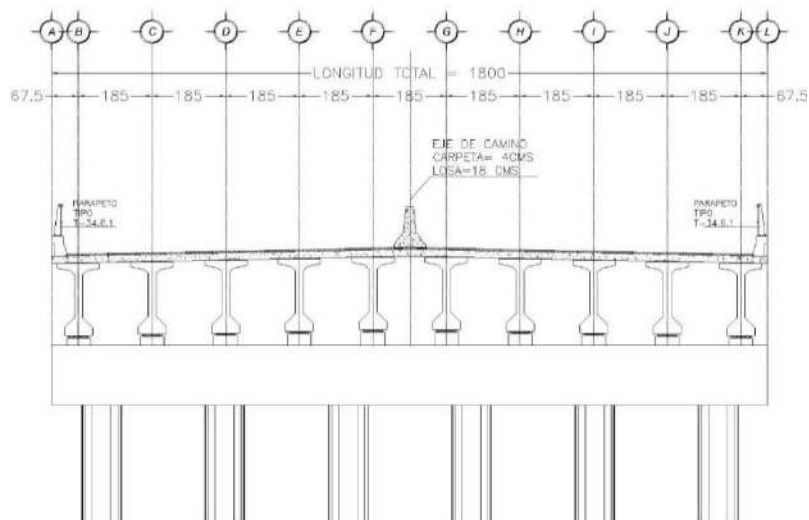


Figura 4.66 Sección transversal apoyo tipo I. Fuente Secretaría de Infraestructura.

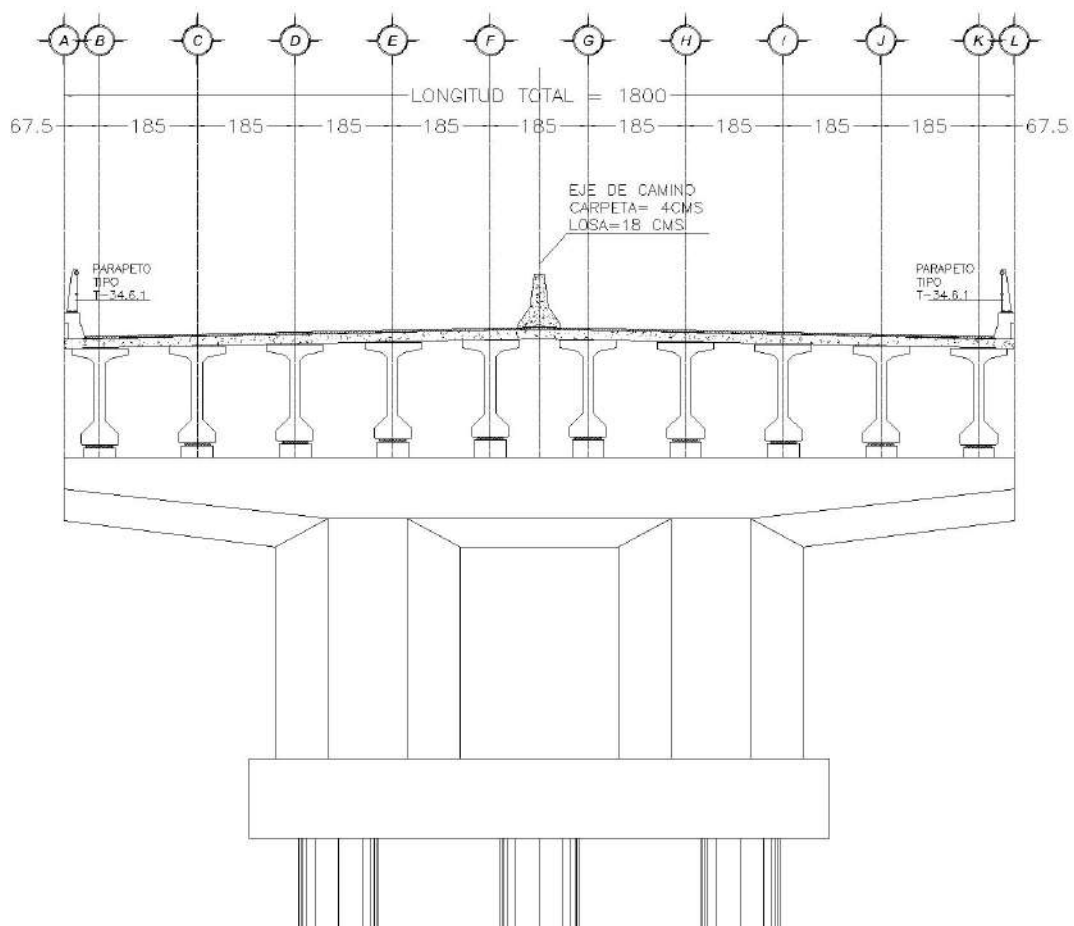


Figura 4.67 Sección transversal apoyo tipo II. Fuente Secretaría de Infraestructura.

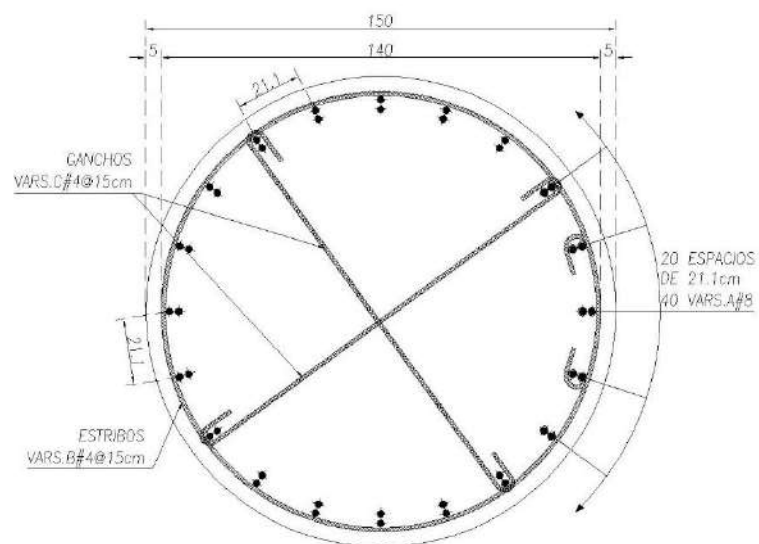


Figura 4.68 Sección típica de pilas. Fuente Secretaría de Infraestructura.

4.13 Proyecto de alumbrado

1. *Objetivo*

Verificar y analizar la información referente al proyecto de alumbrado a emplear en el viaducto.

2. *Alcances*

Análisis e interpretación de la memoria de cálculo, propuesta de luminaria y plano definitivo de alumbrado.

Actividades que se realizaron

El ser un proyecto en el cual la visibilidad se vuelve un aspecto primordial, el contar con una correcta iluminación en la vialidad favorece a los conductores y de esta manera se evitan accidentes.

Con lo primero que se inicio fue con el análisis de la situación actual, misma que se considera poco eficiente. Posteriormente se comenzó a revisar la memoria de cálculo y se identificaron los siguientes aspectos primordiales.

El sistema de iluminación que se proyecta es para una vialidad de vías de acceso controlado y vías rápidas, el tipo de pavimento es de superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado con agregados oscuros tal como roca, textura rugosa. El cual tiene una reflectancia ligeramente especular. (SCT, Manual de Iluminación Vial, 2015).

- *Tipo de luminaria*

El tipo de luminaria que se proyecta es una luminaria solar AIO (Todo en uno) lo que indica que es una luminaria que tiene integrado todos los sistemas (Panel, Controlador eléctrico, Luminaria y control de la luminaria para día y noche) no existe cableado alguno entre luminarias y no se requiere de un sistema de alimentación externo como una subestación y tampoco de contrato ante CFE.

La luminaria propuesta está fabricada en aluminio fundido a presión con IP66 a prueba de agua, la luminaria tiene un sistema que se puede usar con un poste punta o se puede montar en brazo para alcanzar una mejor distancia sobre la vialidad. Los Led's son de nueva generación SMD de alta luminosidad con lentes integrados de menor corriente lo que aumenta el flujo de luz en un 10%. El panel solar es de silicio Monocristalina de alta calidad con garantía de 25 años.

- **Distancia interpostal**

La distancia interpostal se calculó en 25 mts entre postes para tener una mejor uniformidad a lo largo de la vialidad.

- **Altura de montaje**

La altura de montaje se planteó de 9 mts para mejorar la visibilidad del conductor y no tener deslumbramientos.

- **Nivel de luminancia**

Los niveles de luminancia son de 12,000 Lum por luminaria y es la especificación de la luminaria que se escogió ya que cumple la NOM-013-ENER-2013 y tiene la certificación NOM-031 lo que garantiza el índice de luminancia.

- **Niveles de iluminancia**

Los niveles de iluminancia se cumplen los especificado en la NOM-013-ENER-2013, Nom - 001-SEDE-2012, y el manual de la SCT de iluminación para Carreteras, Bulevares, Entronques, Viaductos, Pasos a desnivel y Túneles del 2015.

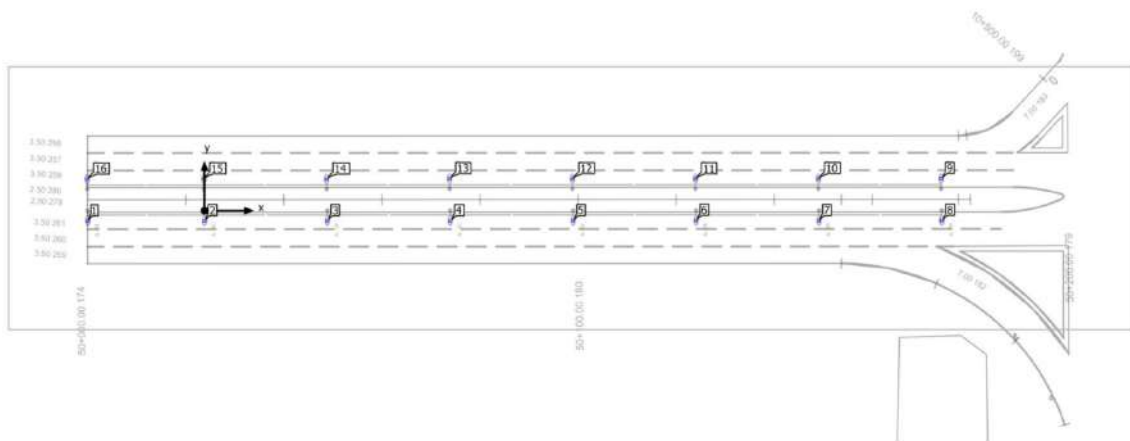


Figura 4.69 Croquis de distribución de luminarias. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Para revisar mejor esta información ver **Anexo F (Plano de Alumbrado).**

4.14 Impacto ambiental

1. Objetivo

Verificar y analizar la información referente al impacto ambiental que pudiera presentarse con el proyecto.

2. Alcances

Análisis e interpretación de las conclusiones sobre si es necesario un estudio de impacto ambiental.

Actividades que se realizaron

Este proyecto no requiere de autorización en materia de cambio de uso de suelo, según la Ley Forestal vigente. Así mismo las actividades socioeconómicas interactúan directamente en la zona, alterando los componentes de vegetación debido a que se trata de un proyecto inmerso en una carretera existente y actualmente en operación, que provoca la constante movilización de personas, dando como resultado la ausencia permanente de la fauna y la flora silvestre que fueron desplazadas con anterioridad; además el hecho de que esta vía transita por una gran cantidad de asentamientos humanos, lo que ha provocado un hábitat deteriorado de las especies de flora y fauna de la zona. Lo que propicia a disminuir de manera significativa los impactos que pudiera generar el proyecto.

Para este caso, se inició con un tema relacionado sobre un estudio de impacto ambiental teniendo en cuenta que, dado que el proyecto en comento se va a realizar sobre una zona altamente impactada por las actividades antrópicas, debido a esto la zona se encuentra desprovista de vegetación forestal, así como la fauna silvestre se ha desplazado a otros sitios mejor conservados, por lo que con la modernización de este tramo no se verá afectada la vegetación forestal, ni individuos de fauna silvestre.

Capítulo 5 resultados

5.1 Descripción de los trabajos definitivos a ejecutar

Luego de todo un análisis relacionado con lo que se realizó en el proyecto, se tienen como resultados la descripción de los siguientes trabajos que se llevaran a cabo. Gracias al previo análisis y detallado en las actividades que se realizaron en el transcurso de residencias profesionales se pueden plasmar los siguientes resultados y condiciones finales que serán aplicadas para la construcción del Viaducto Santa Ana.

La obra consistirá en la construcción de un viaducto, para mejorar el flujo vial en dicho tramo, induciendo el tránsito local a las laterales y un crucero por debajo del viaducto.

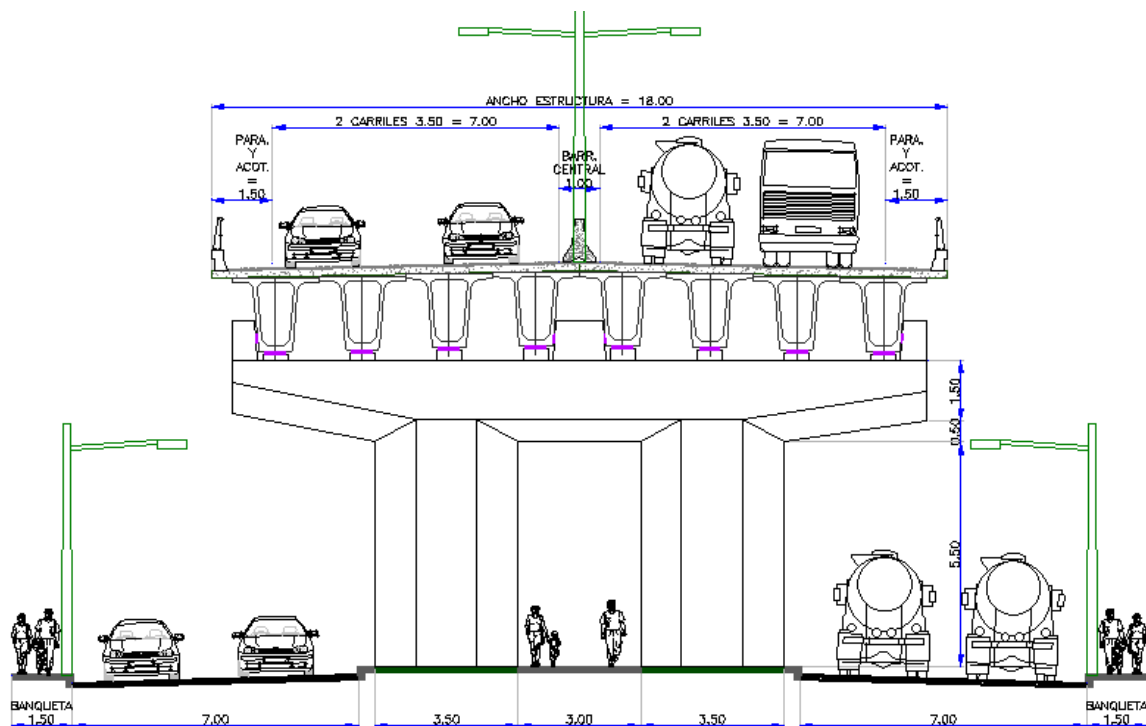


Figura 5.1 Sección tipo 3. Fuente Secretaría de Infraestructura.

La Obra del Viaducto Santa Ana, consistirá en un Viaducto de aproximadamente 810.53 m de longitud total, iniciará en el cadenamiento 29+340.00 y terminará en el km 30+183.59, el cual alberga 4 carriles de circulación de 3.50 m, 2 en sentido hacia Apizaco y 2 Carriles en dirección a Puebla, con un acotamiento lateral de 1.50 m a cada lado separados por una barrera central en un ancho de 1 m, para un ancho total de 18.0 m.

De esta manera se permite la circulación continua de vehículos sobre la Carretera Puebla Santa Ana que es la que presenta mayor volumen de tránsito.

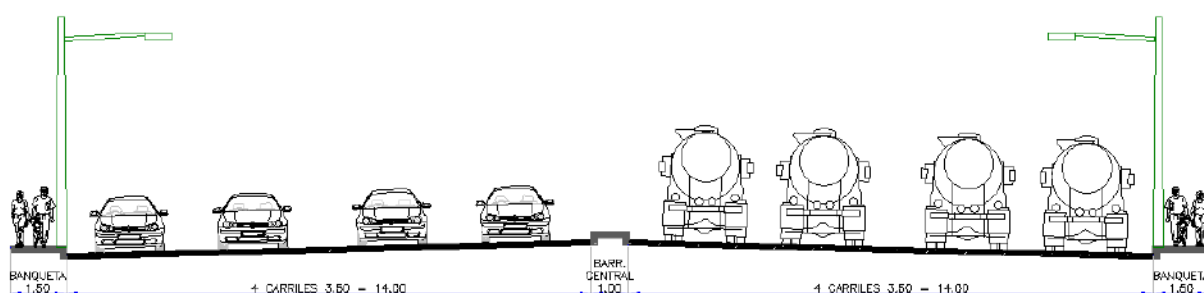


Figura 5.2 Sección tipo 1. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Tabla 5.1 Datos principales que rigen el eje del proyecto. Fuente Secretaría de Infraestructura.

LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PST=29+340.00	PC=29+604.51	N 28°09'42.77" E	264.519	PST=29+340.00 PC=29+604.51	583,577.8210 583,702.6643	2,135,933.3813 2,136,166.5855
PC=29+604.51	PT=29+657.61	N 26°50'04.48" E Δ = 2°39'16.58" izq Rc = 1,145.916	53.087 Lc = 53.092 ST = 26.551	PT=29+657.61 PI=29+631.06	583,726.6288 583,715.1953	2,136,213.9561 2,136,189.9932
PT=29+657.61	PC=30+063.02	N 25°30'26.19" E	405.416	PC=30+063.02	583,901.2115	2,136,579.8568
PC=30+063.02	PT=30+146.97	N 20°47'06.29" E Δ = 9°26'39.80" izq Rc = 509.296	83.855 Lc = 83.950 ST = 42.070	PT=30+146.97 PI=30+105.09	583,930.9686 583,919.3281	2,136,658.2544 2,136,617.8266
PT=30+146.97	PST=30+183.58	N 16°03'46.39" E	36.612	PST=30+183.58	583,941.0989	2,136,693.4373

LONGITUD = 843.589m

Las áreas de afectación y datos geométricos son los siguientes:

Tabla 5.2 Especificaciones geométricas. Fuente Secretaría de Infraestructura.

