



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA**

**Aplicación de la topografía en la revisión, análisis y supervisión del puente "COY" en la carretera Portezuelo-Cd. Valles, San Luis Potosí.**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**Ingeniera Topógrafa y Geodesta**

Presenta:

**BRENDA ESTEFANYA LARA FLORES**

Directora de Tesis:

**Mtra. Patricia Maximo Romero**

Heroica Puebla de Zaragoza

*Vo.Bo. Maximo R.C.*  
septiembre 2025



Oficio No. SAC/1589/2025

**C. Brenda Estefanya Lara Flores -201618209-  
Pasante de la carrera de Ingeniería Topográfica y Geodésica  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**“APLICACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA EN LA REVISIÓN, ANÁLISIS Y SUPERVISIÓN DEL PUENTE ‘COY’ EN LA CARRETERA PORTEZUELO – CD. VALLES, SAN LUIS POTOSÍ”**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como directora de tema a la Mtra. Patricia Máximo Romero.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente**  
“Pensar bien, para vivir mejor”  
H. Puebla de Z. a 06 de octubre de 2025

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director



M'ACGZ/M'VGL/barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P r e s e n t e.**

La que suscribe: Mtra. Patricia Máximo Romero, directora del tema de tesis:

**“APLICACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA EN LA REVISIÓN, ANÁLISIS Y SUPERVISIÓN DEL PUENTE ‘COY’ EN LA CARRETERA PORTEZUELO – CD. VALLES, SAN LUIS POTOSÍ”**

Presentada por la C. Brenda Estefanya Lara Flores -201618209-, pasante del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, y en atención al oficio No. SAC/1589/2025 con fecha de emisión 06 de octubre de 2025, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 14 de octubre de 2025**



**Mtra. Patricia Máximo Romero**  
**Directora de Tema**

**M'PMR/BARV**  
**C.c.p. Archivo**

# ÍNDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
<b>APLICACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA EN LA REVISIÓN, ANÁLISIS Y SUPERVISIÓN DEL PUENTE “COY” EN LA CARRETERA PORTEZUELO-CD. VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.</b>	<b>6</b>
INTRODUCCIÓN	6
<b>CAPITULO I. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS NECESARIOS PARA LE EJECUCIÓN DE UNA SUPERESTRUCTURA.</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS Y TIPOS DE LEVANTAMIENTO USADOS.	9
1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRECISIÓN DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS	10
1.2.1 Tipos de medición	10
1.2.2 Errores	11
1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS	12
1.3.1 Trabajos topográficos preliminares	13
1.3.2 Trabajos topográficos de ejecución de obra	14
1.4 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS DURANTE LA EJECUCIÓN	16
1.5 NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES DE ACUERDO A LAS LEYES NACIONALES PARA PUENTES	17
<b>CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA ZONA E INTERPRETACIÓN DEL PROYECTO.</b>	<b>19</b>
2.1 LOCALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DEL PROYECTO	19
2.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO A EJECUTAR	20
2.2.1 Historia breve de la estructura	21
2.2.2 Últimos trabajos de modernización en la carretera	23
2.2.3 Importancia geográfica y estratégica	25
2.2.4 Ficha técnica general del puente COY	27
2.3 INFORME FOTOGRÁFICO DEL SITIO	28
2.3.1 Uso del dron como herramienta de trabajos preliminares	29
2.4 LEVANTAMIENTO PRELIMINAR	30
2.4.1 Alcance del levantamiento topográfico	31
2.4.2 Procesamiento de datos y resultados preliminares del levantamiento	32
2.5 ANÁLISIS ESPACIAL Y CORRELACIÓN CON ANÁLISIS DEL PROYECTO ESTRUCTURAL	34
<b>CAPITULO III. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO.</b>	<b>36</b>
3.1 OBJETIVOS DEL LEVANTAMIENTO	36
3.2 PROCEDIMIENTO Y EQUIPO USADO PARA EL LEVANTAMIENTO	37
3.2.2 Daños detectados en el proceso	38
3.3 PROCESAMIENTO DE DATOS	41
3.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS LEVANTAMIENTOS	41
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS OBTENIDOS Y TRABAJOS DE MODERNIZACIÓN PLANEADOS.</b>	<b>49</b>
4.1 ACCIONES A TOMAR RESPECTO A LA ESTRUCTURA	49
4.1.1 Planes de estructuración para trabajos de modernización	49
4.1.2 Retiro del puente COY	50

4.2	MEMORIA ESTRUCTURAL _____	51
4.2.1	<i>Detalles de importancia durante el calculo</i> _____	53
4.2.2	<i>Ficha general de los cuerpos del nuevo puente</i> _____	55
4.3	TRABAJOS DE MODERNIZACIÓN ELABORADOS CON LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA _____	58
4.3.1	<i>Procedimiento de los trabajos</i> _____	58
4.3.2	<i>Planos de los trabajos a ejecutar</i> _____	59
4.3.3	<i>Ejecución del proceso y resultados finales</i> _____	66
	<i>Finalmente, cuando todos los trabajos de acuerdo al cronograma y a los planos fueron ejecutados, la modernización del tramo carretero que poseía al puente COY termino, dando como resultado los dos cuerpos modernizados de la carretera federal no.85 en su cadenamiento del km 350+260 al km 350+400 Figura 35 aproximadamente, asegurando el tiempo de vida de esta carretera, el aprovechamiento económico de las regiones aledañas y la seguridad de los usuarios que la transitan.</i> 69	
	<b>CONCLUSIÓN</b> _____	<b>70</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> _____	<b>72</b>

## DEDICATORIA

A mi madre Alejandra Flores, mi valiente madre, el más puro ejemplo de fuerza, amor y entrega. Eres una mujer guerrera en cada sentido, y tu vida ha sido mi mayor inspiración. Tus palabras de aliento han sido abrigo en mis días difíciles y tu perseverancia me ha enseñado a nunca rendirme. Cada día que trabajaste incansablemente, cada gesto de cariño que me diste, cada sacrificio silencioso, todo eso vive en mi corazón. No hay palabras que me alcancen para agradecerte, pero con amor te digo: gracias por ser mi guía, mi refugio y mi fuerza. Te amo con el alma, mamá. Eres la luz de mi vida y la heroína eterna de mi historia.

A mi padre Oscar Lara, mi intrépido padre, mi ejemplo eterno. Gracias por enseñarme el verdadero significado de la lucha, del sacrificio y de la resiliencia. Por ser ese pilar firme que siempre ha estado ahí, aún en los momentos más difíciles, sin soltarme jamás. Me enseñaste a mirar la vida con valentía, a sonreír incluso cuando dolía, y a creer que todo es posible si se trabaja con dedicación, responsabilidad y corazón. Eres más que un padre: eres mi guía, mi fuerza, y uno de los amores más grandes que habitan en mí. Te amo con el alma, papá. Eres la luz de mi vida y el héroe eterno de mi historia.

A mi amor Alfredo González, gracias por ser mucho más que mi compañero: por ser mi refugio, mi fuerza y mi paz. Gracias por caminar a mi lado sin soltarme, por sostenerme en los días en que sentía que ya no podía más, y por hacer tuyos mis logros, por pequeños que fueran, celebrándolos con el corazón. Tu amor, tu paciencia infinita y tu apoyo incondicional han sido el abrazo que me ha levantado en los momentos más oscuros. Gracias por creer en mí cuando ni yo misma podía hacerlo, por ser esos brazos que me envuelven en seguridad, y esa voz que me recuerda que todo es posible. A tu lado encontré la fuerza que no sabía que tenía y la determinación para seguir avanzando, incluso cuando el camino se volvía difícil. Te amo más allá de las palabras, más allá del tiempo. Eres mi todo.

A mi hermano Marco Lara, gracias, de todo corazón, por estar ahí cuando más lo necesité. Por acompañarme en los momentos más duros y por ser una presencia constante, firme y llena de amor en mi vida. Eres una parte fundamental de mi historia, y este logro también es tuyo, porque sin tu apoyo, sin tus palabras, sin tu compañía silenciosa pero poderosa, este camino habría sido mucho más difícil. Gracias por caminar a mi lado, sin condiciones, sin juicios, con ese corazón generoso que siempre ha sabido sostenerme. Eres ese refugio

al que siempre puedo volver, donde todo se siente más ligero, más seguro, más mío. Te amo con todo lo que soy, y siempre estaré agradecida por tenerte como hermano.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ing. Osbaldo Torres, quiero tomar un momento para agradecerle profundamente. Más allá de ser un líder excepcional, usted ha sido una presencia invaluable en mi vida profesional y personal. Su guía, su apoyo constante y su calidad humana han significado mucho más de lo que las palabras pueden expresar. Usted no solo dirige con sabiduría, sino que también inspira con su ejemplo. Siempre ha sabido estar en los momentos clave, con la palabra justa, el consejo acertado o simplemente con una actitud que transmite confianza y tranquilidad. Para mí, ha sido como un ángel en medio del camino: alguien que ha marcado una diferencia real, con generosidad y sin esperar nada a cambio. Gracias por creer en mí, por impulsar mi crecimiento y por estar presente más allá de lo estrictamente laboral. Es un privilegio trabajar a su lado, y más aún, aprender de usted.

Ing. Máximo Ávila, por el apoyo brindado en este proceso. Gracias por su paciencia y compromiso durante mi formación como ingeniera, su enseñanza ha dejado una huella en mi forma de pensar, resolver problemas y entender el trabajo bien hecho.

Mtra. Patricia Máximo Romero, gracias por compartir su conocimiento con generosidad, por sus orientaciones claras y por impulsarme a dar siempre lo mejor de mí. Su acompañamiento no solo enriqueció este trabajo académico, sino también mi crecimiento personal y profesional.

## **TITULO**

*Aplicación de la topografía en la revisión, análisis y supervisión del puente “COY” en la carretera Portezuelo-Cd. Valles, San Luis Potosí.*

## **INTRODUCCIÓN**

Cuando hablamos de obras de ingeniería, lo primero que se nos viene a la mente son las estructuras de gran envergadura y que tenemos la oportunidad de ver a diario, desde edificios de índole comercial, hasta puentes o vías de comunicación que forman parte fundamental del desarrollo social y económico. Sin embargo, suele surgir la duda de como este proceso es llevado a cabo, que tipo de consideraciones se hace cuando una estructura lleva mucho tiempo en funcionamiento y cómo es que se hacen los planes de mantenimiento o reemplazo de los mismos en función de su importancia en la zona en que se encuentra.

En los trabajos de construcción, un sinfín de disciplinas se vuelven necesarias y colaboran para la recopilación y análisis de los datos necesarios para la ejecución de estos trabajos. Uno de los procesos indispensables en el itinerario de los trabajos de construcción se encuentra antes, durante e incluso después de realizar los trabajos. Dicho proceso es el estudio topográfico que nos permite obtener datos precisos del terreno en que se trabajará y con ello facilitar la generación de información relevante como el movimiento de tierras, cortes y terraplenes, perfiles, etc.

En si mismo, la importancia de la topografía como una herramienta de análisis espacial, estructural y de planeación ha sido a lo largo de los años puesta en duda gracias a la prioridad que se le da a otras disciplinas, sin embargo, es necesario conocer como nuestra profesión no solo permite hacer estudios preliminares del terreno, si no también intervenir como herramienta auxiliar a otras ciencias de suma importancia con los datos que aportamos en todo momento y con las bases teóricas y prácticas necesarias a utilizar.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La construcción de infraestructura de alto nivel como los puentes representa un desafío en el desarrollo vial y una oportunidad de crecimiento en la economía de las regiones. Sin embargo, pese a los avances de la ingeniería, aún existen problemas en la planificación, ejecución y supervisión de los proyectos cuando las diversas ramas que se necesitan no se integran de manera adecuada. En el caso de la topografía, al proporcionar datos precisos del terreno, permite minimizar errores posteriores de diseño, optimizar recursos y asegurar una ejecución eficiente. Además, de permitir la correcta definición geométrica y análisis de carga necesarias en los proyectos de análisis estructural, incluyendo aquellos relacionados a movimiento de placas como sismos o meteorológicos como los vientos.

Es usual que, en las tareas como el análisis de puentes, la topografía, pese a ser una ingeniería importante, se vea subutilizada en pro de realzar otras ingenierías. Esto puede provocar problemas como errores de diseño, la optimización de recursos y la seguridad estructural.

Por ello, se vuelve necesario analizar de manera crítica el rol de la topografía en el diseño estructural de puentes, así como sus interacciones con las demás ingenierías involucradas, con el fin de identificar debilidades metodológicas y proponer estrategias que fortalezcan su integración en el proceso técnico. En este marco, la presente investigación se plantea responder a la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la aplicación de la topografía en el diseño estructural de un puente para garantizar su viabilidad técnica y constructiva?

## **OBJETIVO GENERAL**

Explicar la importancia del estudio topográfico en el análisis de superestructuras como lo son los puentes, además de comprender a mayor profundidad la importancia del papel del ingeniero topógrafo antes, durante y después del proceso.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- A. Realizar los trabajos topográficos necesarios de análisis en una superestructura
- B. Explicar el trabajo en el que interviene el ingeniero topógrafo
- C. Exponer a través de planos e información relevante los resultados obtenidos a través del estudio.

# **CAPITULO I. Trabajos topográficos necesarios para la ejecución de una superestructura.**

La topografía como una ingeniería, ha sido necesaria a través de los años para poder identificar, analizar y planear una obra de cualquier clase de envergadura, desde obras de carácter privado, como lo es el levantamiento de una vivienda, un trabajo catastral, etc. Hasta aquellas obras civiles como carreteras, túneles y puentes, como es el caso.

Estas últimas, hacen uso de técnicas específicas y precisas dadas las condiciones usuales en que se ejecuta la obra, la magnitud del trabajo y el financiamiento recibido. Es por ello, que la topografía además de ser una herramienta indispensable en la ejecución, su importancia relacionada con el análisis en trabajos como lo es un puente, se vuelve una tarea un tanto más complejo.

## **1.1 Objetivos de los trabajos topográficos y tipos de levantamiento usados.**

Dado a que la topografía es una ciencia elemental, cuando hablamos específicamente de un proyecto como lo es un puente, en este caso el puente “COY” en San Luis Potosí, que no es un proyecto pequeño, el objetivo de los trabajos a realizar se centra en la precisión de los levantamientos ejecutados mediante una planificación especial y calendarizada para obtener datos relevantes desde primera instancia en la estructura.

De acuerdo con Pérez López en su libro topografía (2010) , podemos definir tres clases de levantamiento topográfico en obras civiles, que son levantamientos preliminares, de construcción y de localización.

- Preliminares: En estos se obtiene toda la información planimétrica y altimétrica de la zona elegida, desde pendientes, coincidencias, morfología y topografía general del terreno buscando obtener detalles de relevancia en el proyecto, además de obras que puedan estar ya construidas dentro del mismo y que sean importantes tomar en cuenta.

- De construcción: Donde se hace el replanteo de ejes, se toma en cuenta los niveles de referencia, los de proyecto, entre otros.
- De localización: A diferencia de lo que se puede creer, estos se usan después de terminada la obra y se hacen en función de referenciar la obra nueva con la red geodésica nacional, en este caso como en otros de carácter nacional y por norma, de INEGI.

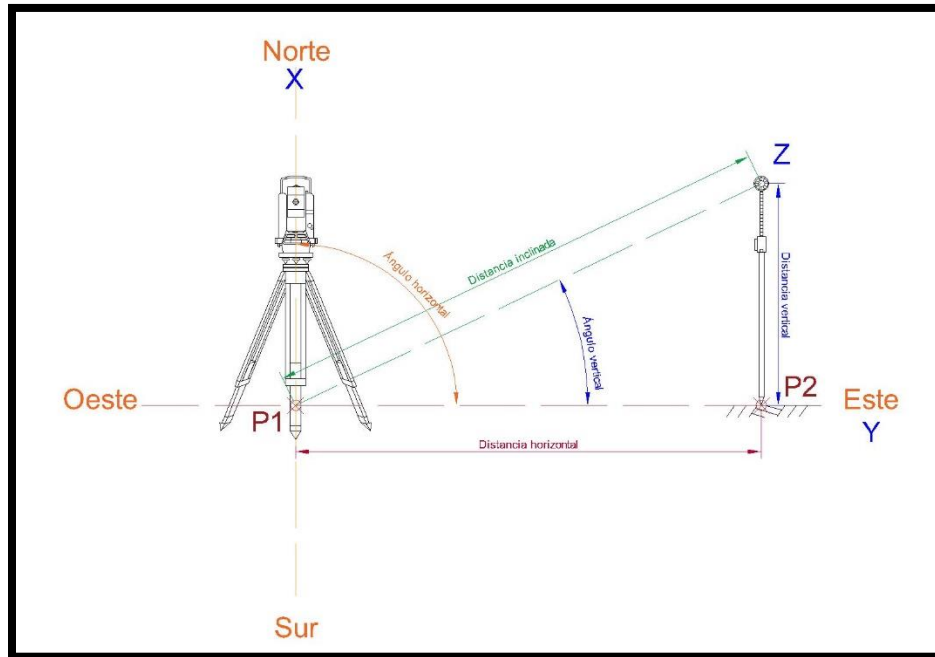
## **1.2 Factores que influyen en la precisión de los trabajos topográficos**

De manera natural, la medición, ya sea con instrumentos de tipo manual o electrónicos nunca es exacta, esto debido a factores que van desde temas ambientales, físicos e incluso de técnicas de aplicación humana que impiden que una medida logre ser la misma sin importar la cantidad de tomas hechas, que, por probabilidad, entre más tomas el error implícito suele crecer proporcionalmente. Sin embargo, la obtención de una precisión alta o baja puede depender de las circunstancias, el equipo y el manejo que se aplique de los mismos además de la habilidad del operador.

