



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN GEOMÁTICA

## T E S I S

LA IMPORTANCIA DE LA  
TOPOGRAFÍA  
EN LA CONSTRUCCIÓN  
DE PUENTES VEHICULARES

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO  
EN GEOMÁTICA**

PRESENTA:

**BAYARDO ELIESSER GARCÍA GARCÍA**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. JOSÉ FERMÍN MOLINA MOLINA**

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.

ENERO DE 2019.

## Agradecimientos

A Dios, por tu bondad y amor; en permitirme luchar día a día y alcanzar este logro en mi vida que es resultado de tu ayuda, cuando caigo, me pones a prueba, aprendo de mis errores y así mejorar como ser humano, y crezca de diversas maneras siempre para bien.

Este trabajo de tesis es una gran bendición en todo sentido y te agradezco padre, de rodillas y te digo que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

Todo momento vivido durante estos años, son simplemente únicos, cada amanecer es una oportunidad nueva de empezar, sin importar los errores y faltas cometidas durante el día anterior. Gracias Dios Padre.

Josué 1:9

¿No te he mandado que seas valiente y firme?

No tengas miedo ni te acobardes, porque Yahvé tu Dios  
estará contigo en donde quiera que vayas.

A mi madre, por el gran amor y devoción que día a día me enseña, el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me ha dado y nunca se ha dado por vencida, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida. No hay palabras en este mundo para agradecerte todo lo que has hecho por mí, en las buenas y en las malas, siempre has estado ahí, Gracias Mamá.

A mi padre, por el valor y coraje que me da para levantarme de cualquier adversidad, por las pocas enseñanzas que me diste y fueron suficientes para llegar hasta aquí, desde donde quiera que estés, espero te sientas orgulloso, Sr. Bayardo de Jesús García Coello, Q.E.P.D. Gracias Papá.

A todos aquellos que contribuyeron en mi formación académica y profesional, a mis profesores que compartieron conmigo sus conocimientos a lo largo de mi educación universitaria. A mi primo José Antonio por preocuparse en el desarrollo de este trabajo hasta su culminación. A ella, pues siendo un ingrediente muy importante para alcanzar y lograr esta dichosa meta y terminar con éxito mi tesis, ser agradecido y grato con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y quiso lo mejor para mí porvenir te agradezco la ayuda y la motivación de estar siempre presionándome, siempre insistiendo para concluir mi trabajo, Gracias Eliana.

# Í N D I C E

Pág.

## UNIDAD 1 Fundamentación

1.1. Introducción . . . . .	2
1.2. Planteamiento del Problema . . . . .	4
1.3. Objetivos . . . . .	6
1.3.1 Objetivo General . . . . .	6
1.3.2 Objetivos Específicos . . . . .	6
1.4. Justificación . . . . .	7
1.5. Antecedentes . . . . .	8
1.6. Marco Teórico . . . . .	16
1.6.1 Topografía . . . . .	16
1.6.2 Puente . . . . .	18
1.6.3 Levantamiento . . . . .	25
1.6.4 Nivelación . . . . .	27
1.6.5 Curvas de Nivel . . . . .	29
1.6.6 Recorrido . . . . .	35
1.6.7 Analizar Proyecto . . . . .	35
1.6.8 Eje de trazo . . . . .	36
1.6.9 Replanteo . . . . .	36

## UNIDAD 2 Estudio Topográfico

2.1. Localización . . . . .	42
2.2. Ubicación de Ejes. . . . .	43
2.3. Producto de los Datos de Campo. . . . .	45
2.3.1 Planta General . . . . .	45
2.3.2 Planta detallada. . . . .	46
2.3.3 Perfil de Construcción. . . . .	47
2.3.4 Perfil Detallado. . . . .	48
2.3.5 Planos de Pendientes y Secciones Hidráulicas. . . . .	48
2.3.6 Planos de Secciones Transversales al Eje de Trazo . . . . .	50
2.3.7 Croquis de Localización. . . . .	50
2.4. Recursos Humanos. . . . .	50
2.5. Recursos Materiales. . . . .	51

## UNIDAD 3 Proyecto Definitivo

3.1. Criterios para Trazo de Eje Definitivo. . . . .	53
3.2. Trazo de Eje y Replanteo de Estribos. . . . .	54
3.3. Trazo de Accesos. . . . .	58

## UNIDAD 4 Control Topográfico de Obra Civil en la Construcción de Puentes

4.1 Puente Teopisca . . . . .	61
4.1.1 Control de Excavación . . . . .	61
4.1.2 Dentellón . . . . .	64
4.1.3 Estribos y Aleros . . . . .	66
4.1.4 Trazo y Nivelación de Ejes . . . . .	69
4.1.5 Sub-Corona . . . . .	69
4.1.6 Corona y Muro de Respaldo . . . . .	70
4.1.7 Bancos y Topes Sísmicos . . . . .	73
4.1.8 Neoprenos . . . . .	75
4.1.8.1 Historia . . . . .	75
4.1.8.2 Las Funciones de los Neoprenos . . . . .	77
4.1.9 Superestructura . . . . .	79
4.1.10 Trazo de Ejes para Colocación de Vigas Metálicas . . . . .	81
4.1.11 Replanteo de Eje para Tablero o Losa . . . . .	82
4.2 Puente San Cristóbal de las Casas . . . . .	83
4.2.1 Características Generales . . . . .	84
4.2.2 Monitoreo Topográfico Teórico . . . . .	86
4.2.3 Monitoreo Topográfico de Campo . . . . .	89

4.3 Puente Chiapas. . . . .	90
4.3.1 Localización. . . . .	90
4.3.2 Descripción General. . . . .	91
4.3.3 Razones Técnicas del Diseño. . . . .	92
4.3.4 Proceso Constructivo. . . . .	93
4.3.4.1 Botado de los Jackets. . . . .	93
4.3.4.2 Transporte de los Jackets. . . . .	94
4.3.4.3 Superestructura: Patio de Fabricación. . . . .	95
4.3.4.4 Proceso de Empujado. . . . .	96
4.3.4.5 Proceso Topográfico. . . . .	97
 <b>UNIDAD 5</b> Conclusión y Líneas de Recomendaciones de la Topografía en la Construcción de Puentes Vehiculares	
5.1 Conclusión. . . . .	100
5.2 Recomendaciones. . . . .	101
Fuentes Consultadas. . . . .	102

**Anexos:**

- I.- Plano de Planta Topográfica General
- II.- Plano de Planta Topográfica Detallada
- III.- Plano Perfil de Construcción
- IV.- Plano de Perfil Detallado
- V.- Plano de Pendientes y Secciones Hidráulicas
- VI.- Plano de Secciones Transversales

CD

# **UNIDAD 1**

## **FUNDAMENTACIÓN**

## 1.1. Introducción

En la actualidad nos hemos dado cuenta que la topografía es subestimada en cualquier ámbito de la construcción, sin saber la importancia de esta, en cada una de las necesidades multidisciplinarias que hoy en día se presenta, sin embargo, es en sí, la radiografía de una obra.

La topografía ha sido una ciencia con principios y métodos indispensables para la ejecución de obras civiles de cualquier tipo, en este caso, la construcción de un puente vehicular, siendo la topografía una necesidad antes, durante y después en la construcción de la obra.

Es así que el lugar que ocupa la topografía es un papel importantísimo en la construcción de un puente vehicular, ya que es la encargada de recopilar información necesaria para el estudio y funcionalidad, para posteriormente ejecutar la construcción del mismo.

Así, que como ingenieros topógrafos e ingenieros geomáticos debemos de tener los conocimientos suficientes, tanto en la teoría como en la práctica para realizar un buen trabajo con precisión, responsabilidad, rapidez y sencillez.

Encontraremos en este documento criterios mínimos adquiridos en la experiencia laboral durante cierto período de tiempo, haciendo siempre referencia a la importancia de la topografía en la construcción de un puente vehicular ya sea por accidente geográfico, un camino, vía férrea o río. Recomendaciones para levantamientos topo-hidráulicos, incluyendo trabajos de recorrido para la ubicación del puente, levantamientos a detalle y levantamientos para la obtención de curvas de nivel para posteriormente tener secciones de cauce, accesos de entrada, salida y lo principal, del puente vehicular.

Se anexaran los trabajos en campo, como son planos, de planta topográfica general, planta topográfica detallada, perfil de construcción, perfil detallado, plano de secciones hidráulicas y secciones transversales; todos estos planos son productos que se obtienen de los levantamientos antes de la construcción y proyección del puente vehicular, que forman parte del proyecto.

Mostraremos también la importancia del ingeniero topógrafo en el proceso constructivo del puente vehicular; desde el momento en que el ingeniero topógrafo recibe el producto obtenido de su levantamiento preliminar, después llamado “proyecto” el cual incluye, generadores de



obra, presupuesto, planos de planta, perfil y secciones, en el que fue calculado, proyectado y ubicado el puente vehicular para su construcción y funcionalidad.

Trataremos también de explicar en base a la experiencia obtenida, el replanteo del puente vehicular para los trabajos de construcción y control de la obra desde la excavación hasta el trazo definitivo del montaje para vigas en este caso.

## 1.2. Planteamiento del Problema

Actualmente el desarrollo de la tecnología ha abierto nuevas áreas de investigación en el campo de la topografía, las cuales podrían dar respuesta a problemas que inicialmente no fueron considerados. Ejemplo de estas investigaciones son las nuevas generaciones de instrumentos de medición, siendo uno de ellos la Estación Total, que realiza un trabajo de campo con mayor eficiencia, precisión y facilidad en los levantamientos, así mismo en los trabajos de gabinete se cuenta con herramientas de software de diseño asistido por computadora (AutoCAD y CivilCAD), que permiten el cálculo y la edición de planos topográficos aumentando la eficiencia, precisión y rapidez en los resultados.

Desde tiempos antiguos hasta la actualidad, dentro de la topografía, la construcción de obras civiles, así como los estudios referentes a levantamientos topográficos han sido un área muy importante al momento de estudio para la recopilación y obtención de la información de campo, para realizar los estudios preliminares correspondientes para la elaboración de un proyecto en este caso, de puente vehicular.

La importancia de la topografía en el momento de un levantamiento, presenta una infinidad de situaciones, influyendo distintos factores como son el tipo de equipo topográfico, ubicación de la obra, si es construcción o reconstrucción del puente, clima, estación del año, los accesos para llegar a la obra; por mencionar algunas.

Al momento de realizar dichos trabajos topográficos, las distintas áreas multidisciplinarias desconocen los beneficios y la importancia de la topografía que pueden brindar dichos avances tecnológicos en la actualidad, en cuanto a las propuestas de obtención, recopilación, manejo, proyección y precisión de la información de campo, para la correcta construcción y funcionalidad del puente vehicular.

La problemática presentada, es que muchas veces la topografía no es considerada importante en las obras civiles, en este caso en la construcción de un puente vehicular, dando así un lugar ante las demás ingenierías de la construcción muy por debajo, por lo tanto daremos a conocer la importancia de la topografía en los trabajos para la construcción de un puente vehicular en tres etapas, antes, durante y después de la construcción del puente.

La definición de puente para Rodríguez, A. (2014) “Es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía.”p.4; fue esencial la reconstrucción del puente vehicular en esta zona de la localidad de Nuevo León Municipio de Teopisca Chiapas, existía un puente vehicular el cual fue golpeado por la creciente del río en temporadas altas de lluvia, y a consecuencia de que el puente fue destruido por este desastre natural, se construyó un paso provisional, una obra a base de tubos de concreto y muros de mampostería para contención del relleno.

Si el puente actual no se hubiera reconstruido, la conexión de dicha vía entre la cabecera municipal y la localidad se hubiera visto muy afectada en todos los aspectos al depender de una obra provisional que con el más mínimo aumento en la creciente del río hubiese sido destruido, la afectación sería totalmente en el comercio para sus cosechas que es su principal fuente de ingresos, así también en el servicio de centros de salud, escuelas, centros de trabajo, transporte público, centros turísticos, etc.; y la conexión a las cabeceras municipales de Teopisca, San Cristóbal de las Casas y con Venustiano Carranza principalmente.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Demostrar la importancia que la topografía tiene en los trabajos de construcción para puentes vehiculares.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

1.3.2.1 Identificar los conocimientos que la topografía nos ofrece para que el ingeniero topógrafo lleve a cabo la ejecución de la obra.

1.3.2.2 Analizar los criterios técnicos y metodológicos de los estudios topográficos, del proyecto definitivo y del control topográfico en la construcción de puentes vehiculares.

1.3.2.3 Argumentar que la importancia de la topografía es indispensable antes, durante y después de la construcción de la obra.

1.3.2.4 Mostrar que el producto que se obtiene en base a los conocimientos y la importancia de la topografía tiene como resultado la correcta proyección, construcción y funcionalidad de dicha obra.

#### 1.4. Justificación

El propósito de esta información es dar a conocer la importancia que la topografía tiene en las obras civiles para llevar a cabo su construcción, basado en la experiencia profesional que se ha obtenido con los trabajos realizados en estos 8 años, como ingeniero topógrafo en la construcción de puentes vehiculares.

Así mismo hacer de esta experiencia profesional un documento de consulta o guía en las manos de estudiantes de la carrera de ingeniería topográfica, por la naturaleza del trabajo, con la finalidad de ver, la importancia del ingeniero topógrafo que es necesaria hoy en día, y así prepararnos de manera eficiente, para contar con los conocimientos tanto teóricos como prácticos para el buen desempeño de nuestras labores, cuando sean egresados y deban prestar sus servicios como ingenieros. Esto implica que la experiencia obtenida en campo más los conocimientos obtenidos en la universidad, son factores primordiales que darán forma a un profesional, que brindará a la sociedad las necesidades que esta requiera.

Fue entonces que basado en la experiencia profesional se formuló el tema de este trabajo, viendo la poca importancia que se le da a la topografía en el área de la construcción de puentes vehiculares, demostrando que la topografía es el estudio principal al inicio de una obra, forma parte esencial del proceso constructivo y al final nos muestra la ubicación de las partes de la obra, mostrándonos con esto la importancia de la topografía en la construcción de puentes vehiculares, antes, durante y después. El beneficio social de este trabajo es que las personas perciban los criterios técnicos y metodológicos que se necesitan para construir un puente vehicular, en la parte económica en la forma en cómo se realiza el proceso o las prácticas que se utilizan para construir un puente, nos muestra el consumo de recursos materiales, que en gran medida dependen de la persona que ejecuta la topografía para llevar a cabo los trabajos, el beneficio político que se obtendría de este trabajo sería una vista global de todas las prevenciones que se pueden tomar en recursos económicos, personal, tiempo, forma y condiciones climáticas para llevar a cabo una obra de esta importancia para la sociedad beneficiada.

## 1.5. Antecedentes

### **Imagen 1.5-1 Puente George Washington: New York, USA, construido en 1931.**



Fuente: Diseño de puentes AASHTO

A través de la historia los puentes han ido evolucionando de una manera sorprendente, comenzando desde pequeñas troncas, hasta las maravillosas estructuras y diseños que ahora podemos observar y hasta incluso imaginar.

El arte de construir puentes tiene su origen en la misma prehistoria (ver imagen 1.5-2 y 1.5-3). Puede decirse que nace cuando un buen día se le ocurrió al hombre prehistórico derribar un árbol en forma que, al caer, enlazara las dos riberas de una corriente sobre la que deseaba establecer un vado. La genial ocurrencia le eximía de esperar a que la caída casual de un árbol le proporcionara un puente fortuito. También utilizó el hombre primitivo losas de piedra para salvar las corrientes de pequeña anchura cuando no había árboles a mano. En cuanto a la ciencia de erigir puentes, no se remonta más allá de unos siglos y nace precisamente al establecerse los principios que permitían conformar cada componente a las fatigas a que le sometieran las cargas. (*Diseño de Puentes AASHTO (s.f.)*).

El arte de construir puentes no experimentó cambios sustanciales durante más de 2000 años. La piedra y la madera eran utilizadas en tiempos napoleónicos de manera similar a como lo fueron en época de julio Cesar e incluso mucho tiempo antes. Hasta finales del siglo XVIII no se pudo obtener hierro colado y forjado a precios que hicieran de él un material estructural

asequible y hubo que esperar casi otro siglo a que pudiera emplearse el acero en condiciones económicas.

### **Imagen 1.5-2 El primer tipo de puente**



Fuente: Diseño de Puentes AASTHO

### **Imagen 1.5-3 El primer tipo de puente colgante**



Fuente: Diseño de Puentes AASTHO

Al igual que ocurre en la mayoría de los casos, la construcción de puentes ha evolucionado paralelamente a la necesidad que de ellos se sentía. Recibió su primer gran impulso en los tiempos en que Roma dominaba la mayor parte del mundo conocido. A medida que sus legiones conquistaban nuevos países, iban levantando en su camino puentes de madera más o menos permanentes; cuando construyeron sus calzadas pavimentadas, alzaron puentes de piedra labrada.