ESPECIFICACIONES GEOMÉTRICAS	ACTUAL	PROYECTO
1.-PUEBLA-BELÉN		
CAMINO TIPO	A4	A4
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)	49,235 veh.	49,235 veh.
LONGITUD TOTAL	843.59 m	843.59 m
ANCHO DE DERECHO DE VIA	28.00 m	28.00 m
ANCHO ENTRE LINEA DE CEROS	24.00 m	24.00 m
ANCHO DE CORONA	24.00 m	24.00 m
ANCHO DE CALZADA	23.00 m	23.00 m
NUMERO DE CARRILES	4	4
ANCHO DE CARRIL	3.50 m	3.50 m
CAMELLON CENTRAL	(2) X 1.00 m = 2.00 m	(1) X 1.0 m = 1.00 m
ACOTAMIENTOS	0 m	(2) x 1.50 m =3.00 m
SUPERFICIE DEL DERECHO DE VIA	22,694.84 m ² = 2.27 has	22,694.84 m ² = 2.27 has
SUPERFICIE LINEA DE CEROS	19,452.72 m ² = 1.95 has	19,452.72 m ² = 1.95 has
SUPERFICIE DE OBRAS PERMANENTES (AFECTACIÓN)	19,452.72 m ² = 1.95 has	19,452.72 m ² = 1.95 has
2.-AV. DIAZ VARELA		
CAMINO TIPO	BOULEVARD 6 CARRILES	BOULEVARD 6 CARRILES
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)	49,235 veh.	49,235 veh.
LONGITUD TOTAL	353.85 m-28.00 m=325.85 m	325.85 m
ANCHO DE DERECHO DE VIA	28.00 m	28.00 m
ANCHO ENTRE LINEA DE CEROS	24.00 m	26.00 m
ANCHO DE CORONA	24.00 m	26.00 m
ANCHO DE CALZADA	21.00 m	21.00 m
NUMERO DE CARRILES	6	6
1.-PUEBLA-BELÉN		
ANCHO DE CARRIL	3.50 m	3.50 m
CAMELLON CENTRAL	(1) X 1.00 m = 1.00 m	(2) X 2.0 m = 2.00 m
CICLOVIA	0 m	(2) x 1.50 m =3.00 m
ACOTAMIENTOS	(2)X 1.00 m = 2.00 m	0 m
SUPERFICIE DEL DERECHO DE VIA	9,123.80 m ² =0.91 ha	9,123.80 m ² =0.91 ha
SUPERFICIE LINEA DE CEROS	7,820.40 m ² = 0.78 ha	8,472.10 m ² = 0.85 ha
SUPERFICIE DE OBRAS PERMANENTES (AFECTACIÓN)	7,820.40 m ² = 0.78 ha	8,472.10 m ² = 0.85 ha

En la tabla anterior se presentan todos los resultados obtenidos al realizar todas las actividades mencionadas en el capítulo 4. De esta manera se logró englobar las características presentes del proyecto y compararlas con las condiciones actuales. Gracias a la realización de las actividades descritas en el capítulo anterior se puede generar una idea más amplia de los grandes cambios en beneficio que estarán presentes con la construcción del Viaducto Santa Ana.

A continuación se presenta la Planta General del Proyecto del Viaducto Santa Ana:

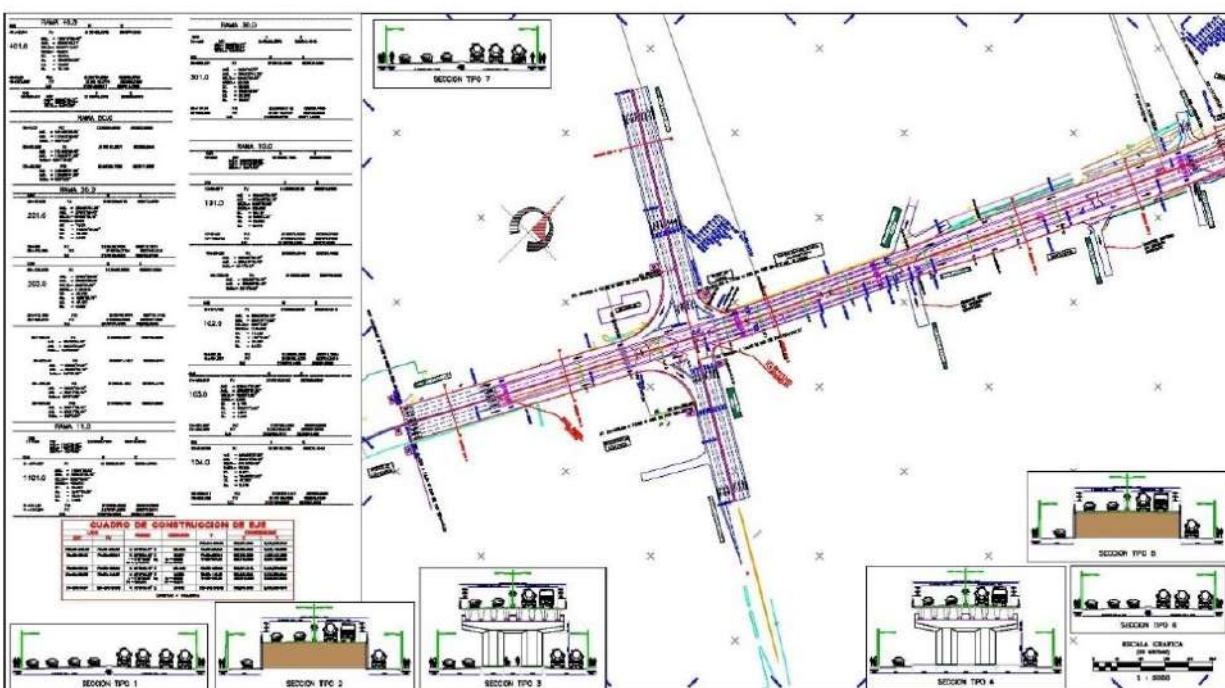


Figura 5.3 Planta general “Viaducto Santa Ana”. Fuente Secretaría de Infraestructura.

En general la figura 5.3 muestra la planta de como quedaría distribuido el proyecto, los carriles manejados, desde que punto comienza a elevarse el Viaducto, además de secciones importantes a lo largo de la construcción. Para lograr una mejor comprensión de lo plasmado conviene ver el **Anexo H (Planta General del Viaducto)**, en el cual se aprecian mejor los detalles.

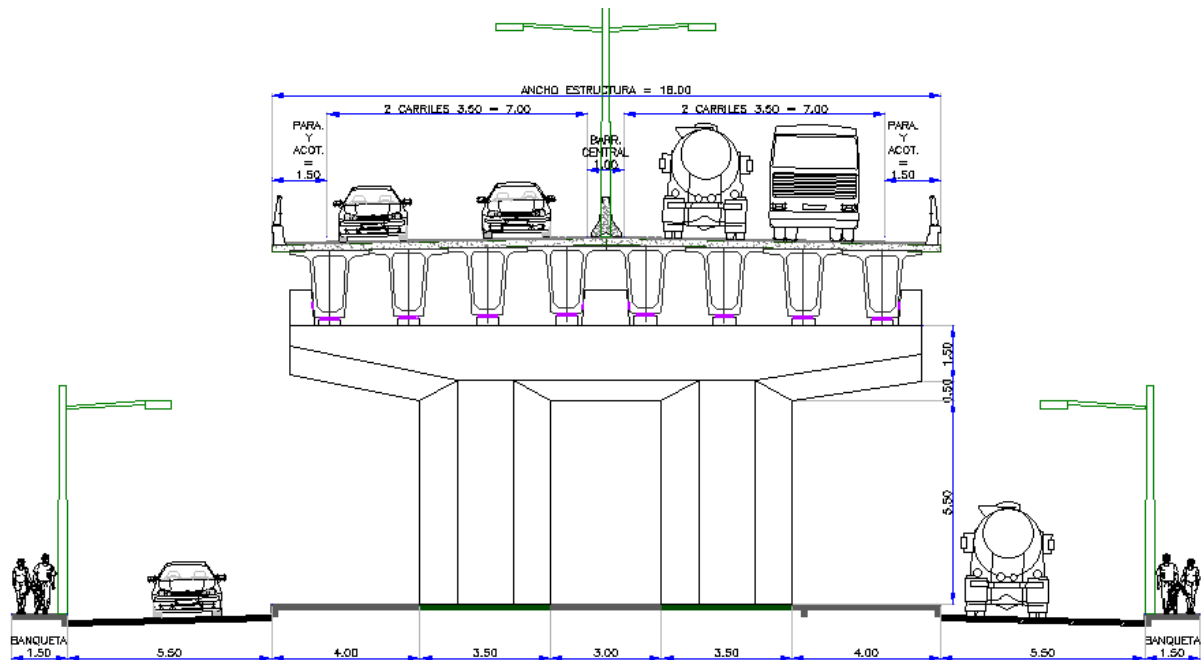


Figura 5.4 Sección tipo 4. Fuente Secretaría de Infraestructura.

El tránsito local se resuelve mediante la circulación de 4 carriles, 2 en sentido Puebla-Apizaco y 2 en sentido Apetatitlán-Santa Ana, que corren a lo largo del viaducto de forma lateral y paralela al Viaducto a nivel de las calles y que retornan para ingresar en las Calles con la debida señalización y semaforización para permitir una circulación segura.

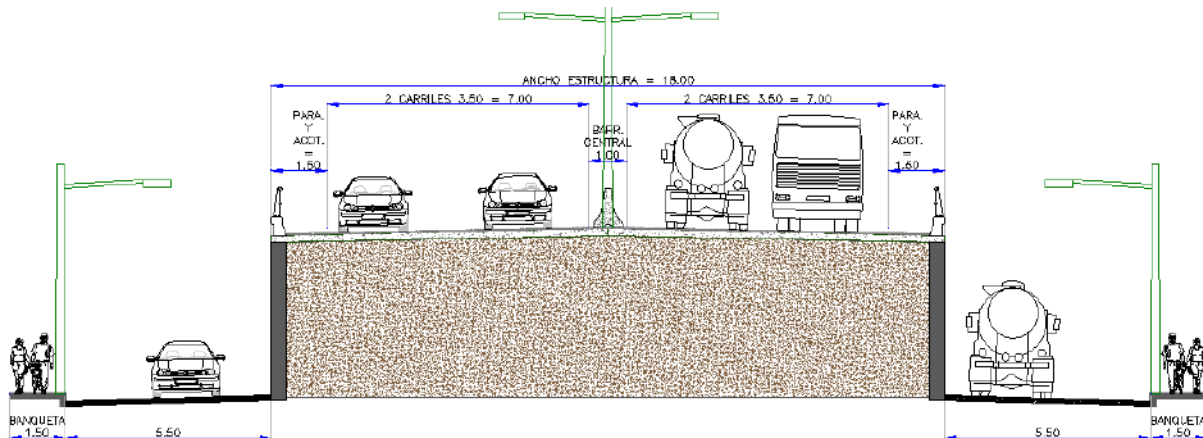


Figura 5.5 Sección tipo 2. Fuente Secretaría de Infraestructura.

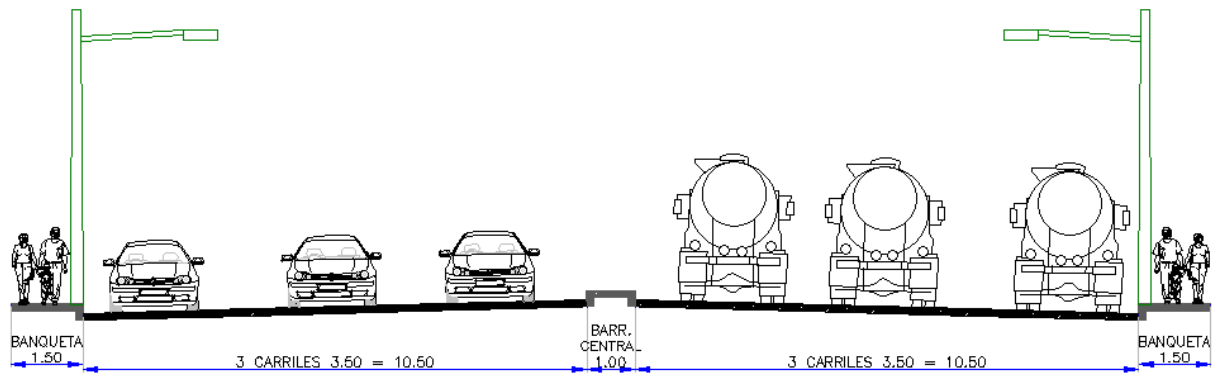


Figura 5.6 Sección tipo 6. Fuente Secretaría de Infraestructura.

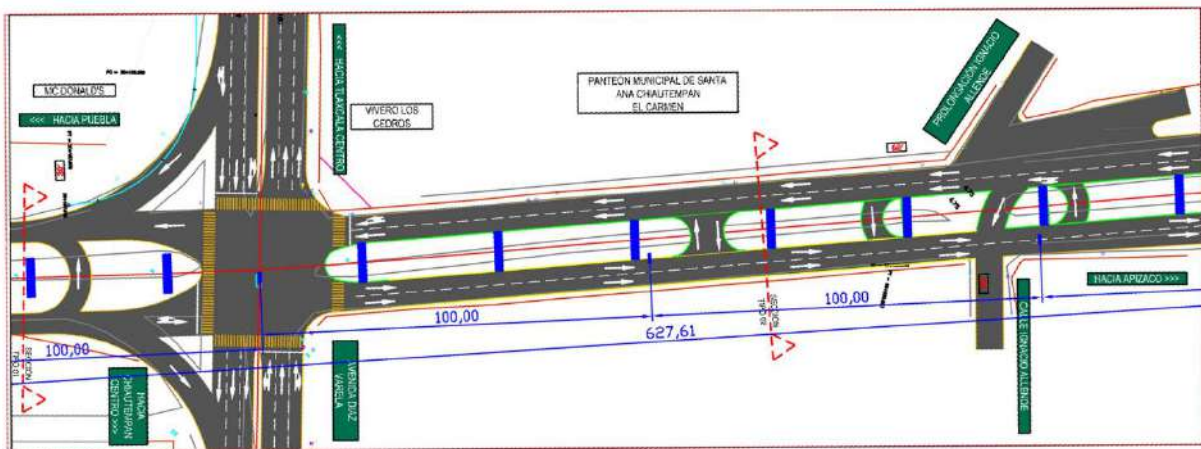


Figura 5.7 Vista en Planta del Tránsito Local. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Respecto a las partes que constituyen el viaducto, la superestructura estará conformada por 12 ejes estructurales, los 11 entre ejes albergan 8 traveses presforzados tipo AASHTO VI en su sección transversal con claros que van de los 30 a los 39 metros, unidas mediante diafragmas en su eje transversal.

También se presentará una losa de calzada de 18 cm de espesor colada en sitio de 18 metros de ancho en toda su longitud, en el claro de los entre ejes 3 y 4 se resuelve mediante el sistema tipo Gerber para dar mayor amplitud.

La subestructura consistirá en 2 rampas de acceso en los extremos del viaducto resueltas mediante muros mecánicamente estabilizados, con sus losas de aproximación en los apoyos, los 11 apoyos intermedios se resuelven mediante pilas de forma hexagonal con un cabezal provisto de bancos de nivel y topes sísmicos donde asientan las traveses presforzadas tipo cajón.

Para tener una idea más clara de los detalles presentes en la estructura que conformaran al viaducto ver

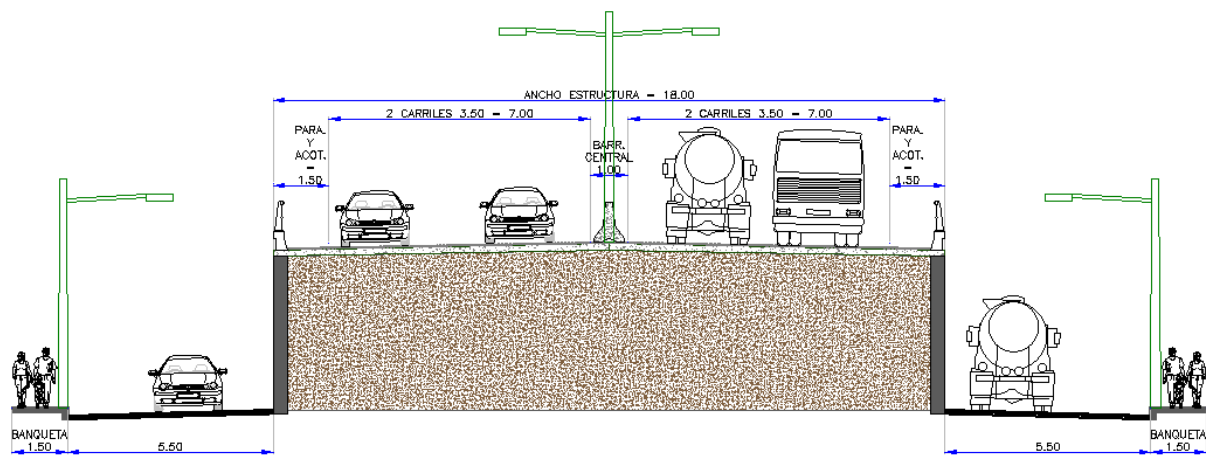


Figura 5.8 Sección tipo 5. Fuente Secretaría de Infraestructura.

La infraestructura consiste en pilotes hincados a una profundidad de entre 17 y 30 metros de profundidad, según el estudio de mecánica de suelos.

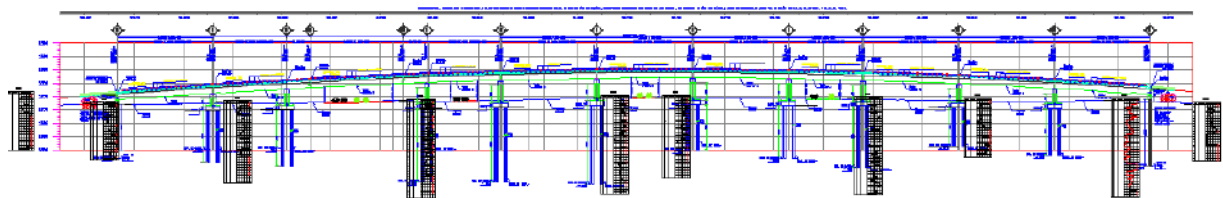


Figura 5.9 Perfil estructural. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Debido a que los trabajos son de modernización (ampliaciones), la superficie de obras de proyecto incluye la superficie de obras actuales.

Tabla 5.3 Áreas de afectación. Fuente Secretaría de Infraestructura.

AFECTACIÓN TOTAL (1+2)	ACTUAL	PROYECTO
SUPERFICIE DEL DERECHO DE VIA	31,818.64 m ² =3.19 has	31,818.64 m ² =3.19 has
SUPERFICIE LINEA DE CEROS	27,273.12 m ² = 2.73 has	27,924.82 m ² = 2.79 has
SUPERFICIE DE OBRAS PERMANENTES (AFECTACIÓN)	27,273.12 m ² = 2.73 has	27,924.82 m ² = 2.79 has

5.2 Cambio de circulación municipio de Tlaxcala y Chiautempan

Como parte del proyecto se tendrán que realizar modificaciones en cuanto a la circulación se refiere. Estas modificaciones estarán presentes en las siguientes calles y avenidas, modificando su sentido vial. **Anexo G (Cambios de Circulación).**

- ✓ Avenida Próspero Cahuantzi
- ✓ Calle Centenario
- ✓ Calle Allende
- ✓ Calle Ignacio Allende Pte.
- ✓ Calle Dr. Luis Munive y Escobar
- ✓ Calle Las Rosas
- ✓ Calle Jazmín



Figura 5.10 Cambios de sentido vial. Fuente Secretaría de Infraestructura.