### **1.2.1 Tipos de medición**

Dentro de la topografía clásica, la medición de distancias y ángulos es la base de todos los trabajos realizados. De acuerdo a estos dos pequeños conceptos, encontramos un total de 5 tipos de mediciones halladas en los trabajos sin importar el tipo o magnitud de los mismos (**Figura 1. Medidas en la topografía (Elaboración propia)**) que son:

- Distancias horizontales
- Distancias verticales
- Distancias inclinadas
- Ángulos horizontales
- Ángulos verticales



**Figura 1. Medidas en la topografía (Elaboración propia)**

Además de la clasificación mencionada, existen las mediciones directas e indirectas, que, en resumen, las primeras se basan en la medición de la magnitud desconocida con instrumentos como la cinta o una estación total. Este tipo de medición se considera más preciso por el grado de cuidado que depende del usuario que ejecuta la medición y por qué la medida se obtiene en campo de forma directa con el equipo.

La segunda clasificación está hecha a partir de cálculos por medio de fórmulas matemáticas, como la obtención de distancias a través de sistemas de información geográfica, con ayuda de orto mosaicos, el cálculo de coordenadas a partir de distancias y ángulos, etc.

### **1.2.2 Errores**

Dado a que la obtención de datos en campo, nunca es exacta, la intervención del concepto de “error” es algo inevitable. Cuando hablamos de proyectos de gran magnitud se vuelve indispensable considerar que en la topografía existen tres tipos

de errores que es necesario considerar para minimizar la obtención de información errónea o de discrepancia entre datos.

1. Errores instrumentales: Causados por la naturaleza de la construcción del equipo usado. Es común que, entre más uso tenga un equipo, este descalibrado. Es por ello que, en trabajos de grado de dificultad altos, se suele solicitar un examen o certificación de calibración al equipo para asegurar su confiabilidad.
2. Errores naturales: Que se dan por cuestiones climáticas y atmosféricas, como el error por temperatura o los ajustes que son necesarios realizar como aquellos por presión atmosférica.
3. Errores personales: Suelen ser los más comunes y son ocasionados por el grado de aptitud del operador, posibles distracciones del mismo, etc. Es todo aquel error causado única y exclusivamente por aquel que opera el equipo.

### **1.3 Clasificación de los trabajos topográficos**

Como se mencionó, la topografía es una herramienta imprescindible en los proyectos de infraestructura, ya que permite conocer con precisión las características del terreno donde se desarrollarán las obras. En el caso específico del desarrollo de un puente, la aplicación de trabajos topográficos resulta fundamental para el éxito del proyecto en todas sus etapas, desde la planificación inicial y el diseño estructural, hasta la ejecución y la supervisión de la obra. La precisión en los datos topográficos permite tomar decisiones informadas, optimizar recursos y prevenir errores constructivos que podrían comprometer la funcionalidad y seguridad de la infraestructura. La correcta clasificación y desarrollo de los trabajos topográficos garantiza que el diseño se adapte adecuadamente a las condiciones del terreno y que cada elemento de la estructura se ejecute conforme a las especificaciones del proyecto.

De forma general, los trabajos topográficos asociados a una obra de esta naturaleza pueden clasificarse en dos grandes grupos: trabajos topográficos preliminares y trabajos topográficos de ejecución de obra. Cada uno de estos grupos cumple

funciones específicas que permiten llevar a cabo el proyecto con seguridad, precisión y eficiencia.

### **1.3.1 Trabajos topográficos preliminares**

Los trabajos preliminares son aquellos que se desarrollan en las etapas iniciales del proyecto, suelen ser comunes para la identificación del área antes del inicio de la construcción propiamente dicha o para el diagnóstico sobre alguna expansión o trabajo a realizar sobre otro existente. Su objetivo es recolectar y analizar la información topográfica necesaria para el diseño técnico, que en este caso es de un puente, así como para evaluar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista geográfico, estructural y económico, aunque en estos dos últimos intervienen otras disciplinas del ámbito de la construcción.

Dentro de los trabajos que se realizaron para el presente proyecto, tenemos:

- **Reconocimiento del terreno:** Esta actividad consiste en una verificación visual del área de influencia del proyecto, donde se identifican elementos relevantes del paisaje, como cursos de agua, pendientes, vegetación, accesos, zonas de riesgo y condiciones del terreno. El reconocimiento permite definir los límites del área de estudio y establecer las estrategias más adecuadas para todos los trabajos de obra que se realizaran posteriormente.
- **Levantamiento topográfico planialtimétrico:** Esta etapa es fundamental, ya que proporciona un modelo detallado del terreno que será utilizado por los diseñadores del puente, dentro de este no solo se localizan los detalles importantes del área como construcciones, zonas de importancia geológica, etc. Si no también la configuración detallada del terreno respecto al nivel medio del mar. Se realiza mediante el uso de instrumentos como estaciones totales, receptores GNSS, niveles automáticos y drones con fotogrametría. Este levantamiento incluye tanto datos planimétricos (ubicación en planta,

detalles del área) como altimétricos (elevaciones, ya sea por nivelación o por obtención de alturas con GNSS), permitiendo generar planos topográficos con curvas de nivel y referencias espaciales precisas.

- **Determinación y establecimiento de puntos de control:** Se instalan puntos de referencia estables en el terreno, los cuales servirán como base para todos los trabajos topográficos futuros. Estos puntos deben estar correctamente georreferenciados y protegidos para su uso continuo durante la ejecución del proyecto.
- **Estudios extras:** Dentro de los trabajos preliminares también se incluyen estudios como el análisis hidrológico e hidráulico del área en los que los levantamientos topo hidráulicos de depresiones importantes se realizan, el estudio de suelos, el análisis de estabilidad de taludes y la evaluación ambiental, todos los cuales requieren datos topográficos precisos para su correcta interpretación.

Además de los trabajos preliminares, durante toda la obra la topografía interviene como encargada de mantener la precisión, asegurar la confiabilidad del proceso y de su conexión con la red geodésica, etc.

### **1.3.2 Trabajos topográficos de ejecución de obra**

Una vez aprobados los estudios y planos del proyecto, se inicia la fase de construcción, donde la topografía adquiere un rol técnico-operativo. Los trabajos topográficos de ejecución tienen como propósito trasladar al terreno las coordenadas del diseño del puente, verificar el cumplimiento geométrico del proyecto y realizar un control riguroso de cada fase constructiva.

- **Replanteo de elementos estructurales:** Es el proceso mediante el cual se trasladan al terreno las dimensiones, ubicaciones y cotas definidas en los planos del proyecto. Esto incluye la ubicación de estribos, pilas, cimentaciones, vigas, tableros y otros elementos estructurales del puente. El replanteo debe realizarse con alta precisión, ya que cualquier desviación puede comprometer la estabilidad y funcionalidad de la obra.
- **Control geométrico y nivelación:** Durante la construcción, se efectúan mediciones periódicas para verificar que cada elemento del puente se esté ejecutando dentro de las tolerancias geométricas permitidas. Esto incluye el control de alineamientos, pendientes, cotas de elevación y verticalidad de pilas o columnas, entre otros varios.
- **Monitoreo estructural en tiempo real:** En obras de gran envergadura o complejidad geotécnica, es común implementar sistemas de monitoreo topográfico continuo para detectar desplazamientos, asentamientos diferenciales o deformaciones en la estructura o en el terreno circundante. Estos monitoreos permiten tomar decisiones correctivas a tiempo, previniendo fallas o colapsos.
- **Cálculo de volúmenes y avances físicos de obra:** Los trabajos topográficos también permiten realizar mediciones de movimiento de tierras, cubriciones de material, avance de estructuras y comparación entre el diseño y la obra ejecutada. Esto facilita la gestión del presupuesto, la planificación de recursos y la elaboración de informes de avance técnico y financiero.
- **Planos finales:** Una vez concluida la obra, se realiza un levantamiento final para registrar la posición exacta y dimensiones reales del puente construido. Esta información es fundamental para la documentación técnica, la operación del puente y eventuales labores de mantenimiento o ampliación.

#### **1.4 Equipos y herramientas necesarias durante la ejecución**

Durante la ejecución de un proyecto de infraestructura como el de un puente, en este caso del puente “COY” en SLP, la topografía se convierte en una herramienta esencial para garantizar la precisión, estabilidad y correcta ubicación de cada uno de los elementos estructurales. Este proceso requiere la implementación de una serie de equipos y herramientas especializados que permiten llevar a cabo tareas como el replanteo de ejes, control de cotas, verificación de pendientes, monitoreo de deformaciones y ajustes en tiempo real, según el avance de la obra que se llevara a cabo.

Entre los instrumentos principales se encuentra la estación total, que en palabras de Tenorio en su manual “Topografía moderna con estación total” : “La estación total es un un dispositivo topográfico que reúne en una sola unidad, tres componentes básicos, un teodolito electrónico digital, un distanciómetro electrónico y un microprocesador o computador” (2010, pág. 3)

Su uso resulta indispensable para realizar levantamientos topográficos detallados con información crítica acerca de la estructura del puente. También se emplean niveles automáticos o niveles digitales, los cuales facilitan el control de cotas y nivelación de superficies, asegurando que los elementos del puente se instalen con la inclinación y altura especificadas en los planos de diseño.

Por su parte, los receptores GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) permiten la georreferenciación y posicionamiento en tiempo real, lo cual es clave para obras de gran escala donde se necesita ubicar con exactitud elementos estructurales en coordenadas específicas. En la actualidad, este es uno de los elementos cuyo uso se ha vuelto cada vez más requerido gracias a el ahorro de tiempo que representa cuando es necesario levantar una cantidad grande de datos o áreas extensas.

Además de los equipos mencionados, se requiere un conjunto de herramientas auxiliares como, prismas reflectores, cintas métricas, plomadas, trípodes, estacas y picas, que apoyan en las labores de marcación y señalización en el terreno.

Es fundamental que todos estos equipos se encuentren correctamente calibrados y en óptimo estado de funcionamiento, ya que cualquier error en la medición o en la interpretación de los datos podría comprometer la integridad del puente o causar retrasos significativos en el cronograma de ejecución. Asimismo, el personal técnico encargado del manejo de estos instrumentos debe contar con la formación y experiencia necesarias para operar los equipos de manera adecuada, interpretar correctamente los resultados y tomar decisiones en función de la información obtenida.

### **1.5 Normas y especificaciones aplicables de acuerdo a las leyes nacionales para puentes**

Las obras civiles relacionadas a proyectos de infraestructura vial como lo son los puentes, deben regirse por un conjunto de normas y especificaciones técnicas establecidas por las entidades gubernamentales componentes. En México, quien se encarga de esto es el gobierno federal con su mecanismo correspondiente, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Es necesario conocer, desde un principio, la “LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS”, pues nos indica las bases legales sobre las que los proyectos de índole público están regidas. Sin embargo, cuando hablamos de normas aplicables tenemos las que se mencionaran a continuación.

En cuanto al estudio y aplicación de la topografía en proyectos carreteros y similares, la SCT nos otorga las siguientes normas bajo las que se regirá el estudio y a los entregables.

- Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras - **N-PRY-CAR-1-01-001**
- Trazo y Nivelación de Ejes para el Estudio Topográfico - **N-PRY-CAR-1-01-002**

- Levantamiento de las Secciones Transversales para el Estudio Topográfico - **N-PRY-CAR-1-01-003**
- Aerofotogramétricos - **N-PRY-CAR-1-01-004**
- Restitución Aerofotogramétrica - **N-PRY-CAR-1-01-005**

Relacionado con el estudio de puentes y estructuras similares:

- Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares - **N-PRY-CAR-6-01-002/21**
- Características Generales de Proyecto - **N-PRY-CAR-6-01-002**
- Cargas y Acciones- **N-PRY-CAR-6-01-003**
- Viento - **N-PRY-CAR-6-01-004**
- Sismo - **N-PRY-CAR-6-01-005**
- Combinaciones de Cargas - **N-PRY-CAR-6-01-006**
- Distribución de Cargas - **PRY-CAR-6-01-007**
- Presentación del Proyecto de Nuevos Puentes y Estructuras Similares - **N-PRY-CAR-6-01-009**
- Consideraciones para Puentes Especiales - **M-PRY-CAR-6-01-008**

Además de las mencionadas, también se aplican las normas que tengan que ver con los materiales y calidad, N-CMT-4-02-003/19 y N-CMT-4-05-001/06, N-CMT-4-05-001/06, N.CTR.CAR.1.04.003/14, N.CMT.4.05.004/18, etc. Que se analizan más a fondo dentro de los registros de los trabajos a ejecutar.

## **CAPITULO II. Análisis de la zona e interpretación del proyecto.**

Como parte de los trabajos del ingeniero topógrafo y geodesta dentro de la ejecución de una estructura en una vía de comunicación, es necesario realizar la identificación general y específica del área sobre la que un análisis se llevará a cabo, es necesario que esta tarea se ejecute con especial cuidado para recabar la información trascendente que será de utilidad no solo en el levantamiento topográfico, sino también para otras áreas de importancia que intervienen en el trabajo solicitado, como lo es el caso de estructuras, proyecto geométrico, calidad de materiales, etc. En este caso específico, en términos generales, el puente “COY” se sitúa sobre la carretera Portezuelo-Cd. Valles, en el estado de San Luis Potosí.

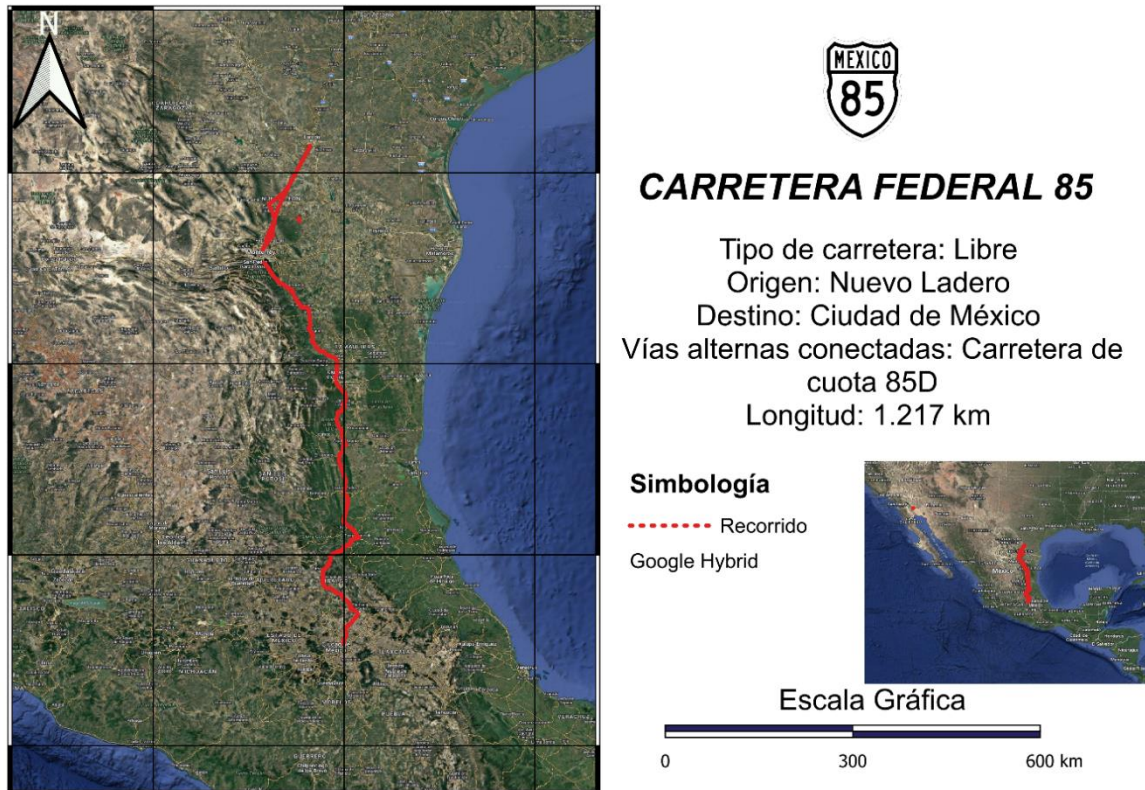
### **2.1 Localización y diagnóstico de la zona del proyecto**

“La carretera nacional de la Ciudad de México a Nuevo Laredo fue la primera carretera de México que unió a la Ciudad de México con la frontera con los Estados Unidos y la principal obra ejecutada por el entonces recientemente formada Comisión Nacional de Caminos, en 1925, gracias a los auspicios del presidente Plutarco Elías Calles.” (SCT, 2017, pág. 3)

Esta carretera, fue una de las más importantes de su época y sigue siendo un camino primordial en la frontera norte del país por sus características de transitabilidad, economía y ubicación, se estima que el TPDA de esta sea mayor a los 100,000 vehículos, por lo que constantemente se han buscado acatar mecanismos de restauración y conservación en varios de sus tramos mediante la modernización de los mismos. La carretera federal 85, gana importancia debido a que traza el camino desde la frontera norte, comenzando en el estado de Nuevo León, hasta finalizar en la parte centro, en ciudad de México, recorriendo en su extensión los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo en sus ciudades más representativas económica y socialmente hablando. También cuenta con dos

vías alternas de cuota bajo el nombre de autopista federal 85D y conecta con varias otras carreteras de cuota a lo largo de sus más de 1.000 km. (**Figura 2**)

Es en esta carretera federal es donde el tramo carretero objeto de este estudio se encuentra y que se denomina “Portezuelo-Cd. Valles”.