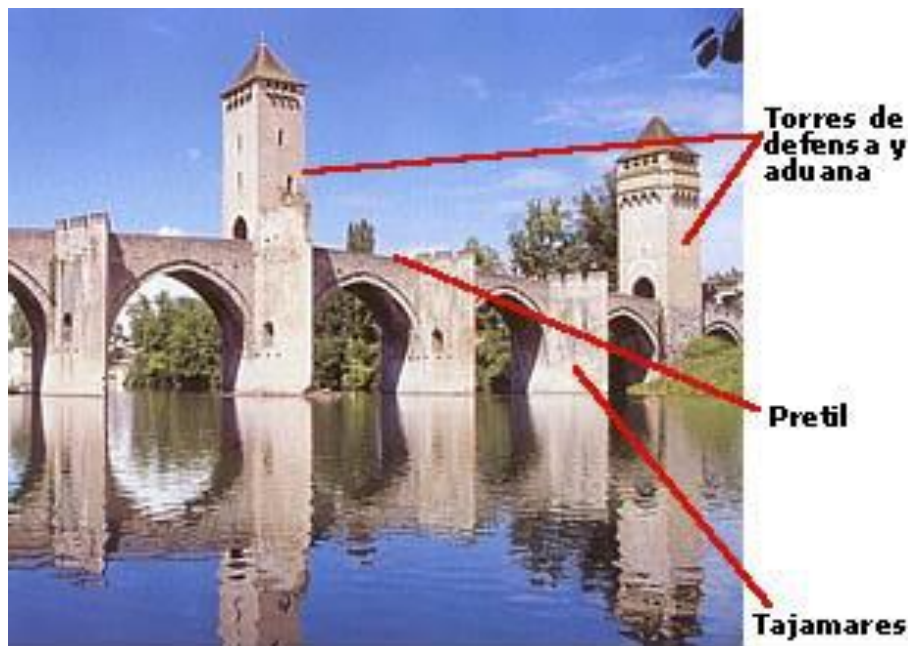
A la caída del Imperio Romano, sufrió el arte un gran retroceso, que duró más de seis siglos. Si los romanos tendieron puentes para salvar obstáculos a su expansión, el hombre medieval vio en los ríos una defensa natural contra las invasiones. El puente era, por tanto, un punto débil en el sistema defensivo en la época feudal. Por tal motivo muchos puentes fueron desmantelados y los pocos construidos estaban defendidos por fortificaciones (Ver imagen 1.5-

4). A fines de la baja Edad Media renació la actividad constructiva, principalmente merced a la labor de los Hermanos del Puesto, rama benedictina. El progreso continuó ininterrumpidamente hasta comienzos del siglo XIX.

La locomotora de vapor inició una nueva era al demostrar su superioridad sobre los animales de tiro. La rápida expansión de las redes ferroviarias obligó a un ritmo paralelo en la construcción de puentes sólidos y resistentes. Por último, el automóvil creó una demanda de puentes jamás conocida. Los impuestos sobre la gasolina y los derechos de portazgo suministraron los medios económicos necesarios para su financiación y en sólo unas décadas se construyeron más obras notables de esta clase que en cualquier siglo anterior. El gran número de accidentes ocasionados por los cruces y pasos a nivel estimuló la creación de diferencias de nivel, que tanto en los pasos elevados como en los inferiores requerían el empleo de puentes. En una autopista moderna todos los cruces de carreteras y pasos a nivel son salvados por este procedimiento. (*Diseño de Puentes AASTHO (s.f.)*).

La mayor parte de estos primeros puentes construidos no podían soportar pesos pesados o fuertes corrientes de agua. Fueron estas deficiencias que llevaron al desarrollo y a la evolución progresiva de la construcción de cada vez mejores puentes.

**Imagen 1.5-4 Puente Fortificado**



Fuente: Diseño de Puentes AASTHO



El puente de piedra más antiguo de China es el puente de Zhaozhou, construido 595-605 D.C. durante la dinastía Sui. Este puente también es de importancia histórica, ya que es el más antiguo puente de arco de piedra segmentaria del mundo.

**Imagen 1.5-5 Puente de piedra ZhaoZhou, China. Construido 595-605 D.C.**



Fuente: Historia de los Puentes (s.f.)

El primer libro sobre la ingeniería de puentes fue escrito por Hubert Gautier en 1716. Con la revolución industrial en el siglo 19, los sistemas de celosía de hierro forjado fueron desarrollados para construir puentes más grandes, pero el hierro no tenía la resistencia necesaria para soportar grandes cargas. Con el advenimiento de acero, que tiene una resistencia mayor, fueron construidos puentes mucho más grandes, muchos usando las ideas de Gustave Eiffel.

Los puentes estrechos necesitan para funcionar, un dispositivo arquitectónico que surgió en la historia relativamente tarde: el arco romano. A partir de aquí se podría decir oficialmente que comienza la historia de los puentes. Los puentes romanos surgieron a partir de la 1 a 2 centurias de nuestra Era. (*Historia de los Puentes* (s.f)).

Los puentes son parte de los logros arquitectónicos romanos así como los acueductos. Algunos de los puentes más impresionantes son más de barrancos. Un claro ejemplo es el Puente de Trajano del 105 que se extiende por el río Tajo en España, en Alcántara. Sus dos

arcos centrales gigantescos de 110 pies por 210 pies por arriba del nivel del río, están hechos de granito no cementado.

Cada bloque en forma de cuña pesa 8 toneladas. Durante la construcción, estos bloques se pusieron en su lugar gracias a un sistema de poleas, impulsado quizás por el trabajo esclavo con una cinta rodante. Estaban soportados en una enorme estructura de madera colocada sobre las rocas del río, que sería eliminada cuando el arco estuviese acabado.

La construcción de tales puentes se hace posible por la perfección romana con el cemento y el hormigón, y por su invención de la ataguía. La mayor contribución de la Edad Media en la historia de puentes es la idea atractiva de casas con puentes en ellas. Este desarrollo tiene dos orígenes prácticos. En las ciudades amuralladas, donde el alojamiento estaba estrictamente limitado, cualquier base firme para un edificio es valiosa; y con molinos de agua ahora una fuente común de energía, un puente con un molino sobre ella sirve para dos propósitos útiles.

Los llamados puentes habitados se construyeron en número considerable. Francia se sabe que han tenido el mayor número, unos treinta y cinco. En el siglo 16 en París la Ile de la Cité se une a las orillas del Sena por tres de estos puentes en un lado y dos en el otro. El puente más famoso con casas es también uno de los primeros y el más duradero.

El puente de Londres se construyó entre 1176 y 1209, con la obra aparentemente confiada a Pedro, capellán de Santa María Colechurch. Su tarea es formidable. Este es el primer puente de piedra del mundo que llegó a construirse en un canal de agua de marea, con una gran subida y la caída del nivel cada doce horas. (*Historia de los Puentes* (s.f.)).

Los cimientos de piedra de la década de los arcos de medio punto se colocan dentro de las ataguías de madera, en la técnica usada por primera vez por los romanos. Los muelles y su revestimiento de protección son tan gruesos que el ancho del río se reduce en un 75%. El agua surge entre ellos, enérgicamente, con el efecto secundario útil de mantener el nivel de agua artificialmente alto aguas arriba del puente.

El antiguo puente de Londres, con sus hileras de altura y pintorescas de casas y tiendas, tiene una duración de más de seis siglos hasta que finalmente fue reemplazado en 1823. De los

puentes medievales con casas en adelante, el Ponte Vecchio de Florencia es probablemente el más conocido.

Cuando se construyó en 1345 sustituye a uno en el mismo sitio también conocido como el Ponte Vecchio, por lo que el actual puente se conoce como la primera Nuovo Ponte Vecchio. El camino recorrido que forma un piso más alto por encima de las tiendas se añadió en 1565 para permitir a los Medici caminar desde los Uffizi al Palazzo Pitti en el otro lado del río sin descender al nivel de la calle.

En 1779 el primer puente de hierro del mundo, con un solo tramo de más de 100 pies, fue erigido por Abraham Darby sobre el Severn justo aguas abajo de Coalbrookdale. Entre otros grandes puentes de acero, encontramos el Puente de San Francisco, que marcaron una época de la Revolución Industrial. (*Historia de los Puentes* (s.f.)).

Los puentes son tan antiguos como la civilización misma, desde el momento que alguien cruzó el tronco de árbol para cruzar una zanja o un río empezó su historia. A lo largo de la misma ha habido realizaciones de todas las civilizaciones, pero los Romanos fueron los grandes ingenieros históricos, no habiéndose superado su técnica realizaciones hasta los últimos dos siglos. (Rosales I. (2016)

Los puentes de Alcántara, Mérida, Córdoba o el Acueducto de Segovia son solamente algunas muestras de su arte e ingeniería que ha llegado hasta nuestros días. La aparición de nuevos materiales de construcción, principalmente el acero, dio paso a un replanteamiento de la situación.

La teoría de estructuras elaboró los modelos de cálculo para la comprobación de los diseños cada vez más atrevidos de los ingenieros, como arcos armaduras para salvar grandes claros.

El ferrocarril, como nuevo medio de transporte y como uno de los pilares fundamentales del mundo moderno, vino a acelerar todavía más el desarrollo de los puentes cada vez más grandes, de diseño más elaborado y con técnicas de construcción cada vez más desarrolladas y avanzadas.

Ya en el siglo XX el concreto armado y más tarde el concreto presforzado contribuyó todavía más al desarrollo de esta técnica, abaratando costos, facilitando técnicas, y en definitiva popularizando su construcción.

Al desarrollarse la tecnología del concreto reforzado, empezaron a construirse estructuras complejas con este material. Al principio, únicamente losas planas de 10 m de claro máximo y, posteriormente, losas sobre varias nervaduras hasta de 15 m de claro. Para claros mayores se seguía recurriendo al acero estructural. Sin embargo, pronto se observó que el concreto era un material mucho más económico que el acero, porque se fabricaba al pie de la obra con elementos locales. La Secretaria de Comunicaciones fue pionera en México en la instalación de laboratorios para el control de calidad de los materiales de la construcción y para la implantación de las normas correspondientes.

El desarrollo de esta tecnología permitió obtener concretos de mayor resistencia y de mayor confiabilidad. Lo anterior, favoreció la construcción de grandes puentes de concreto reforzado, como el arco del puente Belisario Domínguez, que vino a sustituir el puente colgante sobre el río Grijalva, en Chiapas. (Rosales, I. (2016)).

Por otra parte, la aplicación del concreto reforzado en los puentes comunes de claros pequeños y modernos, se hizo, prácticamente, general. Aunque la idea del concreto preesforzado es muy antigua, no pudo materializarse en las obras de ingeniería civil mientras no se desarrollaron los concretos y aceros de alta resistencia que, por una parte, permitían la aplicación de grandes fuerzas externas y, por la otra, reducían las pérdidas que esas fuerzas experimentaban, como consecuencia de las deformaciones diferidas.

La aplicación del concreto preesforzado a los puentes se da, por primera vez, en Europa, al término de la segunda guerra mundial y se ve impulsada en ese continente, por la necesidad de reconstruir numerosos puentes destruidos por la guerra.

En México, la aplicación de esa nueva tecnología fue relativamente temprana, El puente Zaragoza, sobre el río Santa Catarina, en la ciudad de Monterrey fue el primer puente de concreto preesforzado del continente americano, construido en 1953 bajo la dirección exclusiva de ingenieros mexicanos, que idearon un sistema original para el sistema de anclaje de

los cables de preesfuerzo y comprobaron la validez de sus cálculos con la realización de una prueba de carga sobre una viga de escala natural.

Pocos años después, en 1957, se construyó el puente sobre el río Tuxpan, en el acceso al puerto del mismo nombre, en el estado de Veracruz que constituye otra primicia de la ingeniería mexicana en el continente americano, ya que fue la primera obra de este lado del océano en que se aplicó el sistema de dovelas en doble voladizo. El puente tiene claros de 92 m, con articulaciones metálicas al centro de los claros. El concreto se preesforzó con barras de acero redondo y, durante la construcción, se tuvieron diversos problemas por la falta de experiencia en este sistema de construcción, al grado que para la primera dovela en voladizo se requirieron 45 días, en tanto que, para las últimas, el tiempo se acortó a 10 días. *(Rosales, I. (2016)).*

El incremento de la industria del preesfuerzo y la prefabricación permitió el empleo cada vez más frecuente de vigas preesforzadas y prefabricadas en los puentes. Con estos elementos se evitaban las obras falsas y se reducían los tiempos de construcción.

Al principio, este tipo de estructuras se veía limitado en su aplicación por falta de personal calificado y por dificultades para el transporte de los elementos hasta el sitio de las obras, pero esas limitaciones fueron superadas al irse desarrollando el país. Uno de los puentes más importantes en los que por primera vez se aplica en forma intensiva el uso de vigas prefabricadas preesforzadas es el que cruza el río Coatzacoalcos y que permite el paso de la carretera costera del golfo y del ferrocarril.

Durante varios años, este puente, con una longitud de, aproximadamente, 1 Km. fue el más largo de México. En lo que se refiere a los puentes de acero estructural, se tiene un avance importante cuando se empieza a aplicar la soldadura en la ejecución de juntas, como lo ocurrido a mediados de la década de los 50's que permitió la construcción de estructuras más ligeras, en el puente de Chinipas del ferrocarril Chihuahua-Pacífico, se construyeron uniones remachadas y soldadas en una armadura de tres tramos continuos de paso superior y con un sistema ingenioso de montaje.

Otro avance en estructuras de acero se tuvo al introducir en ellas un preesfuerzo exterior, que permite la optimización de la sección transversal, reduciendo el peso propio de la superestructura.

El puente de Tuxtepec está constituido por tramos libremente apoyados formados por losas de concreto reforzado sobre traveses de acero soldados, preesforzados. Especialmente sobresaliente dentro de las estructuras de acero son los puentes Fernando Espinosa y Mariano García Sela, que fueron los primeros en que se diseñó en México un sistema de piso con placa ortotrópica.

*(Rosales, I. (2016))*

Este tipo de estructuras permite una considerable reducción del peso propio, ya que la placa de la calzada, además de recibir las cargas vivas, trabaja como patín superior de las costillas, las piezas del puente y las traveses maestras. El sistema es, además, altamente eficiente y optimiza el empleo del acero. En estos puentes, las conexiones fueron remachadas en las traveses maestras construidas por segmentos en voladizo y soldados en el sistema de piso ortotrópico<sup>1</sup>.

## 1.6. Marco Teórico

### 1.6.1 La topografía

Se define (del griego: *topos*, lugar y *graphein*, describir) como la ciencia que trata de los principios y métodos empleados para determinar las posiciones relativas de los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas, y usando los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

Define la posición y las formas circunstanciales del suelo; es decir, estudia en detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se pueden representar, todos los

---

<sup>1</sup> Un piso ortotrópico, o cubierta ortotrópica, es, básicamente, una placa plana continua de acero, con atizadores soldados a su parte inferior en disposición paralela. El término ortotrópica es en realidad una abreviatura de ortogonal anisotrópica, referente a la teoría matemática que se utiliza en el análisis de la flexión de tales cubiertas. (Rivera, J., Robles, R., Muñoz, D., Vera, R., Gómez, R., Escobar, J., et. al. (2004). *Revisión de lanzado de Superestructura de un Puente Mixto en curva horizontal y de pendiente Vertical*. Recuperado el 20 de Febrero de 2018, de [http://www.smie.org.mx/SMIE\\_Articulos/co/co\\_13/te\\_04/ar\\_13.pdf](http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_13/te_04/ar_13.pdf)

accidentes que en ella existen, sean naturales o debidos a la mano del hombre. El medio usual de expresiones el dibujo.

Se encuentra directamente relacionada con la tierra; el estudio de la tierra como cuerpo en el espacio le corresponde a la astronomía, y como globo terrestre en lo que concierne a su configuración precisa y a su medida le corresponde a la geodesia; pero el hombre tiene la necesidad de algo más, de un estudio detallado de un territorio determinado de la tierra, en el cual orientara su existencia diaria. (García, F. (1994)).

Entonces es aquí donde entra la topografía; ayudando a determinar los linderos de la propiedad, con sus divisiones interiores, las viviendas, los caminos, los ríos, los ferrocarriles y puentes.

Tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero por si solo proyectar ninguna obra. Sin un buen plano no podría proyectar debidamente un edificio o trazar un fraccionamiento; sin el levantamiento de secciones transversales no le sería posible proyectar presas, puentes, canales, carreteras, ferrocarriles, etc.