5.3 Trabajos de demolición

Los trabajos de demolición de la estructura se ubican en el km 29+580 de la carretera Puebla-Santa Ana, municipio de Chiautempan, Tlax.

Para realizar los trabajos de demolición de la estructura ubicada en el cruce de la Avenida Antonio Díaz Varela con el km 29+590.53 de la Carretera Puebla-Santa Ana en el municipio de Chiautempan, Tlaxcala, deberá considerarse la colocación de letreros informativos y señalamiento de protección de obra provisional diurno y nocturno en las intersecciones para desviar los vehículos principalmente pesados por el libramiento hacia la carretera 117 que los dirigirá hacia la intersección conocida como el molinito con dirección hacia Apizaco y de igual manera en sentido contrario la opción será desviar el tráfico hacia la Carretera 117 hasta la intersección con el libramiento y conectarse nuevamente a la Carretera Puebla-Santa Ana.

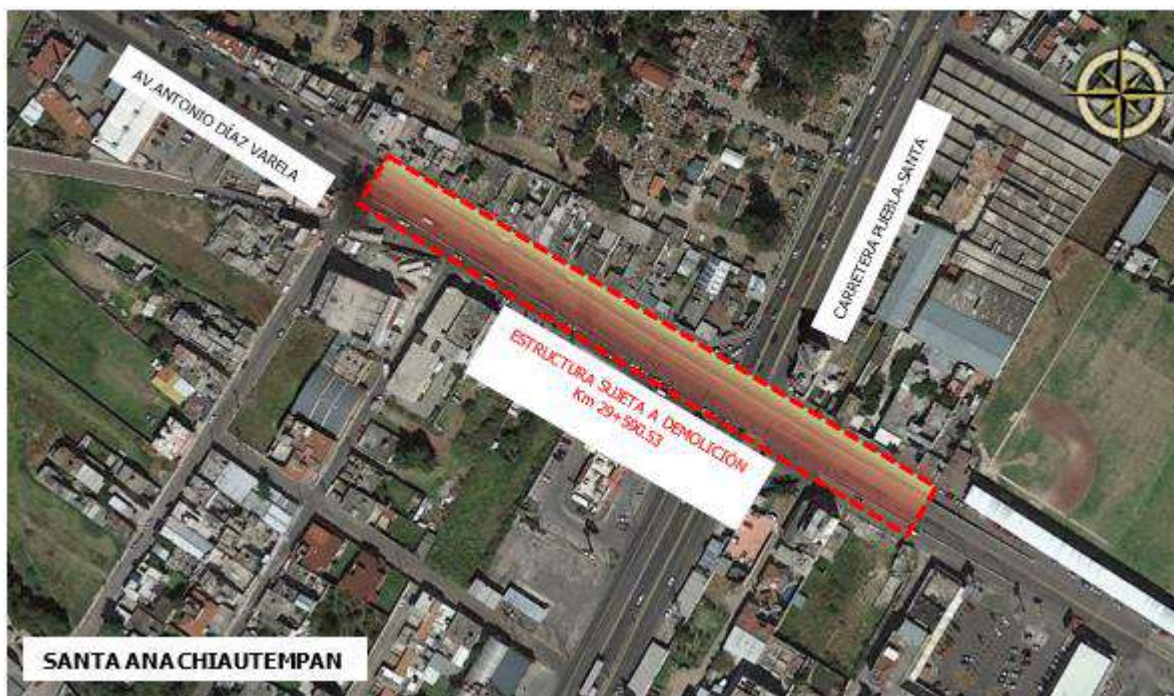


Figura 5.11 Microlocalización del sitio de ubicación de la estructura sujeta a demolición. Fuente Secretaría de Infraestructura.

El tiempo previsto para la ejecución de los trabajos se estima entre 45 a 60 días.

Será necesario confinar el área sujeta a demolición mediante un tapial vertical, la colocación de señalamiento de protección de obra para indicar los desvíos del tránsito local y la propia zona sujeta a demolición.

Se procederá a dismantelar el mobiliario urbano, tal como los postes de las lámparas, luminarias, semáforos, cableado, plantas, árboles y señalamiento vertical y/o horizontal de la Carretera.

La estructura sujeta a demolición tiene una longitud de 308.00 m y consta de una superestructura conformada por traveses tipo Gerber de 3 claros, es decir, dos ménsulas en los extremos y una trabe suspendida en el claro central, los cuales constan de 7 traveses tipo AASHTO IV en cada claro, unidas mediante diafragmas transversales en sus extremos. Sin embargo, para realizar las adecuaciones a la estructura del pavimento existente se afectará una longitud de 353.85 m por el ancho de calzada.

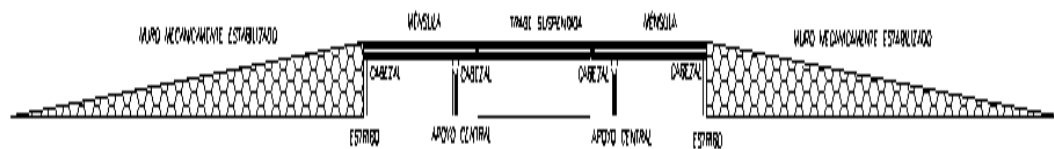


Figura 5.12 Esquema de las partes de la estructura del Puente sujeta a demolición. Fuente Secretaría de Infraestructura.

El banco de tiro que servirá para el depósito del escombros y material resultante de la demolición del Puente se ubica en el municipio de San Juan Totolac, Tlax., en el basurero municipal, dado que el material se utilizará como relleno de las capas que se conforman en dicho sitio, el cual se ubica aproximadamente a unos 14 km de la zona de construcción por la Carretera Federal San Martín-Tlaxcala.



Figura 5.13 Localización del Banco de Tiro. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Se iniciará con la demolición de las juntas de dilatación del claro central (claro 2) mediante equipo neumático, de manera alterna se realizará el dismantelamiento y retiro del parapeto metálico, una vez retiradas las juntas de dilatación y parapeto metálico, se procederá a la demolición del parapeto y guarnición de concreto reforzado en ambos extremos, para lo cual se emplearán excavadoras provistas de martillo hidráulico, el material producto de demolición se irá retirando de la obra mediante retroexcavadoras y camiones de volteo, el material tendrá como destino el banco de tiro autorizado por la dependencia, con ubicación en San Juan Totolac.

Una vez finalizada la demolición del parapeto y guarnición de concreto reforzado, se realizará la demolición de la losa de calzada mediante las excavadoras con martillo hidráulico, la losa de calzada es de concreto reforzado y tiene un espesor promedio aproximado de 20 cm, una vez realizada la demolición del claro central, se procederá a realizar la demolición de los 4 diafragmas que se ubican de forma perpendicular al eje de las traveses en los extremos y al centro de la superestructura.

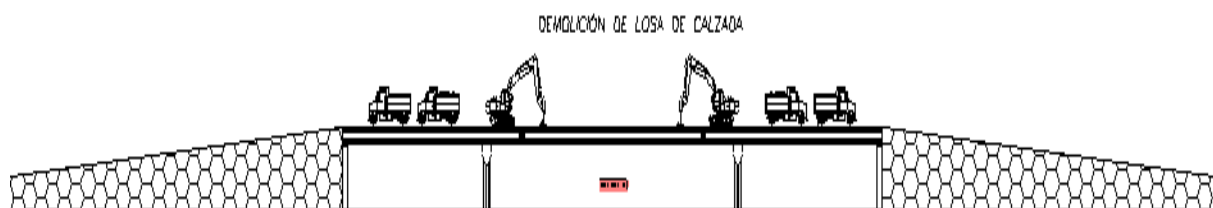


Figura 5.14 Esquema de la demolición de la losa de calzada. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Una vez liberadas las traveses se dismantelarán mediante 2 grúas con capacidad de carga mínima de 75 ton c/u y serán trasladadas al patio de maniobras.

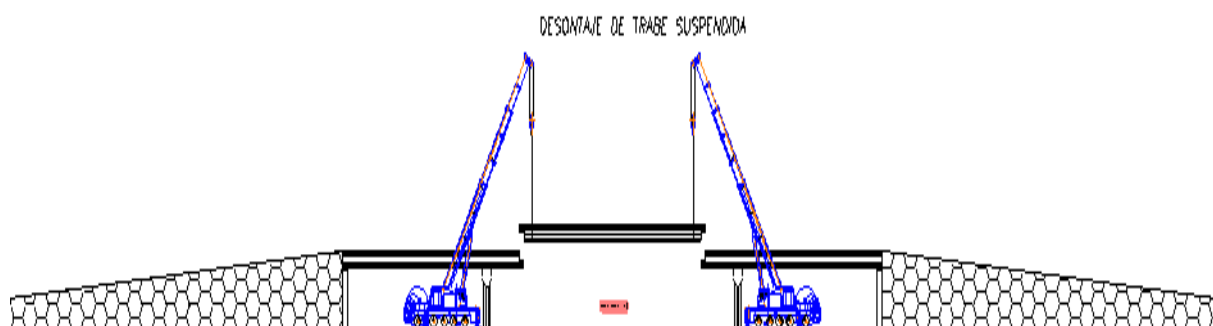


Figura 5.15 Esquema de desmontaje de trabe suspendida. Fuente Secretaría de Infraestructura.

De manera similar se realizarán las demoliciones de los parapetos guarniciones, losas de calzada, diafragmas y desmontaje de las trabes extremas.

Se procederá a la demolición de la carpeta asfáltica de los apoyos de la estructura, y se irá retirando el material subyacente de las rampas mediante excavadoras, al ir enrasando al nivel de las escamas de los muros mecánicamente estabilizados, mediante una grúa se irán retirando las escamas de acuerdo al nivel de material friccionante de relleno que se vaya retirando, las cuales se trasladarán al patio de maniobras para su demolición detallada, hasta llegar al nivel de desplante de los muros. El material producto de demolición será depositado en el banco de tiro antes mencionado.



Figura 5.16 Esquema de retiro de relleno del muro y demolición de apoyos centrales. Fuente Secretaría de Infraestructura.

De manera alterna se procederá a la demolición de los 2 apoyos centrales, mediante martillos hidráulicos operados en excavadoras 320 o superior, iniciando por los cabezales y sus bancos de apoyo, así como las pilas de forma prismática hexagonal. Posteriormente se procederá a la demolición de los 2 estribos de los extremos, empleando las excavadoras provistas de martillos hidráulicos.



Figura 5.17 Esquema de la demolición de estribos y trabajos de retiro de escombros. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Por último, se procederá a realizar la limpieza de la zona mediante retroexcavadoras y camiones de volteo, retirando todo el escombros restante para darle como destino el banco de tiro autorizado.

Posterior a la etapa de demoliciones, se procederá a realizar un cajeo para desplantar una capa de material con calidad de subrasante de un espesor de 30 cm, la construcción de las obras de drenaje, una capa de base hidráulica de 20 cm con riego de impregnación, construcción de guarniciones y/o isletas, para posteriormente colocar una capa de carpeta asfáltica de 7 cm de espesor que conformarán el nuevo pavimento flexible.

5.4 Manifestación de impacto ambiental

El proyecto puede ser exentado de la presentación de la manifestación de impacto ambiental por las siguientes razones:

- ✓ Se pretende modernizar un camino existente.
- ✓ El proyecto se encuentra inmerso en su totalidad sobre una carretera existente y actualmente en operación
- ✓ Así mismo, no será necesario el cambio de uso del suelo ya que su construcción se realizará sobre el derecho de vía de una vía de comunicación existente.

Por lo anterior las obras y actividades requeridas para el desarrollo del proyecto, no causarán impactos ambientales significativos o relevantes que provoquen un desequilibrio ecológico ni rebasarán los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección del ambiente, por lo que pueden ser exentados de la presentación de la manifestación de impacto ambiental.

5.5 Catálogo de conceptos

OBRA:		Construcción del Viaducto Santa Ana				
UBICACIÓN:		km 29+580 de la carretera Puebla- Santa Ana, municipio de Chiautempan, Tlaxcala				
CATÁLOGO DE CONCEPTOS CONSTRUCCIÓN DEL VIADUCTO SANTA ANA						
No.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	
1) TRABAJOS PRELIMINARES						
1	Tapial a base de triplay de 9 mm y polín vertical de madera de pino de 3a a cada 3.00 m, hincados en piso, P.U.O.T.	m	760.00			
2	Suministro y colocación de señalamiento provisional de Obra según proyecto P.U.O.T.	lote	1.00			
3	Desmantelamiento y retiro de postes de alumbrado público, incluye resguardo y entrega según lo indicado por la Dependencia P.U.O.T.	pza	40.00			
4	Desmantelamiento y retiro de señalamiento vertical existente, incluye resguardo y entrega según lo indicado por la Dependencia P.U.O.T.	pza	24.00			
5	Retiro de árboles con altura menor de 3 m, incluye resguardo y entrega según lo indicado por la Dependencia P.U.O.T.	pza	5.00			
6	Retiro de plantas y o arboles con altura menor de 1 m, incluye resguardo y entrega según lo indicado por la Dependencia P.U.O.T.	pza	10.00			
7	Retiro de plantas y o arboles con altura menor de 1 m, incluye resguardo y entrega según lo indicado por la Dependencia P.U.O.T.	lote	1.00			
8	Desmantelamiento de parapeto metálico (placas base, pernos, pilastras, tubería cédula 40, P.U.O.T.	kg	20,400.00			
9	Demolición de parapeto, guarnición, losa de calzada, diafragmas de concreto reforzado P.U.O.T.	m3	102.00			
10	Demolición de trabes tipo AASHTO, incluye maniobras, fletes, acarreo, etc. P.U.O.T.	m3	316.75			
11	Demolición de escamas del muro mecánicamente estabilizado, incluye retiro de cinturones, mallas, etc. P.U.O.T.	m3	139.68			
12	Retiro de relleno a base de material friccionante del muro mecánicamente estabilizado P.U.O.T.	m3	6,402.00			
13	Demolición y retiro de carpeta de concreto asfáltico de espesor de 5 a 10 cm P.U.O.T.	m3	280.50			
2) INFRAESTRUCTURA						
14	Pilotes de concreto reforzado F'c=250 kg/cm2 colados en el lugar de 1.20 de diametro, incluye: perforación con lodos estabilizadores y ademe metálico, suministro y habilitado de acero de refuerzo, concreto, separadores y maniobras auxiliares, P.U.O.T. , (N-CTR-CAR-1-06-003/01)	m	1,308.00			\$ -
3) SUBESTRUCTURA						
15	Acero para concreto hidráulico con límite elástico igual o mayor de F'Y= 4200 Kg/cm2, suministro y colocación en Cabezal bancos y topes, P.U.O.T.	kg	71,863.50			\$ -
16	Concreto hidráulico normal de fc=250 Kg/cm2 (Cabezal, bancos y topes), P.U.O.T.	m3	312.45			\$ -
17	Columnas de concreto reforzado F'c=250 Kg/cm2 colados en lugar, de 1.20 m de diametro, incluye: cimbra, suministro y habilitado de acero de refuerzo, concreto, separadores y maniobras auxiliares, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-006/01).	m	164.46			\$ -
18	Placas y apoyos integrales de neopreno, de acuerdo a lo indicado en el proyecto, P.U.O.T. (E.P. 01)	dm3	1,559.40			\$ -
SUB-TOTAL SUBESTRUCTURA						\$ -
4) SUPERESTRUCTURA						
PARAPETO						
19	Acero de refuerzo de L.E.4200Kg/cm2 en remates, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-004/02)	kg	296.00			\$ -
20	Concreto hidráulico normal de fc=250 Kg/cm2 en remates, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m3	1.84			\$ -
21	Acero estructural A-36, en pilastras P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-005/01)	kg	9,316.00			\$ -
22	Pernos de 2.540x20 con tuerca, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-005/01)	pza	274.00			\$ -
23	Acero para concreto hidráulico con límite elástico igual o mayor de F'Y= 4200 Kg/cm2, en guarniciones del parapeto, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-004/02)	kg	22,673.00			\$ -
24	Concreto hidráulico normal de fc=250 Kg/cm2, en guarniciones del parapeto, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m3	54.70			\$ -
25	Concreto hidráulico normal de fc=150 Kg/cm2, en banquetas de la estructura, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	M3	165.90			\$ -
26	Parapetos de acero, según proyecto: Estructura fabricada y montada, estructura soldada en: En tubo de acero galvanizado de 7.6 Ø (3") de diametro ced. 40, P.U.O.T.	kg	6,181.00			\$ -
27	Parapetos de acero, según proyecto: Estructura fabricada y montada, estructura soldada en: En junta del barandal y tapas, tubos de 6.4 Ø (2 1/2") de diametro nominal cedula 40, P.U.O.T.	kg	171.00			\$ -
28	Parapetos de acero, según proyecto: Estructura fabricada y montada, estructura soldada en: En tubo de acero galvanizado de 5.1 Ø (2") de diametro ced. 40, P.U.O.T.	kg	2,953.80			\$ -
29	Parapetos de acero, según proyecto: Estructura fabricada y montada, estructura soldada en: En junta del barandal y tapas, tubos de 3.8 Ø (1 1/2") de diametro nominal cedula 40, P.U.O.T.	kg	79.80			\$ -
30	Tubo de carton de 21.0 cm de diametro, en banquetas, incluye suministro y colocación.	m	3,282.00			\$ -
LOSA Y DIAFRAGMAS						
31	Acero para concreto hidráulico con límite elástico igual o mayor de F'Y= 4200 Kg/cm2 en losa y diafragmas, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-004/02)	kg	317,233.60			\$ -
32	Concreto hidráulico normal de fc=250 Kg/cm2 en losas y diafragmas, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m3	1,379.28			\$ -
33	Varilla "CC" con rosca en extremos, P.U.O.T. (E.P.02)	kg	2,706.59			\$ -
34	Ductos de plástico de 2.5 ø x 1.71m. P.U.O.T. (E.P.03)	pza	350.00			\$ -
35	Carpeta asfáltica con mezcla en caliente de granulometría densa con materiales procedentes de bancos que elija el contratista, incluye: cemento asfáltico modificado con polímero, acarreo, mezclado extendido compactado al 95% conforme a lo indicado en el proyecto, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-04-006/09)	m3	210.14			\$ -