**Figura 2. Recorrido carretera federal 85. (Elaboración propia. Datos: RNC INEGI 2004)**

## 2.2 Antecedentes del proyecto a ejecutar

En muchos casos, los proyectos de caminos y puentes surgen como respuesta a deficiencias estructurales, incremento del flujo vehicular, o bien, a la necesidad de modernizar vialidades que ya no cumplen con los estándares actuales de seguridad y eficiencia en la normativa vigente nacional. Así como de desastres naturales o de crecimiento urbano que son factores que suelen motivar el rediseño o sustitución de

infraestructura clave en una vía de comunicación. En este modo, identificar los antecedentes del proyecto permiten comprender el origen de los trabajos de análisis que se harán, además de la condición histórica, social y económica que justifican la ejecución de los trabajos posteriores. En este apartado, se expone el contexto general del que surge el análisis del puente coy dentro de los proyectos de modernización de la carretera México-Nuevo Laredo dentro de San Luis Potosí.

### **2.2.1 Historia breve de la estructura**

El análisis general de la superestructura que es el puente COY en el subtramo Cd. Valles – Tamazunchale, forma parte de los trabajos de modernización que la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) preparó en distintos tramos carreteros de los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Hidalgo, Oaxaca y Tlaxcala desde el año 2022, como una medida de reformas y mejora a la red nacional de caminos del país, en pro de que la ciudadanía posea mejores condiciones de vías de comunicación federales. Además de la estructura, en San Luis Potosí también se incluyeron en los planes financiados por el gobierno la edificación de 2 entronques a desnivel, llamados “La Marina” y “El arenal” en los km 360+646 y 357+890 respectivamente, junto a 2 pasos inferiores peatonales además de complementos de terracerías, obras de drenaje, señalamiento, etc. Todo lo necesario para completar la mejora mencionada.

El puente, fue construido entre el año 1935 y 1936 por el ingeniero civil Jorge Matute Remus, quien es conocido por su hazaña en la planeación y ejecución del desplazamiento del edificio de la compañía telefónica mexicana en Guadalajara para evitar su desmantelamiento y posterior demolición en el año 1950, además de ser el responsable de fundar el Instituto Tecnológico de la universidad de Guadalajara, que actualmente es conocido como el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la UDG (Universidad de Guadalajara). El puente COY se instaló durante el año 1937 cuando la carretera México-Laredo estaba en funcionamiento y consta de una estructura de metal de más de 150.000 kilogramos, con un diseño vanguardista de la época, que se extiende aproximadamente 120

metros lineales sobre el cuerpo de agua cercano, conocido como “El Río COY” (**Figura 3**). Fue diseñado en respuesta a la necesidad de conectividad que se sufría dada la época y que permitió el paso de vehículos de distintas cargas hacia el noreste mexicano a través de la carretera federal. A lo largo de varias décadas, el puente sufrió rehabilitaciones consideradas mínimas, usualmente de mantenimiento, en comparación al servicio que otorgaba y las unidades de carga pesada que han transitado por el desde su inauguración.



**Figura 3. Puente COY poco tiempo después de su instalación (De: México en fotos)**

En la **Figura 3**, también se puede destacar que en sus inicios, la carretera únicamente poseía un cuerpo de doble sentido que daba paso a todos los vehículos de la zona, en la actualidad este diseño podría ser no considerado factible dado a el crecimiento de las ciudades y pueblos cercanos que se podían encontrar, pues el paso de los usuarios a través de los años crecía y con ellos su TDPA a su vez, lo que causaba que las cargas fueran mayores con el paso del tiempo. En la **Figura**

4, se puede observar mejor como se encontraba esta estructura antes de los planes de modernización planeados.



**Figura 4. Puente COY antes de los trabajos de modernización. (Fotografías de los reportes del proyecto)**

### **2.2.2 Últimos trabajos de modernización en la carretera**

La modernización de las carreteras forma parte estratégica clave en la mejora de la conectividad y seguridad vial de los caminos, especialmente de los federales que concentran mayor tránsito anual. En los últimos años, diversas regiones del país han sido objeto de intervenciones que incluyen ampliación de carriles, construcción de entronques, puentes o rehabilitación de estructuras ya existentes, además de la actualización de señalización vial.

Con la insistencia constante del gobierno desde el año 2017, se han hecho trabajos de modernización sobre la carretera federal 85 en el tramo que atraviesa la huasteca potosina “TAMAZUNCHALE - CIUDAD VALLES”, entre los que figuran especialmente aquellos hechos a partir del año 2019 en el que se planeo modernizar alrededor de 20 km de esta carretera desde su kilometraje 346+000 al 360+000, donde también se encuentra el puente COY alrededor del km 350+000. **(Tabla 1)**

Esta modernización consto principalmente de la ampliación de sus dos carriles y la construcción de muros de contención para el mejoramiento de la misma.

**Tabla 1. Coordenadas UTM del tramo de modernización. (SEMARNAT,2019)**

<b>Tramo</b>	<b>Cadenamiento</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
Norte	346+000	503,964.73	2,401,172.37
	362+000	506,264.99	2,415,769.96
Sur	364+000	505,831.44	2,417,629.63
	368+000	504,951.88	2,421,352.44

Esta modernización buscaba promover el mejoramiento de las características geométricas y de operación de la carretera para elevar la calidad de la red en beneficio de los usuarios, incluyendo la posibilidad de la construcción de carreteras, autopistas, puentes y cualquier tipo de infraestructura vial necesaria para lograrlo.

Además de esta, durante el año 2022 no se pararon los planes de modernización en San Luis Potosí y se inicio el proyecto para el tramo 320+300 al 325+200 que, entre otras cosas, incluía la construcción de terracerías, ampliación del cuerpo de carretera existente, obras de drenaje, etc. Siendo las más importantes, la construcción de pasos inferiores peatonales con rampa y muros reforzados a lo largo de esta misma.

De acuerdo con la secretaria de medio ambiente y recursos naturales (2019, pág. 18), estas modernizaciones dentro del estado tienen como objetivo:

- Construir y modernizar la red carretera federal a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de las distintas regiones del país.
- Abatir el costo económico, social y ambiental del transporte asociado con el estado físico de la infraestructura carretera, en beneficio de toda la población y la seguridad del tránsito vehicular.
- Modernizar la gestión del sistema carretero, con objeto de lograr una operación más eficiente e incrementar la calidad de los servicios que se ofrecen en las carreteras del país.

- Construir y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores con objeto de facilitar el acceso a los servicios básicos a toda la población rural en especial a la de escasos recursos y promover un desarrollo social equilibrado.

### **2.2.3 Importancia geográfica y estratégica**

De acuerdo a datos de (INEGI, 2020), el estado de San Luis Potosí cuenta con mas de 2,822,255 de millones de habitantes distribuidos en sus 59 municipios , siendo la región centro del estado la que concentra la mayor cantidad de población y de derrocha económica por las propias características urbanas que son atractivas para los habitantes, seguida de la región huasteca en la que la carretera federal se encuentra y en la que recae la mayor parte de la derrocha económica derivada del turismo de la región.

De acuerdo a diversos estudios hechos por el estado, esta región concentra su economía en actividades relacionadas a la elaboración de maquinaria y equipo, aparatos de estructuración metálicas, jarabes de alimentos, etc. Causando una necesidad constante de transporte y comunicación eficiente para los trabajadores de la zona en necesidad de la venta de sus productos para sostenerse, especialmente de aquellos que habitan en Ciudad Valles que se ha mantenido como el municipio mas importante de la región. Esto se vuelve importante en un contexto global en que la mano de obra de regiones menos visibilizadas ha comenzado a desaparecer junto a pueblos originarios como los de la región huasteca potosina. Sin embargo, la carretera federal 85 también hace su recorrido por otros cuantos municipios de importancia social, económica y ambiental.

El subtramo de carretera **(Figura 5)** sobre el que el puente COY fue construido atraviesa varios municipios dentro del estado potosino, entre los que se tiene:

1. Ciudad Valles
2. Matlapa
3. Tacanhuitz

4. Tamazunchale
5. Coxcatlán
6. Tanlajás
7. Huehuetlán
8. Axtla de Terrazas

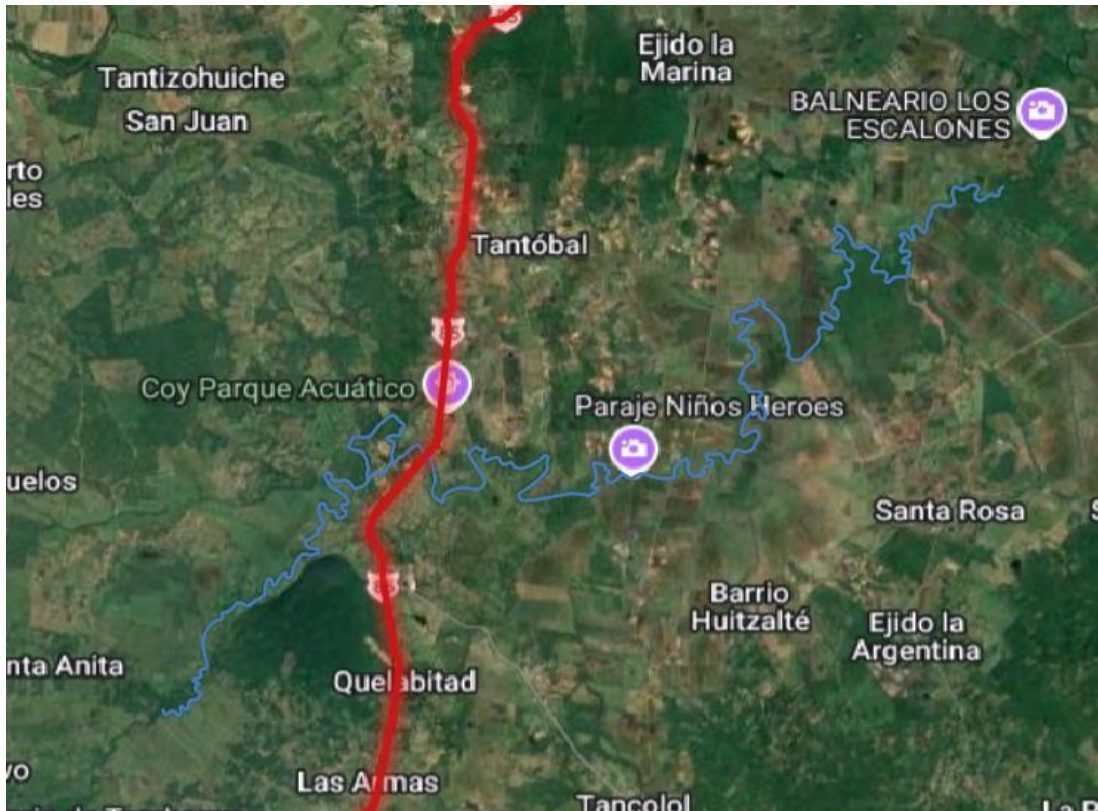


***Figura 5. Ubicación de la carretera federal.***

Todos estos municipios, suman un total de más de 300,000 mil habitantes en la zona, por lo que la importancia de la conservación y el análisis de la zona de estudio se vuelve una tarea constante que mantiene preocupados a los habitantes cercanos y a los gobiernos estatales y municipales, para evitar daños que puedan ocasionar accidentes y también para promover el retiro a tiempo de estructuras que puedan estar en peligro gracias a su antigüedad o características.

En ese sentido, el puente COY como parte de la carretera federal 85 ha sido un punto clave en el transporte de artículos y la accesibilidad de vehículos en las comunidades cercanas sobre un cuerpo de agua como lo es el río del que el puente toma su nombre. Este río, se extiende alrededor de 55 kilómetros de este a oeste dentro del estado, como se puede ver en la **Figura 6**. Con una corriente perenne,

se ha convertido no solo en una fuente de discusión en cuanto a infraestructura hablamos, si no también en un destino turístico de la región de la huasteca potosina por las características de sus aguas, vegetación y extensión, además de que esta ubicado a escasa distancia de zonas arqueológicas del municipio de Tanlajás y que pasa también por varios municipios que se ven enriquecidos por este paisaje natural.



**Figura 6. Extensión del río COY dentro del estado de SLP. (Elaboración propia, con datos de INEGI)**

#### **2.2.4 Ficha técnica general del puente COY**

Las características generales de ubicación y tipo de estructura del puente se reflejan en la **Tabla 2** con información proporcionada por el gobierno del estado, la memoria de calculo estructural y el levantamiento preliminar que se detallarán en el siguiente capítulo.

**Tabla 2. Características generales. (Elaboración propia)**

<b>NOMBRE DEL PUENTE</b>			
PUENTE COY			
<b>UBICACIÓN POLITICA</b>	SAN LUIS POTOSÍ		
<b>MUNICIPIO</b>	ENTRE TANLAJÁS y CIUDAD VALLES, COMO LIMITE MUNICIPAL.		
<b>LOCALIDADES</b>	ENTRE RED VIAL QUE PASA POR LA LOCALIDAD "LAS ARMAS" Y "TANTOBAL"		
<b>AÑO DE INSTALACION</b>	1937		
<b>RED VIAL</b>			
<b>CARRETERA</b>	FEDERAL 85 (MÉXICO-NUEVO LAREDO)		
<b>TRAMO</b>	"PORTEZUELO-CIUDAD VALLES		
<b>SUBTRAMO</b>	"CIUDAD VALLES-TAMAZUNCHALE"		
<b>DEL KM</b>	350+260	AL KM	350+400
<b>CARACTERISTICAS FISICAS GENERALES</b>			
<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>			
PUENTE DE TIPO ARCO DE ACERO DE FUERZO GRADO 60			
<b>LONGITUD</b>	118 METROS LINEALES EN SU ESTRUCTURA		
<b>COORDENADAS UTM</b>			ZONA 14 Q
	<b>X</b>	<b>Y</b>	
<b>INICIO</b>	504384.42 m E	2405075.69 m N	
<b>FIN</b>	504459.98 m E	2405164.25 m N	
<b>COORDENADAS GEOGRAFICAS</b>			
	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	
<b>Inicio</b>	21.749270°	-98.957598°	
<b>Fin</b>	21.750070°	-98.956867°	

### 2.3 Informe fotográfico del sitio

Como parte de la correcta planeación y ubicación de los elementos que se debían analizar dentro del puente, fue necesario hacer una serie de informes fotográficos que permitieran al equipo de trabajo visualizar de forma mas exacta la manera en

que el puente COY se encontraba. Para esto, se hizo una serie de vuelos con dron que se describen a continuación.

### **2.3.1 Uso del dron como herramienta de trabajos preliminares**

En un mundo con una tecnología de desarrollo creciente, ha sido necesario que el área de la construcción sea capaz de adaptarse a las herramientas que permitan encontrar aspectos relevantes de un trabajo de forma mas sencilla o practica debido a los tiempos que se suelen tener en los proyectos de ejecución y análisis de una obra. De este modo, la implementación del dron desde hace algunos años se ha vuelto una manera clave de facilitar este objetivo para el área de la topografía.

DJI ENTERPRISE, una de las empresas mas destacadas en el ámbito de equipos de dron actuales, nos dice que “un levantamiento topográfico con dron es simplemente un levantamiento que se realiza desde el cielo con la ayuda de un dron” (2020), que ayuda entre otros a mejorar la rapidez, seguridad y rentabilidad de la topografía, permitiendo obtener resultados como mapas de orto mosaicos 2D, modelos 3D y nubes de puntos. Sin embargo, es un tipo de levantamiento que aun tiene muchas deficiencias en cuanto a la precisión y, por tanto, aun se usa como una herramienta de apoyo y no de medición 100% confiable para datos como lo puede ser un calculo estructural.

En este proyecto, se realizaron una serie de vuelos de dron como parte de los trabajos de identificación y procedimiento en la ejecución. En la **Figura 7**, se muestra una serie de fotografías extraídas de un vuelo en el área de estudio que permitieron identificar el estado actual de la estructura del puente y el cuerpo de agua que pasa por debajo, antes de la realización física del levantamiento.



***Figura 7. Vuelo de dron con equipo DJI del estado inicial. (Fotografías de los reportes del proyecto)***

#### **2.4 Levantamiento preliminar**

El levantamiento preliminar de cualquier trabajo topográfico, representa la primera etapa técnica física al recopilar información de la zona de estudio sobre la que se trabajara para el análisis estructural, que en este caso es de un puente. En esta, se obtendrán los datos esenciales que permitirán definir distintos aspectos físicos como la geometría, el lugar, zonas de relevancia geológica y geomorfológica, accidentes topográficos importantes e incluso posibles restricciones geográficas, que en su totalidad contribuyen a la elaboración de los modelos estructurales posteriores y a permitir analizar si la estructura del puente COY aun cumple con los requerimientos técnicos, normativos, de seguridad y de rentabilidad dentro de las normas vigentes mexicanas.