El ingeniero recién graduado que ingresa a una empresa constructora o institución, generalmente los primeros trabajos que se le encomiendan es sobre topografía.

Las actividades fundamentales de la topografía son el trazo y el levantamiento. El trazo es el procedimiento operacional que tiene como finalidad el replanteo sobre el terreno de las condiciones establecidas en un plano; y el levantamiento comprende las operaciones necesarias para la obtención de datos de campo útiles para poder representar un terreno por medio de su figura semejante en un plano.

La topografía tiene una gran variedad de aplicaciones: Levantamiento de terrenos en general, para localizar y marcar linderos, medida y división de superficies y ubicación de terrenos en planos generales.

Localización, proyecto, trazo y construcción de vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc.

La topografía de minas tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

Levantamientos catastrales hechos con el propósito de localizar límites de propiedad y valorar los inmuebles para la determinación del impuesto correspondiente. (*García, F. (1994)*).

Topografía urbana es la denominación que con frecuencia se da a las operaciones que se realizan para la disposición de lotes, construcción de calles, sistemas de abastecimiento de agua potable y sistemas de drenaje.

La topografía hidrográfica estudia la configuración de océanos, lagos, ríos, etc., para propósitos de navegación, suministro de agua o construcción subacuática. (*García, F. (1994)*).

### 1.6.2 Puente

En razón del propósito de estas estructuras y las diversas formas arquitectónicas adoptadas se pueden definir como:

“obras de arte destinadas a salvar corrientes de agua, depresiones del relieve topográfico, y cruces a desnivel que garanticen una circulación fluida y continua de peatones, agua, ductos de los diferentes servicios, vehículos y otros que redunden en la calidad de vida de los pueblos.” (*Diseño de Puentes AASHTO (s.f.). P 1-4*)

Estructura con longitud mayor a seis (6) metros, que se construye sobre corrientes o cuerpos de agua y cuyas dimensiones quedan definidas por razones hidráulicas. (*SCT en sus normas oficiales (s.f.)*).

El puente es una estructura que forma parte de caminos, carreteras y líneas férreas y canalizaciones, construida sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera. Los puentes constan fundamentalmente de dos partes, la superestructura, o conjunto de tramos que salvan los vanos situados entre los soportes, y la infraestructura (apoyos o soportes), formada por las pilas, que soportan directamente los tramos citados, los estribos o pilas situadas en los extremos del puente, que conectan con el terraplén, y los cimientos, o apoyos de estribos y pilas encargados de transmitir al terreno todos los esfuerzos. Cada tramo de la superestructura



consta de un tablero o piso, una o varias armaduras de apoyo y de las riostras laterales. El tablero soporta directamente las cargas dinámicas y por medio de la armadura transmite las tensiones a pilas y estribos. Las armaduras trabajarán a flexión (vigas), a tracción (cables), a flexión y compresión (arcos y armaduras), etc. (*Diseño de Puentes AASHTO (s.f.)*)

La cimentación bajo agua es una de las partes más delicadas en la construcción de un puente, por la dificultad en encontrar un terreno que resista las presiones, siendo normal el empleo de pilotes de cimentación. Las pilas deben soportar la carga permanente y sobrecargas sin asentamientos, ser insensibles a la acción de los agentes naturales, viento, grandes riadas, etc. Los estribos deben resistir todo tipo de esfuerzos; se construyen generalmente en hormigón armado y formas diversas. Los puentes pueden ser clasificados según muchas características que presentan, entre las clasificaciones más comunes se tienen las siguientes:

Por su longitud:

- ✚ Puentes mayores (Luces de vano mayores a los 50 m.).
- ✚ Puentes menores (Luces entre 10 y 50 m.).
- ✚ Alcantarillas (Luces menores a 10 m.).

**Imagen 1.6.2-1 Ponte Vedra, España. Con una luz de Vano mayor a 50m.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

Por el servicio que presta:

- ✚ Puentes camineros. (Imagen 1.6.2-2)
- ✚ Puentes ferroviarios. (Imagen 1.6.2-2)
- ✚ Puentes en pistas de aterrizaje
- ✚ Puentes acueducto (para el paso de agua solamente).
- ✚ Puentes canal (para vías de navegación).
- ✚ Puentes para oleoductos.
- ✚ Puentes basculantes (en zonas navegables)
- ✚ Puentes parpadeantes (en cruces de navegación)
- ✚ Pasarelas (o puentes peatonales)
- ✚ Puentes mixtos (resultado de la combinación de casos).

**Imagen 1.6.2-2 Puente Caminero y Ferroviario.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

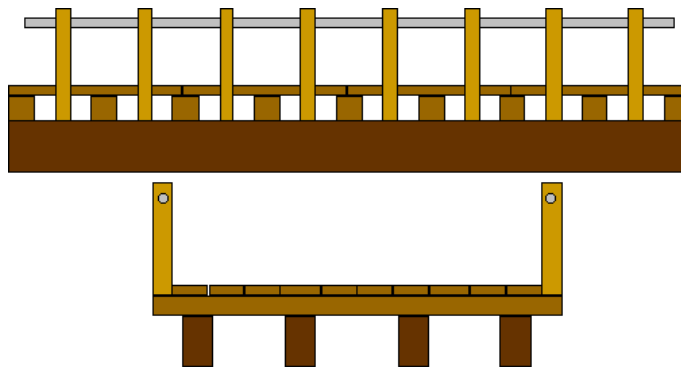
**Imagen 1.6.2-3 Puente para Acueducto, construido po Romanos.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

Por el material del que se construye la superestructura:

**Imagen 1.6.2-4 Puente con Vigas Longitudinales de Madera.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

- ✚ Puentes de madera. (Imagen 1.6.2-4)
- ✚ Puentes de mampostería de ladrillo.
- ✚ Puentes de mampostería de piedra. (Imagen 1.6.2-5)
- ✚ Puentes de hormigón ciclópeo.
- ✚ Puentes de hormigón simple.
- ✚ Puentes de hormigón armado.
- ✚ Puentes de hormigón pretensado.
- ✚ Puentes de sección mixta. (Imagen 1.6.2-6)
- ✚ Puentes metálicos.

**Imagen 1.6.2-5 Puente de Mamposteria de Piedra.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

**Imagen 1.6.2-6 Puente mixto de acero y hormigon armado.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

Por la ubicación del tablero:

- ✚ Puentes de tablero superior. (*Imagen 1.6.2-7*)
- ✚ Puentes de tablero inferior. (*Imagen 1.6.2-7*)

**Imagen 1.6.2-7 Puente mixto de acero y hormigon armado.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

- ✚ Puentes de tablero intermedio.
- ✚ Puentes de varios tableros.



Por los mecanismos de transmisión de cargas a la infraestructura:

- ✚ Puentes de vigas.
- ✚ Puentes aportricados. (*Imagen 1.6.2-8*)

**Imagen 1.6.2-8 Puente con un pórtico metálico con pilares inclinados. Oklahoma(USA).**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

- ✚ Puentes de arco.
- ✚ Puentes en volados sucesivos. (*Imagen 1.6.2-9*)

**Imagen 1.6.2-9 Puente Jucar, Cuenca, España. Construido en volados sucesivos**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

- ✚ Puentes atirantados
- ✚ Puentes colgantes.

La SCT en su norma N-PRY-CAR-6-01-001/01<sup>2</sup>, según su propósito y ubicación, las estructuras a las que se refiere esta norma se clasifican como sigue:

- ✚ Puente es la estructura con longitud mayor de seis (6) metros, que se construye sobre corrientes o cuerpos de agua y cuyas dimensiones quedan definidas por razones hidráulicas.
  
- ✚ Viaducto Estructura que se construye sobre barrancas, zonas urbanas u otros obstáculos y cuyas dimensiones quedan definidas por razones geométricas, dependiendo principalmente de la rasante de la vialidad y del tipo de obstáculo que cruce.
  
- ✚ Paso Superior Vehicular (PSV) estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por encima de otra vialidad y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de ambas vialidades.
  
- ✚ Paso Inferior Vehicular (PIV) Estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por abajo de otra vialidad y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de ambas vialidades.
  
- ✚ Paso Superior de Ferrocarril (PSF) estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por encima de una vía de ferrocarril y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de la carretera y de la vía.
  
- ✚ Paso Inferior de Ferrocarril (PIF) estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por abajo de una vía de ferrocarril y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de la carretera y de la vía.
  
- ✚ Paso Inferior Peatonal (PIP) estructura destinada exclusivamente al paso de personas, que se construye por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasante de la vialidad que cruza.

---

<sup>2</sup> SCT en sus normas oficiales.

- ✚ Paso Inferior Ganadero (PIG) estructura destinada al paso de personas y ganado, que se construye por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasante de la vialidad que cruza.
- ✚ Puente Canal Estructura destinada exclusivamente al paso del flujo de un canal, que se construye por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de la carretera y del canal.
- ✚ Puente Ducto Estructura destinada exclusivamente al cruce de uno o varios ductos por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de la carretera y de los ductos.

### 1.6.3 Levantamiento

Es uno de los más viejos artes practicados por el hombre, porque desde épocas tempranas ha sido necesario marcar límites y dividir la tierra. Es una operación técnica que consiste en medir directamente el terreno.

Se puede definir el levantamiento como el conjunto de operaciones y medios puestos en práctica para determinar las posiciones de puntos del terreno y su representación en un plano.

Clases de levantamientos en cuanto a su extensión, los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos.

Levantamientos topográficos son los que se extienden sobre una porción relativamente pequeña de la superficie de la Tierra que, sin error apreciable, se considera como si fuera plana.

Las dimensiones máximas de las zonas representadas en los planos topográficos no superan en la práctica los 30 Km de lado, correspondientes aproximadamente a un círculo de 30 Km de diámetro, límites dentro de los cuales se puede hacer abstracción de la curvatura de la superficie terrestre.

Los levantamientos topográficos en cuanto a su calidad se dividen como sigue:

*Precisos*, que se ejecutan por medio de triangulaciones o poligonales de precisión. Se emplean para fijar los límites entre naciones o estados, en el trazo de ciudades, etc.

*Regulares*, los cuales se realizan por medio de poligonales, levantadas con tránsito y cinta. Se usan para levantar linderos de propiedades, para el trazo de caminos, vías férreas, canales, ciudades pequeñas, etc., y en obras de saneamiento en las ciudades. (García, F. (1994)) Como cabe mencionar la importancia de la topografía para la construcción de un puente vehicular es esencial, ya que para ello siempre serán necesarios los levantamientos topográficos antes, durante y después de la construcción de un puente; como son los siguientes tipos de levantamientos:

✚ “Levantamiento preliminar: Se realiza donde se supone se ubicara la estructura y puede ser necesario según la magnitud de la obra de unas pocas secciones transversales en los extremos, o en el caso de un puente, debe estar representada la carretera precisamente y levantamiento de secciones de cruce del cauce”.<sup>3</sup>

✚ “Levantamiento para el proyecto: Una vez ubicada la estructura es imprescindible reunir los datos topográficos exactos para utilizar los detalles del proyecto, o sea en el caso que no se ocupa la ubicación exacta de los estribos y pilas de puente”.<sup>4</sup>

“Debe contener como mínimo, un plano de ubicación, planimetría con curvas de nivel cada metro si la quebrada es profunda o más juntas si el terreno es llano o las barrancas son poco definidas. Secciones transversales en el eje propuesto enlazado con el eje de la vía, otras aguas arriba y abajo, situadas cada 10 ó 20 metros según la necesidad, y condiciones topográficas, un perfil longitudinal del eje del lecho del río en 500 metros (o más según la necesidad) aguas arriba y abajo.

En este levantamiento se realiza el levantamiento topo-hidráulico, este estudio se realiza en el sitio de cruce de una vía de transporte de una corriente de agua, el cual

---

<sup>3</sup> Valdivia, V. (s.f.) *Topografía en Puentes*. Recuperado el 05 de marzo de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/58185578/Topografia-en-Puentes>

<sup>4</sup> *Ibíd.*



sirve de apoyo para proyectar la estructura necesaria de drenaje, así como las obras auxiliares que aseguran el buen funcionamiento hidráulico de la obra. El termino topo-hidráulico, que al parecer fue ideado por ingenieros mexicanos, obedecen a que los trabajos comprenden tanto detalles topográficos de la zona de cruce como características hidráulicas de la corriente en cuestión. El estudio topo-hidráulico debe contener la siguiente información. 1. planta general 2. Planta detallada 3. Perfil de construcción 4. Perfil detallado 5. Planos de pendientes y secciones hidráulicas 6. Croquis de localización 7. Croquis de puentes cercanos”.<sup>5</sup>

- ✚ Levantamiento definitivo: como resultado de los dos levantamientos anteriores mencionaremos un tercero que es necesario y fundamental al término de la obra, este levantamiento definitivo debe ser a detalle, donde se ubica todos los elementos del puente para poderlos contemplar en una planta, perfil del cauce y secciones del cauce, esto servirá también para el último trabajo de gabinete que sería la verificación de volúmenes hayan sido las proyectados.

#### 1.6.4 Nivelación<sup>6</sup>

Recibe el nombre de nivelación o altimetría el conjunto de los trabajos que suministran los elementos para conocer las alturas y forma del terreno en sentido vertical. Todas las alturas de un trabajo de topografía, están referidas a un plano común de referencia. Este plano llamado de comparación es una superficie plana imaginaria, cuyos puntos se asumen con una elevación o altura de cero.

Se denomina cota, elevación o altura de un punto determinado de la superficie terrestre a la distancia vertical que existe desde el plano de comparación a dicho punto. Comúnmente se usa como plano de comparación el del nivel medio del mar, que se establece por medio de un gran número de observaciones en un aparato llamado mareógrafo a través de un largo período de años.

---

<sup>5</sup> Rosas, M. (2014). *Estudios Topo-hidráulicos*. Recuperado el 19 de Marzo de 2018, de <https://es.slideshare.net/MiguelRosas4/tema-9-estudios-topohidraulicos>

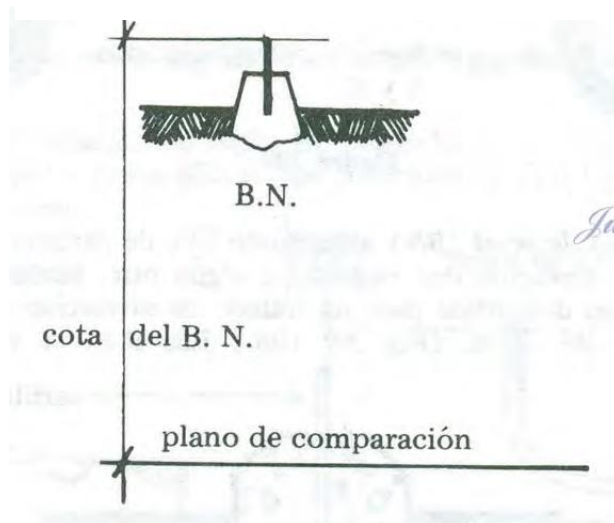
<sup>6</sup> (García, F. (1994). *Altimetría o Nivelación. Curso básico de topografía, planimetría-agrimensura-altimetría*. (Pp. 245-247)(3ª. Edición). México, D.F.: árbol editorial S.A. de C.V.)

En los trabajos topográficos, dada su limitada extensión superficial, el plano de comparación no es necesariamente el nivel medio del mar, sino que el operador lo elige a su arbitrio, procurando que todas las cotas resulten positivas para comodidad del cálculo.

El plano de comparación se considera como un plano solamente en extensiones cortas, ya que en realidad es una superficie de nivel. Se entiende por superficie de nivel aquella que en todos' sus puntos es normal a la dirección de la gravedad; por tanto, el desnivel entre dos puntos es la distancia que existe entre las superficies de nivel de dichos puntos. Se llama banco de nivel (BN) a un punto fijo, de carácter más o menos permanente cuya elevación con respecto a algún otro punto, es conocida. Se usa como punto de partida para un trabajo de nivelación o como punto de comprobación de cierre.