	TRABES				
36	Fabricación, almacenaje, traslado y montaje de traves de concreto prefabricadas y reforzadas tipo AASHTO de 1.83 de peralte y 39.50 m. de longitud, según proyecto, P.U.O.T.	pza	55.00		\$ -
37	Fabricación, almacenaje, traslado y montaje de traves de concreto prefabricadas EN PATINES SUPERIOR E INFERIOR y reforzadas tipo AASHTO de 1.83 de peralte y 39.50 m. de longitud, según proyecto, P.U.O.T.	pza	22.00		\$ -
	LOSA DE ACCESO				
38	Acero para concreto hidráulico con límite elástico igual o mayor de F _y = 4200 Kg/cm ² en losa de acceso, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-004/02)	kg	15,732.00		\$ -
39	Concreto hidráulico normal de f _c =250 Kg/cm ² en losa de acceso, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m ³	68.40		\$ -
40	Junta de expansión con perfil de aleación de aluminio tipo WOSD o similar	m	152.00		\$ -
SUB-TOTAL SUPERESTRUCTURA					\$ -
5) TERRACERIAS					
	CORTES				
41	Desplante, desperdiciando el material, por unidad de obra terminada de cortes y para desplante de terraplenes	m ³	16,282.00		\$ -
42	Excavación de cortes cualquiera que sea su clasificación en ampliación de taludes, el material producto del corte se desperdicia en el banco que indica el proyecto, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-01-003/00)	m ³	4,190.00		\$ -
	TERRAPLENES				
43	Compactación, por unidad de obra terminada: Del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes: Para noventa por ciento (90%)	m ³	6,693.00		\$ -
44	Compactación, por unidad de obra terminada: De la cama de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional: Para noventa y cinco por ciento (95%)	m ³	6,676.00		\$ -
45	Construcción de terraplenes utilizando materiales compactables procedentes de bancos de proyecto, en el CUERPO DEL TERRAPLEN compactado al 90% conforme a lo indicado en el proyecto, incluye suministro y acarreo de material, P.U.O.T. (N-CTR-1-01-009/00)	m ³	36,226.37		\$ -
46	Formación y compactación de capa subyacente, con o sin cuñas de sobreancho con material del banco que elija el contratista, para el noventa y cinco por ciento (95%), incluye: suministro y acarreo de, materiales consumibles, equipo, herramienta, maquinaria y mano de obra, P.U.O.T.	m ³	15,511.00		\$ -
47	Formación y compactación de capa subrasante, con o sin cuñas de sobreancho con material del banco que elija el contratista, para el cien por ciento (100%), incluye: suministro, material y acarreo, materiales consumibles, equipo, herramienta, maquinaria y mano de obra, P.U.O.T.	m ³	15,868.00		\$ -
	ACARREOS				
48	Acarreo en camión con carga mecánica, de materiales no aprovechables de tierra producto de los cortes en caja y material mixto producto de la demolición a primer kilómetro	m ³	20,472.00		\$ -
	Acarreo km subsecuentes cualquier zona al banco de tiro. Máximo 5 km	m ³ -km	102,360.00		\$ -
6) PAVIMENTOS					
	PAVIMENTOS				
49	Base hidráulica, con materiales petreos procedentes de bancos que elija el contratista incluyendo suministro, acarreo, tendido y compactado al 100% conforme a lo indicado en el proyecto, P.U.O.T.	m ³	14,209.91		\$ -
50	Carpeta asfáltica con mezcla en caliente de granulometría densa con materiales procedentes de bancos que elija el contratista, incluye: cemento asfáltico modificado con polímero, acarreo, mezclado extendido compactado al 95% conforme a lo indicado en el proyecto, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-04-006/09)	m ³	3,475.89		\$ -
51	Base estabilizada con cemento asfáltico AC-20, con materiales petreos procedentes de bancos que elija el contratista incluye: cemento asfáltico AC-20, acarreo, mezclado, extendido y compactado al 95 % conforme lo indicado en el proyecto, la cual deberá ser elaborada en planta estacionaria en caliente por unidad de obra terminada	m ³	5,414.94		\$ -
52	Riego de impregnación con emulsión asfáltica ECI-60, incluye barrido, suministro, almacenamiento, aplicación, P.U.O.T., (N-CTR-CAR-1-04-004/00)	m ²	76,371.60		\$ -
	MURO DE TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA				
53	Dala de cimentación de concreto hidráulico f _c =250 kg/cm ² para desplante de muro de tierra mecánicamente estabilizada, incluye excavación y afine de cepa, por unidad de obra terminada.	m	708.59		\$ -
54	Dala de remate de concreto hidráulico f _c =250 kg/cm ² sobre muro de tierra mecánicamente estabilizada, incluye pintura y preparación para la colocación de defensa metálica, por unidad de obra terminada.	m	670.59		\$ -
55	Fabricación, almacenaje y colocación de paneles de concreto hidráulico de acuerdo a proyecto de patente en almacén de la obra, incluyendo almacenaje aramaduras (tensores), juntas, accesorios, montaje y colocación por unidad de obra terminada.	m ²	2,645.33		\$ -
56	Rellenos compactados por capas al noventa y cinco por ciento (95%) para formar la estructura de tierra mecánicamente estabilizada, del banco que elija el contratista, incluye acarreo, por unidad de obra terminada.	m ³	25,130.64		\$ -
SUB-TOTAL TERRACERIAS					\$ -
7) OBRAS DE DRENAJE					
57	Concreto hidráulico normal de f _c =250 Kg/cm ² en ALCANTARILLA CAJON, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m ³	340.20		\$ -
58	Acero para concreto hidráulico con límite elástico igual o mayor de F _y = 4200 Kg/cm ² en losa y diafragmas, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-004/02)	kg	78,246.00		\$ -
59	Concreto hidráulico normal de f _c =100 Kg/cm ² en DELANTALES Y PLANTILLA, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m ³	35.62		\$ -
60	Concreto hidráulico normal de f _c =150 Kg/cm ² en CABEZOTES, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m ³	16.92		\$ -
61	Excavación para obras de drenaje cualquiera que sea su clasificación a cualquier profundidad, el material producto de la excavación se desperdicia, por unidad de obra terminada.	m ³	81.04		\$ -
62	Plantilla de apoyo de 20 cms. de esp. Con material granular compactada al 90% de su PVSM de prueba AASHTO estándar	m ³	20.56		\$ -
63	Arrope de taludes en obras de drenaje con material producto del despalme	m ³	394.85		\$ -

64	Acero para concreto hidráulico MALLA ELECTROSOLDADA 6-6/10-10	m2	62.16		\$ -
65	Alcantarilla de concreto reforzado de fc=280 kg/cm2, en direccion esviada de 152 cm de diametro, por unidad de obra terminada.	m	46.80		\$ -
	Cunetas de seccion triangular revestidas de zampeado de concreto hidraulico de fc= 150 kg/cm2, por unidad de obra terminada.	m	1,290.25		\$ -
	Bordillo de concreto hidraulico de fc 150 kg/cm2 de 16 x 8 x 12 cm, con tamaño maximo de agregado de 1.90 cm (cm"), por unidad de obra terminada.	m	546.00		\$ -
SUB-TOTAL OBRAS DE DRENAJE					\$ -
8) SENALAMIENTO					
	SENALAMIENTO HORIZONTAL				
66	Marcas M-2.1 Raya separadora de carriles, continua, con pintura convencional color blanco reflejante de 15 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	175.14		\$ -
67	Marcas M-2.3 Raya separadora de carriles, discontinua, con pintura convencional color blanco reflejante de 15 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	4,855.39		\$ -
68	Marcas M-3.1 Raya en la orilla derecha continua, con pintura convencional color blanco reflejante de 15 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	1,616.43		\$ -
69	Marcas M-3.2 Raya en la orilla derecha continua, con pintura convencional color blanco reflejante de 15 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	2,962.68		\$ -
70	Marcas M-3.3 Raya en la orilla izquierda continua, con pintura convencional color amarillo reflejante de 15 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	4,009.62		\$ -
71	Marcas M-4 Raya guia en zonas de transición, con pintura convencional color blanco reflejante de 15 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	919.81		\$ -
72	Marcas M-5 Rayas canalizadoras continua, con pintura convencional color blanco reflejante de 20 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	493.53		\$ -
73	Marcas M-7 Cruce de peatones, con pintura convencional color amarillo reflejante de 60 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	256.00		\$ -
74	Marcas M-11.1 Flechas, con pintura convencional color blanco, por unidad de obra terminada.	pza	102.00		\$ -
75	Marcas M-12.1 En guaricion para prohibicion del estacionamiento, con pintura convencional color amarillo reflejante de 35 cm de ancho, por unidad de obra terminada.	m	686.31		\$ -
76	Marcas M-13.1 Marcas en estructuras, con pintura convencional color amarillo reflejante de 100 x 300 cm, por unidad de obra terminada.	pza	16.00		\$ -
77	Botones DH-1.9 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, en linea discontinua separadora de carriles, cara al tránsito, color blanco retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	170.00		\$ -
78	Botones DH-1.11 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, en linea derecha continua, cara al tránsito, color blanco retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	57.00		\$ -
79	Botones DH-1.13 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, en linea derecha discontinua, cara al tránsito, color blanco retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	101.00		\$ -
80	Botones DH-1.14 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, en linea izquierda continua, cara al tránsito, color amarillo retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	138.00		\$ -
81	Botones DH-1.15 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, en rayas canalizadoras M-5, cara al tránsito, color blanco retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	139.00		\$ -
82	Botones DH-2.1 retroreflejantes sobre el barrera central, cara al tránsito, color amarillo retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	98.00		\$ -
83	Botones DH-2.1 retroreflejantes sobre defensa metalica orilla derecha, cara al tránsito, color blanco retroreflejante, por unidad de obra terminada.	pza	66.00		\$ -
	SENALAMIENTO VERTICAL				
84	Señal informativa de identificacion SII-15 DISTANCIA EN KILOMETROS, con tablero de 76 x 30 cm, en un poste, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
85	Señal informativa de destino SID-9 ENTRONQUE, con un tablero de 80 x 239 cm, en dos postes, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	1.00		\$ -
86	Señal informativa de destino SID-11 CONFIRMATIVA, con un tablero de 40 x 178 cm, en dos postes, con pelicula reflejante tipo A, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
87	Señal informativa de destino SID-13 BANDERA, con un tablero de 122 cm de altura y 366 cm de ancho, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	1.00		\$ -
88	Señal informativa de destino SID-13 BANDERA, con un tablero de 183 cm de altura y 366 cm de ancho, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
89	Señal informativa de destino SID-14 BANDERA DOBLE, con dos tableros de 122 cm de altura y 366 cm de ancho cada uno, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	4.00		\$ -
90	Señal preventiva SP-17 INCORPORACION DEL TRÁNSITO con un tablero de 117 x 117 cm, en dos postes, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
91	Señal preventiva SP-19 SALIDA con un tablero de 117 x 117 cm, en dos postes, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
92	Señal preventiva SP-21 ESTRECHAMIENTO ASIMETRICO con un tablero de 117 x 117 cm, en dos postes, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
93	Señal preventiva SP-32 PEATONES con un tablero de 86 x 86 cm, en un poste, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	6.00		\$ -
94	Señal preventiva SP-32 PEATONES con un tablero de 86 x 86 cm, con tablero adicional de 35 x 122 cm, en un poste, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	2.00		\$ -
95	Señal restrictiva SR-6 ALTO, con un tablero de 30 cm por lado, en un poste, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	3.00		\$ -
96	Señal restrictiva SR-7 CEDA EL PASO, con un tablero de 85 cm por lado, en un poste, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	5.00		\$ -
97	Señal restrictiva SR-9 VELOCIDAD, con un tablero de 86 x 86 cm, en un poste, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	8.00		\$ -
98	Señal restrictiva SR-9 VELOCIDAD, con un tablero de 117 x 117 cm, en dos postes, con pelicula reflejante tipo B, por unidad de obra terminada.	pza	4.00		\$ -

99	Señal restrictiva SR-9 VELOCIDAD, con un tablero de 117 x 117 cm con tablero adicional 35 x 117 cm, en dos postes, con película reflejante tipo B, por unidad de obra terminada	pza	2.00		\$ -
100	Señal restrictiva SR-25A RETORNO PERMITIDO, con un tablero de 86 x 86 cm, en un poste, con película reflejante tipo B, por unidad de obra terminada	pza	2.00		\$ -
OTROS DISPOSITIVOS DIVERSOS					
101	Defensa metálica de tres crestas, con longitud de viga acanalada de 4128 mm y largo efectivo de 3810 mm, con recubrimiento de zinc tipo II, con clase B de espesor nominal del metal base de las vigas acanaladas, con uniones con placa de respaldo, con postes y separadores de acero, con extremos amortiguados, por unidad de obra terminada	m	1,849.91		\$ -
102	Barrera central modular de concreto hidráulico premezclado con resistencia de $f_c=250$ kg/cm ² y refuerzo de varilla corrugada de acero de $f_y = 4000$, con longitud del módulo de 300 cm, con el pintado de extremos en su cara normal al tránsito,	m	1,420.00		\$ -
	con malla antideslumbrante de polietileno de alta densidad color negro humo de 3 mm de espesor, incluye botones retroreflejantes, por unidad de obra terminada.				
103	Señal obras y dispositivos diversos OD-5 INDICADOR DE OBSTACULOS, con un tablero de 122 x 30 cm, en un poste, con película reflejante tipo B, por unidad de obra terminada	pza	3.00		\$ -
104	Señal obras y dispositivos diversos OD-5 INDICADOR DE OBSTACULOS, con un tablero de 122 x 61 cm, en un poste, con película reflejante tipo B, por unidad de obra terminada	pza	4.00		\$ -
105	Amortiguadores de impacto Redireccionables-No traspasables (OD-14/RNT), por unidad de obra terminada	pza	2.00		\$ -
106	Concreto hidráulico normal de $f_c=250$ Kg/cm ² en banquetas y guarniciones, P.U.O.T. (N-CTR-CAR-1-02-003/04)	m3	361.97		\$ -
9) ALUMBRADO					
ALUMBRADO SOLAR					
107	Suministro e instalación de luminaria DMSL-S5A-120 W (110 Lm/w IP-66 IK 5700 K Marca DIANMING o similar. Incluye herramienta menor y mano de obra por unidad de obra terminada	pza	188.00		\$ -
108	Suministro e instalación de poste de alumbrado conico circular de 9.0 m de un brazo. Incluye acarreo, colocacion plomeo, pintura, brazo y lo necesario para su correcta instalacion, por unidad de obra terminada	pza	74.00		\$ -
109	Suministro e instalación de poste de alumbrado conico circular de 9.0 m de dos brazos. Incluye acarreo, colocacion plomeo, pintura, brazo y lo necesario para su correcta instalacion, por unidad de obra terminada	pza	57.00		\$ -
SUBTOTAL SENALAMIENTO					\$ -
					SUBTOTAL \$ -
					I.V.A. (16 %) \$ -
					SUBTOTAL \$ -

5.6 Programa de obra

El presente proyecto se pretende realizar en un periodo de 24 meses de acuerdo con el siguiente calendario de ejecución de obra.



Figura 5.18 Calendario de ejecución de obra. Fuente Secretaría de Infraestructura.

Conclusiones y recomendaciones

Como parte de lo aprendido a lo largo de todo el tiempo de realización del proyecto, puedo concluir que es el desarrollo social y económico de un municipio, depende en gran medida de sus vías de comunicación. Los beneficios socioeconómicos que proporciona la creación de una obra vial bien planificada se traducen directamente en reducciones de costos operativos con los vehículos, en términos de tiempo y contaminación al ambiente, así como las facilidades para el desplazamiento de los usuarios que a su vez se logra reducir el número de accidentes.

El crecimiento en la infraestructura vial debe ser impulsado debido al gran número de beneficios que trae consigo, además de que en la actualidad el bienestar de las poblaciones se encuentra ligado a la calidad de servicios con los que cuente.

Dentro del estado de Tlaxcala se presenta una baja calidad y cantidad de servicios, sobre todo en las poblaciones que se encuentran alejadas de los centros más grandes de desarrollo. Por esta razón el desarrollo y solución de problemas enfocados a los servicios que puede llegar a brindar la infraestructura vial, tendrían que resolverse para beneficio de la comunidad y usuarios del servicio.

En relación con lo anteriormente mencionado, concluyo que aplica para el proyecto que se estuvo desarrollando, el servicio actual que brinda el tramo en estudio presenta problemas que afectan directamente a la comunidad y usuarios de la vialidad, razón suficiente para llegar a la decisión de modernizar el tramo mediante una estructura que solucione los problemas actuales y además brinde seguridad y beneficios socioeconómicos a los usuarios y la comunidad.

Como beneficio al proyecto desarrollado concluyo que se solucionarán todos los problemas actuales, esto quiere decir que se lograrán reducir los tiempos de recorrido, mejorarán los niveles de servicio, se incrementará la seguridad. Este proyecto traerá consigo muchos beneficios, de los mas importantes radican en el aspecto económico y social.

Como recomendación, me gustaría comentar que todo el análisis que abarcó este proyecto debería de ser tratado más específicamente a lo largo de nuestra preparación académica ya que como estudiantes ciertos aspectos no se logran abarcar en ese determinado periodo. He de comentar también que desde mi punto de vista y por experiencia propia, trabajar con un proyecto desde cero realmente ayuda a ampliar nuestro panorama para que de esta manera surjan todas las dudas posibles, aclararlas con personas de experiencia y adquirir conocimiento nuevo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

Competencias desarrolladas

A lo largo del desarrollo del proyecto se desarrollaron ciertas competencias para las actividades realizadas.