### **2.4.1 Alcance del levantamiento topográfico**

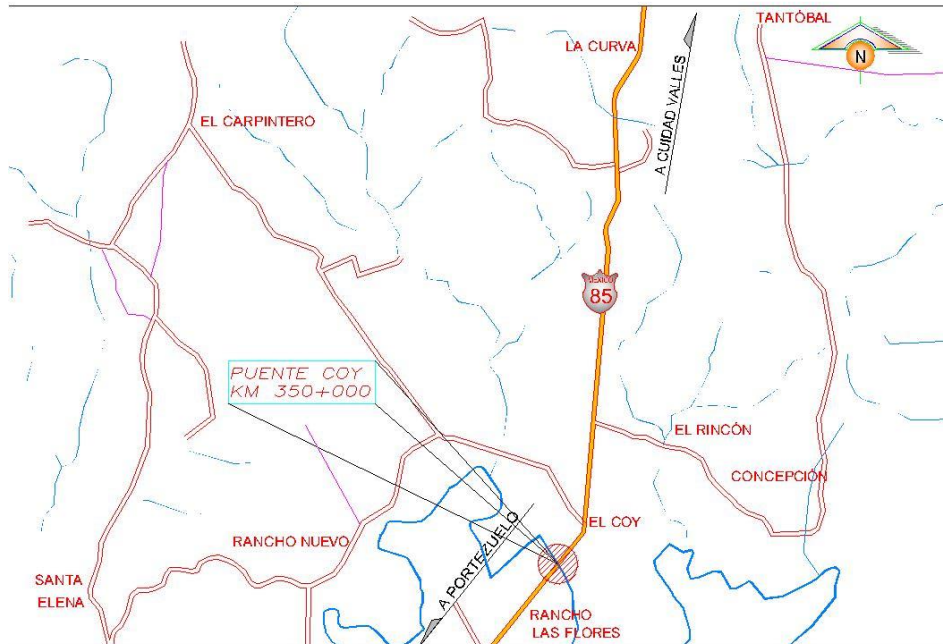
Debido a que el propósito principal del estudio es identificar la factibilidad de la estructura del puente COY dentro de la carretera federal 85 "México-Nuevo Laredo", se centró en la zona específica de influencia alrededor de la estructura estudiada, del tramo carretero "CIUDAD VALLES-TAMAZUNCHALE", en sus coordenadas iniciales (504384.42 m E, 2405075.69 m N) Zona 14Q UTM, y se levantaron un total de poco más de 1 kilómetro con equipo topográfico tal como la estación total y receptores GNSS para obtener los detalles que abarcan la distancia a partir del km 349+780 al km 350+800, junto a los elementos que conforman la carretera dentro de esta área, como lo son:

1. Carpeta asfáltica
2. Caminos
3. Derecho de vía del tramo carretero
4. Línea de acotamiento
5. Postes de líneas de CFE y TELMEX, así como líneas eléctricas (Solicitados por norma)

De la misma forma, se realizó el levantamiento topo hidráulico del río coy con una extensión de 400 metros del lado izquierdo y 400 metros del lado derecho y con un área de más de 20 hectáreas en total con la finalidad de conservar la mayor cantidad de información importante necesaria y detalles de relevancia del cuerpo de agua que permitan determinar, entre otros, el sentido real del escurrimiento, los límites actuales del río, elementos que puedan influir como estructuras, paramentos, cercos, etc.

En total, se realizó la elaboración de 2 ejes de terreno, uno correspondiente a la carretera y otro al eje del río para determinar su profundidad en su punto más hondo y el más superficial.

Es importante mencionar que se descartó toda la información de zonas lejanas al eje de proyecto carretero y que no tuvieran relevancia en el proyecto hidráulico del que se obtendrían datos del cuerpo de agua. **(Figura 8)**



**Figura 8. Croquis del área que se levantó. (Elaboración propia)**

#### **2.4.2 Procesamiento de datos y resultados preliminares del levantamiento**

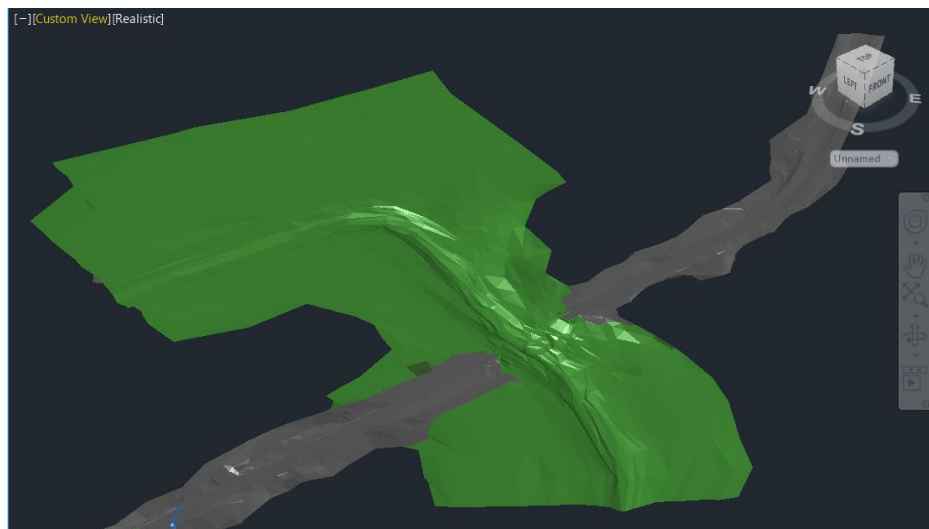
Una vez que se recopiló toda la información de campo, los datos obtenidos durante el levantamiento fueron sometidos a una depuración, verificación y ajuste por medio de software especializado.

Se verificó, que las coordenadas de los puntos con estación total no discreparan respecto al sistema de referencia utilizado y que el alineamiento horizontal fuese correcto en comparación a las características ya conocidas de la carretera de estudio, incluidas también la eliminación de puntos duplicados y la corrección de desviaciones causadas por condiciones adversas en campo. Además, se hizo el ajuste y tratamiento de los puntos GPS, tarea que se conoce como “postproceso”, para poder ligarlo a la red nacional activa de INEGI y lograr obtener una corrección que permita hallar coordenadas más fieles y detallar, una vez insertados todos los

puntos XYZ en el ambiente de AutoCAD, la triangulación de las zonas que se levantaron, permitiendo la elaboración de un modelo de curvas de nivel preciso.

En este caso, se utilizó como sistema de referencia el UTM con datum WGS84 que permitió una integración entre planos y los modelos de cálculo estructural posteriores.

Con la nube de puntos obtenida, se realizó el proceso de modelado tridimensional por medio de el proceso de triangulación con la herramienta CIVILCAD, se puso especial detalle a los elementos que conforman el topo hidráulico que se vuelve un objeto de relevancia primordial en el puente. En la **Figura 9**, se muestran los detalles de las triangulaciones hechas en la parte del levantamiento carretero en color gris y el topo hidráulico en color verde.



**Figura 9. Modelo de triangulación en AUTOCAD. (Elaboración propia)**

Con los datos obtenidos de la elevación, se analizó de forma superficial el perfil obtenido de el río, donde se puede destacar que las elevaciones más bajas se encuentran en los KM 0+359.98 y 0+ 490.84 con poco más de 30 metros de profundidad, zona que atraviesa la parte inferior del puente, lo que resalta una vez más la necesidad conservar algún tipo de estructura que permita atravesar con seguridad este tramo por medio de la carretera.



geométricas que posea la zona, si no también a la identificación del modelado y la validación de la estructura.

A partir de un modelo digital de la zona, como el elaborado en el software de CAD, las curvas de nivel obtenidas, los perfiles y secciones de terreno, fue posible evaluar los aspectos claves que intervienen en la decisión de conservar o dismantelar una superestructura, como lo son la profundidad del río, el sentido del escurrimiento, la magnitud de sus límites y las condiciones geomorfológicas en las que la obra esta situada. Estos elementos, tienen estrecha correlación con los posibles efectos dados por el paso de los años en la estructura y la decisión final sobre el destino del puente COY por las autoridades gubernamentales del estado y del municipio en que este se halla.

## **CAPITULO III. Levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico.**

Debido a que el trabajo a ejecutar no se centra únicamente en los aspectos naturales de la zona, es siempre importante elaborar un plan cuidadoso respecto a que otros elementos son necesarios levantar durante la ejecución de un proyecto.

Aquí se presenta el levantamiento topográfico que se realizó con el fin de obtener la información geométrica necesaria para el análisis del diseño del puente junto al trabajo de medición planialtimétrica orientadas a presentar características específicas que permiten establecer una base técnica confiable.

### **3.1 Objetivos del levantamiento**

Una vez concluido el levantamiento preliminar en donde se obtuvieron los datos del terreno natural de la zona además de las características del río que pasa por debajo junto a las secciones de mayor relevancia, fue necesario comenzar a planear el levantamiento propio de la estructura que se analizó, en este caso el puente COY , para plantear si este era aún un proyecto viable en cuanto a la seguridad y factibilidad para la carretera o si era necesario su retiro y/o posible reemplazo gracias a los años en que esta estructura estuvo en uso.

De este modo, los objetivos del levantamiento próximo a realizar en ese periodo, se ajustaron a los siguientes alineamientos técnicos.

1. Ubicar y referenciar respecto a los puntos de control ubicados con anterioridad para establecer precisión del puente.
2. Realizar el levantamiento con todas las características geométricas posibles.
3. Establecer los cadenamios importantes de la estructura objetivo de análisis para hacer énfasis de estos en la memoria estructural.
4. Especificar aspectos estructurales tales como traveses, revestimientos, losas, etc.

5. Asegurar la información que permita elaborar perfiles referentes
6. Elaborar los planos de la información recolectada para hacer el manejo de la información más sencillo.

Es necesario mencionar que la calidad de los datos obtenidos durante la ejecución de este proceso permitió la toma adecuada de decisiones futuras sobre la estructura del puente COY.

### **3.2 Procedimiento y equipo usado para el levantamiento**

La metodología empleada durante el trabajo del levantamiento fue planeada con un enfoque específico de recolección de datos estructurales y de aquellos que impactaran para conocer los datos de carga del puente, mismos que se integraron a la memoria estructural redactada por las áreas correspondientes.

Para realizar el levantamiento topográfico del puente en el sitio propuesto, se usó una metodología mixta en la que se combinaron técnicas planimétricas y altimétricas para obtener información precisa de la estructura, en la que se realizó el trabajo de campo y el procesamiento posterior de los datos. Dentro de este proceso, se planeó el área de cobertura, que contemplaba la longitud aproximada de 80 metros del puente más el largo de la armadura, de poco más de 40 metros de ancho y a la profundidad la toma de las pilas.

A continuación, se enlistan los equipos topográficos usados durante el proceso:

- Estación total
- Tarjeta reflejante
- Tripie
- Plumones de aceites
- Bastón
- Libreta de campo
- Prisma
- Herramientas varias como clavos, estacas, y demás para referencias.
- Radios

Gracias a que la zona ya era conocida por el levantamiento preliminar, con esta información en mente, se identificaron los sitios clave para obtener los datos del puente que posteriormente se usaron para levantar con el equipo enlistado la mayor cantidad de detalles estructurales posibles.

A partir de los puntos de control, en apoyo con el BN 351-1 que se estableció desde el principio, se realizó el barrido de toda el área para capturar las coordenadas en los puntos de mayor relevancia estructural, siendo estos los pilares del puente, los detalles de los caballetes, datos para las secciones de los claros, detalles de la armadura y losas.

Además de esto, se hizo el levantamiento propio de aquellas zonas afectadas por el paso del tiempo, asegurándose de tener todos los sitios de la estructura que se hallarán con daños para elaborar el informe correspondiente.

### 3.2.2 Daños detectados en el proceso

Como parte de los trabajos topográficos, se realizó una serie de tomas específicas a los daños estructurales notables a la vista que el puente tenía por causas de tiempo y ambiente que suelen ser comunes a pesar de los trabajos de mantenimiento que pudieron haber sido aplicados.

A continuación, en la **Tabla 3**, se detallan los daños identificados durante el proceso del levantamiento y las áreas en que los mismos se encontraban al momento de realizarlo.

**Tabla 3. Daños identificados en el levantamiento (Elaboración propia)**

RELACION DE DAÑOS DETECTADOS	
ZONA	TIPO DE AFECTACIÓN
<u>A) ACCESOS</u>	
A.1	Roderas en carpeta asfáltica
A.2	Lavadero obstruido
A.3	Crecimiento de maleza
A.4	Marco de control de altura con deformaciones

<b>B) CALZADA</b>	
<b>B.1</b>	Junta de dilatación obstruidas
<b>B.2</b>	Baches en superficie de rodamiento
<b>B.3</b>	Acumulación de tierra y basura
<b>B.4</b>	Roderas en superficie de rodamiento
<b>B.5</b>	Drenes obstruidos
<b>B.6</b>	Agrietamiento en carpeta asfáltica
<b>B.7</b>	Crecimiento de maleza
<b>C) ARMADURA</b>	
<b>C.1</b>	Corrosión en cuerda superior
<b>C.2</b>	Corrosión en diagonales
<b>C.3</b>	Corrosión en placas de conexión
<b>D) ARRIOSAMIENTO SUPERIOR</b>	
<b>D.1</b>	Corrosión en vigueta transversal o contraviento
<b>D.2</b>	Conexión rota en marco
<b>D.3</b>	Fractura de placa de conexión
<b>D.4</b>	Fisura en soldadura
<b>D.5</b>	Deformación por impacto de vehículo
<b>E) SUPERESTRUCTURA</b>	
<b>E.1</b>	Drenes sin extensión o mal sellados
<b>E.2</b>	Dren mal orientado
<b>E.3</b>	Filtración en losa
<b>E.4</b>	Fisuras en losa
<b>E.5</b>	Fisuras en diafragma
<b>E.6</b>	Desconche en nervaduras
<b>E.7</b>	Oquedades de concreto
<b>E.8</b>	Tuerca suelta en placas de refuerzo
<b>E.9</b>	Corrosión moderada en placa de anclaje
<b>E.10</b>	Puntas de alambón oxidado
<b>F) DISPOSITIVOS DE APOYO</b>	
F.2) APOYOS DE TIPO MECEDORA	
<b>F.2.1</b>	Oxidación en base de apoyo
<b>G) SUBESTRUCTURA</b>	
G.1) DAÑOS EN PILAS	
<b>G.1.1</b>	Acumulación de tierra y humedad en corona
<b>G.1.2</b>	Fisura de pila
<b>G.1.3</b>	Huellas de escurrimiento pluvial
G.2) DAÑOS EN CABALLETES	



### **3.3 Procesamiento de datos**

Una vez que los elementos geométricos y estructurales del puente fueron levantados en su totalidad, identificando junto a ello las zonas de complejidad y que han sufrido daños, se procesó mediante AutoCAD los puntos obtenidos para poder depurar la información de una forma similar a como se realizó en el levantamiento preliminar, es decir, deshaciéndose de puntos repetidos o con alturas anormales, posibles errores y demás, considerando la diferencia de que aquí se busca guardar toda la información del tipo estructural e ignorar los elementos de terreno natural que ya habían sido recolectados en el levantamiento preliminar para complementar posteriormente el mismo.

Para esto, se organizaron los datos de acuerdo a su función estructural y a los elementos que se buscaban revisar con mayor intensidad, en donde por mencionar algunos se encuentran: los puntos del eje longitudinal correspondiente a la estructura dentro del tramo carretero, niveles y datos de los estribos y pilas y puntos de accesos.

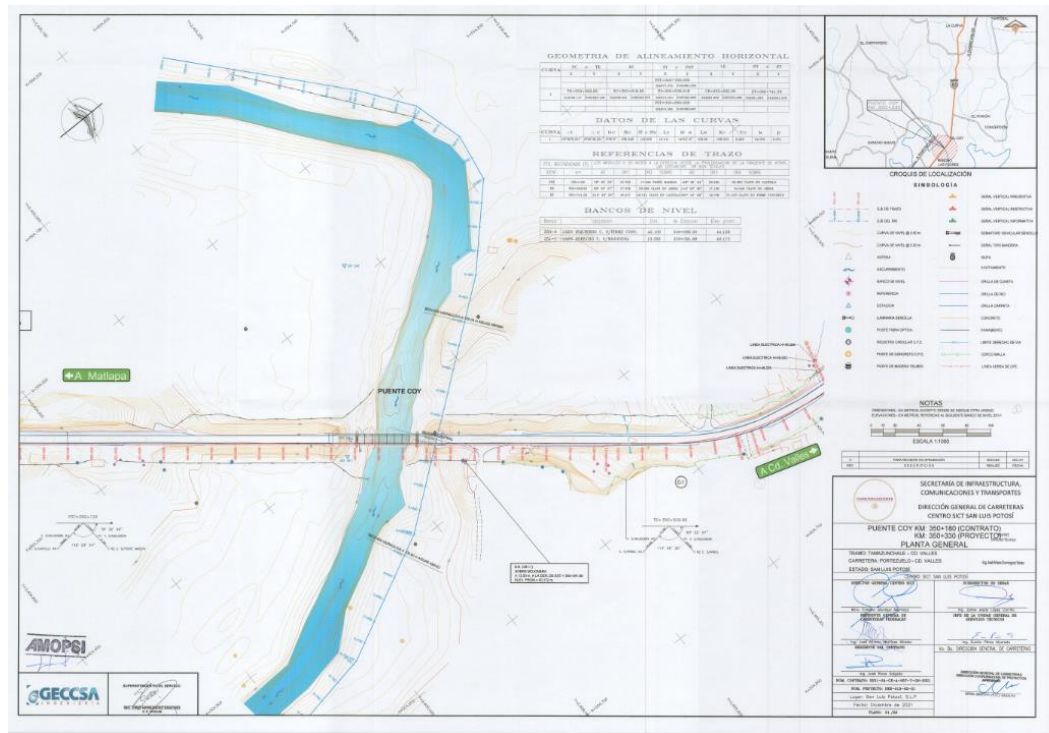
Se hizo especial hincapié en conservar los datos que permitieran mostrar de forma gráfica la armadura y el puente en sus super y sub estructura para señalar los distintos alineamientos, pendientes y secciones relevantes del proyecto que garantizaran todas aquellas ubicaciones claves.