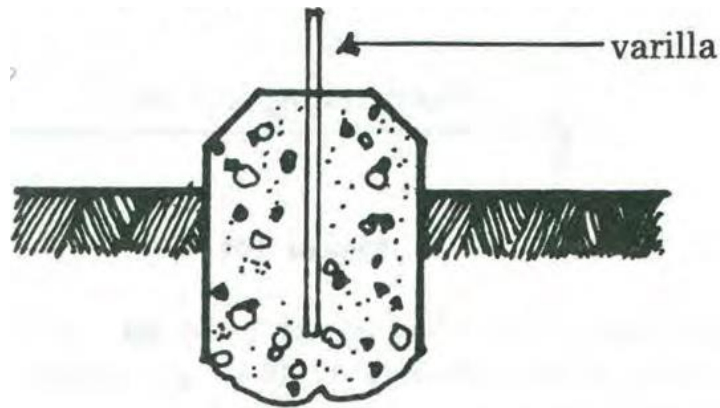
Los B.N. se emplean como puntos de referencia y de control para obtener las cotas de los puntos del terreno. Se establecen sobre roca fija, troncos de árboles u otros sitios notables e invariables y también por medio ' de monumentos de concreto, con una varilla que defina el punto. La elevación de un B.N. puede referirse al nivel medio del mar o asumirse convencionalmente, dándosele en este caso un valor de CERO o de CIEN. (*Imagen 1.6.4-1; imagen 1.6.4-2*)

**Imagen 1.6.4-1 Plano de Comparación**



Fuente: García, F. (1994).

**Imagen 1.6.4-2 Banco de Nivel Monumento**



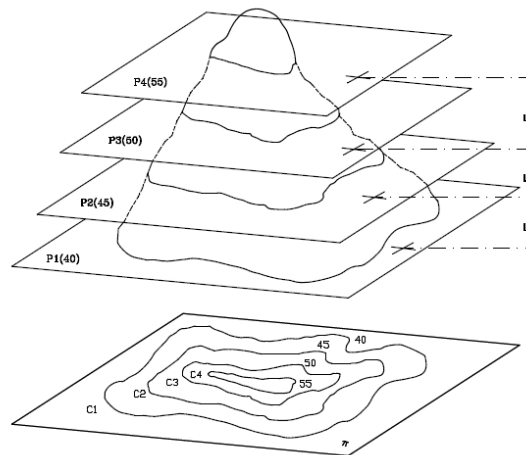
**Banco de Nivel (B.N.)**

Fuente: García F. (1994).

**1.6.5 Curvas de Nivel<sup>7</sup>**

Son el resultado de la intersección del terreno con una serie de planos horizontales y equidistantes. Esa intersección genera unas series de líneas planas, generalmente curvas. Todos los puntos pertenecientes a una de estas curvas tiene la misma cota, ya que han sido generadas por intersección con un plano horizontal, que por definición tiene una cota constante. Las curvas de nivel también reciben el nombre de isohipsas. (Imagen 1.6.5-1)

**Imagen 1.6.5-1 Curvas de Nivel**



Fuente: Universidad de Sevilla.

<sup>7</sup> Fundamentos de Planimetría y Taquimetría. (s.f.) (Universidad de Sevilla) Recuperado 20 de marzo de 2018, de <https://personal.us.es/leonbo/teoria/Tema14.pdf>

Al conjunto de todas estas curvas proyectadas sobre un plano  $\pi$  de proyección, se le denomina Familia de curvas y de ella podemos deducir la orografía del terreno. Las curvas de nivel unen todos los puntos que están a la misma altura sobre el nivel del mar. Cuando las curvas de nivel están por debajo de la superficie marina se llaman isobatas. En el caso de España el nivel del mar se mide en Alicante.

Equidistancia en curvas de nivel:

Es la distancia vertical entre dos curvas de nivel consecutivas.

Los factores que influyen en la elección de la equidistancia son:

- La orografía del terreno:

Mientras más accidentada sea la orografía del terreno, mayor debe ser la equidistancia, con objeto de que las curvas de nivel no queden demasiado juntas.

- La precisión requerida:

Mientras más precisión requiera el proyecto, menor debe ser la equidistancia de las curvas (siempre que no se junten demasiado las curvas de nivel)

- La escala del plano: Se siguen dos normas

1ª Norma: Denominador de la escala dividido por 1000.

A partir de la escala 1 / 10000 se toma como equidistancia 20 m.

2ª Norma: Escala < 1/1000 1 m.

1/1000 a 1/5000 2,5 m.

1/5000 a 1/10000 5 m.

1/10000 a 1/25000 10 m.

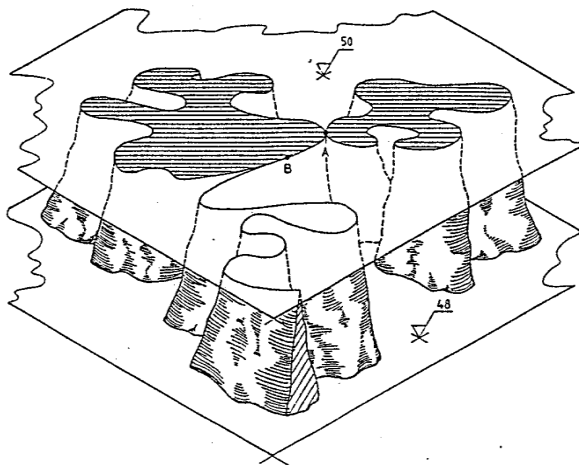
Escala > 1/25000 20 m.

- Nociones básicas sobre las curvas de nivel

El terreno a representar, adoptará las más diversas formas, y, lógicamente, las curvas de nivel como elemento componente de él, les ocurrirá igual; sin embargo, como elementos resultantes de las intersecciones de una superficie, (terreno), con varios planos paralelos, han de cumplir ciertas condiciones, las cuales han de tener en cuenta al ser representadas en el plano. Estas condiciones son:

- Toda curva de nivel ha de ser cerrada. Efectivamente, pues al serlo el terreno, necesariamente lo será la línea intersección con el plano que la contiene; por ello nunca podrá ser abierta, es decir, presentar extremos libres, ya que el terreno tendría que interrumpirse bruscamente, lo cual es imposible. (imagen 1.6.5-2)

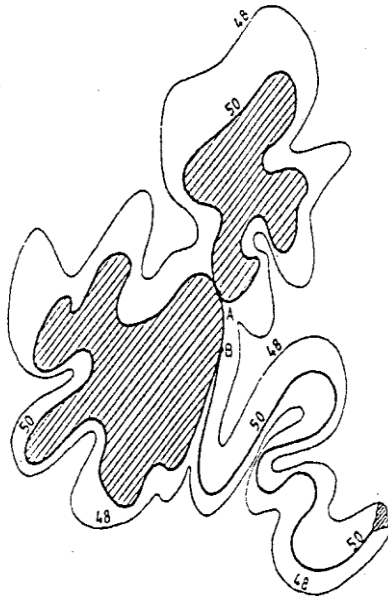
**Imagen 1.6.5-2 Curvas de Nivel**



Fuente: Universidad de Sevilla.

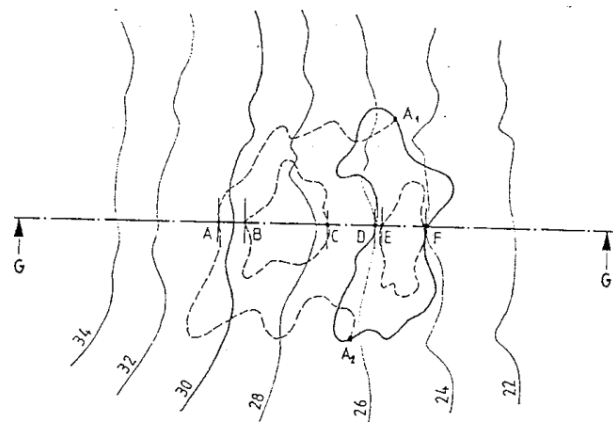
- En el caso de que todas las curvas de nivel no quepan en el plano, deberemos interrumpirlas. Cuando ocurra esto el n° de extremos libres debe ser PAR.
- Una curva de nivel no puede bifurcarse. Teóricamente puede darse este caso, por ejemplo, dos superficies con curvas cerradas y tangentes entre sí. Otro caso sería, una con curva cerrada y la otra con curva abierta, pero tangente entre sí. Estas condiciones son tan difíciles que se presenten en el terreno que ambos casos se considerarán anormales, por lo que no se tendrán en cuenta para la práctica del Dibujo Topográfico. (imagen 1.6.5-3)

Imagen 1.6.5-3 Curvas de Nivel



Fuente: Universidad de Sevilla.

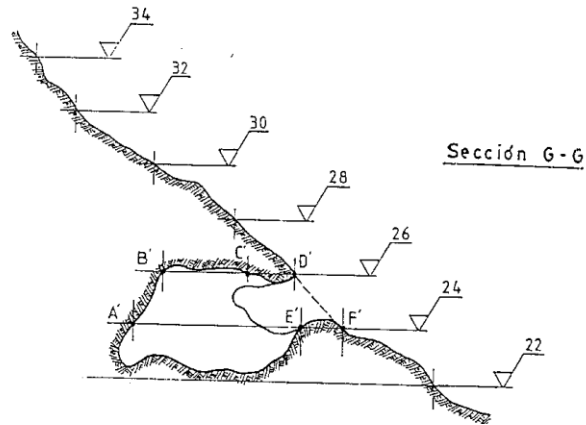
Imagen 1.6.5-4 Curvas de Nivel



Fuente: Universidad de Sevilla.

- Dos curvas de nivel no pueden cruzarse salvo casos muy poco comunes (Cuevas...). Dos superficies, en este caso, terreno y plano, se cortarán según una línea; al ser cortado el terreno por otro plano paralelo al anterior, dará otra línea distinta a la anterior; ahora bien, ambas líneas están contenidas en planos paralelos, luego es imposible que se corten. Un caso que se podrá presentar es el de una cueva, gruta o caverna, pero dado el caso tan extraño, no se tendrá en cuenta, ya que entraría en el campo de la Espeleología. (Imagen 1.6.5-4; imagen 1.6.5-5)

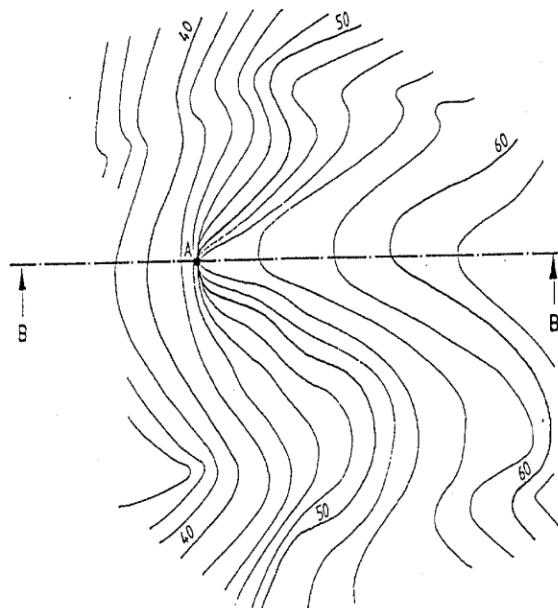
**Imagen 1.6.5-5 Curvas de Nivel Sección**



Fuente: Universidad de Sevilla.

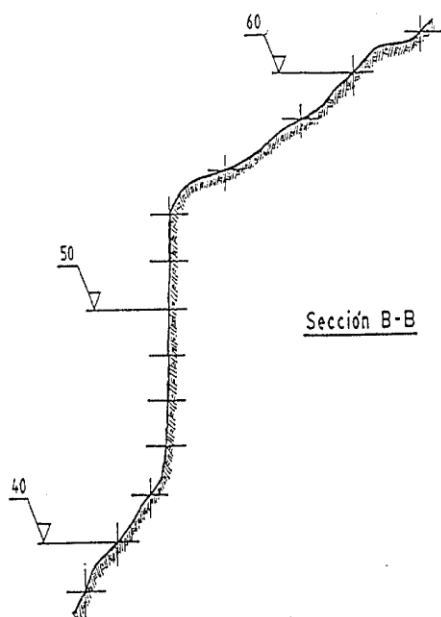
- Puede darse el caso de que dos o más curvas de nivel sean tangentes. En ese caso hablamos de un CANTIL (de donde deriva ACANTILADO). (Imagen 1.6.5-6 y 1.6.5-7)

**Imagen 1.6.5-6 Curvas de Nivel Línea**



Fuente: Universidad de Sevilla.

Imagen 1.6.5-7 Curvas de Nivel Perfil



Fuente: Universidad de Sevilla.

- Clases de curvas de nivel.

Para la lectura de la familia de curvas, es necesario que cada curva lleve un número que indique a la altura a que se encuentra con respecto al plano de proyección, este número recibe el nombre de cota cuyo valor se expresará en metros.

Naturalmente que cuando las curvas a representar sean numerosas, numerosas serán las cifras representativas de sus cotas, y por consiguiente el plano no ganará en calidad, más bien será difícil su lectura; para evitar este inconveniente no se numeran todas, sino cada cierto número de ellas, que en general serán de cinco en cinco.

Estas curvas reciben el nombre de curvas directora, mientras que al resto se las llaman curvas normales. Cuando en una familia de curvas aparezcan una o varias de ellas que no sigan el orden lógico de lectura, estas reciben el nombre de curvas intercaladas o interpoladas.



### 1.6.6 El Recorrido

Se hace con el fin de examinar la zona donde se ejecutara la obra, y comparar la realidad con el proyecto, que el ingeniero topógrafo se le otorgo para la construcción del puente vehicular. En el recorrido, se tomaran en cuenta muchos criterios para posteriormente llevar a cabo la construcción del puente, tanto en la obra civil como topográficamente. El recorrido se hace antes de elaborar el proyecto y cuando el proyecto es entregado al constructor.

Esto ayuda a darse cuenta en la ubicación y posición del puente en sus partes principales como eje y estribos, a que estos no se encuentren expuestos totalmente al cauce del rio, entre otros criterios como afectaciones a terceros que el puente pueda ocasionar en terrenos, si serán necesario algún camino provisional de desvíos y magnitud de esta, todo estos en base al proyecto.

### 1.6.7 Analizar el proyecto

Desde la importancia de la topografía para la ejecución del puente, el ingeniero topógrafo se le otorga el proyecto para la construcción del puente, será para verificar que tan vigente sigue siendo la planta del puente con su ubicación física, el perfil del camino, que lo llevara a observar los movimientos de tierra, los accesos de entrada y salida del puente y lo más importante la sección del cauce donde se construirá el puente, analizar a detalle esta sección que el proyecto nos brinda.

El levantamiento topo-hidráulico es el estudio de campo el cual se realiza en el sitio de cruce de una vía de transporte con una corriente de agua, el cual sirve de apoyo para proyectar estructuras de drenaje como obras auxiliares; en nuestro caso un puente vehicular con vigas de estructura metálica. Analizar esta parte es fundamental ya que en ella se establece la cota del desplante de los estribos y dentellón del puente, esta cota indicara si el puente es totalmente horizontal o cuenta con una pendiente ascendente o descendente respecto al sentido del camino; cota de rasante, con esta cota en conjunto con las secciones se obtendrán el volumen de relleno y aproche en cada uno de los estribos (acceso de entrada y salida) así como alturas de los estribos y por ultimo analizar la altura entre el N.A.M.E. y vigas metálicas sea la correcta, 1.5m.

### 1.6.8 Eje de Trazo

Es muy importante en el momento de la construcción del puente vehicular, ya que de este dependerá desde la excavación hasta la colocación de las vigas metálicas y posteriormente su losa de tránsito y accesos.

Topográficamente el eje de trazo nos sirve como apoyo a la configuración topográfica, ya que este puede seguir una tangente, una curva o combinación de ambas (sobreelevación); de este también depende la ubicación geográfica del sitio de estudio, que a su vez queda condicionada por los aspectos técnicos, políticos y económicos de la región. El eje de trazo en relación al sentido del escurrimiento, define también el esviajamiento o ángulo entre estos dos.

### 1.6.9 Replanteo

La palabra replanteo en la actualidad es utilizada comúnmente casi en cualquier tipo de ejecución de obra, desde la edificación de viviendas hasta para la ubicación de pozos de agua, registros de luz.

En topografía queremos llevar este término aún más lejos, para un ingeniero topógrafo replanteo equivale a precisión, detrás de cualquier replanteo llevado por cualquier ingeniero topógrafo lleva asociado una serie de cálculos e instrumentación de precisión para llevar a cabo dicha labor.

La definición de replanteo es la materialización en el espacio, de forma adecuada e inequívoca, de los puntos básicos que definen gráficamente un proyecto, es decir, el replanteo, consiste en tomar los datos de un plano para posicionarlos sobre el terreno donde se va a trabajar, considerándose el trabajo inverso al levantamiento topográfico, el cual consiste en tomar los datos del terreno para representarlos en el plano. (*Heritop (s.f.)*).

Las condiciones que afectan un replanteo son:

- La escala del plano.
- La calidad del plano.
- Las características topográficas del entorno.
- Los medios disponibles.
- Las particularidades del plano a replantear.

Para llevar a cabo cualquier método de replanteo es indispensable disponer de una línea de referencia base, o una red de puntos con coordenadas x, y, z; cuya mterializacion sea permanente y confiable. (Hevitop (s.f.))