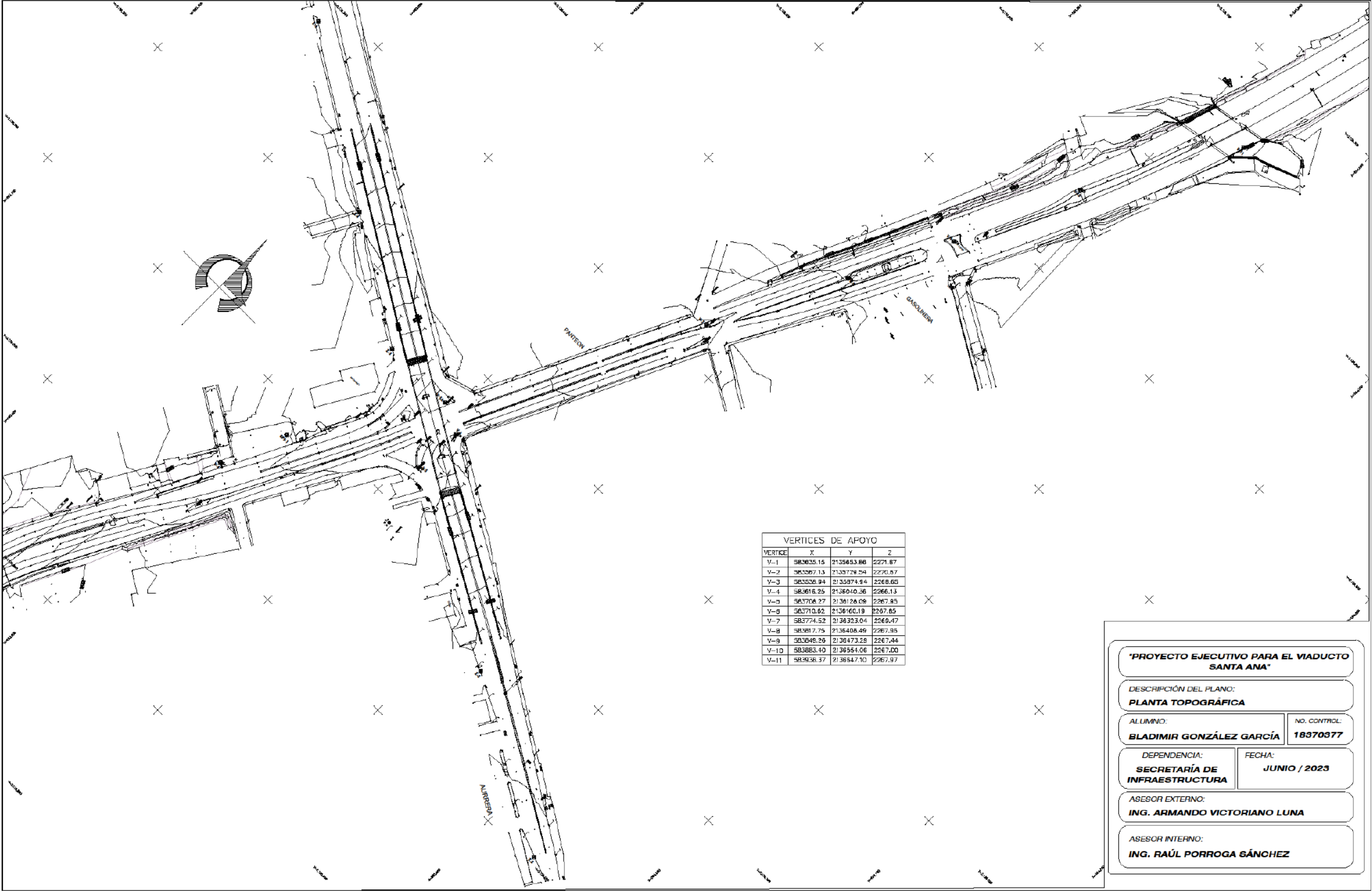
- ✓ Capacidad para analizar la información y posteriormente sintetizarla.
- ✓ Manejo de bibliografía relevante, en todo momento se buscó trabajar con bibliografía oficial para tener certeza en cuanto a la información presentada.
- ✓ Habilidades para el uso de Internet y el resto de los servicios de red, con el propósito de la obtención y manejo de la información relacionada con el proyecto.
- ✓ Destreza para presentar una posible solución al problema planteado y con esto generar lluvia de ideas relacionadas con el problema a resolver.
- ✓ Cumplimiento con los plazos de revisión para los avances del proyecto.
- ✓ Capacidad de aplicar los conocimientos, métodos y herramientas vistos en las diferentes asignaturas a lo largo de la preparación académica.
- ✓ Capacidad para aprender y aplicar de forma autónoma e interdisciplinar nuevos conceptos relacionados con el proyecto a desarrollar.

Referencias

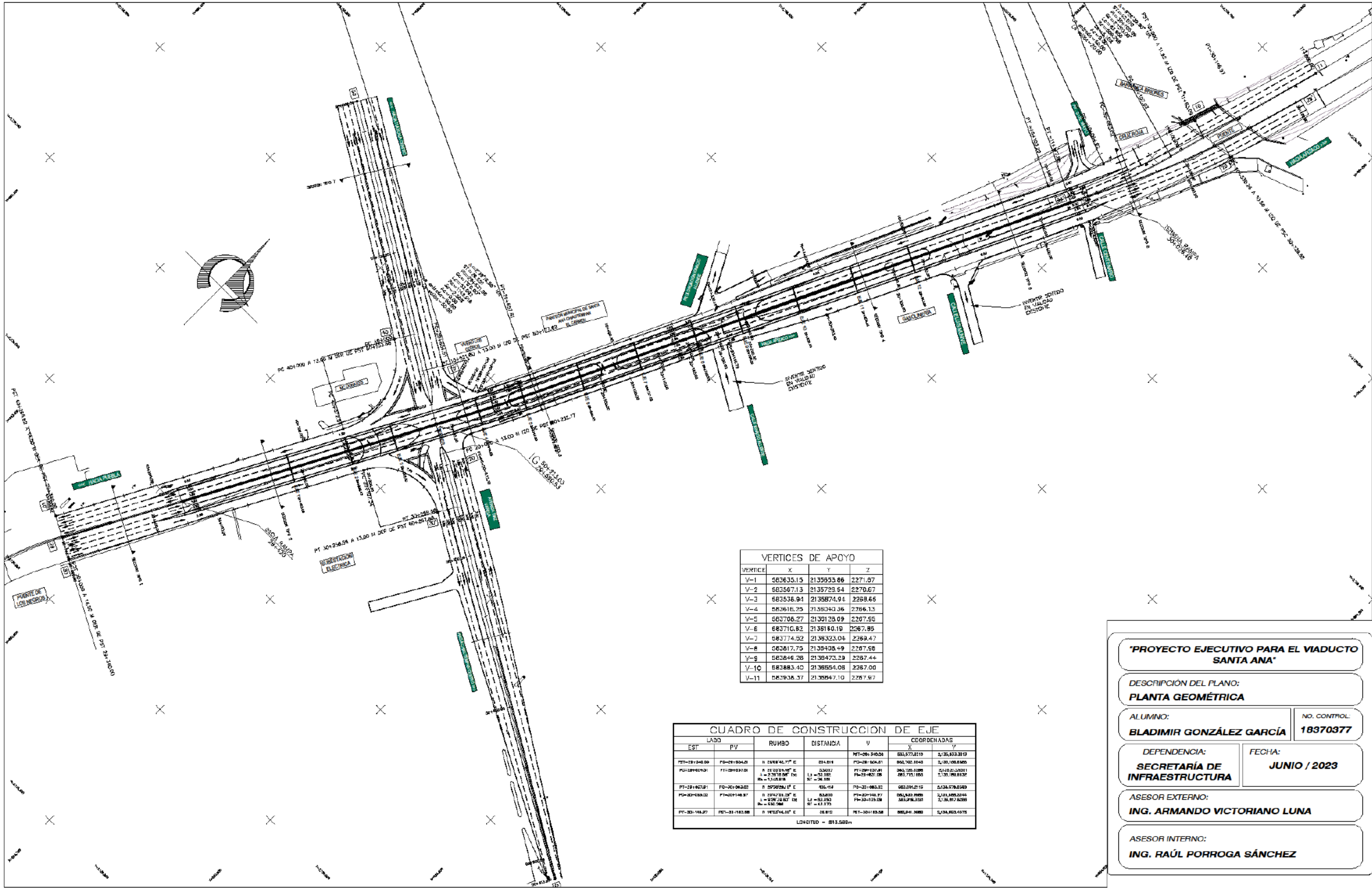
- Dragon. (01 de Abril de 2017). *Dragoit.com*. Obtenido de Dragoit.com: <https://dragoit.com/blog/diferencia-entre-puente-y-viaducto/>
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- IMT. (Mayo de 2020). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=523&IdBoletin=188>
- Infraestructura, S. d. (2020). *Secretaria de Infraestructura*. Obtenido de Secretaria de Infraestructura.
- SAHOP. (2018). Normas tecnicas de proyecto y construccion para obras de vialidades. Baja California.
- SCT. (2004). *Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras*.
- SCT. (2014). *Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad*. México.
- SCT. (2015). *Manual de Iluminación Vial*. México.
- SCT. (2016). *Manual para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras*. Ciudad de México.
- SCT. (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. Obtenido de Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
- SCT. (2018). *Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares*. México, Ciudad de México.
- SCT. (2019). *Estudios Geotécnicos*.
- SCT. (2020). *Guía para la Ejecución de Trabajos de Campo para la Determinacion de la Oferta y Demanda de los Estudios de Transito para el Transporte Carretero*. Sanfandila, Qro.
- Secretaria de Obras Públicas, D. U. (2018). *Normas Tecnicas de la Ley de la Construcccion del Estado de Tlaxcala*. Tlaxcala.
- Taxcala, G. d. (2018). *Normas Tecnicas de la Ley de la Construcción del Estado de Tlaxcala*. Tlaxcala.
- VISE. (2020). *VISE*. Obtenido de VISE: <https://blog.vise.com.mx/como-se-clasifican-las-carreteras-en-mexico>.

Anexos

Anexo A (Planos Topográficos)

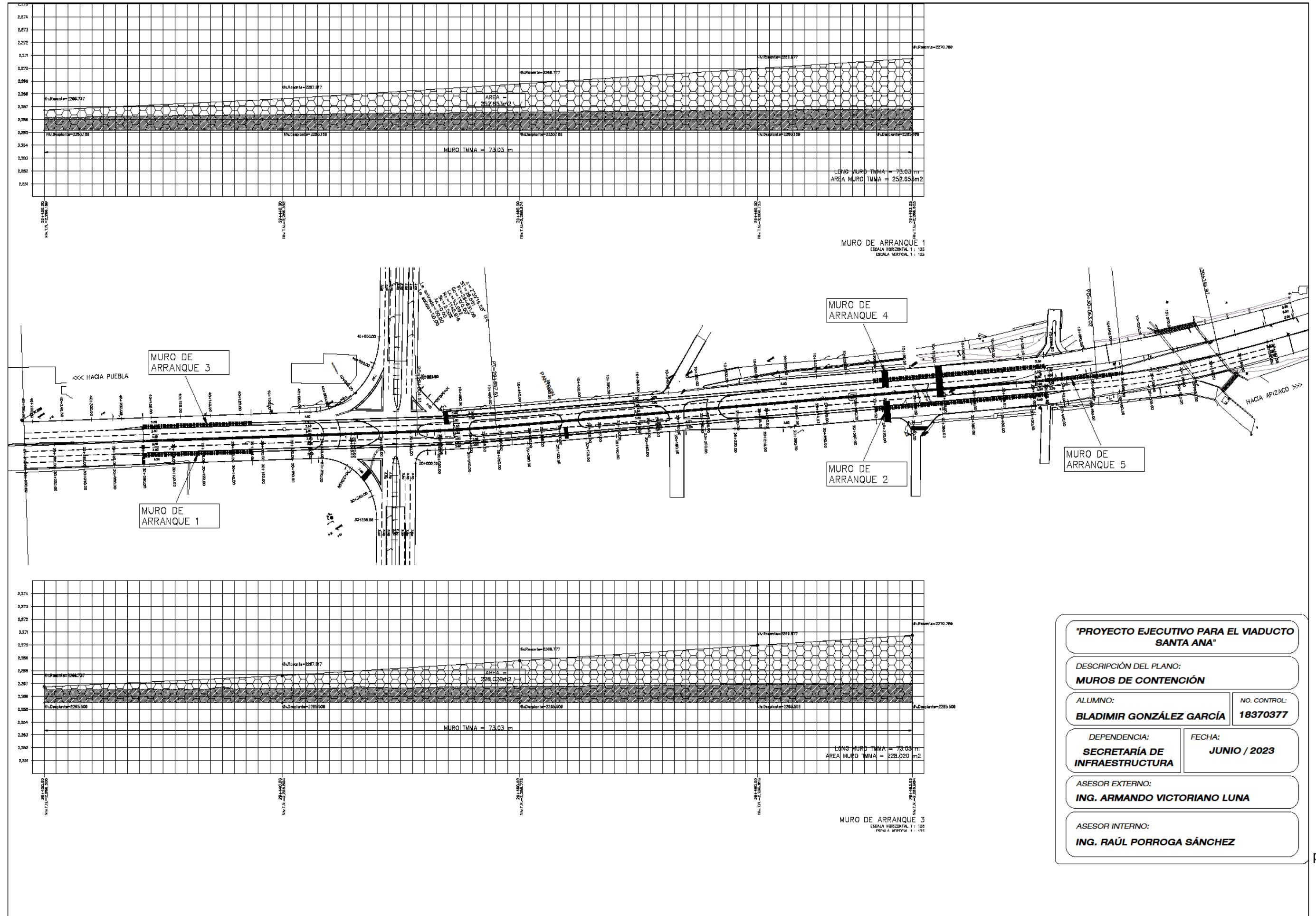


Anexo B (Planos Proyecto Geométrico)





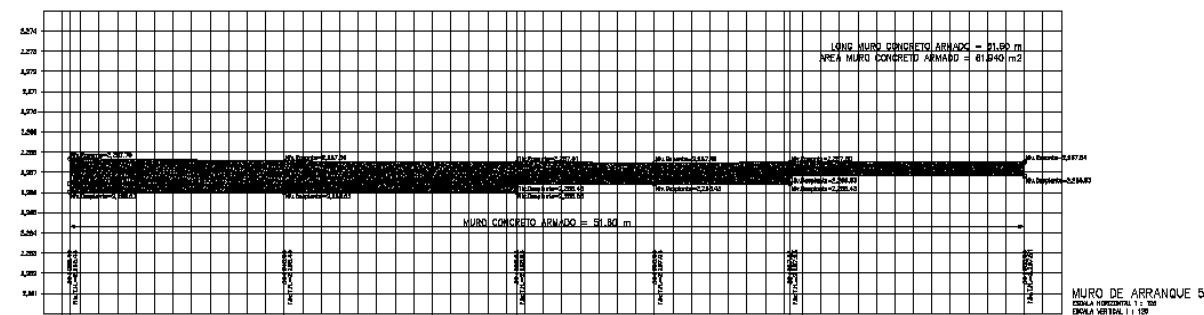
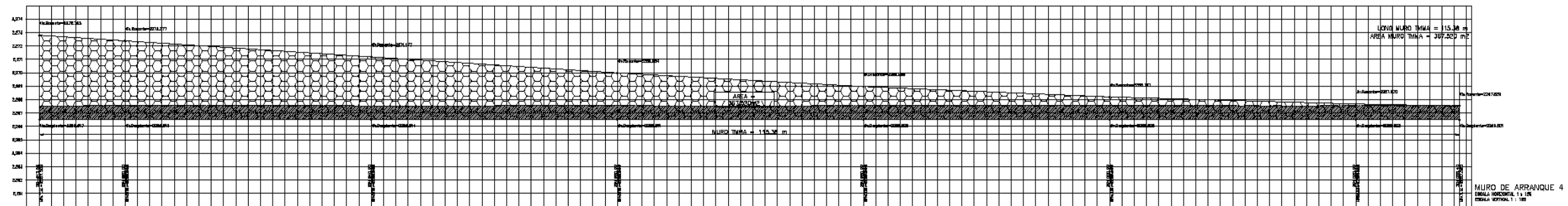
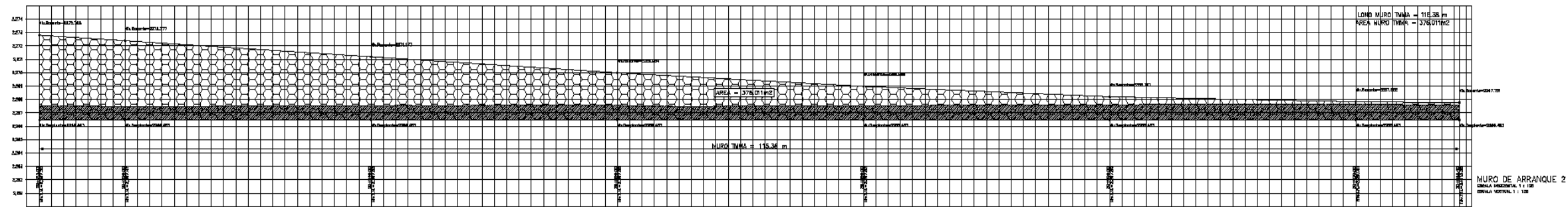
pág. 149