### **3.4 Resultados obtenidos de los levantamientos**

Los resultados obtenidos del levantamiento fueron integrados a la información obtenida durante el levantamiento preliminar del terreno y a los del topo hidráulico del río COY y fueron analizados con el fin de ser usados en la memoria estructural y su posterior análisis para la decisión de la viabilidad de la superestructura en ese tramo de la carretera federal no. 85.

Dentro de los planos que se obtuvieron y se entregaron, tenemos:

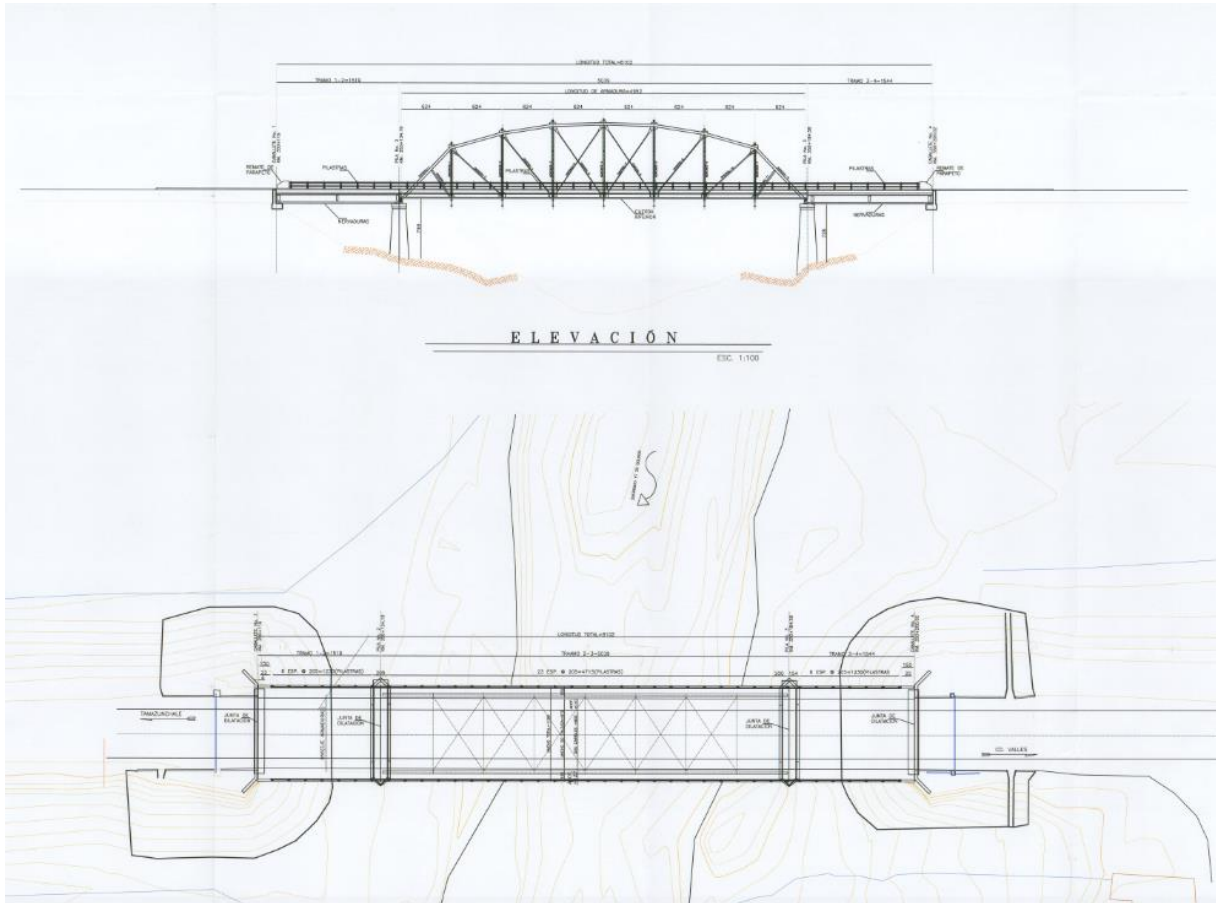
1. Planta general. Se muestra gráficamente todos los elementos recolectados en la ejecución de los trabajos topográficos, desde aquellos del levantamiento preliminar hasta los de la estructura en términos geométricos, indicando los datos de la carretera, de el cuerpo de agua y del puente junto a los respectivos ejes que se tomaron para los proyectos, además de mostrar gráficamente el área y cadenamientos sobre el que el tramo carretero se encuentra. (**Figura 12**),



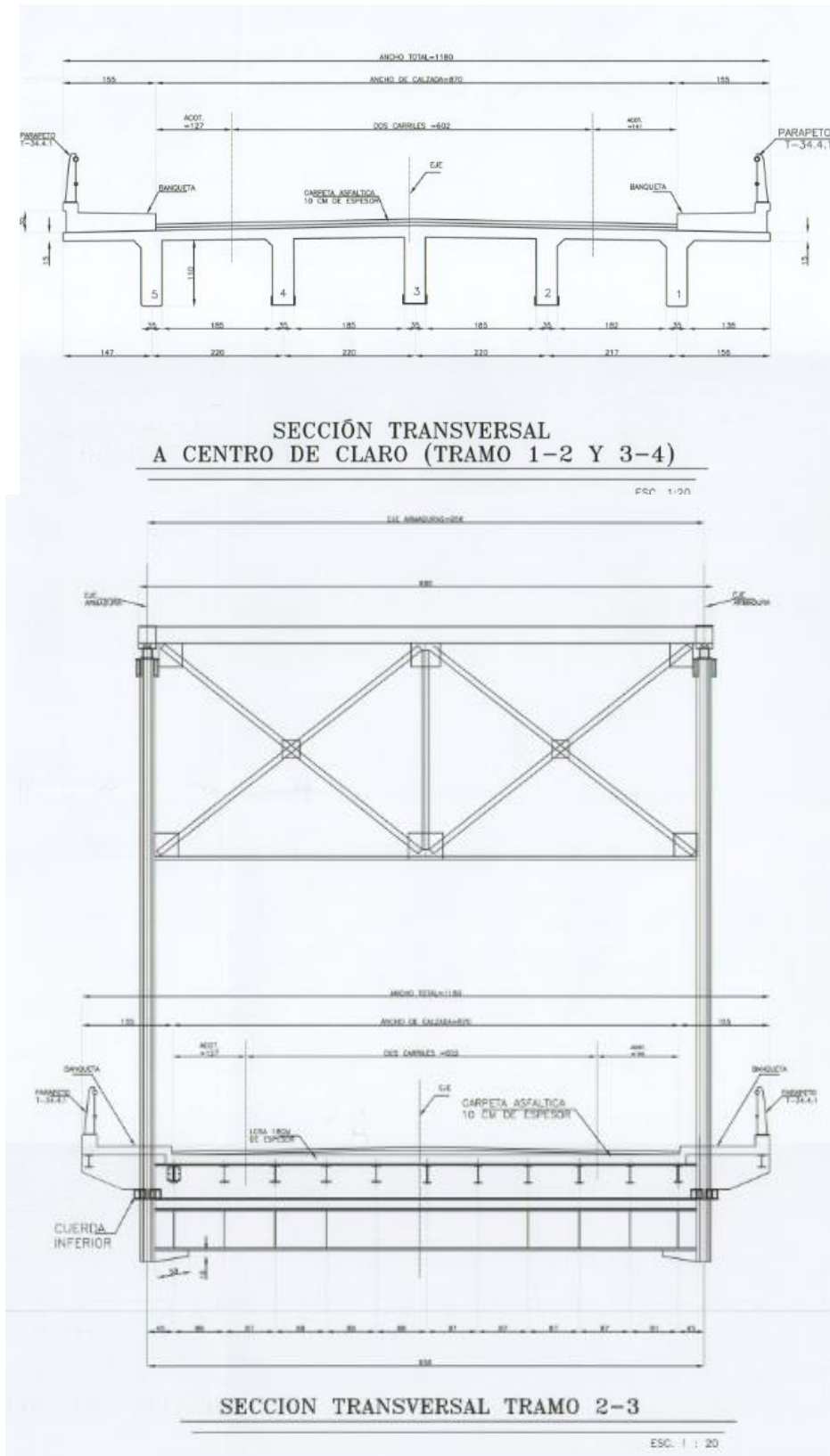
**Figura 12. Planta general. (Elaboración propia)**

2. Plano general de la estructura. En el que se identifican los aspectos estructurales tanto principales como secundarios. Se puede visualizar en la **Figura 13** la vista en planta, que especifica las medidas correspondientes a la longitud y ancho total del puente, además de las medidas de las áreas levantadas para el proceso de las secciones transversales (**Figura 14**) correspondientes a los tramos 1-2 y 3-4 que son de los accesos al puente, de 1.519 m y 1.544 m respectivamente, cuyas medidas y elementos se tomaron al centro del claro. También se puede observar el tramo 2-3 de 5.039

que forma parte de la sección intermedia que muestra la estructura de la armadura, ambas secciones contienen los componentes de la carretera (espesor de la carpeta, ancho de calzada, banquetas, parapetos, etc.).

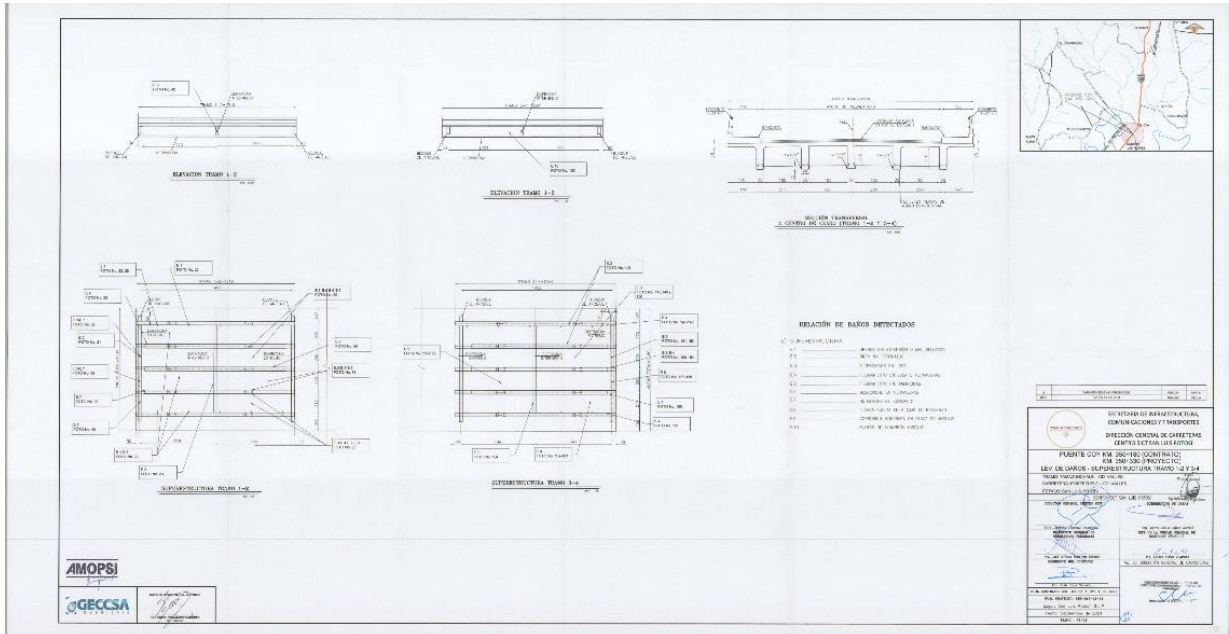


**Figura 13. Vista en planta y perfil de la estructura. (Elaboración propia)**



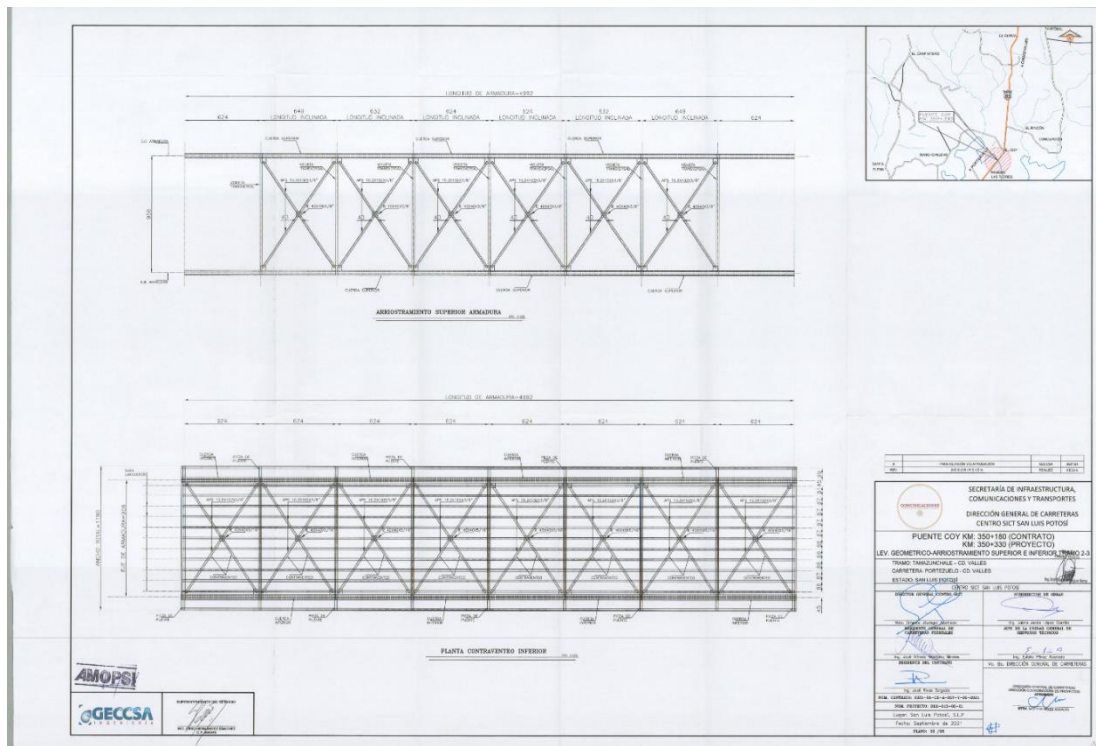
**Figura 14. Secciones de tramos de acceso y de estructura.  
(Elaboración propia)**

3. Plano de superestructura. La superestructura es el componente del puente que se halla construido, como su nombre lo dice, sobre el nivel del suelo. Al ser mas larga, suele parecer mas grande o compleja. En el plano de la **Figura 15**, podemos ver los componentes que forman parte de la superestructura del puente coy, que son los anclajes y los detalles de los diafragmas junto a sus respectivas medidas y detalles.



**Figura 15. Plano de superestructura. (Elaboración propia)**

4. Plano de subestructura. Al contrario de la superestructura, la subestructura son todos aquellos elementos estructurales que se hallan bajo tierra o por debajo del nivel de la estructura superior. Por tanto, se construye contra el suelo y es crucial para garantizar el soporte y seguridad de la misma. En la **Figura 16** se detallan los elementos de esta parte de la estructura del puente que integran los caballetes y las pilas.