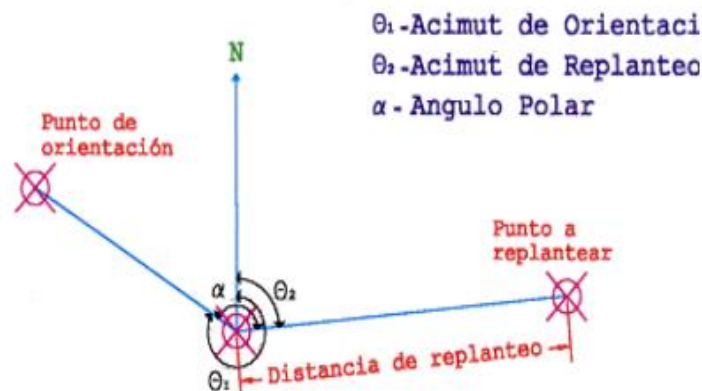
Los métodos de replanteo son:

- Por polares.
- Por abscisas y ordenadas.
- Por intersección.

El método por polares, este método se basa en el estacionamiento en un punto de coordenadas conocidas, como una base de replanteo, o un punto replantado previamente (fig.4), que orientamos visando angularmente a otro punto también conocido. Podemos introducir el acimut de esta dirección en nuestro aparato para hacer la coincidencia entre el cero del aparato y el norte geográfico.

Del punto a replantear debemos conocer el acimut  $\theta$ , en su defecto, el ángulo de su dirección con la visual de orientación, denominado ángulo polar, y la distancia a la base de replanteo. Una vez orientado nuestro aparato lo giraremos hasta la posición del punto de replanteo, situando a nuestro auxiliar en la dirección aproximada y tomando la distancia a la que se encuentra. A partir de aquí, debemos indicarle los desplazamientos que debe realizar hasta que se encuentre sobre el punto correcto. (Universidad de Santiago Compostela, (s.f.)).

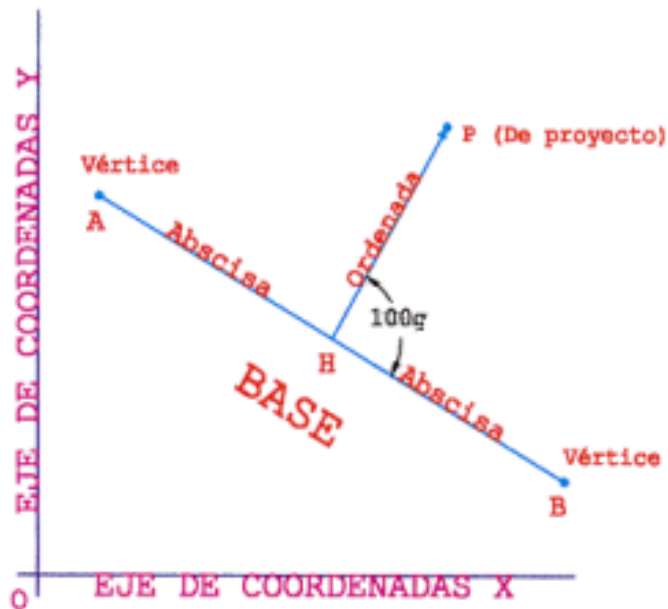
Imagen 1.6.9-1 Replanteo por polares



Fuente: Universidad de Santiago Compostela.

El método por abscisas y ordenadas es disponer en campo de una base de replanteo A-B (Imagen 1.6.9-2) determinada por los vértices A y B, materializados en campo y con coordenadas en un sistema de referencia con origen en O. Tenemos que materializar el punto P, definido por unas coordenadas, en el mismo sistema de referencia. Antes de salir a campo deberemos calcular los datos necesarios para el replanteo, que saldrán de proyectar el punto P sobre la base A-B, obteniendo el punto H o pie de la perpendicular P-H sobre la base A-B. (Universidad de Santiago Compostela, (s.f.)).

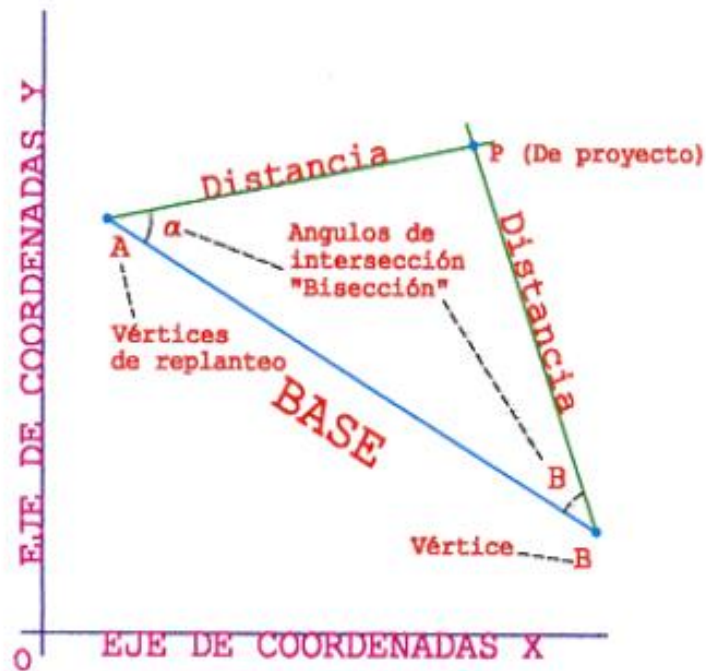
Imagen 1.6.9-2 Replanteo por abscisas y ordenadas



Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.

El método por intersección Con este método podemos replantear un punto P si previamente conocemos la distancia del mismo a los extremos de una base como A y B. (Imagen 1.6.9-3)

Imagen 1.6.9-3 Replanteo por abscisas y ordenadas



Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.

Una vez obtenidas las distancias horizontales AP y BP intentaremos determinar la posición de P por intersección de estas distancias. En distancias cortas y zonas de trabajo llanas y despejadas, es un método expedito que puede emplearse con rapidez y comodidad, siendo sencilla su aplicación.

Replanteo con estación total, si trabajamos con estaciones totales, el modo de operar sufre ligeras variaciones, aunque el planteamiento es el mismo, ya que podemos introducir las coordenadas tanto de los puntos de replanteo como de las bases en su colector interno. Esto lo realizamos a través de un programa de topografía desde el mismo fichero gráfico y, transformamos el fichero ASCII resultante para introducirlo por medio de su programa de descarga en nuestra estación. Con los datos en el colector, el trabajo de campo se ve agilizado ya que replanteamos directamente con ellos, teniendo la posibilidad de hacerlo con los módulos de replanteo de que vienen provistas cómodos, fáciles y rápidos de manejar.

Evitando, además, las equivocaciones que pudiéramos cometer en la transcripción de los datos del plano al listado del operador.

Replanteo con GPS, este avanzado sistema de replanteo únicamente será posible con aquellos equipos que nos permitan trabajar en el modo conocido como “tiempo real” (la obtención de coordenadas y/o líneas base se efectúa a la vez que la observación, siendo el tiempo de cálculo tan reducido que puede considerarse como instantáneo). Preparamos el replanteo partiendo del levantamiento topográfico que realizamos previo al proyecto, para obtener las coordenadas en sistema WGS84 de un punto que utilizaremos como base fija del replanteo. Necesitamos un punto bien materializado en el terreno y de fácil identificación, cuya altura nos permita estacionar sobre un trípode el equipo GPS que actuará de base. Del plano obtenido, en AUTOCAD y utilizando un programa de cálculos topográficos como PROTOPO, obtenemos las coordenadas UTM de los puntos a replantear. Debemos transformarlas al sistema WGS84, con ayuda del software de nuestro GPS, e introducirlas en la memoria de nuestro equipo móvil. Con los datos anteriores, coordenadas de la base y de los puntos a replantear, en la memoria de sus equipos correspondientes, podemos ir a efectuar el replanteo en campo. Una vez inicializada la base procedemos al replanteo con la opción correspondiente de nuestro receptor móvil. (Universidad de Santiago Compostela)

# **UNIDAD 2**

## **ESTUDIO TOPOGRÁFICO**

## 2.1. Localización

Antes de proceder con el diseño del proyecto de un puente, es indispensable realizar los estudios básicos que permitan tomar conocimiento pleno de la zona, que redunde en la generación de información básica necesaria y suficiente que concluya en el planteamiento de soluciones satisfactorias plasmadas primero en anteproyectos y luego en proyectos definitivos reales, y ejecutables.

La localización es el producto de la visita de la brigada topográfica a la zona de la obra, es parte del levantamiento topográfico localizar y ubicar el puente, esto se realiza mediante la ubicación de mojонерías con receptos o navegador GPS, como por ejemplo la localización de la zona de estudio con Latitud  $16^{\circ}28'23.90''$  N, Longitud  $92^{\circ}32'48.50''$  O, Elevación 1013.00 m.s.n.m.; estos servirán para de ahí partir con los levantamientos para los trabajos preliminares y anteproyecto y finalmente obtener el producto que se pretende, el proyecto a ejecutar. (Imagen 2.1-1)

La importancia de la topografía en esta parte sigue siendo indispensable ya que es el primer paso para iniciar los trabajos de la obra, de esta parte dependerá la planeación, proceso constructivo y ejecución de la obra; esto debido a que de ello depende la accesibilidad a la obra, para el arribó del personal, el poblado más cercano para la compra de los materiales, el banco de material más cercano y el establecimiento del personal.

Imagen 2.1-1 Zona de Estudio



Fuente: Archivo.



## 2.2. Ubicación de Ejes

Los ejes de trazo sirven de apoyo a la configuración topográfica y su trayectoria puede seguir una tangente, una curva o la combinación de ambas; depende principalmente de la ubicación geográfica del sitio de estudio, que a su vez queda condicionada por los aspectos técnicos, políticos y económicos de la región. Estos definen también el esviajamiento del eje de trazo en relación al sentido del escurrimiento, el cual se define como el ángulo formado entre este último y la normal al eje del trazo del lado de aguas arriba, es costumbre apoyar la normal en el punto de intersección de ambas trayectorias y medir el ángulo a partir de ella.

El eje de trazo es obtenido por la brigada de localización de la vía terrestre. La brigada especializada en la realización de los estudios para puentes efectúa como primer paso de la configuración topográfica, el re-trazo del eje para apoyarla y se realiza con mayor detalle que el utilizado por la brigada de localización, en planta y perfil. La longitud del re-trazo queda definida por el funcionamiento hidráulico del cruce y de la topografía de la zona, que a su vez condiciona la rasante del proyecto pero, en general, deben cubrir las zonas donde queda ubicado el puente, para resolver el problema hidráulico.

**Imagen 2.2-1 Mojonera 01 Ubicada en PI=21+220.77; Elev.: 1015.828m**



Fuente: Propia

**Imagen 2.2-2 Mojonera 02 Ubicada en PI=21+348.924; Elev.: 1008.150m**



Fuente: Propia

**Imagen 2.2-3 BN 01 Ubicado sobre Roca a 39,60m lado derecho, estacion 21+283.92; Elev.= 1007.005m**



Fuente: Propia

**Imagen 2.2-4 BN 02 Ubicado sobre Roca a 32.90m lado derecho, estacion 21+307.34; Elev.= 1007.421m**



Fuente: Propia

### 2.3. Productos de los Datos de Campo<sup>8</sup>

#### 2.3.1 Planta general

El plano de la planta general debe contener la topografía de una superficie suficiente mente amplia para definir el funcionamiento hidráulico de la corriente, por lo que su extensión en el sentido del escurrimiento será diferente para cada caso en particular, principalmente en el lado de aguas arriba del cruce, que es el que más interesa, en general desde el punto de vista hidráulico.

Por ejemplo, cuando existen curvas en el cauce en la zona de aguas arriba del sitio de cruce, la planta general nos debe permitir definir trayectorias de las líneas de corriente para tomar en cuenta posibles ataques a algunos de los apoyos extremos de la estructura o a los terraplenes de acceso, que puedan afectar la estabilidad de la obra. En el lado de aguas abajo suele levantarse 120m o más dependiendo del ancho del cauce y de la importancia que tenga esa obra hidráulica.

---

<sup>8</sup> Producto de los Datos de Campo (s.f.) Recuperado el 25 de marzo de 2018, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8743/Capitulo2.pdf>

La topografía en general debe permitir también la definición de la ubicación y la longitud de la estructura de drenaje y de sus obras auxiliares, la orientación de los apoyos.

Suele abarcarse en el sentido transversal al flujo por lo menos 20m fuera del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias, si se tiene un cauce bien definido. La planta general deberá cubrir hasta la intersección del terreno natural con el nivel de subrasante de proyecto.

El plano de la planta general deberá contener la siguiente información: eje de trazo, nivel de aguas máximas extraordinarias, ubicación de monumentos de concreto, sentido de la corriente, longitud de tangentes, rumbos, datos de curvas del eje de trazo, construcciones aledañas, líneas de energía eléctrica, telefónicas, cercas o bardas, ubicación de la sección hidráulica cuando sea posible, esviaje de la corriente, ubicación y longitud de la estructura del puente, obras auxiliares, escala, nombre de la corriente en estudio, etc.

Es conveniente que la planta general se dibuje a escala 1:500 si la mayor dimensión levantada, es de menos de 500m; para mayores extensiones se deberá dibujar a 1:1000 o 1:2000 o mayor en caso de que tengan ríos muy anchos que requieran topografía extensa, las curvas de nivel deberán ser a cada metro. (Ver Anexo I Plano de Planta General)

### 2.3.2 Planta Detallada

El plano de la planta detallada, debe dibujarse con curvas de nivel a cada 50cm, se utiliza para el proyecto estructural de la obra correspondiente y abarca una franja de terreno adyacente al eje de proyecto, con una longitud en el sentido del escurrimiento de orden de 60m, tanto aguas arriba como aguas abajo del eje de trazo; esta dimensión debe considerarse mínima y queda a criterio del ingeniero proyectista prolongarla, dependiendo principalmente del tipo y dimensiones de la estructura de proyecto.

Es conveniente dibujar la planta detallada a escala 1:200 si su mayor dimensión es del orden de 200m; para extensiones mayores la escala podría ser 1:500 o más, dependiendo de la zona cubierta, de manera que el plano resulte manejable. Deberán aparecer todos los conceptos indicados en el plano de la planta detallada. (Ver Anexo II Plano de Planta Topográfica Detallada)

### 2.3.3 Perfil de Construcción

En este plano se dibuja el perfil del terreno natural sobre el eje de proyecto de la vía terrestre, cubriendo tramos de 200m, por lo menos, en cada margen a partir de la intersección del N.A.M.E. y el terreno natural.

Su finalidad final radica en el a utilización que le da el proyectista de la obra para definir la subrasante de proyecto. Si con tal extensión no es posible definirla, será necesario prolongar aún más la cobertura del perfil. También pudiera ser modificada en la zona de cruce la subrasante propuesta por el ingeniero de localización, que pudiera tener una idea poco precisa de la elevación del N.A.M.E., por no ser de su competencia la investigación detallada de tal información.

El perfil de construcción es útil también para definir la localización de obras auxiliares, cuando se tiene llanuras de inundaciones amplias, así como los posibles cortes y terraplenes que se requieran para los accesos de las obra.

En el plano de perfil de construcción debe indicar la existencia de curvas y sus características, la longitud de tangentes, rumbos, el nivel de subrasante si es que se cuenta con ella, los bancos de nivel, la orientación del trazo, la ubicación de los monumentos de concreto, el nivel del N.A.M.E., estaciones y cotas del terrenos, así como el N.A.M.O. nivel de aguas máximas ordinarias, el N.A.Mín. Nivel de aguas mínimas, la longitud de la estructura, nombre de la corriente en estudio, escala, ubicación de margen derecha e izquierda, datos de las curvas del eje de trazo.

Es conveniente recalcar la importancia que tiene la inclusión, siempre que sea posible, del novel de subrasante de proyecto en el plano de perfil de construcción.

Se acostumbra dibujar el perfil de construcción a escala distorsionada con el fin de realzar las irregularidades del terreno. Es usual usar la escala 1:2000 en sentido horizontal y 1:200 en la vertical.

El perfil de construcción deberá ser levantado con todo detalle en la zona donde quedara la estructura de drenaje en este caso el puente vehicular, y el resto de la longitud deberá

completarse con los datos de trazo de la brigada de localización. (Ver Anexo III Plano de Perfil de construcción)

#### 2.3.4 Perfil Detallado

Este plano presenta el perfil de terreno natural sobre el eje de proyecto; su longitud deberá cubrir la obra u obras de drenaje que vayan a proyectarse, ya que este plano se utiliza posteriormente en el estudio de cimentación para ubicar los sondeos geológicos efectuados en el campo y dibujar el perfil estratigráfico, además que permite definir con detalle las dimensiones y ubicación de la estructura.