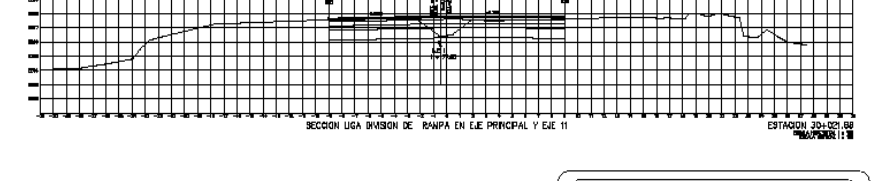
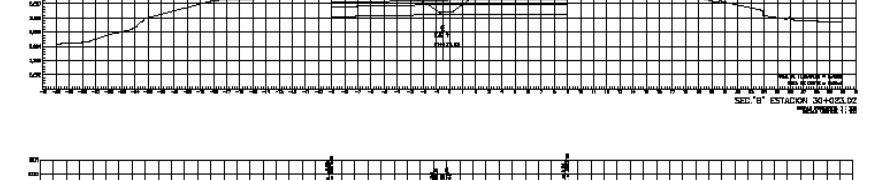
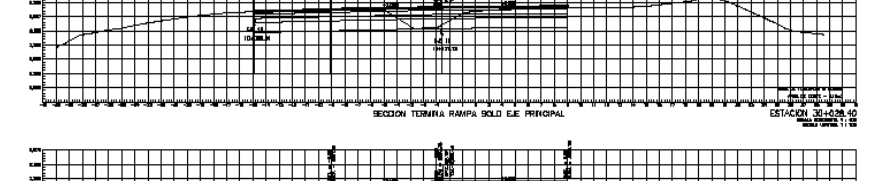
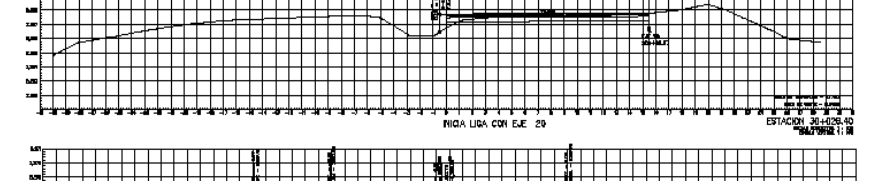
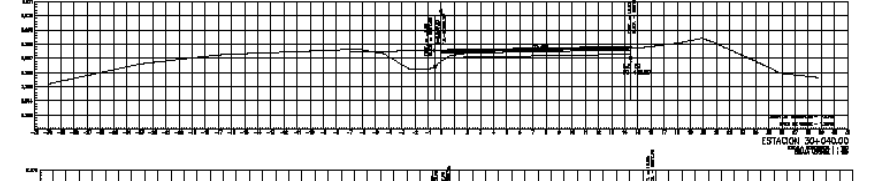
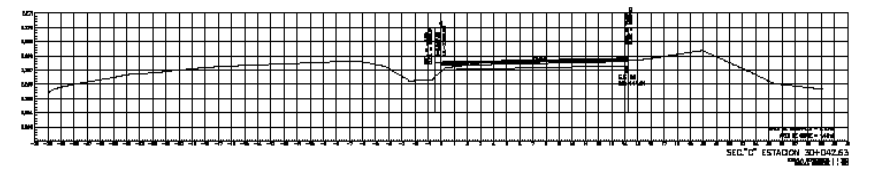
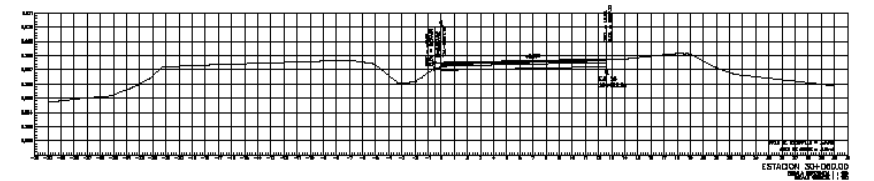
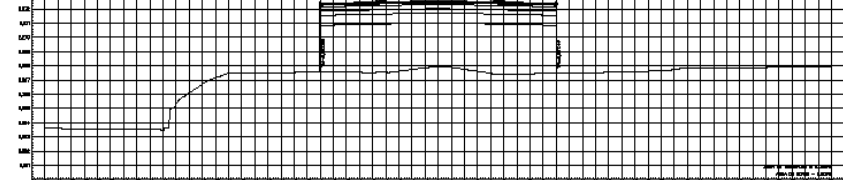
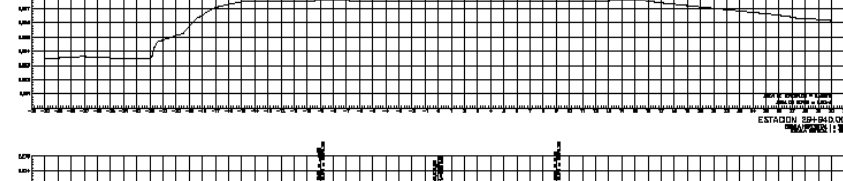
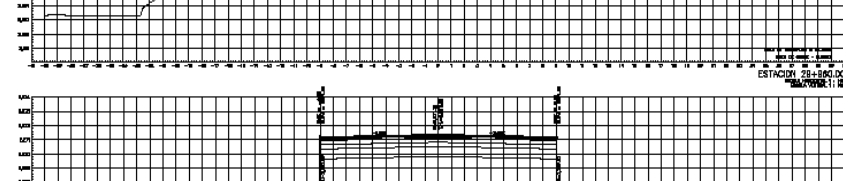
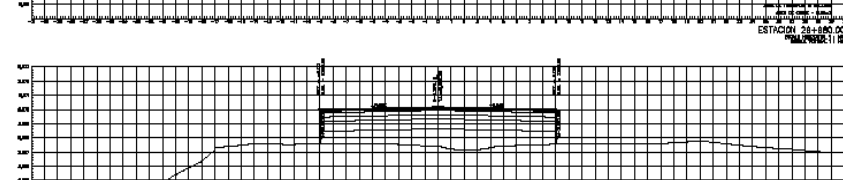
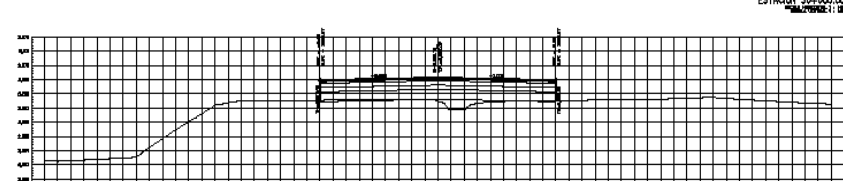
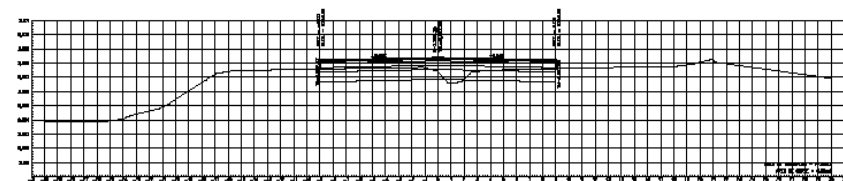
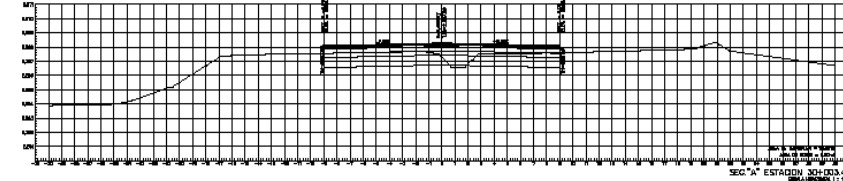
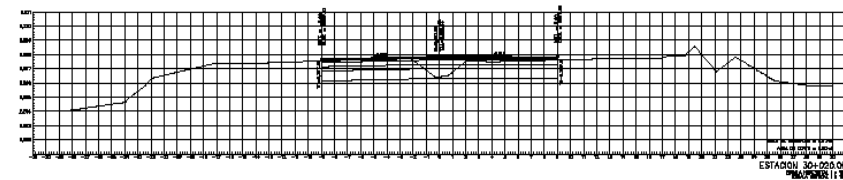
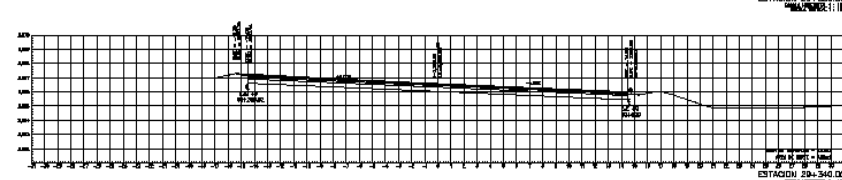
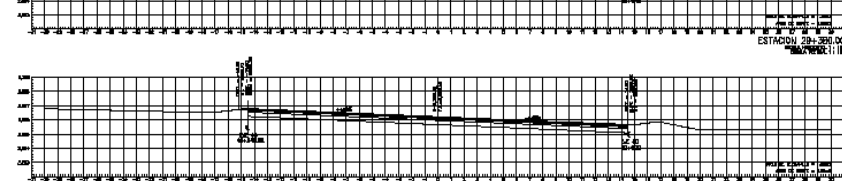
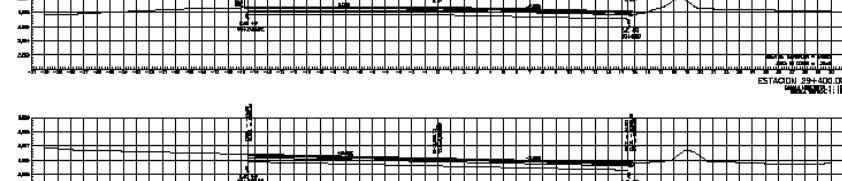
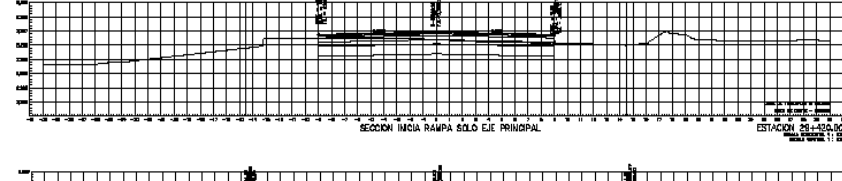
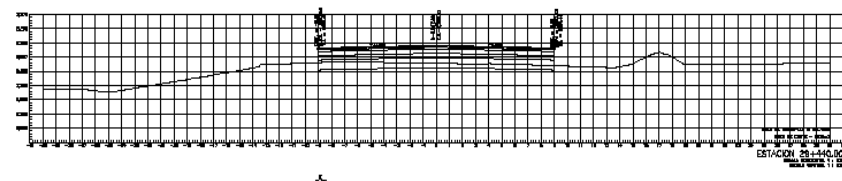
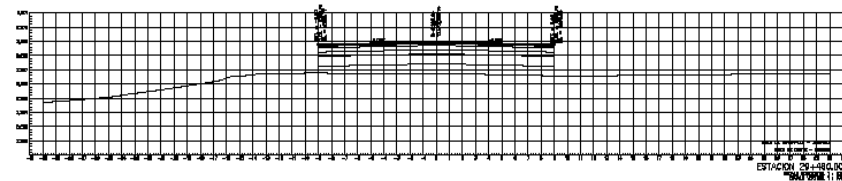
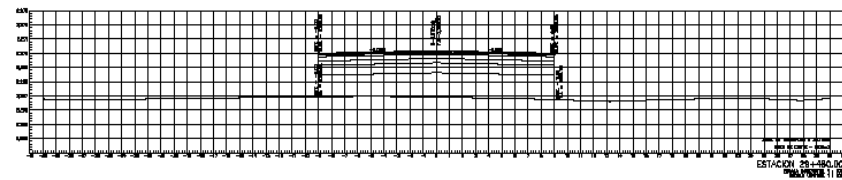
"PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA"

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
MUROS DE CONTENCIÓN

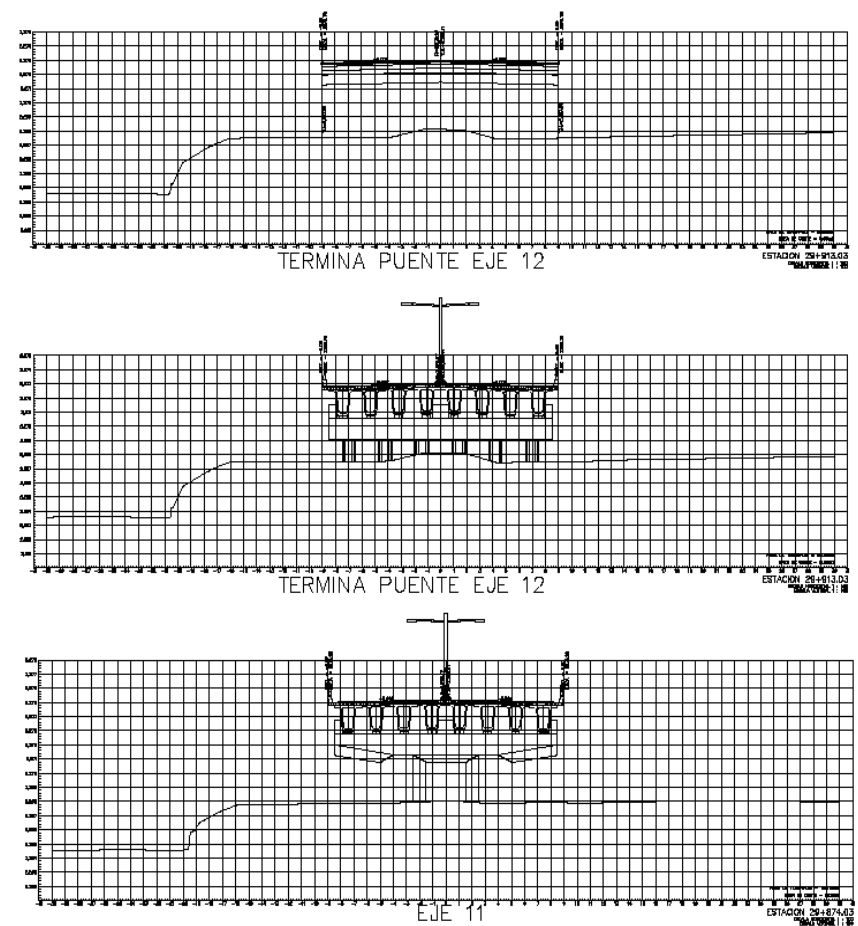
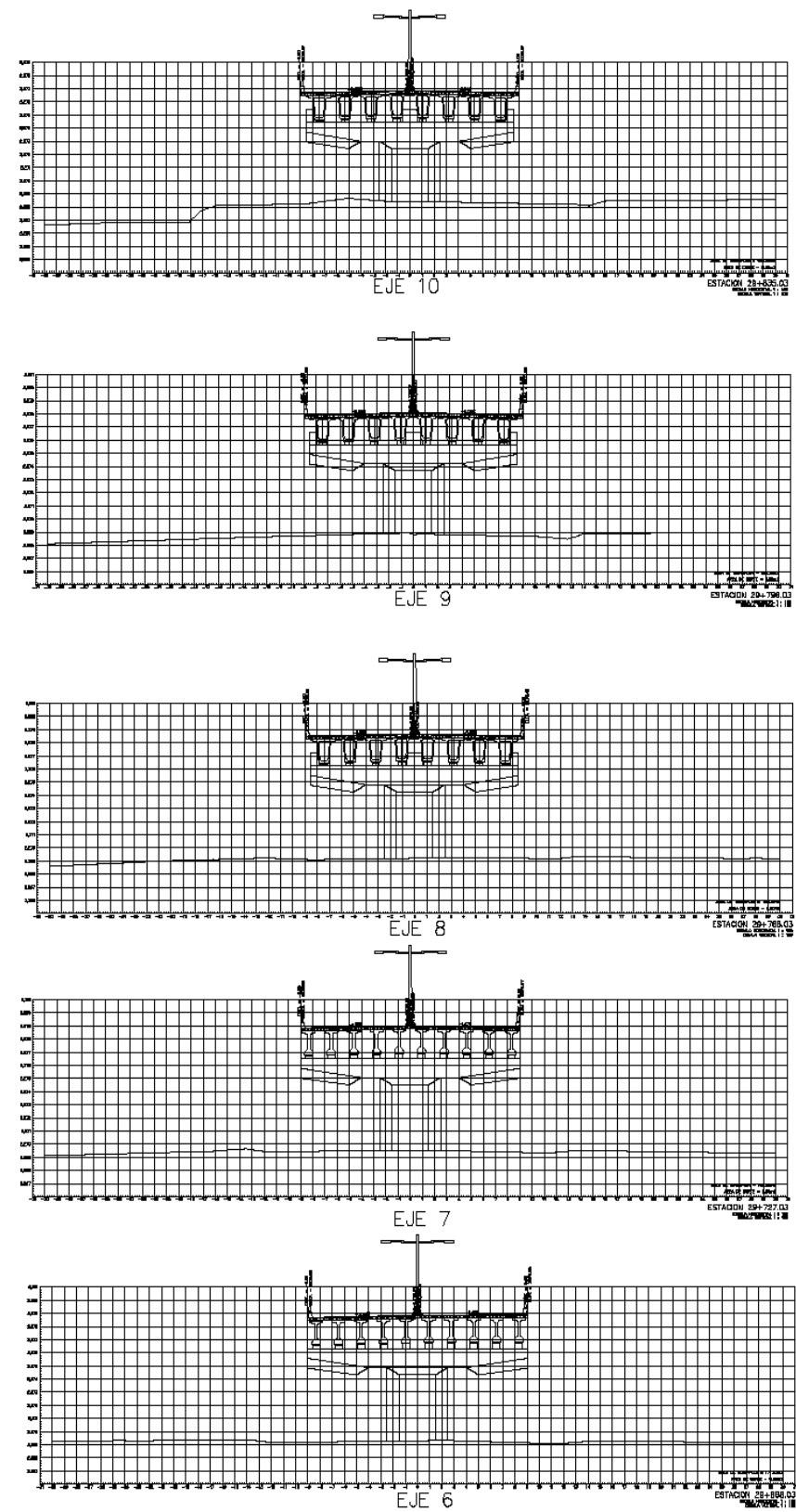
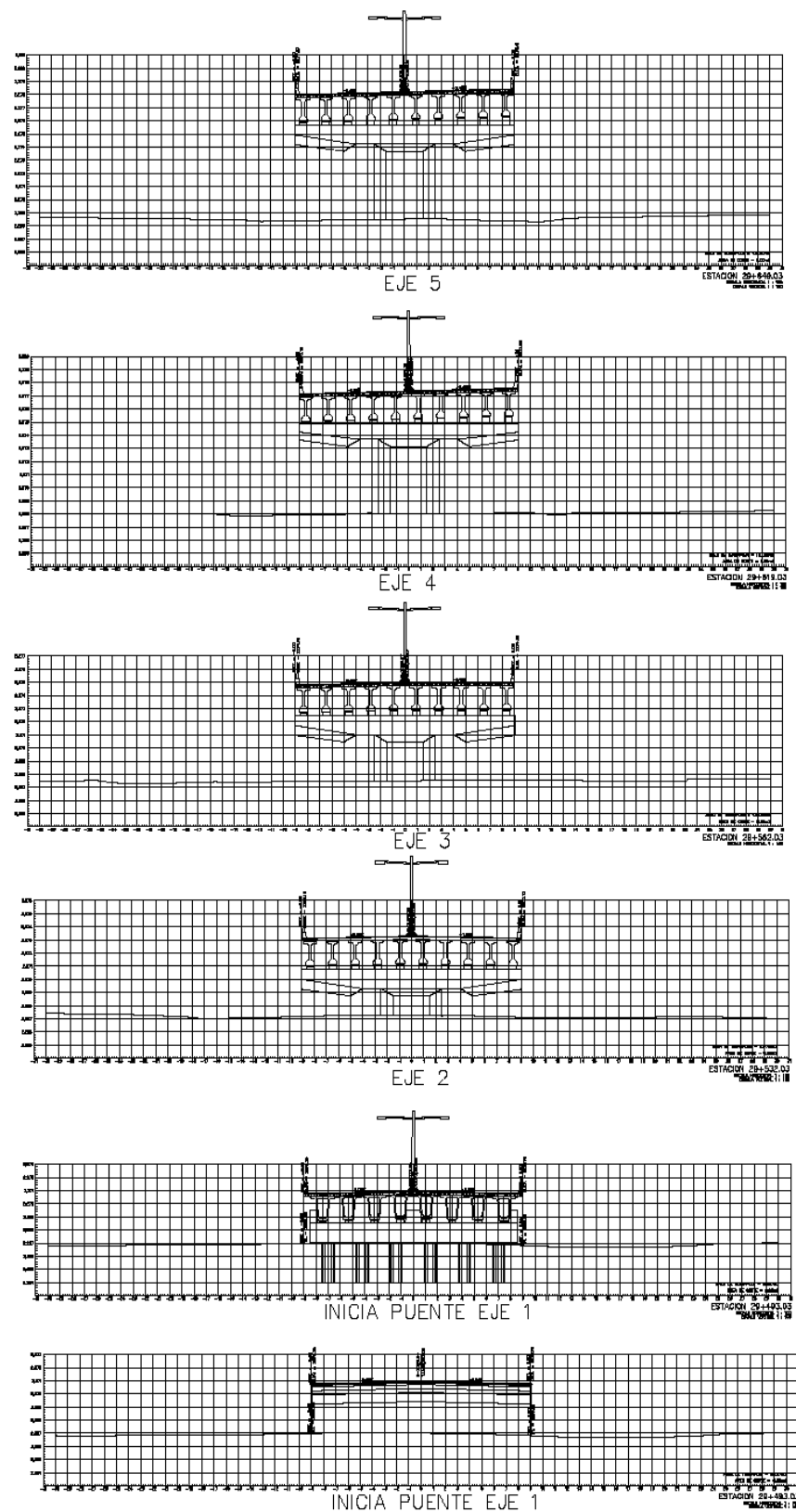
ALUMNO: BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA	NO. CONTROL: 18370377
DEPENDENCIA: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	FECHA: JUNIO / 2023
ASESOR EXTERNO: ING. ARMANDO VICTORIANO LUNA	
ASESOR INTERNO: ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ	



"PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA"	
DESCRIPCIÓN DEL PLANO: MUROS DE CONTENCIÓN	
ALUMNO: BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA	NO. CONTROL: 18370377
DEPENDENCIA: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	FECHA: JUNIO / 2023
ASESOR EXTERNO: ING. ARMANDO VICTORIANO LUNA	
ASESOR INTERNO: ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ	