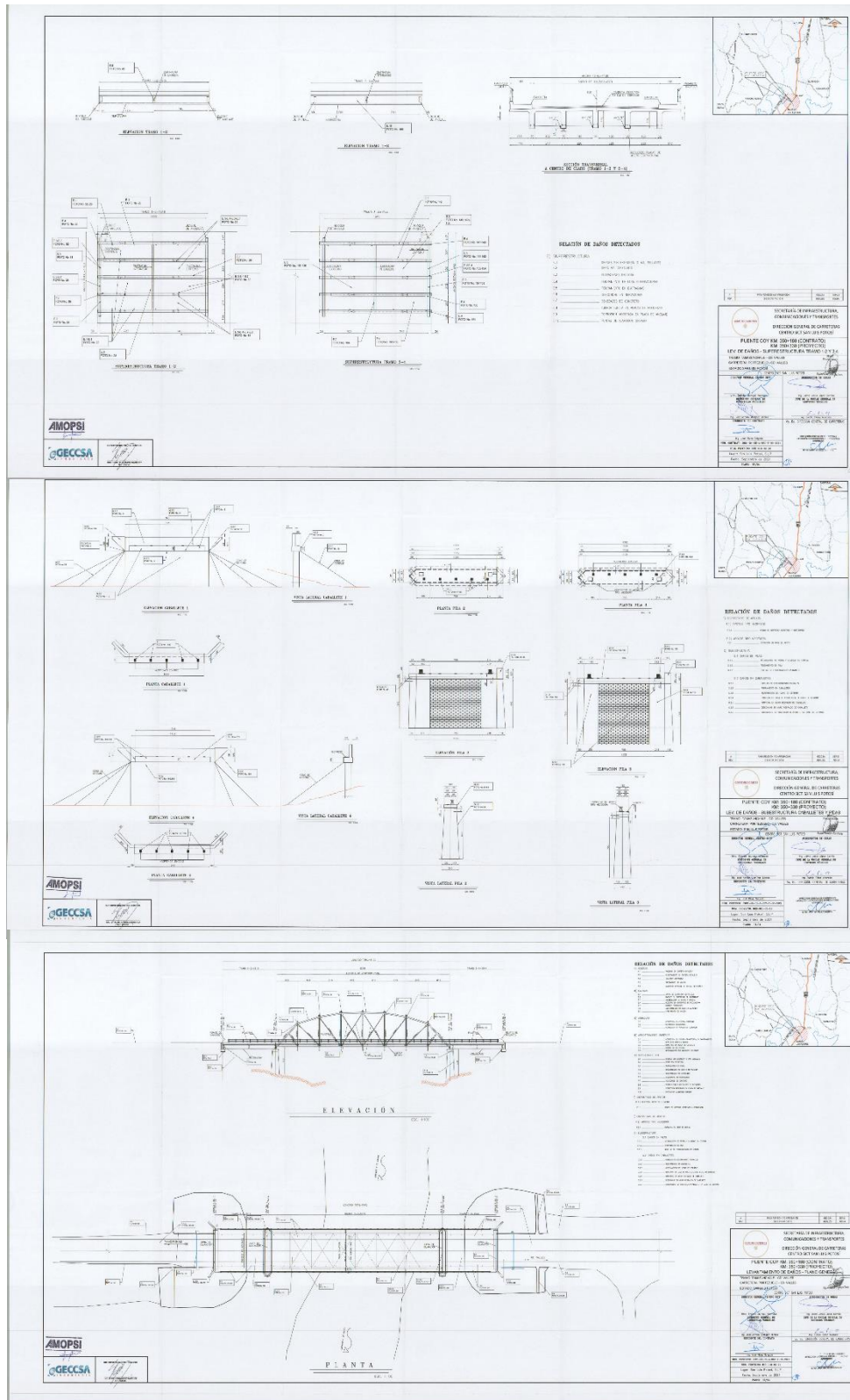


**Figura 16. Plano de subestructura. (Elaboración propia)**

5. Plano de geo arriostamiento. De acuerdo con la información de grupo MAQ (2025), el arriostamiento “es una técnica que busca reforzar y estabilizar la estructura de los edificios durante su construcción mediante el uso de vigas o cables que conectan cada parte de la estructura. Estos ayudarán a distribuir la carga y hacer que esta sea más equilibrada, por lo que suele ser una técnica habitual para edificios altos y para aquellos que suelen estar expuestos a situaciones extremas como terremotos o rachas elevadas de viento”.

En este contexto, se realizó el levantamiento de aquellos elementos estructurales que forman parte del arriostamiento del puente COY en su parte inferior y superior. En el plano de la **Figura 17** podemos observar los elementos tales como viguetas, cuerdas y contravientos que forman parte de estos en la armadura de la estructura.





**Figura 18. Plano de daños. (Elaboración propia)**

## **CAPITULO IV. Resultados obtenidos y trabajos de modernización planeados.**

### **4.1 Acciones a tomar respecto a la estructura**

El puente COY, ha sido una estructura que ha permanecido por decenas de años dentro del tramo carretero "CIUDAD VALLES-TAMAZUNCHALE" de la carretera federal "México- Nuevo Laredo". Con un diseño moderno para la época de elaboración, esta obra se consolidó como una de importancia dentro de las ciudades vecinas que compartían y transitaban este camino.

Sin embargo, gracias a adversidades naturales, el tiempo en que ha estado, daños por usuarios y clima, su tiempo de vida ha terminado e incluso por más trabajos de remodelación hechos, eso solo alargaría una decisión que se ha tomado con cautela, su desmantelamiento y remplazo.

#### **4.1.1 Planes de estructuración para trabajos de modernización**

En el concurso de licitación, entre los que se encuentra el retiro del puente COY, tenemos los siguientes trabajos que forman parte:

1. Ampliación del cuerpo existente de 7.0 m a 22.0 m de ancho de corona, anexando la construcción de terracerías, obras de drenaje y pavimentos.
2. Construcción de dos entronques a desnivel "La Marina" km 360+646 y "El Arenal" km 357+890.
3. Modernización del puente COY.

Siendo el tercero de ellos el más importante y en el que nos enfocaremos en los siguientes subtítulos.

El proyecto cruzará el Río Coy, mismo que tiene carácter perenne, presentado en dicho punto un ancho de aproximadamente 10m, con una velocidad de cruce (1.27

mis). El puente que se pretende construir para librar dicho río, está diseñado para un gasto asociado de 850 m<sup>3</sup>/seg a un periodo de retorno de 100 años.

Dado a que, como hemos mencionado en los puntos anteriores, la importancia del puente en la zona ha sido relevante gracias al tránsito diario que hace uso de la carretera, considerar acciones para mejorar la experiencia del usuario es un punto que organismos de regulación y normatividad como la SCT y los gobiernos estatales han tomado en cuenta. Es por esto último que se optó por la ampliación del cuerpo de la carretera para hacerlo doble, es decir, un cuerpo por sentido, y así asegurar entre otras cosas, la seguridad, el diseño moderno y la mejora general de la misma.

#### **4.1.2 Retiro del puente COY**

Luego de una serie de análisis hecho con los datos recabados de los trabajos topográficos en colaboración con otras áreas de importancia, el día 17 de octubre del año 2023, se llevo a cabo el retiro de la estructura metálica del puente COY que llevaba más de 90 años en funcionamiento y que se encontraba sobre la carretera México-Ladero en el tramo Ciudad Valles- Tamazunchale.

Dicho retiro se planeó con anterioridad, avisando a usuarios por medio de las redes de la Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes (SICT), cerrando el tramo carretero en ambos sentidos dentro de un horario de 11:00 a 12:50 hrs del día mencionado.

El Centro SICT San Luis Potosí puso a consideración de los usuarios carreteros las siguientes vías alternas:

- Desvio 1 (km 353+130): Entronque Tanlajas; San Vicente Tancuayalab; Libramiento Cd. Valles–Tamuín; Cd. Valles. Distancia de 112 km.
- Desvio 2 (km 365+130): Entronque Aquismón; La Morena–Entronque Carretera 70 Rioverde; Cd. Valles. Distancia de 53.7 km.

El retiro de la estructura se llevó a cabo en menos de una hora, en la que se aseguró la colocación de la misma a un costado de la zona en que se llevarían a cabo los trabajos de modernización antes de su traslado. (**Figura 19**)

De acuerdo con el diario digital Pulso “El puente de 85 metros lineales fue removido, después de un arduo trabajo de retiro de cinta asfáltica, por dos plumas que, en suma, cargaron 150 mil kilogramos de hierro que fue puesto a la orilla del río Coy, a disposición de los Ayuntamientos que soliciten el material precisamente para infraestructura de puentes en comunidades.” (Barragán, 2023)



**Figura 19. Retiro del puente a un costado de la carretera. (De: El pulso. Diario SLP)**

#### **4.2 Memoria estructural**

Como parte del diseño de planeación estructural del trabajo de modernización del puente COY, la empresa GECCSA realizó la memoria de calculo estructural de los cuerpos que integrarían la obra.

El documento en esencia muestra el diseño estructural de la superestructura, subestructura y las cimentaciones considerando normativas de índole nacional e internacional para asegurar la funcionalidad y durabilidad del puente.

La estructura esta conformada por dos cuerpos, cada uno compuesto por tres claros, dos de ellos de 24.32 m y otro mas de 36.64 m, dando un total de 85.28 m de longitud por cuerpo. Cada uno posee un ancho de 13 m distribuidos en tres carriles de circulación.

El diseño en el que se basa el modelo estructural, se basa en las especificaciones de la normativa AASHTO LRFD (2017) para puentes, complementada por el manual sísmico del CFE (2015), la normativa del ACI-318 para concreto estructural (2015), y diversos lineamientos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). También se consideran los manuales del Precast Concrete Institute (PCI, 2025), especialmente en lo referente a elementos prefabricados.

El análisis general de la estructura se realiza mediante modelos tridimensionales desarrollados a través del software Midas Civil, que son programas diseñados para el análisis optimo de estructuras de ingeniería civil y arquitectura, que, entre sus funciones principales, permite ejecutar análisis lineales, curvas de capacidad, desplazamiento y factores de carga, etc. Dentro de este programa, se simularon los modelos de superestructura y subestructura, tomando en consideración la interacción del suelo, cargas en posiciones criticas y condiciones de frontera realistas en la que se evaluaron condiciones constructivas y de servicio.

Además, se incluyeron anexos en los que se desarrolla el diseño de las losas, trabes, diafragmas, cimentaciones, topes sísmicos, aparatos de apoyo, losas de acceso y elementos de subestructura tales como caballetes, cabezales, muros y pilas. Por ejemplo, para el diseño de losa considera los esfuerzos por carga muerta y viva, especificando refuerzo superior e inferior con varillas #3 a #5, además de refuerzo especial en esquinas, entre otros que se detallan más adelante.

#### 4.2.1 Detalles de importancia durante el calculo

Parte de los elementos de importancia que se consideraron en el calculo estructural son:

1. Propiedades de los materiales. Se consideraron parámetros de concreto de acuerdo a la norma AASHTO, con requerimientos de resistencia mínima según datos del proyecto, que se especificaron en la **Figura 20**. Además de incluir los detalles del acero de refuerzo grado 60 ASTM-A615 con su módulo de elasticidad, así como el acero de presfuerzo.

Trabes presforzadas:	$f'_c = 450 \text{ kg/cm}^2$
Losa del tablero:	$f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$
Banquetas y guarniciones:	$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Caballetes:	$f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

**Figura 20. Resistencia a la compresión del concreto a usar. (De: Memoria de cálculo estructural)**

2. Cargas consideradas. Se definió la carga muerta en que se consideraron elementos de concreto, acero, carpeta asfáltica y los pesos de guarnición, parapeto y banqueta, respectivamente. Para la carga viva, se consideraron las cargas de camiones de gran tamaño, en este caso se especificaron en el tipo HS20-44, T3-S3 y T3-S2,R4 (**Figura 21**), en todos los carriles de tránsito, para esta última se incrementó también de acuerdo al factor de impacto determinado según los criterios de la norma AASHTO que fue ejercida y mencionada durante todo el modelo de la memoria de calculo estructural.



$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$$

Donde:

- $\gamma_i$ : Coeficiente de mayoración de cargas
- $\phi$ : Factor de resistencia
- $\eta_i$ : Factor modificador de cargas
- $Q_i$ : Efecto debido a la carga ( fuerza, esfuerzo o desplazamiento)
- $R_n$ : Resistencia nominal
- $R_r$ : Resistencia ponderada

Y donde sí, el valor sobrepasa, la estructura deja de cumplir el cometido en razones de funcionalidad, durabilidad e incluso estética, que puede acabar en el agotamiento o colapso de la misma.

#### 4.2.2 Ficha general de los cuerpos del nuevo puente

**Tabla 4. FICHA DEL PUENTE (DATOS: MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL)**

FICHA DEL PUENTE DE ACUERDO AL MODELO DE CALCULO ESTRUCTURAL				
DEFINICIÓN DEL PUENTE:				
DOS CUERPOS DE 3 CLAROS CADA UNO, el primero de 24.32 M, EL SEGUNDO DE 36.64 M Y EL TERCERO DE 24.32M				
<b>LONGITUD TOTAL:</b>	85.28 M POR CUERPO	<b>ANCH O TOTAL:</b>	13 M POR CUERPO	PARA 3 CARRILES DE CIRCULACIÓN C/U.
SUPERESTRUCTURA				
COMPOSICIÓN:				
LOSA DE CONCRETO REFORZADO DE 20 CM DE ESPESOR APOYADA SOBRE 7 TRABES TIPO AASHTO-IV DE CONCRETO PRESFORZADO EN LOS CLARTOS 24.32 m Y SOBRE 7 TRABES TIPO AASHTO- VI TAMBIEN DE CONCRETO PRESFORZADO EN EL CLARO DE 36.64 M				
SUBESTRUCTURA				

<b>COMPOSICIÓN:</b>					
CABALLETES TIPO PILA-COLUMNA EN APOYOS EXTREMOS E INTERMEDIOS CON CIMENTACION DE TIPO PROFUNDA. TRABES SOBRE APOYOS DE NEOPRENO ZUNCHADOS DISPUESTOS SOBRE BANCOS DE CABEZALES.					
<b>MATERIALES</b>					
CONCRETO		ACERO DE REFUERZO		ACERO DE PRESFUERZO	
TRABES PRESFORZADAS	F'c= 450 kg/cm <sup>2</sup>	GRADO 60 ASTM-A615	f <sub>y</sub> = 4,200 kg/cm <sup>2</sup>	ACERO GRADO 270 K DE BAJA RELAJACION	
LOSA DE TABLERO	F'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>				
BANQUETAS Y GUARNICIONES	F'c= 250 kg/cm <sup>2</sup>				
CABALLETES	F'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>				
CARACTERISTICAS		MODULO DE ELASTICIDAD	E <sub>s</sub> = 2,100,000 kg/cm <sup>2</sup>	ESPECIFICACIONES	
COEFICIENTE DE POISSON	v=0.2			TENSION DE ROTURA EN TRACCION	f <sub>pu</sub> = 19,000 kg/cm <sup>2</sup>
GRADO DE HUMEDAD	HR= 75%			LIMITE ELASTICO	f <sub>py</sub> = 17,100 kg/cm <sup>2</sup>
				MODULO DE ELASTICIDAD	E <sub>p</sub> = 1,980,000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>CARGAS Y COMBINACIONES</b>					
CARGA MUERTA (D)			CARGA VIVA (L+I)		
CONCRETO REFORZADO Y PRESFORZADO	2.48 TON/M <sup>3</sup> (24.30 KN/M <sup>3</sup> )	CAMIONES TIPO		HS20-44, T3-S3 y T3-S2-R4,	
CONCRETO FRESCO	2.67 TON/M <sup>3</sup> (26.18 KN/M <sup>3</sup> )				
ACERO	7.85 TON/M <sup>3</sup> (78.50 KN/M <sup>3</sup> )	IMPACTO	IM= 75 %	JUNTAS DE DILATACION	
CARPETA ASFALTICA	2.20 TON/M <sup>3</sup> (24.00 KN/M <sup>3</sup> )		IM= 15 %	ESTADOS LIMITE DE FATIGA Y FRACTURA	

ESPESOR DE CARPETA	12 CM		IM= 33 %	RESTO DE CASOS
GUARNICION Y PARAPETO	0.7 TON/M (7.0 KN/M)			
BANQUETA	0.624 TN/M			
<b>FACTORES DE RESISTENCIA</b>				
<b>ESTADO LIMITE DE SERVICIO</b>			<b>ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA</b>	
FACTOR DE RESISTENCIA	$\phi = 1.00$	EN TODOS LOS CASOS	FACTOR DE RESISTENCIA A	EN FLEXIÓN COMPUESTA DE SECCIONES DE CONCRETO PRESFORZADO PARA CORTANTE Y TORSION
				$\phi = 0.90$

Además, se adjuntan en la **Figura 22** los elementos geométricos del puente.

a) Sección simple:

TRABE										
Tipo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Ec (kg/cm <sup>2</sup> )	H (m)	A (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	yi (m)	ys (m)	Si (m <sup>3</sup> )	Ss (m <sup>3</sup> )	Peso (T/m)
AASHTO-IV	350	261,916.02	1.35	0.4974	0.1026	0.6150	0.7350	0.1668	0.1396	1.2336

b) Losa:

LOSA													
Esesor (m)	B (m)	A bruta (m <sup>2</sup> )	Relacion modular (Losa/trabe)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Ec (kg/cm <sup>2</sup> )	B efectivo (m)	A efectiva (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	yi (m)	ys (m)	Si (m <sup>3</sup> )	Ss (m <sup>3</sup> )	Peso (T/m)
0.2000	1.8500	0.3700	0.9258	300	242,487.11	1.7128	0.3426	0.0011	0.1000	0.1000	0.0114	0.0114	0.9176

c) Sección compuesta:

SECCION COMPUESTA									
A (m <sup>2</sup> )	Centroide (m)	dt (m)	dl (m)	I (m <sup>4</sup> )	yi (m)	ys (m)	Si (m <sup>3</sup> )	Ss (m <sup>3</sup> )	Peso bruto (T/m)
0.8400	0.8972	0.2822	0.5528	0.2480	0.8972	0.6528	0.2764	0.3800	2.1512

**Figura 22. Propiedades geométricas (De: Memoria de cálculo estructural)**

### **4.3 Trabajos de modernización elaborados con la información topográfica**

La información obtenida a través del levantamiento topográfico en conjunto con los trabajos de otras áreas y la memoria de cálculo estructural realizada, resultó fundamental para la planificación y ejecución de los trabajos de modernización del puente COY y la carretera México-Laredo. Con base en los datos planimétricos y altimétricos recopilados, se definieron con precisión los puntos críticos de intervención, permitiendo un adecuado rediseño de elementos deteriorados y la optimización del trazado geométrico.