El perfil detallado se dibuja a la misma escala horizontal y vertical, es usual la escala 1:100 o 1:200, dependiendo de la longitud cubierta, de manera que resulte manejable

En este plano también deben indicarse N.A.M.E, N.A.MO. Y N.A.Min, así como los datos hidráulicos de diseño (gastos, velocidad y esviaje). (Ver Anexo IV Plano de Perfil de Detallado)

#### 2.3.5 Plano de Pendientes y Secciones Hidráulicas

En este plano se dibuja el perfil del fondo del cauce de la corriente en estudio y las secciones hidráulicas. La extensión de perfil a levantarse depende de la ubicación de las secciones hidráulicas, según el sentido del escurrimiento, aguas debajo de esta última.

Las secciones hidráulicas se ubican en un tramo lo más recto posible y con pendiente de preferencia uniforme. El estudio hidráulico, salvo raras excepciones, se fundamenta en la fórmula de Mannig (método conocido como de sección y pendiente), que se aplica al flujo uniforme, su importancia es fundamental, ya que permite calcular la velocidad y gasto para condiciones de diseño.

Se levanta una sección hidráulica en el sitio de cruce, siempre y cuando sea confiable la información de niveles máximos del agua. Si la información de niveles es fidedigna y el cauce es relativamente encajonado de manera que el método de sección y pendiente sea aplicable, podrá ser suficiente levantar una sola sección, ya sea en el sitio de cruce o en otro cercano a él. Cuando la información es incierta puede ser conveniente levantar dos o tres secciones, a fin de comprobar los gastos obtenidos con ella y elegir el que se considera más confiable.



El plano de pendientes y secciones hidráulicas debe contener la siguiente información: el perfil del fondo del cauce (de sus puntos más bajos) y la línea recta que es una compensadora de su pendiente media, los niveles del N.A.Min y N.A.M.E. en cada sitio donde este haya sido investigado, la línea recta que intercepta la mayoría de estos se define como la pendiente media de la superficie libre del agua ya sea en condiciones mínimas o máximas respectivamente, esta línea se traza paralela a la línea que representa la pendiente media del fondo del cauce, aunque rigurosamente no tiene que ser paralela ambas líneas.

Uno de los datos más importantes contenidos en el plano de pendientes y secciones hidráulicas es el N.A.M.E., ya que este, así como de la velocidad y de la geometría del cauce, dependen fundamentalmente las dimensiones de la estructura de cruce de la corriente en cuestión, además de que influye directamente en el valor del gasto máximo y de la velocidad de flujo correspondiente. Por ello, la investigación en la zona de cruce del N.A.M.E. y su influencia debe ser exhaustiva y muy cuidadosa.

Otro parámetro muy importante es el coeficiente de rugosidad de Manning, ya que la fórmula es muy sensible a sus variaciones; la elección de dicho coeficiente es muy subjetiva, a pesar de que existen en la literatura técnica tablas muy completas para seleccionar su valor en función, principalmente, del material del que está construido el cauce.

Existe la tendencia natural en personal de brigadas en modificar arbitrariamente los niveles de agua máximos y de ajustar los coeficientes de rugosidad para que los gastos obtenidos en diferentes secciones sean prácticamente iguales. Dicha tendencia debe evitarse y los gastos deben reportarse tal como fueron obtenidos con el estudio hidráulico.

La escala usual para el perfil del fondo del cauce es 1:1000 en el sentido horizontal y 1:100 en el sentido vertical. Las secciones hidráulicas se deben dibujar a escalas iguales, generalmente 1:100 y 1:200. (Ver Anexo V Plano de Pendientes y Secciones Hidráulicas)

### 2.3.6 Secciones Transversales al Eje de Trazo

Las secciones transversales en la configuración topográfica, se trazan sobre el eje de trazo de la vía terrestre formando un ángulo recto regularmente y las ubicaciones se hacen a cada 20 metros, estos elementos se utilizan para los caso siguientes: configuraciones de las terracerías de acceso, ya sea para un puente nuevo o ampliación. (Ver Anexo VI Plano de Secciones Transversales al Eje de Trazo)

### 2.3.7 Croquis de Localización

El croquis de localización proporciona la ubicación geográfica del sitio del cruce; debe incluir poblaciones cercanas, vías de comunicación, ríos o arroyos, caminos de acceso al cruce, parte del parte aguas, coordenadas del cruce, así como su escala. Este croquis puede elaborarse por observación directa o con el auxilio de cartas topográficas aéreas; puede dibujarse fuera de escala.

## 2.4. Recursos Humanos

En la elaboración de estos trabajos de campo para demostrar la importancia de la topografía en la construcción de puentes vehiculares, en los trabajos de campo se lleva acabo con el apoyo de una brigada topográfica en este caso, cuatro ayudantes de bastoneros, dos cadeneros (bastoneros), auxiliar de ingeniero topógrafo y el ingeniero topógrafo.

Para la construcción del puente vehicular de vigas metálicas, el control de la obra se lleva acabo con el apoyo de un ayudante de bastonero, un bastonero y el ingeniero topógrafo, para los trabajos de gabinete los trabajos se realizan bajo el análisis y supervisión del ingeniero topógrafo en este caso.

Para plasmar la experiencia profesional en este trabajo, se contó el apoyo incondicional de los docentes de la facultad de ingeniería de la universidad, para estructurar correctamente y desarrollar este trabajo.



## 2.5 Recursos Materiales

Para los trabajos que se llevaron a cabo en campo, como levantamientos, replanteo y control de la obra que se realizó con la brigada topográfica, esta necesito de materiales en este caso herramienta menor, como: machetes, plumones permanentes, pintura de aceite, marro, punzón, serrucho para madera, flexometro, nivel, clavos de acero. Material topográfico: bastones, prismas, tripie y estación total sokkia cx-105.

Obteniendo los datos de campo gracias a los trabajos de la brigada, fueron necesarios los siguientes materiales para los trabajos de gabinete como inmuebles, biblioteca de la universidad, laboratorio de cómputo de Geomática. Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo fue necesario también de muebles y equipo como son: sillas, mesas, escritorios, equipo de cómputo (laptop), software AutoCAD, CivilCAD.

Y para trasladarse uso de transporte público y automóvil, así como materiales auxiliares, agua y alimentos.

**UNIDAD 3**

**PROYECTO DEFINITIVO**

### 3.1. Criterios para Trazo de Eje Definitivo

Los puentes generalmente son obras complejas, que requieren para su proyecto definitivo estudiar diferentes aspectos como se menciona anteriormente. A continuación, se hace mención de algunos criterios importantes que deben seguirse para el trazo del eje definitivo del puente según la experiencia profesional.

Para realizar el trazo del eje de un puente deben estudiarse varias alternativas muy generalizadas, por ejemplo según los criterios de estudio de tráfico, alineamiento de la vía, accesos de entrada, acceso de salida, altura de la rasante, tipo de terreno, facilidad en el proceso constructivo, estética, mantenimiento, conservación de la obra y siendo más específicos sería cuidando que no hallan afectaciones en terrenos a terceros que no estén contemplados en el proyecto, eso haría un gasto extra en la construcción del puente y podría convertirse en un problema social con los locatarios.

En el trazo del eje del puente en vías urbanas este es forzado y obedece al comportamiento del tránsito, y cuando se localiza en zonas rurales está determinada por el tipo de terreno y en el caso de estar sobre un río se debe tener en cuenta también el comportamiento del cauce.

Una característica fundamental para la colocación del eje del puente es considerando su estabilidad fluvial, garantizando así, que el río no modifique su sección con consecuencias negativas para el puente. Otro criterio es no ubicar el eje en lugares inestables ya que puede obligar a realizar obras auxiliares de encauzamiento importantes para estabilizarlo como tipo bordos, haciendo del puente una obra más costosa y de difícil mantenimiento.

Hacer el trazo en un cauce estrecho da obviamente la ubicación del puente más económica. Y ubicándolo en un lugar de cauce relativamente rectilíneo son preferibles a las curvas, debido a la tendencia a la erosión lateral y la erosión del fondo en el estado exterior de la curva, excepto en orillas muy resistentes. También es mejor un lugar con un cauce principal de gran capacidad que uno fácilmente desbordable.

Estos son algunos de los criterios generalizados en el trazo del eje de un puente vehicular. (Ver imagen 3.1-1)

**Imagen 3.1-1 Se muestra el Eje Nuevo del Puente que se Reconstruirá**



Fuente: Propia

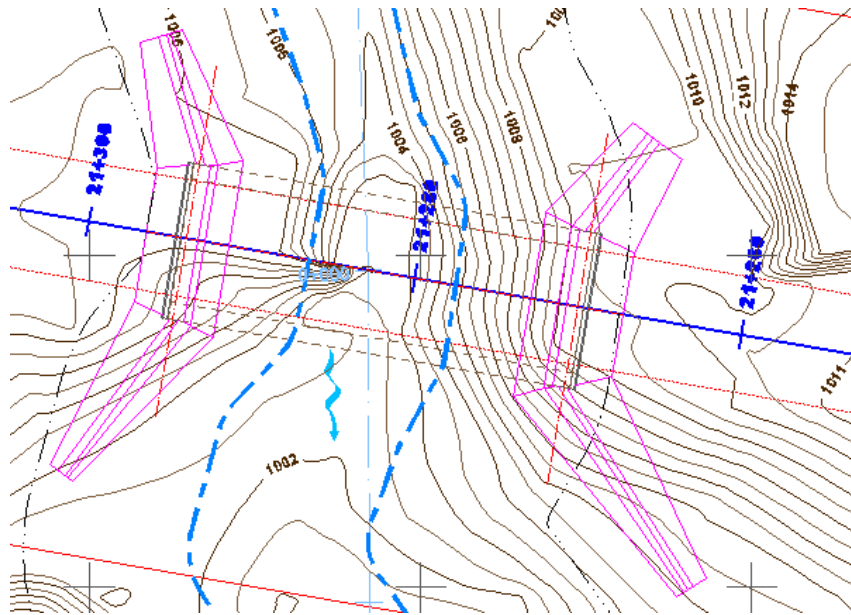
### 3.2. Trazo de Eje y Replanteo de Estribos<sup>9</sup>

Para los trabajos de trazo de eje del puente con el cual se construirá, es indispensable localizar las mojoneras y bancos de nivel (Ver imágenes 2.2-1, 2.2-2, 2.2-3, 2.2-4) del proyecto en el terreno, corroborando que las coordenadas estén correctas entre ellas y manejar las coordenadas que el proyecto nos proporciona, iniciar el replanteo de alguna referencia existente en el plano y este físicamente en el terreno, verificando esto se da por correcto el ligue del proyecto al terreno.

---

<sup>9</sup> Estribos en el Capítulo 4.1.2

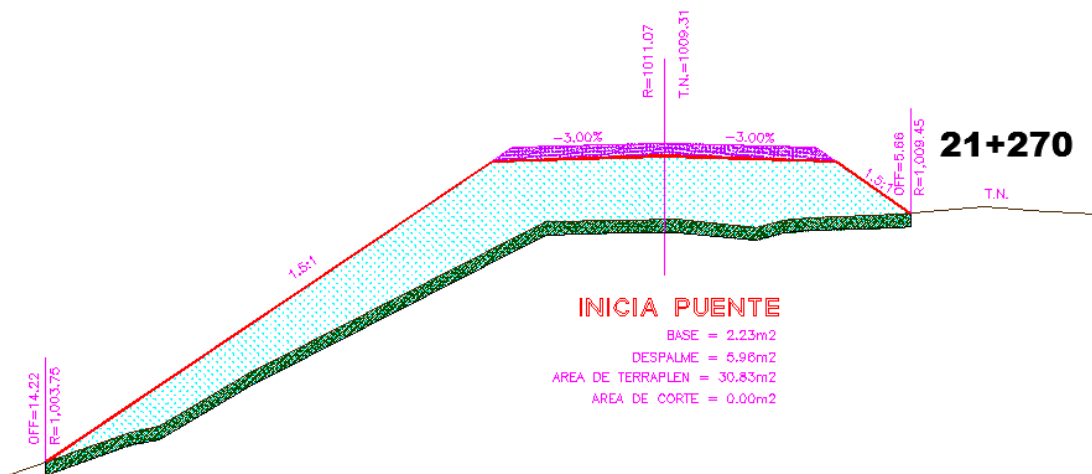
Imagen 3.2-1 Se muestra el Eje del Puente y Estribos, Línea amarilla



Fuente: Propia

Una vez hecho el trazo se verifica que el eje cumpla con las condiciones que en el proyecto se calcularon, revisando posición y ubicación del eje (Ver Imagen 3.2-3), la altura del terreno natural en el eje y por último levantar una sección al inicio y término del eje, para tener una referencia de que el terreno natural no ha sufrido algún cambio, y así conservar la correcta funcionalidad del puente proyectado, como se muestra en las secciones (Ver Imagen 3.2-2 y 3.2-3).

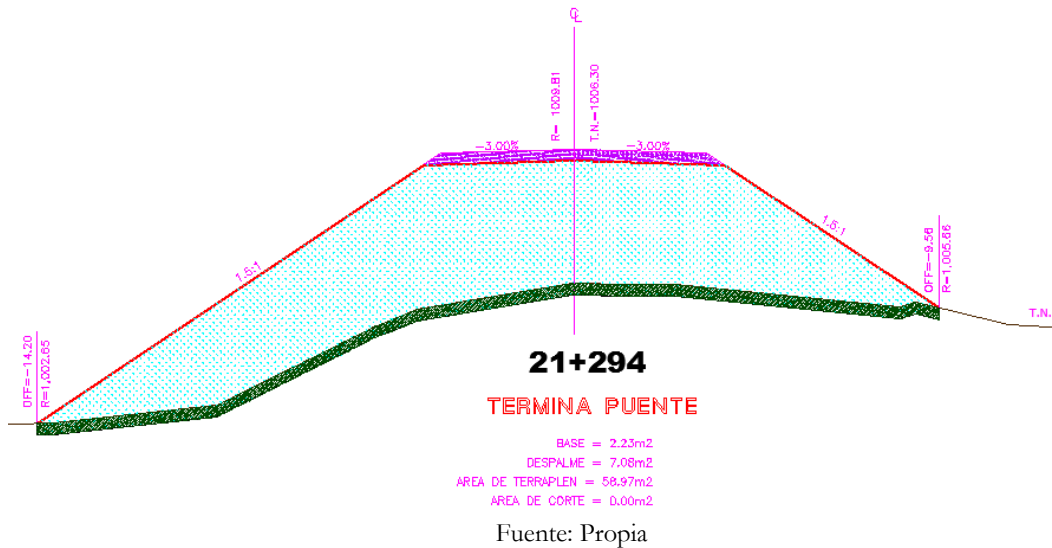
Imagen 3.2-2 En esta sección se muestra, TN y Rasante Terminada de Puente



Fuente: Propia

Es la sección junto al inicio y termino de puente, se observa el TN línea amarilla, Franja verde como el despalme de TN, el sombreado de color cian como el relleno y sus ceros, la sección de color rojo es el nivel de rasante de terracería, el Material Sub-base de color magenta y por ultimo una Losa de concreto, a la misma altura de rasante del puente.

**Imagen 3.2-3 En esta seccion se muestra, termino de puente, TN y Rasante Terminada.**



Verificado el ligue del proyecto al terreno natural gracias a la localización de mojoneras, se continúa con el Replanteo de los estribos del puente, todo respecto al Eje del puente, que en este caso es el mismo que el del camino, ya que como ingenieros topógrafos la revisión de este debe ser muy cuidadoso, ya que se puede encontrar Ejes diferentes para cada elemento del puente, como por ejemplo: un Eje para estribos o cada Estribo, Eje para vigas, Eje para Losa y Eje de camino.

El Primer Replanteo de los Estribos es fundamental antes de comenzar la construcción, esto ayuda a ver la ubicación de cada uno de ellos respecto a la corriente del rio y verificar que se encuentren como lo establece el proyecto.

Otros puntos más específicos serian ver que la posición de los Estribos sea la correcta respecto a la corriente, la distancia entre el cauce y Estribos sea la proyectada, ya que si alguno de los Estribos se encuentra expuesto a la corriente se tendría que hacer una reubicación de estos, el alineamiento y distancia entre estribos se la correcta como marca proyecto.