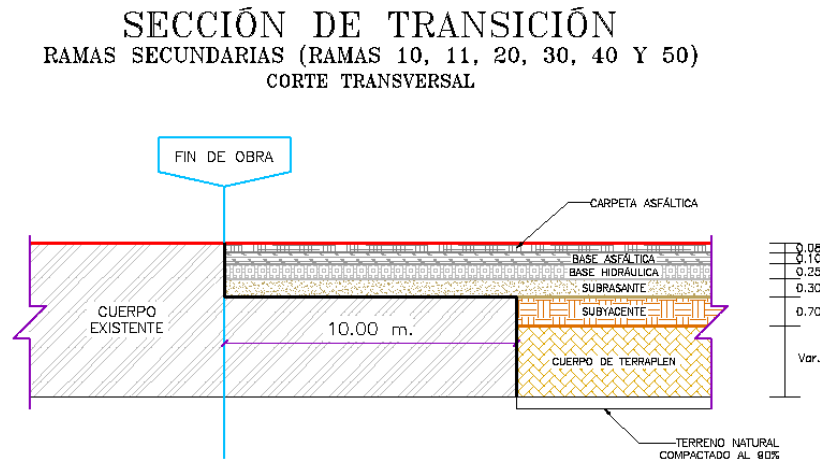
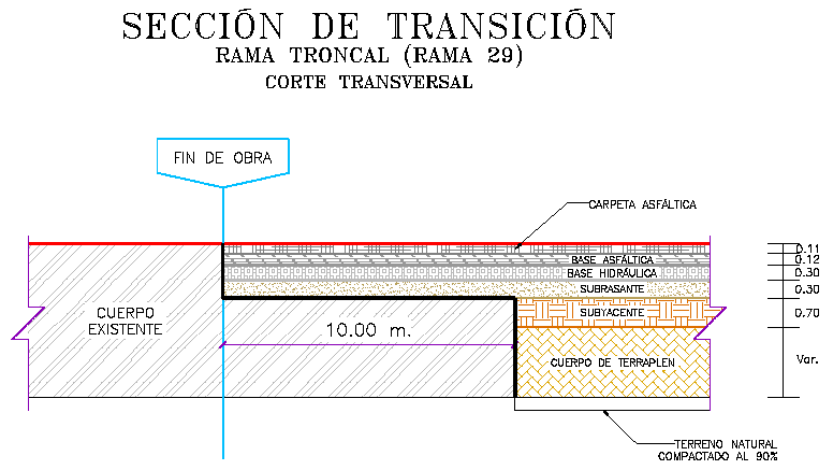
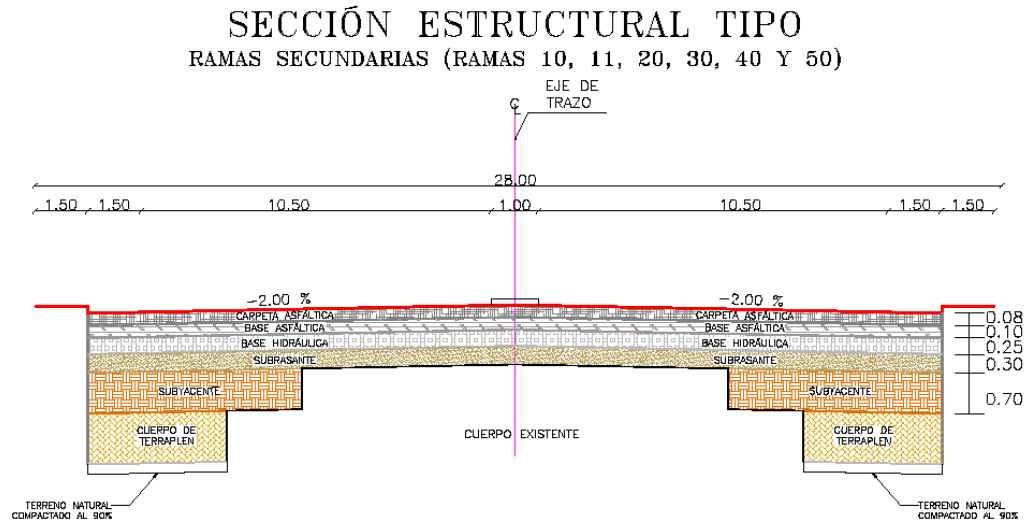
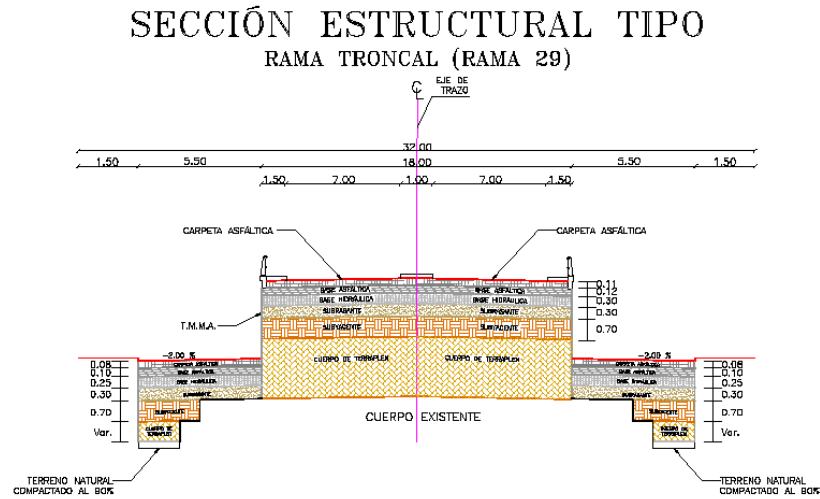


"PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA"	
DESCRIPCION DEL PLANO: SECCIONES EJE 29	
ALUMNO: BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA	NO. CONTROL: 18370377
DEPENDENCIA: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	FECHA: JUNIO / 2023
ASESOR EXTERNO: ING. ARMANDO VICTORIANO LUNA	
ASESOR INTERNO: ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ	



PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA	
DESCRIPCIÓN DEL PLANO: SECCIONES VIADUCTO	
ALUMNO: BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA	NO. CONTROL: 18370377
DEPENDENCIA: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	FECHA: JUNIO / 2023
ASESOR EXTERNO: ING. ARMANDO VICTORIANO LUNA	
ASESOR INTERNO: ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ	

Anexo C (Secciones Estructurales del Pavimento)



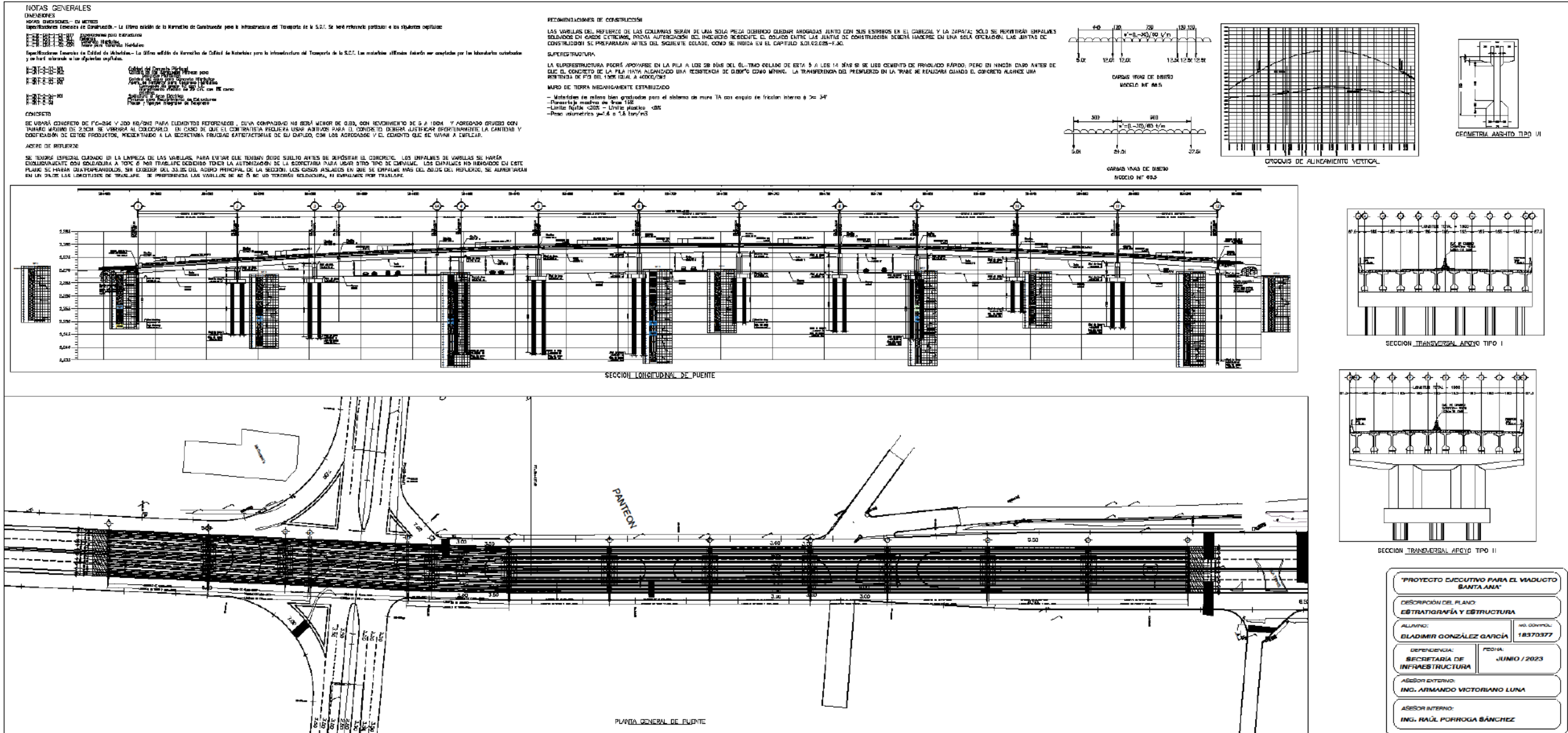
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

1. Corte en caja para alojar la capa subrasante de proyecto que cumpla con la norma N-CTR-CAR-1-01-003/11 y compactado de la cama de corte al 90% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO estándar.
2. Construcción de capa subrasante de 0.30m de espesor, que cumpla con la norma N-CMT-1-03/21.
3. Construcción de base hidráulica de 0.30m de espesor, que cumpla con la norma N-CMT-4-02-002/21.
4. Aplicación de riego de impregnación ECI-60, con una dosificación de 1.4 lt/m², en la superficie de la base hidráulica, el riego cumplirá con la N-CMT-4-05-001/06.
5. Aplicación de riego de liga catiónica ECR-65 con una dosificación de 0.6 lt/m² en la superficie de la base hidráulica, el riego cumplirá con la N-CMT-4-05-001/06.
6. Construcción de base asfáltica de 0.12m de espesor, compactada al 95% de su peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba M-MMP-4-05-046/21, Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa, con cemento asfáltico PG 64-16.
7. Aplicación de riego de liga catiónica ECR-65 con una dosificación de 0.6 lt/m² en la superficie de la base asfáltica, el riego cumplirá con la N-CMT-4-05-001/06.
8. Construcción de carpeta de concreto asfáltico de 0.11m de espesor, compactada al 100% de su peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba M-MMP-4-05-046/21, Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa, con cemento asfáltico PG 64V-16.

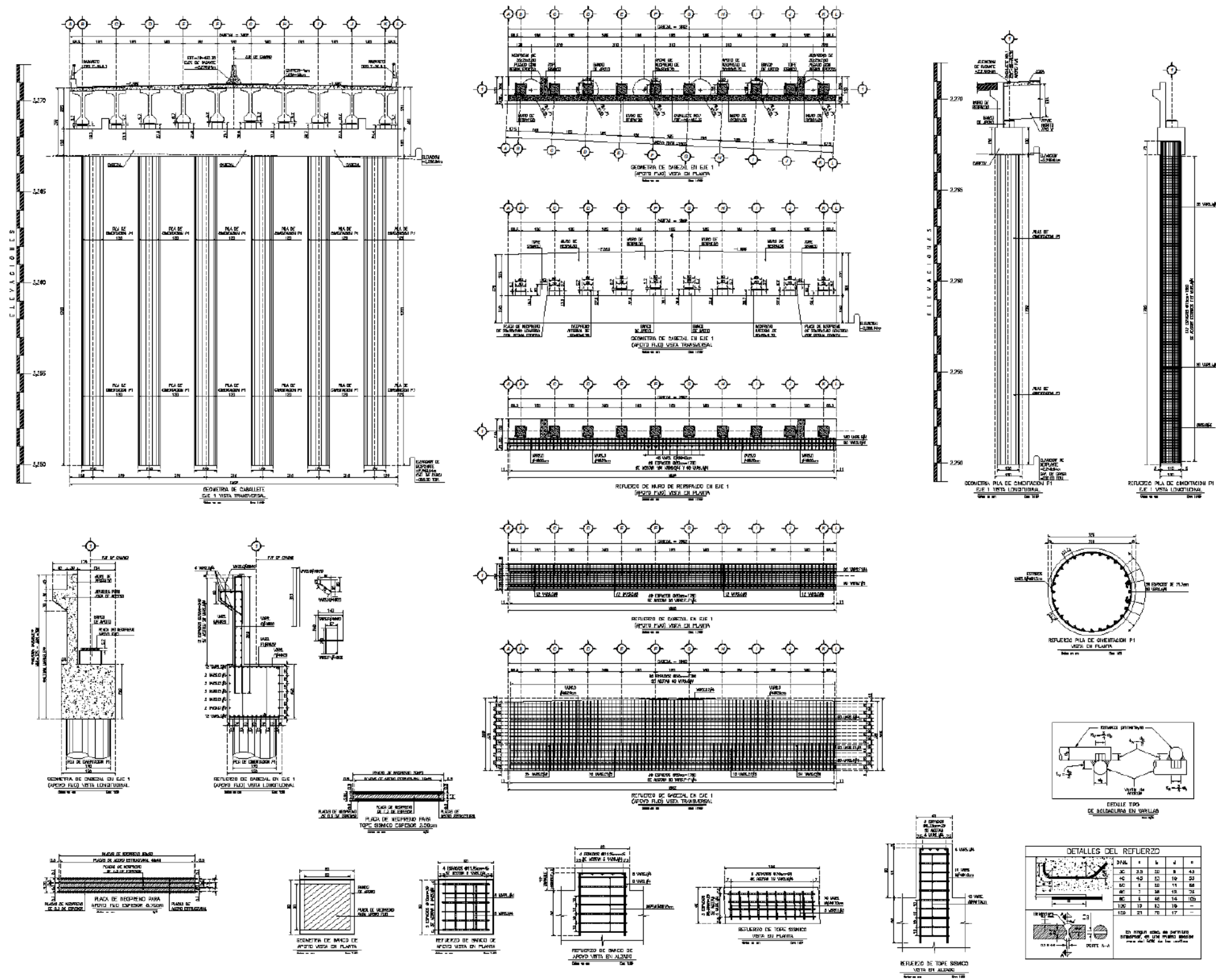
SIMBOLOGÍA	
	Carpeta de concreto asfáltico
	Base asfáltica
	Base hidráulica
	Subrasante
	Subyacente
	Capa rompedora de capilaridad
	Cuerpo de terraplén
	Despalme

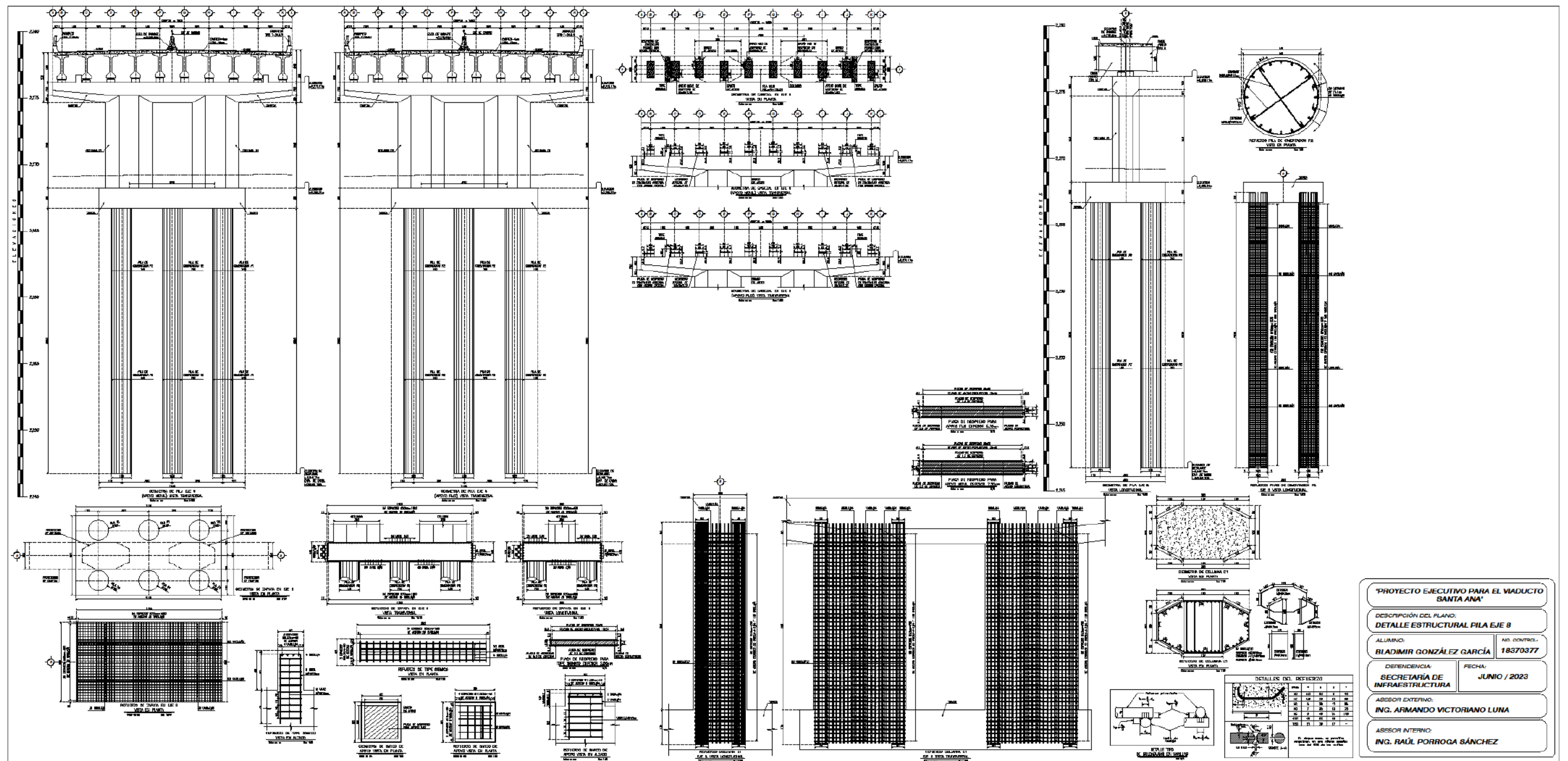
'PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA'	
DESCRIPCIÓN DEL PLANO: SECCIONES ESTRUCTURALES PAVIMENTO	
ALUMNO: BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA	NO. CONTROL: 18370377
DEPENDENCIA: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	FECHA: JUNIO / 2023
ASESOR EXTERNO: ING. ARMANDO VICTORIANO LUNA	
ASESOR INTERNO: ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ	