Esta información facilitó la elaboración de planos actualizados y la selección de soluciones técnicas acordes al terreno y a las condiciones estructurales existentes, garantizando así una intervención segura, eficiente y conforme a los estándares de ingeniería vigentes.

En este sentido, se ejecutaron los trabajos de modernización entre los que se encuentran la elaboración del nuevo cuerpo en la carretera y las nuevas características del puente que se definen a continuación.

#### **4.3.1 Procedimiento de los trabajos**

Los trabajos de modernización realizados en el puente COY, ubicado sobre la carretera federal no. 85, fueron desarrollados siguiendo una secuencia técnica calendarizada de forma rigurosa. Esta planificación, estuvo basada en los datos que se obtuvieron del levantamiento topográfico, la memoria de cálculo estructural y datos recopilados de diversas fuentes y con los estudios de índole normativo que se recabaron durante todo el proceso, que permitió establecer con precisión condiciones geométricas del terreno y las consideraciones importantes que habrían de tomarse en cuenta. Cada fase fue supervisada para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y la correcta interpretación de los datos topográficos, estructurales y de construcción en campo. En este sentido, la modernización del puente COY no solo respondió a criterios de rehabilitación estructural, sino también

a estándares modernos de precisión y control geométrico, propios de una gestión topográfica avanzada.

Dentro de estos últimos, era importante tomar con especial cuidado, en primer lugar, los planos del proceso a ejecutar durante la modernización. Una vez que la memoria de cálculo estructural fue terminada, tomando en cuenta los materiales que se especificaron, se realizó el plan de ejecución de los planos que se describen a continuación.

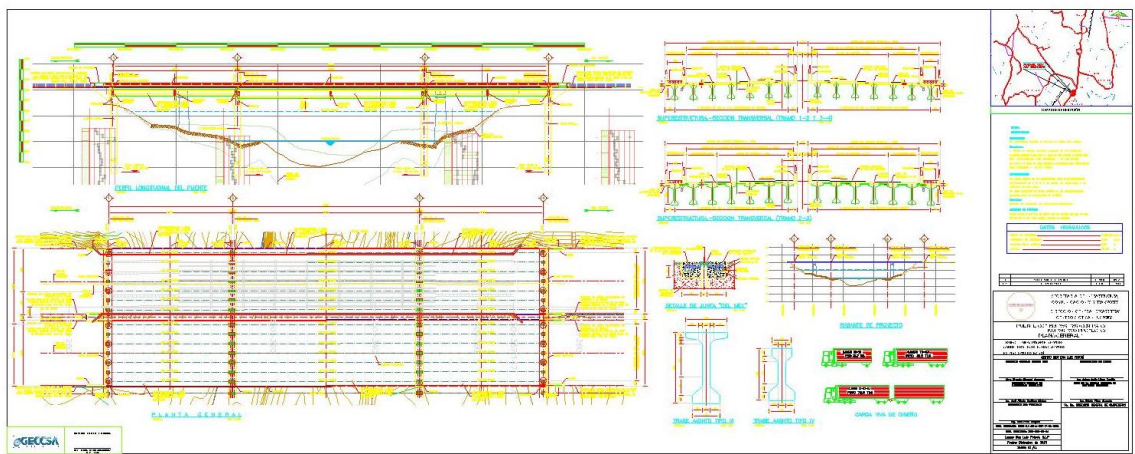
#### **4.3.2 Planos de los trabajos a ejecutar**

Se ejecutaron un total de 10 planos referentes a los trabajos de modernización del puente coy que van desde los planos generales respecto al revestimiento hasta la especificación del trabajo de losas y caballetes de la siguiente manera.

##### **1. Planos de revestimiento general.**

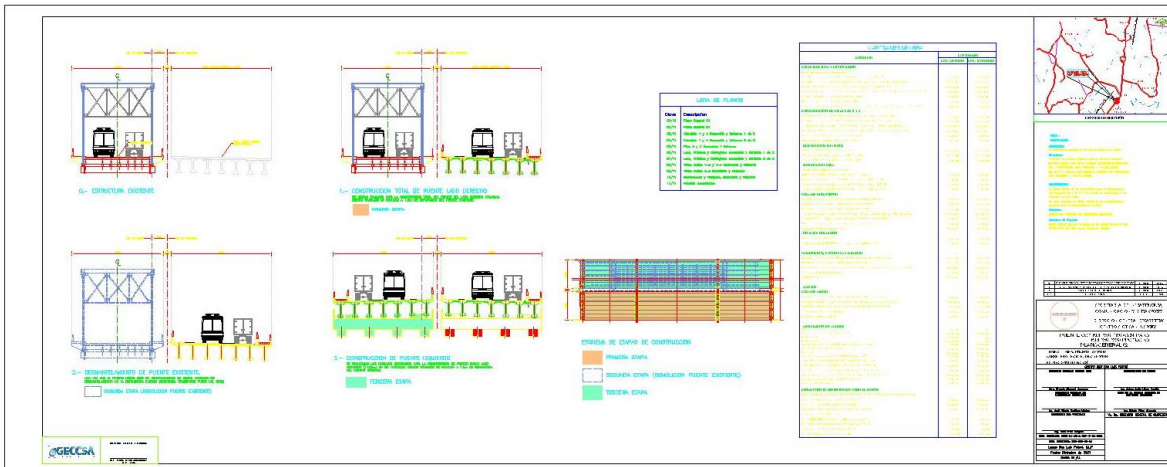
En el plano de la **Figura 23** se detalló el revestimiento de la superestructura siguiendo la normatividad de la SCT en su última edición junto a los detalles especificados en la memoria estructural que siguen las reglas AASTHO VI. Se puede ver que la estructura está formada a base de 7 traveses presforzados y losa reforzada, con diafragmas céntricos y extremos en cada una de las 3 secciones del cuerpo del puente (que son de el km 350+287.667-350+311.992, 350+311.992 - 350+348.642 y 350+348.642-350+372.967), además de que consta de defensa de lamina galvanizada de acuerdo a la norma N-PRY-CAR-6-01-002/21 en las entradas y salidas. También se añade la localización de caballetes, cabezales, pilas y otros como parapetos.

Para la superestructura en la sección tramo 1-2, 2-3 y 3-4 que son las de entrada y salida, se estableció un ancho de 13.00 m por cuerpo de parapeto a banqueta y 10.50 m de ancho de corona de proyecto de los que 3.50 m son de acotamiento y 7m de ancho de carpeta. El espesor de carpeta asfáltica se estableció en 5cm y la rasante en el nivel 40.60m.



**Figura 24. Plano de revestimiento gen. no. 1 (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

En el plano 2 que corresponde a la FIGURA únicamente se especificaron las etapas de construcción del cuerpo del puente en las que se integran la construcción inicial que tenía, el desmantelamiento y la construcción de la modernización, además de añadir las cantidades de obra para la subestructura, las losas, pilas, guarniciones, etc.

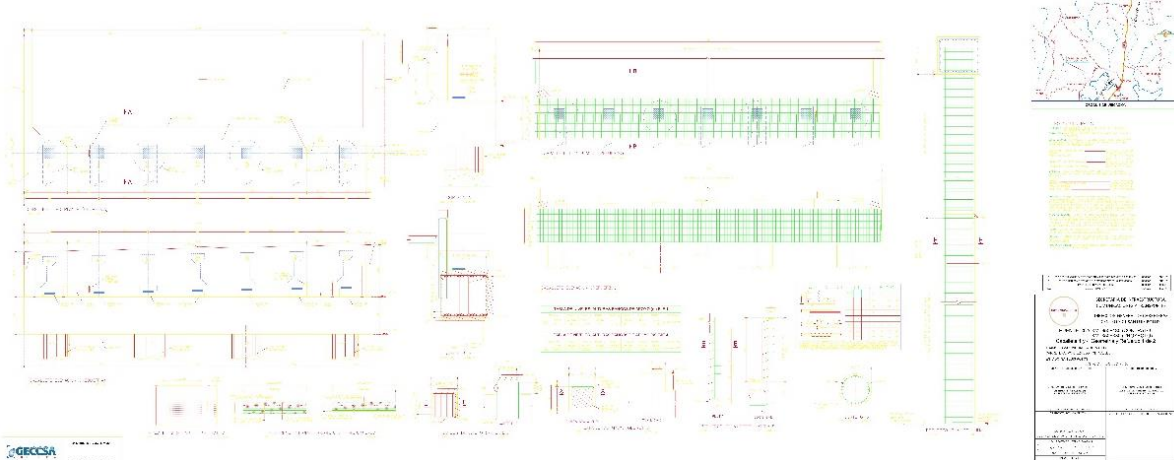


**Figura 23. Plano de revestimiento gen. no. 2(Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

## 2. Planos de caballetes

En el plano de la **Figura 25** especifican en planta y perfil los componentes de los caballetes en las secciones de la estructura, desglosando su geometría,

niveles, refuerzos a nivel de planta y particulares con los elementos de varillas correspondiente además de otros elementos entregados por el topógrafo como lo son las alturas de los bancos de apoyo para referencia en el eje 1 y el eje 4.



**Figura 25. Plano de caballetes no.1(Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

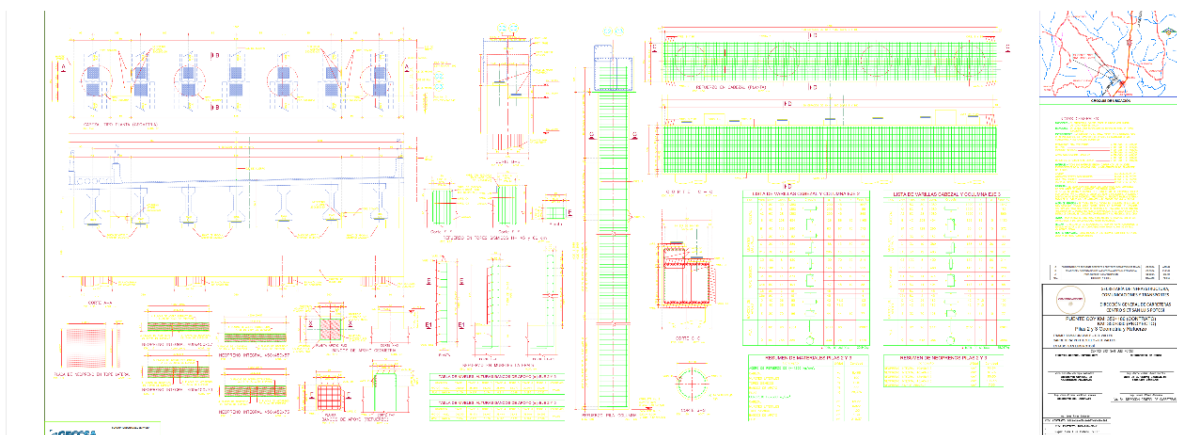
En la **Figura 26** únicamente se indican los detalles de los refuerzos de los caballetes respecto a las losas y el resumen de los materiales correspondientes.



**Figura 26. Plano de caballetes no.2(Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

### 3. Plano de pilas

En la **Figura 27** aclaran los detalles geométricos y de refuerzo armado de las pilas 2 y 3 así como el detalle de cabezales, muretes laterales, topes sísmicos y bancos de apoyo. Se repite la colocación de los materiales correspondientes al elemento, cuyo volumen en el caso de las pilas es de 210.37 m<sup>3</sup> de concreto, además de el tipo, cantidad y dimensiones de los neoprenos simple e integral y el listado de varillas para cabezales y columnas en los ejes 2 y 3.

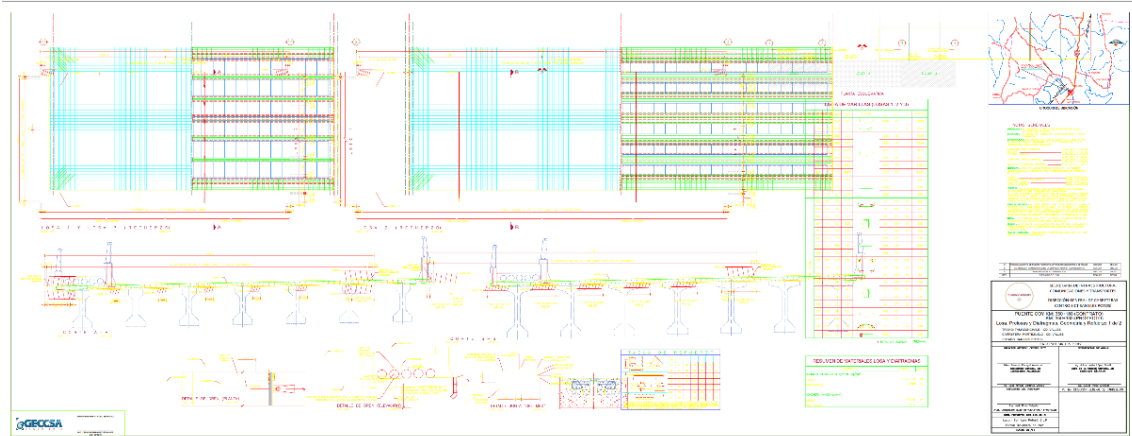


**Figura 27. Plano de pilas. (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

### 4. Planos de losas

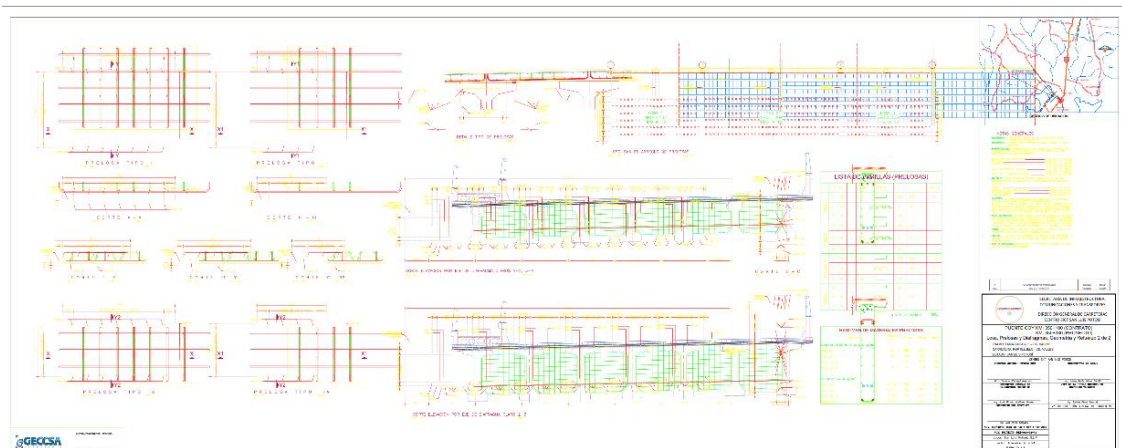
Se elaboraron un total de dos planos correspondientes a la losa del puente. En el primer plano (**Figura 28**), se presentan los refuerzos estructurales de las tres secciones de losa, incluyendo el detalle de ubicación y dimensiones de los drenes en planta, así como sus elevaciones correspondientes.

Además, se incorpora un listado detallado de las varillas utilizadas para los refuerzos, especificando su tipo, diámetro, longitud y cantidad.



**Figura 28. Plano de losas no. 1 (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

En el segundo plano (**Figura 29**), se ilustra el procedimiento constructivo para las prelosas, incluyendo el esquema de disposición de las mismas. Asimismo, se muestra el arreglo y listado de varillas para los tipos de refuerzo I, IA, II y III. Este plano también incluye los cortes de elevación por eje de diagrama en los claros correspondientes a los tramos 1-2, 2-3 y 3-4, lo que permite visualizar la disposición estructural en sección longitudinal.