Replanteado y establecido el trazo de los Estribos es trabajo de los residentes ver que no tengan ningún problema social con la afectación del algún terreno, daño a terceros si es que existiera. (Ver imagen 3.2-4 y 3.2-5)

**Imagen 3.2-4 Replanteo de Estribo 01, Lado Teopisca.**



Fuente: Propia

**Imagen 3.2-5 Se unen los Puntos Replanteados con cal.**



Fuente: Propia

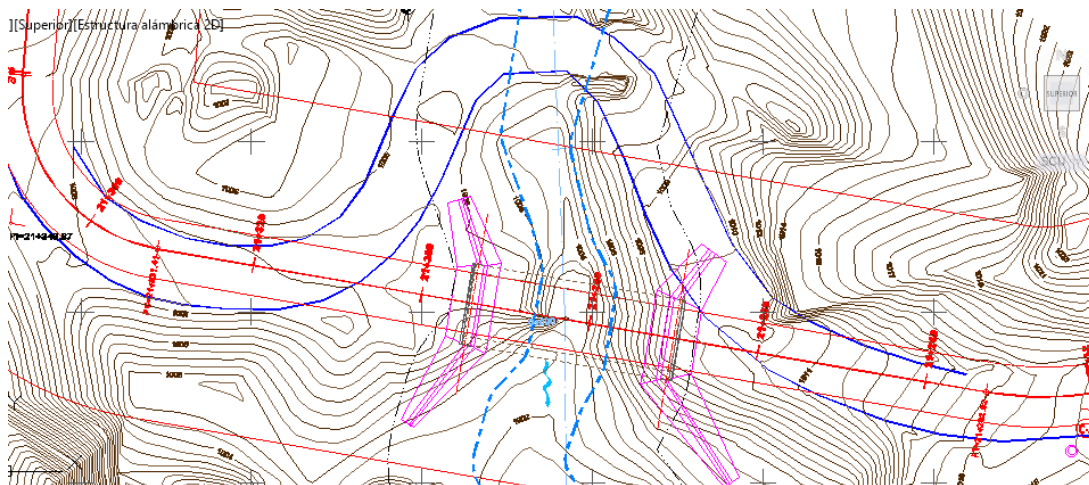


### 3.3. Trazo de Accesos

Existen estudios básicos y criterios que se realizan para el diseño y la construcción de puentes vehiculares, que van de acuerdo a las necesidades de cada tipo de puente, el tipo de terreno donde se construirán y los tipos de materiales con los que se construirán.

Existen estudios básicos los cuales permiten analizar el trazo y diseño vial de los accesos, estos definen las características geométricas y técnicas del tramo de carretera que enlaza el puente en su nueva ubicación con la carretera existente. Para el trazo de los accesos que enlazara al puente, es primordial hacer un trazo preliminar, este va en función obviamente al eje del puente y se hace como establece proyecto, realizándolo con un replanteo en campo. (Ver imagen 3.3-1)

**Imagen 3.3-1 Se observa el Puente, Eje nuevo, accesos y camino existente.**



Fuente: Propia.

De acuerdo a la experiencia profesional es necesario después de hacer el trazo preliminar de los accesos, realizar un seccionamiento de los accesos de entrada y salida, a la distancia que establezca el proyecto. El seccionamiento se realiza de acuerdo al eje replanteado de los accesos, a cada 20m, con un ancho igual o mayor, quedando bajo el criterio del ingeniero topógrafo, esto se hace con el fin de realizar un comparativo entre las secciones de proyecto y las que se obtendrán en campo.

El comparativo se realiza proyectando las rasantes del proyecto en las secciones obtenidas del terreno natural existente, y así saber si los volúmenes de corte o terraplén son los generados en

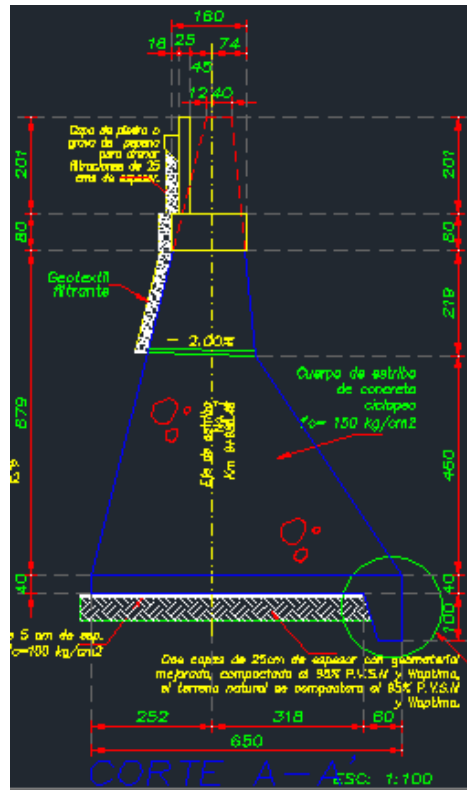




**UNIDAD 4**  
**CONTROL TOPOGRÁFICO DE OBRA CIVIL EN LA**  
**CONSTRUCCIÓN DE PUENTES**

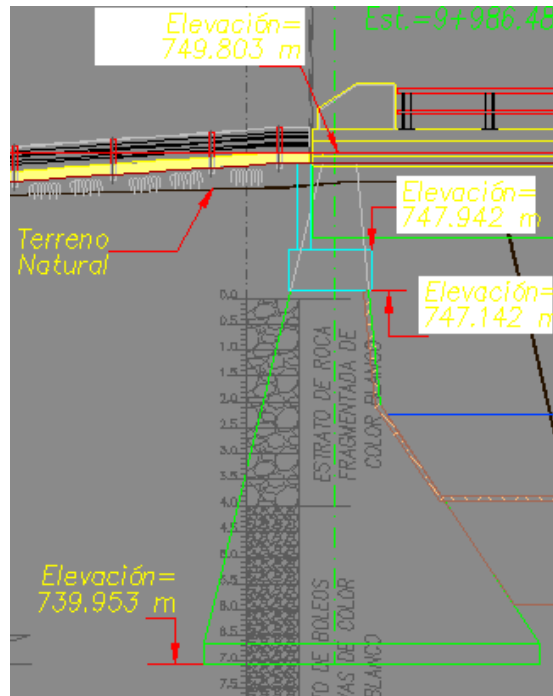


Imagen 4.1.1-2 Subestructura, Aleros, Corona, Topes, Bancos y placas.



Fuente: Propia.

Imagen 4.1.1-3 Perfil de Estribo con Cotas de Elevacion.



Fuente: Propia.

El proceso de trazo y estacado durante la excavación es repetitivo, ya que en el proceso la maquinaria pesada que se utiliza para realizar los trabajos de excavación siempre deshace el trazo y estacado. (Ver imagen 4.1-4)

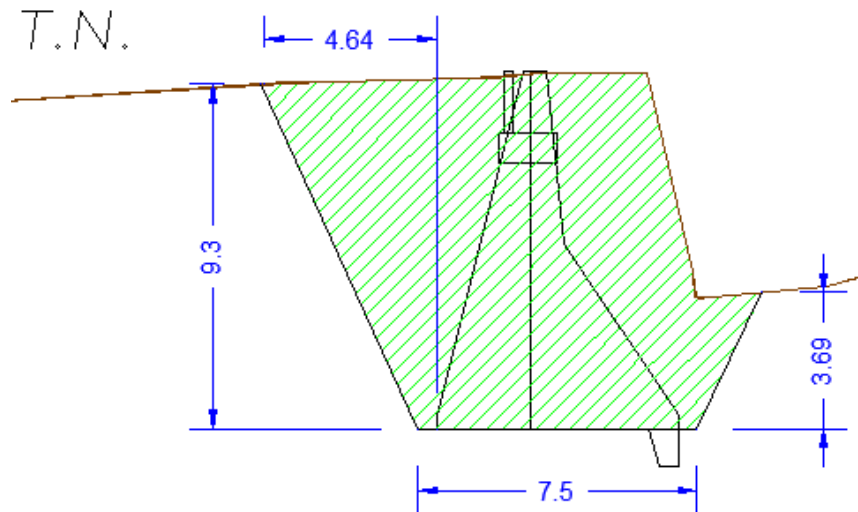
En base a la experiencia profesional es importante tomar en cuenta que durante el estacado, para llegar a la cota de desplante, el ingeniero topógrafo debe tomar muy en cuenta el tipo de material donde se está excavando, porque del tipo de material el ingeniero topógrafo maneja el talud para la excavación, esto en relación a la altura por excavar. De esto dependerá la seguridad de los trabajadores cuando inicien los trabajos de obra civil, para no tener percances de derrumbes. (Ver imagen 4.1-5)

**Imagen 4.1.1-4 Se observa que ha sido alcanzada la cota del piso para Desplante.**



Fuente: Propia.

Imagen 4.1.1-5 La sección de excavación, (observar Talud).

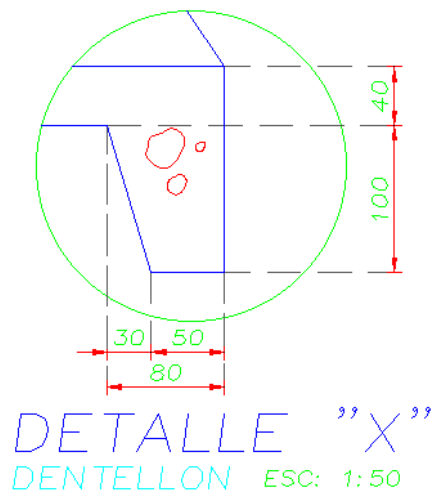


Fuente: Propia.

#### 4.1.2 Dentellón

El Dentellón es una parte importante en la estructura de los Estribos y Aleros, este se ubica en la parte inferior, por todo el frente de la figura, su forma es precisamente como un diente o rectángulo, sus dimensiones varían según el tamaño del puente proyectado. (Ver imagen 4.1-2 círculo verde y 4.1.1-1)

Imagen 4.1.2-1 La sección de Dentellón, según Plano



Fuente: Propia.



En este caso el dentellón es construido a base concreto ciclópeo. La función del Dentellón o Diente es evitar el deslizamiento del Estribo y Aleros. El ingeniero topógrafo deberá trazar el Dentellón una vez que se haya alcanzado la cota de desplante del Estribo y Aleros, se lleva a cabo el estacado de la figura del Dentellón hasta encontrar el nivel de Desplante, comienza su construcción. (Ver imagen 4.1.1-2 y 4.1.1-3)

**Imagen 4.1.2-2 Replanteado el Dentellón y union de Puntos con Cal.**



Fuente: Propia.

**Imagen 4.1.2-3 Se observa construcción del Dentellón, una vez verificada la Excavación por la Topografía.**



Fuente: Propia.

### 4.1.3 Estribo y Aleros

“Son estructuras que sirven de apoyo extremo al puente y que además de soportar la carga de la superestructura, sirven de contención de los terraplenes de acceso y por consiguiente están sometidos al empuje de tierra. Los estribos, como son muros de contención, pueden ser de concreto simple, concreto ciclópeo o concreto armado, etc.”  
(Rodríguez, A. (2014) *Puentes con AASTHO- LRFD*)

La importancia de la topografía es notable durante el trazo de los Estribos y Aleros, una vez terminada la construcción del Dentellón se continua con la construcción de los Estribos y Aleros en su primera etapa o nivel; es indispensable organizarse con los responsables de la obra civil para comenzar con el trazo de los Estribos y Aleros, para trazar ejes longitudinal y transversal, con esto la obra civil queda a cargo del maestro de obra escuadrar medidas según los planos.



En la experiencia adquirida es más eficiente y rápido que el ingeniero topógrafo realice el trazo de los vértices de la figura del Estribo y Aleros, esto hace que el ingeniero topógrafo tenga aún más responsabilidad en el trazo y la nivelación para construcción de estos. (Ver imagen 4.1.2-1)

**Imagen 4.1.3-1 Colocación de cimbra para Desplante de Estribo y Aleros, después de Trazo de Figura y Ejes.**



Fuente: Propia.

Planeada la ejecución de la construcción de los Estribos y Aleros con el ingeniero topógrafo, el manejo de los ejes es totalmente responsabilidad de la topografía ya que en la experiencia profesional como se menciona anteriormente es más eficiente y rápido marcar los puntos sobre puentes de madera, que se utilizan en la construcción de los Estribos y Aleros, es te proceso de construcción es repetitivo hasta alcanzar el nivel terminado de la figura de Estribos y Aleros. (Ver imagen 4.1.2-2 y 4.1.2-3)

**Imagen 4.1.3-2 Uso de puentes de madera para colocacion de puntos y nivel para lineamiento de Estribosy Aleros.**



Fuente: Propia.

**Imagen 4.1.3-3 Replanteo de Puntos y Niveles con Tarjeta Reflectora (Alero Izq).**



Fuente: Propia.



#### 4.1.4 Trazo y Nivelación de Ejes

En una obra, el trazo de los ejes es el proceso de replantear los vértices que definen el lineamiento para obtener las dimensiones del elemento que se construirá según planos del proyecto. El trazo se complementa con la nivelación del mismo; esta nivelación se alcanza marcando la elevación o cota del elemento que se construirá que también se obtiene del plano proyectado. El ingeniero topógrafo al realizar el trazo y nivelación de los ejes deberá tener mucha precaución, precisión en dicho trabajo ya que de esa precisión dependerán el resto de los elementos que se construirán.

#### 4.1.5 Sub-Corona

La Sub-corona es la parte del estribo terminado y donde se alojara la corona, esta se ubica a una altura o cota de elevación determinada por el proyecto; para la construcción a nivel Sub-Corona deberá realizarse el trazo y nivelación del eje transversal con su cota de elevación, con el apoyo de puentes de madera, trazando sobre estos el eje y nivel con Estación Total y tarjeta reflectante para obtener una mayor precisión, rapidez y control, verificado con cinta y colocando cuerdas para ser visible el alineamiento y medidas según los planos del proyecto. De la precisión del trazo y el nivel dependerá la siguiente parte del puente. (Ver imagen 4.2.1-1)

**Imagen 4.1.5-1 Trazo de Ejes Longitudinal y Transversal en Subcorona.**

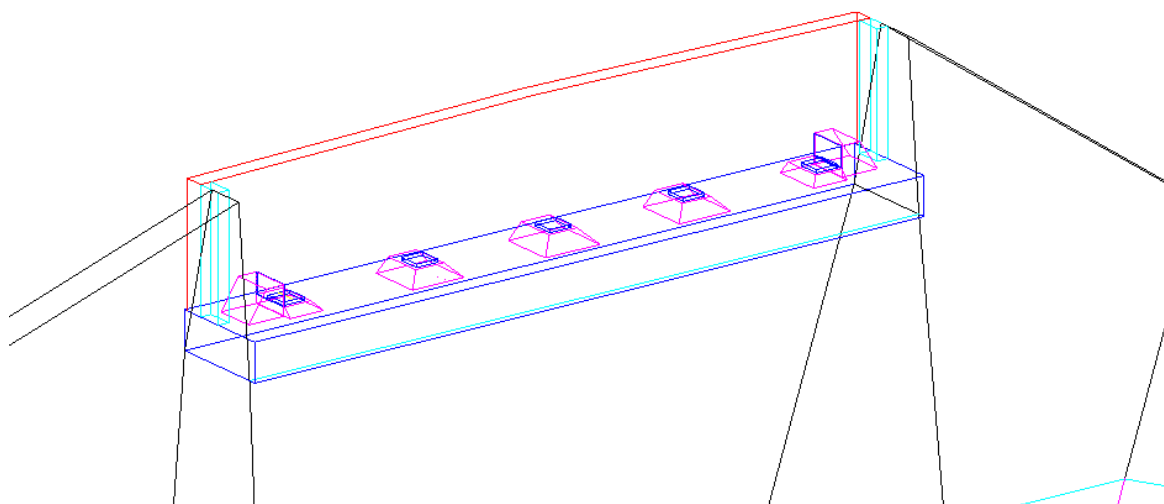


Fuente: Propia.

#### 4.1.6 Corona y Muro de Respaldo.

La corona y el muro de respaldo son los elementos que se ubican sobre la parte terminada del estribo del puente Sub-Corona, la corona se construye de concreto con una resistencia  $f_c = 250\text{kg/cm}^2$  y armado reforzado, con dimensiones que el proyecto establezca. La corona es la encargada de soportar directamente el peso de la superestructura, esto hace que los materiales de la corona deban cumplir con las normas de calidad y resistencia del proyecto. (Ver imagen 4.2.2-1)

**Imagen 4.1.6-1 Corona y Muro de Respaldo.**



Fuente: Propia.

Para el trazo y nivel de la Corona (Azul) y muro de respaldo (Rojo) el ingeniero topógrafo deberá marcar un eje transversal y longitudinal sobre la Subcorona con Estación Total, prisma, clavos de acero, cuerda y pintura; marcar el nivel terminado de cada elemento según proyecto, en las paredes de los aleros con pintura permanente o clavos, utilizando el láser de la Estación Total, tarjeta reflectora, prisma o nivel fijo. (Ver imagen 4.2.2.-2)

**Imagen 4.1.6-2 Trazo y Nivelación de Corona y Muro de Respaldo.**



Fuente: Propia.