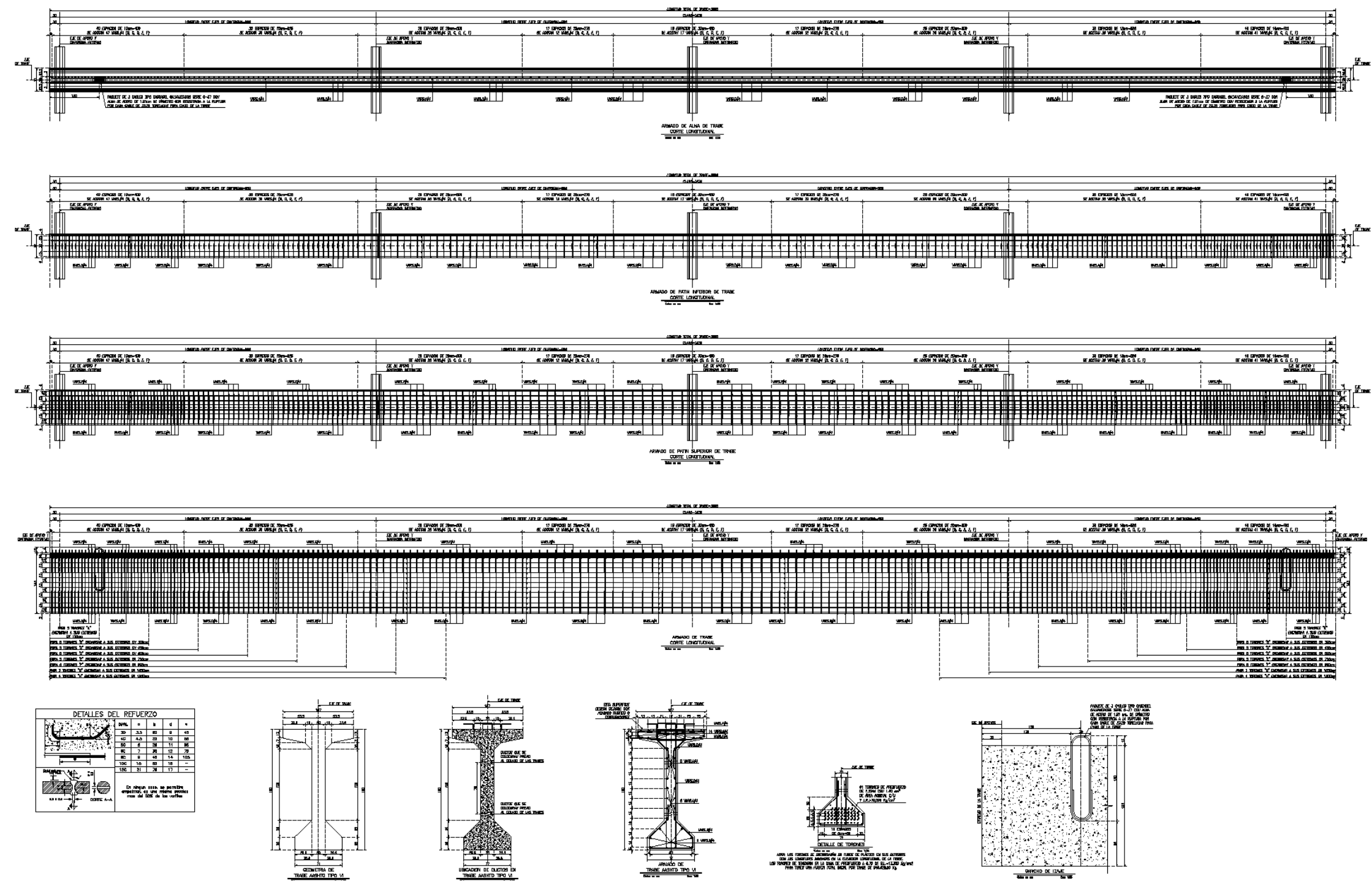
Anexo D (Estratigrafía y Estructura)



Anexo E (Detalles Estructurales)







"PROYECTO EJECUTIVO PARA EL VIADUCTO SANTA ANA"

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
DETALLE ESTRUCTURAL TRABE TRAMO 6-7

ALUMNO:
BLADIMIR GONZÁLEZ GARCÍA

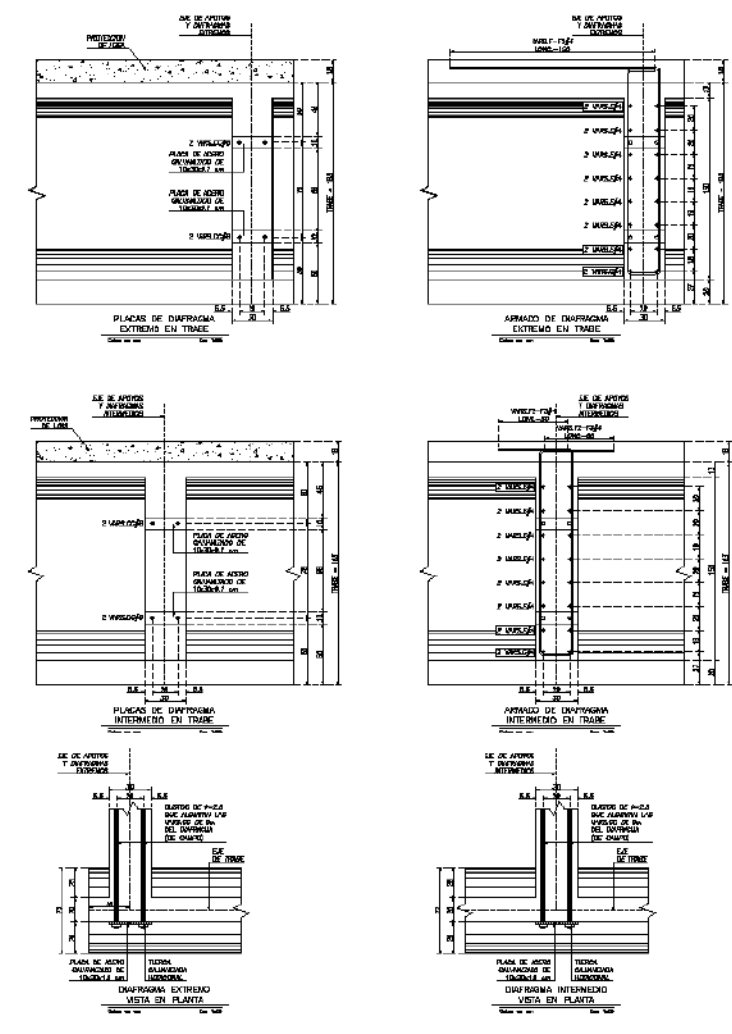
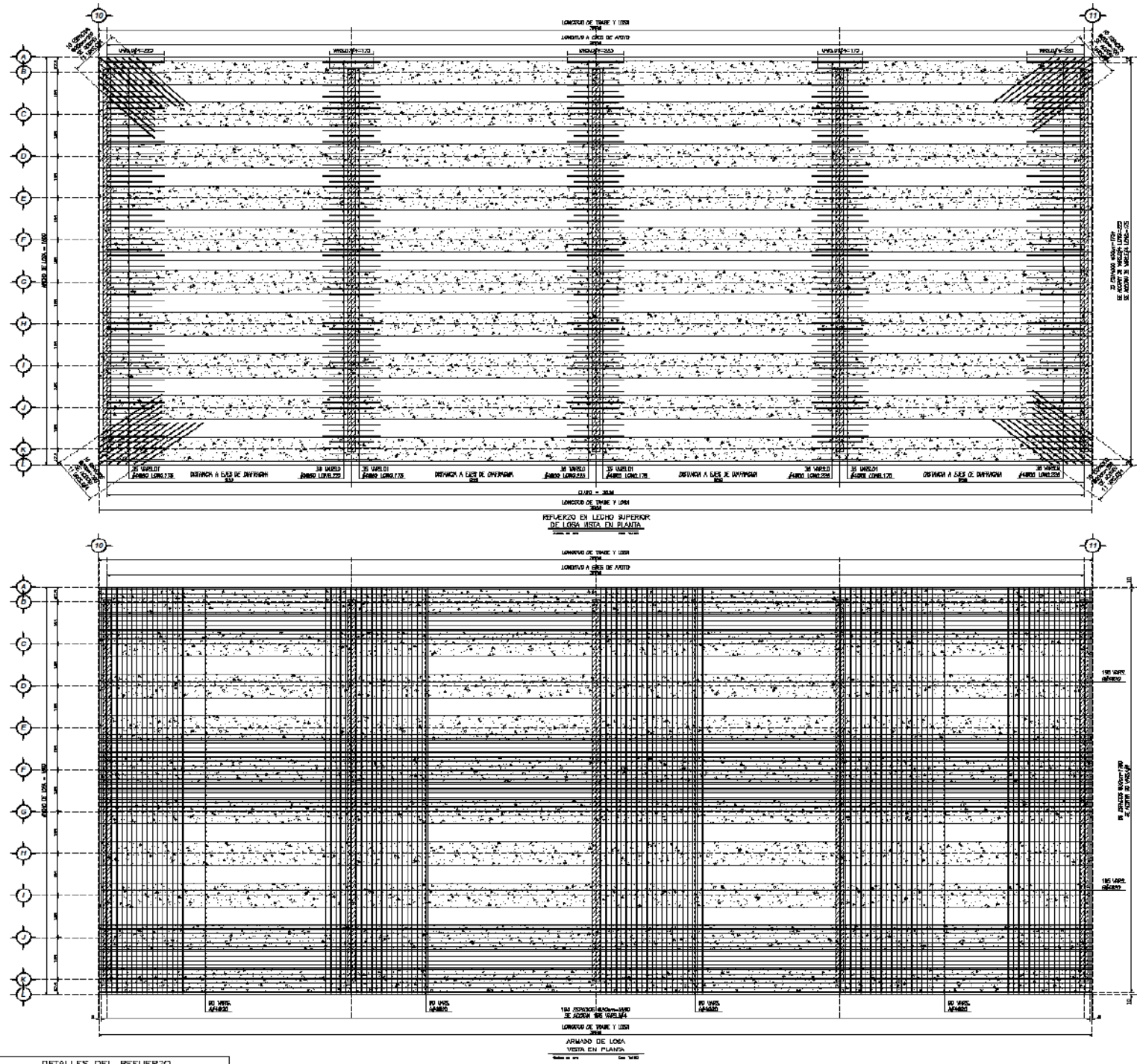
NO. CONTROL:
18370377

DEPENDENCIA:
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

FECHA:
JUNIO / 2023

ASESOR EXTERNO:
ING. ARMANDO VICTORIANO LUNA

ASESOR INTERNO:
ING. RAÚL PORROGA SÁNCHEZ

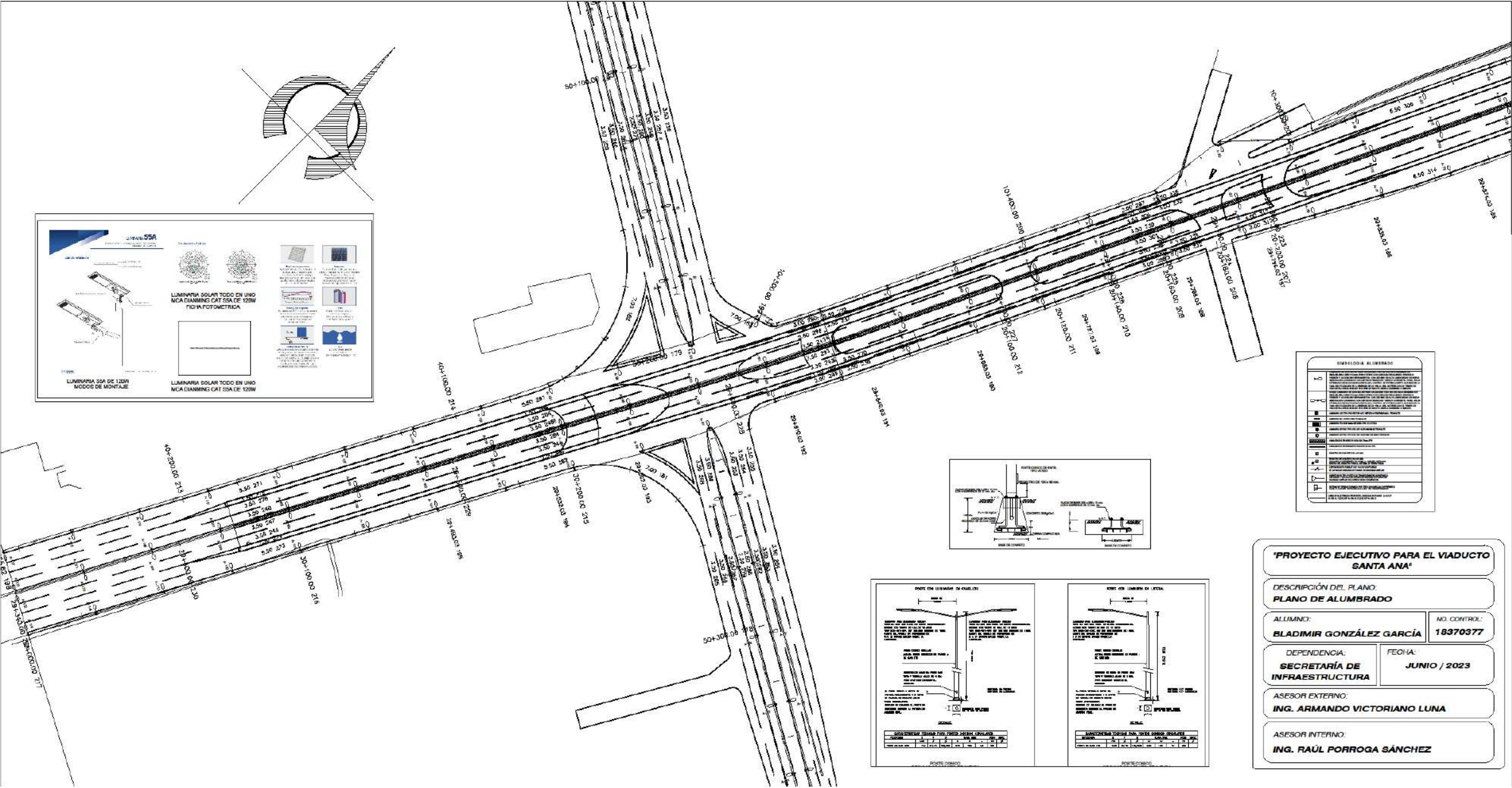


DETALLES DEL REFUERZO

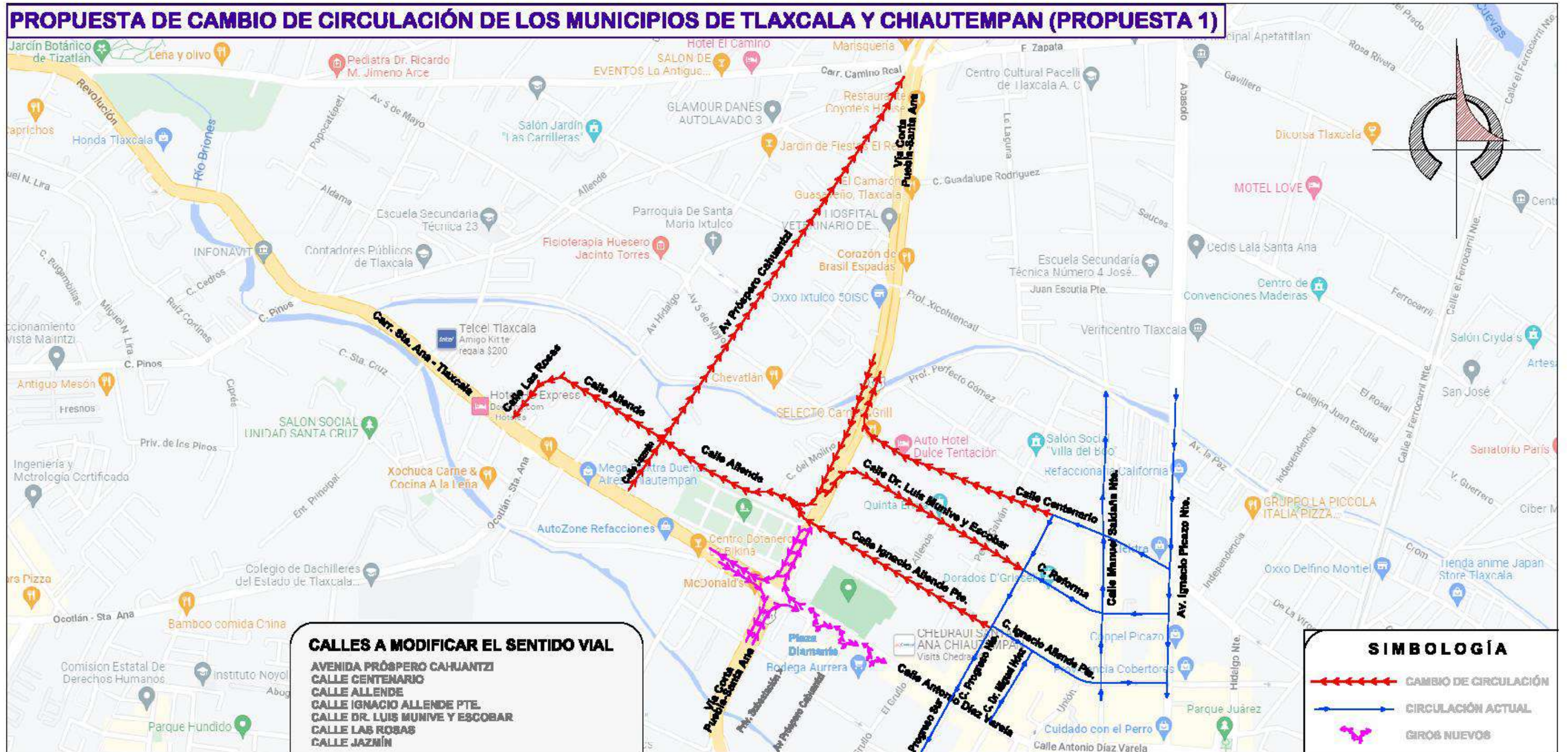
CLASE	a	b	d	e
3C	3.5	20	8	45
4D	4.5	22	10	50
5C	5	24	11	55
6C	6	26	12	60
7C	7	28	13	65
8C	8	30	14	70
9C	9	32	15	75
10C	10	34	16	80
11C	11	36	17	85
12C	12	38	18	90

En algunos casos, es necesario
emplear, en un mismo seccion
mas del 50% de los varillas.

Anexo F (Plano de Alumbrado)



Anexo G (Cambios de Circulación)



Anexo H (Planta General del Viaducto)