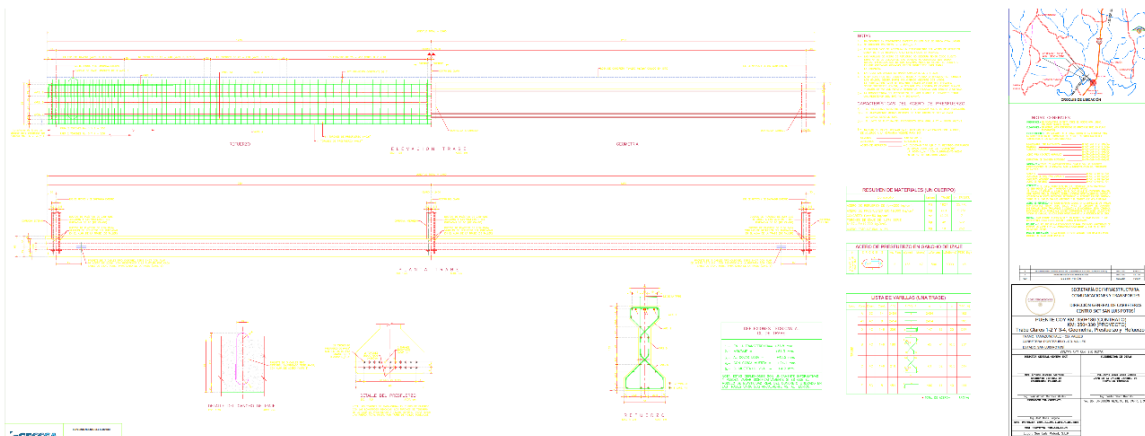
**Figura 29. Plano losas no. 2. (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

Ambos planos contienen un resumen general de los materiales a emplear, facilitando así la planificación y ejecución de la obra.

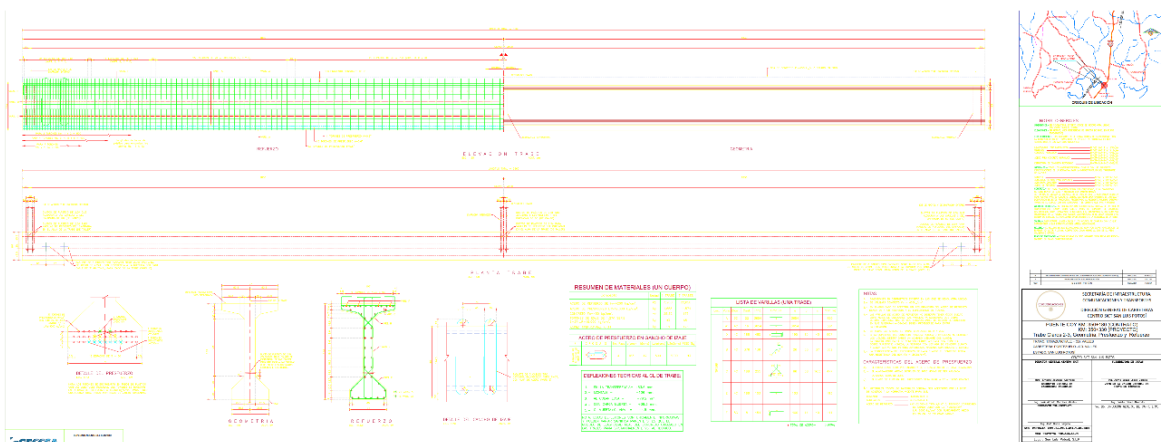
## 5. Planos de traves

Los planos de la **Figura 30** y **Figura 31** incluye la planta y elevación de la trabe, así como los detalles constructivos del presfuerzo, el gancho de izaje y la disposición del acero de refuerzo. Además, se muestran las deflexiones teóricas esperadas en distintas etapas constructivas y de carga (montaje, colado de losa, carga muerta, carga viva, etc.).

Se proporciona un listado completo de varillas, donde se especifican tipo, diámetro, cantidad, longitud y peso por elemento. Asimismo, se presenta un resumen de materiales para un cuerpo de trabe y para el total de siete trabes, incluyendo el volumen de concreto, acero de refuerzo, acero de presfuerzo, torones de izaje y acero estructural A-36.



**Figura 30. Plano de trabes no. 1(Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

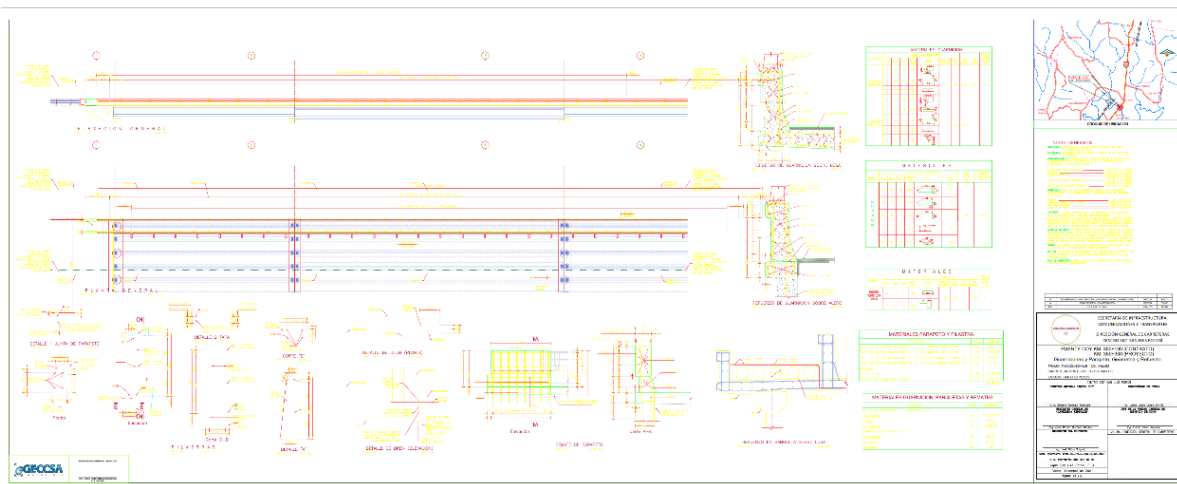


**Figura 31. Plano de trabes no. 2. (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

El plano también incorpora una sección de notas generales y especificaciones técnicas, que detallan las normas de calidad para los materiales y procesos constructivos, tales como el uso de concreto con una resistencia mínima de 450 kg/cm<sup>2</sup>, las condiciones para la transferencia del presfuerzo, el recubrimiento del acero, y el procedimiento para el acabado superficial del concreto. Estas especificaciones se alinean con la normativa vigente de la SCT y están referenciadas con claves de norma correspondientes.

## 6. Plano de parapeto

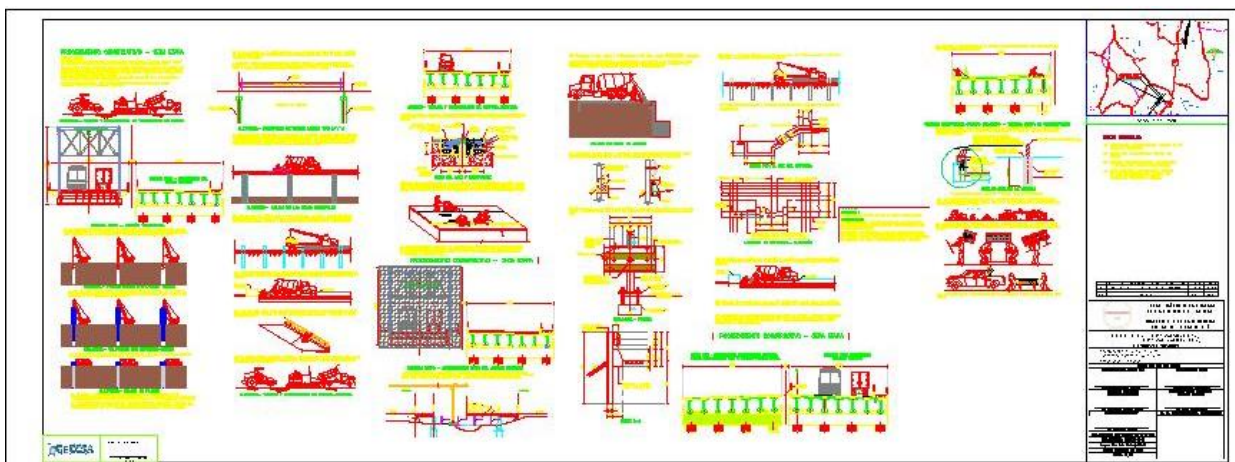
En términos generales un parapeto es una construcción de tipo muro hecho para protegerse y prever de un riesgo de caídas. Debido a las condiciones de la zona y a que el puente, como es obvio, esta construido sobre un puente de agua, la ejecución se vuelve necesaria. En la **Figura 32**, podemos visualizar el conjunto de elementos necesarios para la construcción de los parapetos, siendo estos las banquetas, guarniciones, remates, pilastras, etc. Junto a los materiales necesario y los reforzamientos de acero en guarnición sobre losa, sobre alero, en banqueta y los detalles de drenes.



**Figura 32. Plano de parapeto. (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

## 7. Plano de procedimiento

Por último, se estableció el dibujo del procedimiento de los trabajos desde la etapa inicial (1era etapa) en la que se colocan los señalamientos necesarios por norma, se hace el tendido y compactación de terraplenes, la elaboración del primer cuerpo de la carretera, que en este caso es el derecho para su primer uso, perforaciones y colocación de refuerzos para pilotes, colocación de losas y tendido de carpeta, para la 2da etapa se concluye la realización del cuerpo derecho de la vía y se hace el colado de losas y la colocación de obras de drenaje como lavaderos. Para la 3er y última etapa se realizan los trabajos de construcción para el cuerpo izquierdo siguiendo el procedimiento de la 1er y 2da etapa. Finalmente se retira todo el señalamiento colocado y se hace la limpieza para la apertura del trabajo. (**Figura 33**)



**Figura 33. Plano de procedimiento. (Elaboración de equipo topográfico y estructural)**

### 4.3.3 Ejecución del proceso y resultados finales

La ejecución del proceso de los trabajos referentes a la obra, una vez con todos los planos, se llevaron a cabo de manera rigurosa siguiendo la calendarización planeada desde el momento en que se permitió el inicio de los mismos.

Una parte de estos se realizaron antes de el retiro del puente COY y constituyo en el armado y construcción de uno de los cuerpos de acuerdo a los planos

proyectados y avalados por el cuerpo especialista constituido por estructuristas, topógrafos, civiles, arquitectos y equipo encargado de la revisión de la normatividad.

La creación del primer cuerpo de la carretera se llevo a cabo desde finales del año 2023 y consistió en, como se mencionó, la elaboración de la modernización del cuerpo del lado izquierdo, junto al desmonte del puente COY, para que la carretera pudiera seguir funcionando de forma usual con los cuidados requeridos para los usuarios. (**Figura 34**).



**Figura 34. Ejecución de la primera y segunda etapa. (De: Reporte fotográfico)**

El papel del ingeniero topógrafo en este primer paso de la ejecución fue de suma importancia para el control geométrico de la carretera de acuerdo a los alineamientos normativos que se siguieron de la SCT para hacer cumplir y asegurar en mayor medida de lo posible la precisión de los trabajos. Dentro de estos trabajos se destaca la ejecución de los procesos planialtimétricos de control durante el desmonte de la estructura del puente, identificando puntos críticos y de colocación seguros a un costado de la carretera para su posterior traslado, como se ve en la **Figura 34**. Además, en la fase de cimentación profunda, su trabajo fue esencial durante la localización precisa de los puntos de perforación para los pilotes, asegurando el espaciamiento, orientación y profundidad correcta conforme al diseño estructural y de los trabajos relacionados a la verificación de las

cotas de nivel y espesores por capa, como, por ejemplo, de la carpeta asfáltica de acuerdo al plano de procedimiento general y a las especificaciones normativas ajustadas a la carretera federal no.85.

Para la segunda etapa que conforma el proceso constructivo, el trabajo del cuerpo de topografía se centro en la correcta colocación de los elementos de acero de acuerdo a los planes para la finalización del cuerpo derecho, sumado a los trabajos de ubicación y niveles de las obras de drenaje como el lavadero de concreto y nuevamente el proceso de los elementos de la derecha como el terminado de tendido de carpeta, guarniciones y parapetos correspondientes.

El tercer paso o etapa consistió en la elaboración del cuerpo izquierdo, por lo que nuevamente el trabajo de la cuadrilla topográfica se centró el apoyar con cotas, ubicaciones y registros de nivel para las perforaciones de pilotes, el control geométrico y de tendido de carpeta de esta parte del cuerpo carretero y la correcta elaboración de los elementos según las secciones transversales de construcción. Por ejemplo, en el proceso de anclaje de varillas, el ingeniero topógrafo tuvo una participación determinante para asegurar la correcta localización y disposición geométrica de los elementos de refuerzo estructural. Su labor consistió principalmente en el trazado y replanteo milimétrico de los puntos donde debían perforarse las superficies de contacto, ya sea en concreto o roca, para el alojamiento de las varillas de anclaje. Esta precisión fue clave para garantizar el empotramiento adecuado de los refuerzos en correspondencia con los planos estructurales y las especificaciones técnicas del proyecto.

Finalmente, cuando todos los trabajos de acuerdo al cronograma y a los planos fueron ejecutados, la modernización del tramo carretero que poseía al puente COY termino, dando como resultado los dos cuerpos modernizados de la carretera federal no.85 en su cadenamiento del km 350+260 al km 350+400 **Figura 35** aproximadamente, asegurando el tiempo de vida de esta carretera, el aprovechamiento económico de las regiones aledañas y la seguridad de los usuarios que la transitan.



**Figura 35. Finalización de trabajos. (De: Reporte fotográfico)**

## CONCLUSIÓN

Durante años, la ingeniería topográfica ha sido parte fundamental de la construcción de los sistemas de vías de comunicación en todas las regiones del mundo, sin embargo, ha sido un área que con el tiempo ha sido menospreciada, en especial en países de Latinoamérica y habla hispana y que ha comenzado a ganar fuerza por el reconocimiento en la labor de análisis y ejecución de trabajos en el área de construcción, específicamente.

Como vimos a lo largo de este trabajo, en un caso de aplicación como lo es la modernización de una carretera y el desmonte de una estructura como un puente, el papel del ingeniero no se queda solo en el trabajo de campo para la entrega de un plano general, si no que consiste en una serie de pasos a seguir que implica tiempo, una atención rigurosa para asegurar la precisión y la intervención de otras áreas para conformar un equipo que logre mantener el equilibrio y evite pérdidas monetarias que se traduzcan posteriormente en problemas sociales, de seguridad y de impactos mayores en las regiones a trabajar. Además de, por supuesto, la generación de un análisis confiable que recorre la obra desde procesos preliminares como lo es el análisis del terreno hasta su finalización en el proceso de tendidos de carpeta y de control de niveles y aspectos geométricos, integrando una serie de equipos tecnológicos, herramientas y conocimiento fundamental.

El caso de la carretera México-Nuevo Laredo, es un caso especial al ser objeto de estudio no solo la vía por su impacto socio-económico, si no también por la posibilidad que existió para dejar una estructura arquitectónica de décadas atrás y que, de alguna forma, fue parte del sistema de “atractivo” de este tramo por su inmensidad y diseño. Sin embargo, si en algo se puede estar de acuerdo, es que la ingeniería no solo toma en cuenta la estética de un trabajo si no también su funcionalidad. Es precisamente en esa valoración integral donde la topografía aporta con mayor fuerza, permitiendo decisiones informadas y sustentadas.

Este trabajo no solo demuestra la relevancia de la ingeniería topográfica en los procesos de modernización de infraestructura, sino que reivindica el papel central del ingeniero topógrafo como un profesional clave en cada etapa de una obra civil

compleja. El ingeniero topógrafo funge como un vínculo entre la teoría del diseño y la realidad del terreno, interpretando con claridad las condiciones físicas del entorno y convirtiendo esa información en decisiones técnicas que orientan las acciones del resto del equipo de trabajo. Por ello, es necesario reconocer que la ingeniería topográfica no es una disciplina auxiliar, sino un pilar fundamental dentro del proceso constructivo. Relegar su importancia puede llevar a errores graves, mientras que valorarla e integrarla plenamente permite garantizar el éxito de proyectos de alto impacto como lo es la transformación de una vía tan significativa como la carretera México–Nuevo Laredo. El ingeniero topógrafo es un actor indispensable en el desarrollo de infraestructura moderna, segura y sustentable, y su labor debe ser reconocida, fortalecida y respetada dentro del campo de la ingeniería civil.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute. (2015). *ACI 318S-14*. ACI 318S-14.
- ASSTHO. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. En ASSTHO, *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Washington,DC: ASSTHO.
- Barragán, M. (18 de Octubre de 2023). *El pulso SLP*. Obtenido de El pulso SLP: <https://pulsoslp.com.mx/estado/remueve-sct-el-puente-coy/1728577>
- CFE. (2015). *MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES*. MÉXICO: CFE.
- ENTERPRISE, D. (2020). *DJI ENTERPRISE*. Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre topografía con drones: <https://enterprise-insights.dji.com/es/blog/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-topografia-con-drones>
- INEGI. (2004). Red nacional de caminos. *RNC*. INEGI.
- INEGI. (2020). *MÉXICO EN CIFRAS*. Obtenido de <https://inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=24>
- LÓPEZ, P. A. (2010). *TOPOGRAFÍA*. Medellín, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- MAQ, G. (2025). *GRUPO MAQ*. Obtenido de GRUPO MAQ: <https://www.grupomaq.es/que-es-arriostamiento/>
- Precast Concrete Institute. (2025). *PCI*. Obtenido de PCI: <https://www.pci.org/>
- SCT. (2017). *PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS MEDIANTE EL ESQUEMA*. MONTERREY.
- SEMARNAT. (2019). *MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL*. Obtenido de MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL:

<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/slp/estudios/2020/24SL2020V0001.pdf>

- Tenorio, V. M. (2004). *Topografía moderna con estación total*. México.