Con esto los albañiles realizarán el proceso de construcción de la Corona y Muro de respaldo, colocando los armados, cimbrando y alineando su cimbra. Una vez cimbrando, el ingeniero topógrafo realizará una revisión final de que la cimbra y armado, que estén alineados respecto a su trazo y nivel para comenzar el vaciado del concreto. (Ver imagen 4.2.2-3, 4.2.2-4 y 4.2.2-5)



**Imagen 4.1.6-3 Colocaciion de Armados de Corona y Muro de Respaldo respecto al trazo.**



Fuente: Propia.

**Imagen 4.1.6-4 Cimbrado y colado de Corona, respecto a Trazo y Niveles.**



Fuente: Propia.

**Imagen 4.1.6-5 Cimbrado y colado de Muro de Respaldo, respecto a Trazo y Niveles.**



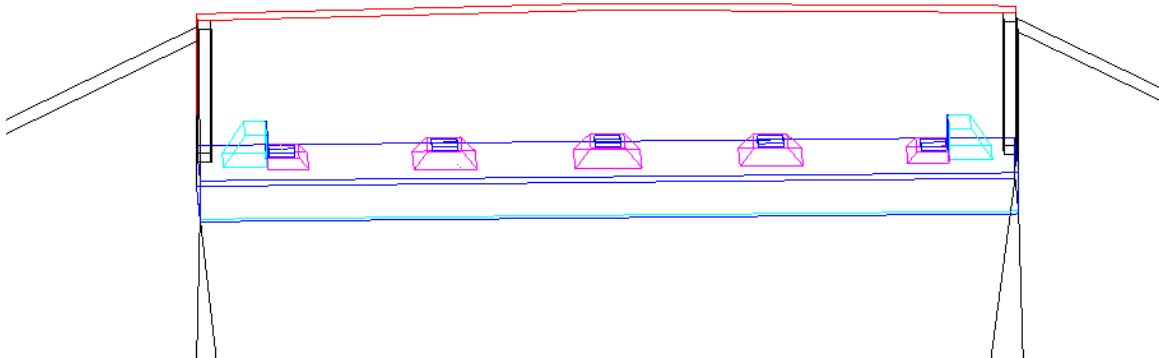
Fuente: Propia.

#### 4.1.7 Bancos y Topes Sísmicos.

Estos elementos son parte de la Corona, los Bancos se localizan en la parte superior de la corona al igual que los topes sísmicos, a diferencia que los topes sísmicos están en los extremos, se construyen de concreto con una resistencia  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y armado reforzado, sus dimensiones varían según el proyecto.

La función de los bancos (magenta) es soportar la superestructura, con aparatos de apoyo de Neopreno; en el caso de los topes sísmicos (cian) como su nombre lo dice, se encargan de servir como tope a la superestructura. (Ver imagen 4.2.3-1)

**Imagen 4.1.7-1 Se muestran Bancos y Topes Sísmicos se Planos.**



Fuente: Propia.

En el trazo de los bancos y topes sísmicos el ingeniero topógrafo hizo un previo trazo de estos cuando se colocó el armado de la corona, ya que el armado de los bancos y topes sísmicos se colocan junto con el armado de la corona.

El ingeniero topógrafo deberá realizar nuevamente el trazo de un eje transversal y eje longitudinal para cada uno de los bancos y topes sísmicos, todo esto para colocar la cimbra de cada uno de los elementos y marcar el nivel terminado de cada banco y tope sísmico, que por lo general su cota de elevación es variable entre ellos, puede marcarse en las paredes de los aleros y muro de respaldo con pintura permanente o clavos, utilizando el láser de la estación total, tarjeta reflectora, prisma o nivel fijo. (Ver imagen 4.2.3.-2)

**Imagen 4.1.7-2 Trazo y Nivelación para Construccios de Bancos y Topes Sísmicos.**



Fuente: Propia.



#### 4.1.8 Neoprenos<sup>10</sup>

##### 4.1.8.1 Historia

En el siglo XX aparece el concreto armado; pero lo mismo que para las estructuras en albañilería, las primeras obras que usan éste material resultan demasiado masivas para que los movimientos en los apoyos sean significativos.

Al fin de la segunda guerra mundial, la necesidad de reconstruir rápidamente las obras destruidas además seguramente de la escasez de acero de construcción, favorecieron un desarrollo rápido del concreto armado y sobre todo del concreto preesforzado. La construcción de obras más y más esbeltas necesitaba la colocación de dispositivos de apoyo que permitan los movimientos. Es así que hacen su aparición en el mercado sistemas de concepción enteramente nuevos utilizando las propiedades de deformabilidad del caucho.

El uso de este material en la Ingeniería Civil no es nuevo puesto que desde 1830 los ferrocarriles Ingleses colocaron patines amortiguadores en caucho natural entre los rieles y traviesas de las vías férreas. Los Ferrocarriles franceses retoman la idea un siglo más tarde primero en 1932 cuando "Plots" elásticos se colocan bajo los apoyos metálicos de determinadas obras para amortiguar las vibraciones.

En 1936 cuando el Ingeniero Valette preconiza el empleo de placas de caucho como apoyos, bajo el tablero metálico de una obra ferroviaria en la Estación San Denis cerca de París y en fin en 1948 cuando la SNCF (Societe Nationale des Chemis de Fer) decide apoyar los rieles de algunas vías sobre "Soleras elásticas".

Es a Eugene FREYSSINET, a quien se le ocurre la idea magistral de generalizar el empleo de placas de caucho como aparatos de apoyo, asociando el metal y el elastómero en un mismo producto a fin de mejorar las performances.

---

<sup>10</sup> *Diseño de puentes AASHTO*. Recuperado el 18 de Marzo de 2018, de <https://civilgeeks.com/2014/06/25/libro-de-diseno-de-puentes-aashto/>

A partir de 1952 se fabrican los primeros apoyos constituidos por hojas de elastómeros y napas en parrilla metálica de estaño por FREYSSINET INTERNACIONAL que en aquella época se llamaba STUP. Una primera patente se registró en 1954 por Eugene FREYSSINET, pero muy pronto se evidenció que los apoyos en emparrillado (malla) son de empleo limitado por una demasiada débil resistencia a la compresión y un asentamiento demasiado importante.

Por eso desde 1956 esos apoyos se abandonaron y el emparrillado metálico es reemplazado por láminas de acero adheridas al caucho por vulcanización: (zunchos). Habían nacido los primeros aparatos de apoyo en elastómero zunchado.

A pedido de FREYSSINET INTERNATIONAL, Francisco Conersy concibió un método de dimensionamiento que fue presentado en 1958 ante el Comité Francés de Puentes y Estructuras y que se confirmó por una serie de ensayos llevados a cabo bajo la égida de la Unión Internacional de los Ferrocarriles (U.I.C.) entre 1961 y 1965. Esta teoría sirvió de base a la mayor parte de los reglamentos nacionales. (Ver imagen 4.2.4-1)

#### **Imagen 4.2.3-2 Aparatos de apoyos en Puentes, Neoprenos.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

Al mismo tiempo la industrialización del proceso de fabricación concurrió a la mejora rápida del producto que no cesó desde entonces de desarrollarse, sea gracias a la aparición de nuevas mezclas de elastómeros que permiten el uso de los apoyos en condiciones climáticas particulares, o por el empleo de zunchos en acero inoxidable para resistir la corrosión en medios agresivos, sea por la asociación de un elastómero zunchado con hojas de deslizamiento en polytetrafluoretileno (P.T.F.E.) para permitir movimientos importantes.

#### 4.1.8.2 Las Funciones de los Neoprenos

Todas las estructuras son objetos de solicitaciones y de movimientos que varían en el espacio y en el tiempo algunos de los cuales dependen de las características propias de los materiales usados.

- Cargas exteriores, permanentes o variables.
- Variaciones de temperatura y humedad.
- Fluencia y retracción.
- Fatiga.
- Efectos dinámicos: Frenado, cabeceo, fuerza centrífuga, choques, etc.

Otras causas exteriores de movimiento deben eventualmente tenerse en cuenta tales como:

- Asentamiento del suelo de fundación.
- Sismos.
- Movilidad de determinados elementos de estructuras como por ejemplo en los puentes que giran o levadizos. Salvo que se introduzcan en las estructuras esfuerzos cuyas consecuencias podrían ser dañinas, los desplazamientos y rotaciones que resultan de solicitaciones deben posibilitarse con un mínimo de sujeciones.

El rol de un aparato de apoyo, colocado en la unión entre una estructura y su soporte, es permitir dentro de ciertos límites y bajo ciertas condiciones:

- La transmisión de esfuerzos.
- La libertad de los desplazamientos y rotaciones al mismo tiempo que garantizar la estabilidad de conjunto.

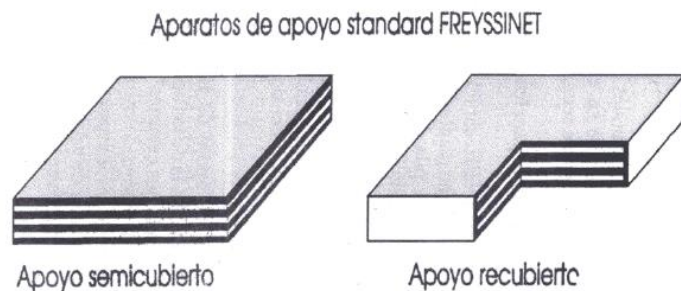
También nos sirven para transmitir a la infraestructura las reacciones verticales y horizontales producidas por las diferentes acciones y solicitaciones. Debiendo responder lo más fielmente posible a las condiciones de vinculación establecidas en las hipótesis de cálculo.

En función de la magnitud de las luces de los vanos y de los materiales se emplean apoyos desde simples chapa sobre chapa metálica hasta complicados y sofisticados aparatos de apoyo. Pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a) Fijos, que permiten rotación pero no desplazamiento.
- b) Móviles, que permiten desplazamiento y rotación.

c) Mixtos, constituidos por placas de plomo o similares o mejor los apoyos de goma llamados de neopreno y los más modernos denominados de neoflón de gran aplicación en la actualidad por las múltiples ventajas que ofrecen en relación a otras soluciones. (Ver imagen 4.2.4.2-1)

**Imagen 4.1.8.2-1 Aparatos de apoyos en Puentes, Semicubierto y Recubierto Neoprenos.**



Fuente: Diseño de Puentes AASHTO.

Los Neoprenos se ubican en la parte superior de cada banco de ambos estribos, es importante definir con el residente de la obra la colocación de los Neoprenos fijos y móviles, los Neoprenos móviles son de mayor espesor. (Ver imagen 4.2.4.2-2)

Son colocados una vez terminados los bancos de los estribos, para la colocación es necesario que el ingeniero topógrafo realice trazo de eje transversal y longitudinal en cada banco, marcando los ejes con plumón. Para después ser colocados y posteriormente colocar la Superestructura.

**Imagen 4.1.8.2-2 Colocacion de Placas de Neoprenos respecto a trazo.**



Fuente: Propia.

#### 4.1.9 Superestructura.<sup>11</sup>

##### Imagen 4.1.9-1 Superestructura metálica y Tablero de Concreto Armado.



Fuente: Propia.

Compuesta de tablero y estructura portante.

*El tablero*, está formado por la losa de concreto, enmaderado o piso metálico, el mismo descansa sobre las vigas principales en forma directa o a través de largueros y viguetas transversales, siendo el elemento que soporta directamente las cargas.

Estructura portante o estructura principal, es el elemento resistente principal del puente, en un puente colgante sería el cable, en un puente en arco sería el anillo que forma el arco, etc. También son parte de esta las vigas, diafragmas, aceras, postes, pasamanos, capa de rodadura, en el caso de puentes para ferrocarriles se tuviera las rieles y los durmientes.

---

<sup>11</sup> Rodríguez, A. (2014) *Puentes con AASTHO- LRFD 2014*, (7ª. Edición). Perú. Ediciones Prometeo Desencadenado. Recuperado el 30 de marzo de 2018, de <https://tips-civil.blogspot.com/2018/03/puentes-con-aashto-lrfd-2014-ing-arturo.html>

Los elementos intermedios y/o auxiliares son los que sirven de unión entre los nombrados anteriormente, varían con la clase de puente, siendo los principales: dispositivos de apoyo, péndola, rotulas, vigas de rigidez, etc. y que en cada caso particular podría existir o no.

Materiales empleados en la construcción de puentes.

Para las fundaciones. Se pueden emplear:

- Hormigón Simple
- Hormigón Armado
- Hormigón Ciclópeo
- Mampostería de piedra
- Mampostería de ladrillo

Es muy común que estos elementos sean ejecutados sobre pilotes debido a los grandes pesos que estos soportan y teniendo en cuenta que no siempre las condiciones del terreno serán las más óptimas.

En caso de tener obras temporales estas se podrán construir con madera y / o placas metálicas.

Para la superestructura. Se pueden emplear:

- Hormigón Armado.
- Hormigón Pretensado o Postensado
- Acero
- Madera

También se puede usar las combinaciones de estos y otros materiales. Se pueden emplear:

- Cartón asfáltico
- Plomo
- Acero
- Neopreno
- Neoflón



#### 4.1.10. Trazo de Ejes para Colocación de Vigas Metálicas.

En esta última etapa en la construcción del puente de vigas metálicas el ingeniero Topógrafo debe tener la mayor precisión posible para el trazo, en esta etapa los bancos de cada estribo deben estar correctamente trazados y sobre todo muy bien nivelados.

El Ingeniero Topógrafo antes de hacer el trazo definitivo, debe verificar ciertas medidas, como las de banco a banco para corroborar que la distancia entre ellos de centro a centro sea la correcta, después de esto, debe checar que la distancia del centro de cada banco al Muro Respaldo terminado sea la que marca el plano, esta última revisión al Muro de Respaldo se hace para ver si no habrá necesidad de un corte en las Vigas o dejarlas más largas, las Vigas por lo general se fabrican según los planos, pero se recomienda dejar un excedente a cada extremo en cada una de las Vigas por si hubiera algún detalle en la distancia del centro del banco al Muro de Respaldo, y por ultimo verificar el largo de la Viga según los planos, se recomienda tomar la medida del centro de la Viga a los extremos, considerando el excedente de fabricación. (Ver Imagen 4.3.1-1)

**Imagen 4.1.10-1 Trazo de Eje Longitudinal de Banco a Banco.**



Fuente: Propia.

#### 4.1.11. Replanteo de Eje para Tablero o Losa.

“El *tablero o losa*, está formado por la losa de concreto, cimbrado o piso metálico, el mismo descansa sobre las vigas principales en forma directa o a través de largueros y viguetas transversales, siendo el elemento que soporta directamente las cargas”. (*Diseño de Puentes AASHTO. (s.f.). 1.4.2 Superestructura. P.1-10*)

Haciendo mención de los ejes, no siempre se maneja un eje para todas las partes del Puente, hay ocasiones donde se maneja un eje para cimentación, Corona, Vigas, Tablero y Camino.

El Replanteo del Eje del Tablero o Losa, es muy sencillo, se realiza un punto a cada extremo o si es un tablero en curva o con bombeo, será mejor replantear a cada 2 metros o según sea la dificultad de la curva. Se deberá verificar el alineamiento con los accesos de entrada y salida. (Ver 3.3 Trazo de Accesos)

**Imagen 4.1.11-1 Replanteo de Eje para Armado de Losa.**



Fuente: Propia.



#### 4.2. Puente San Cristóbal de las Casas<sup>12</sup>

**Imagen 4.2.-1 Puente San Cristóbal de las Casas.**



Fuente: Archivo.

La principal vía de comunicación entre las poblaciones de Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de las Casas ha sido la carretera federal 190, con una longitud aproximada de 83 kilómetros, y un estimado de 100 minutos su recorrido; esto sin contar algún imprevisto como lluvia, granizo o problemas de visibilidad por niebla.

Esta carretera tiene tramos en los que la circulación es muy difícil; grandes pendientes, curvas peligrosas, tráfico pesado, entre otros factores que hacen que esta carretera de dos carriles sea riesgosa para los usuarios.

Por lo anterior, se planteó la necesidad de construir una carretera que permitiera unir ambas comunidades de manera segura y rápida; entonces surgió el proyecto de la carretera Tuxtla Gutiérrez – San Cristóbal de las Casas. El proyecto de esta carretera indica que su tiempo de recorrido será de 40 minutos y que brindaría una seguridad mucho mayor que la carretera que operaba.

---

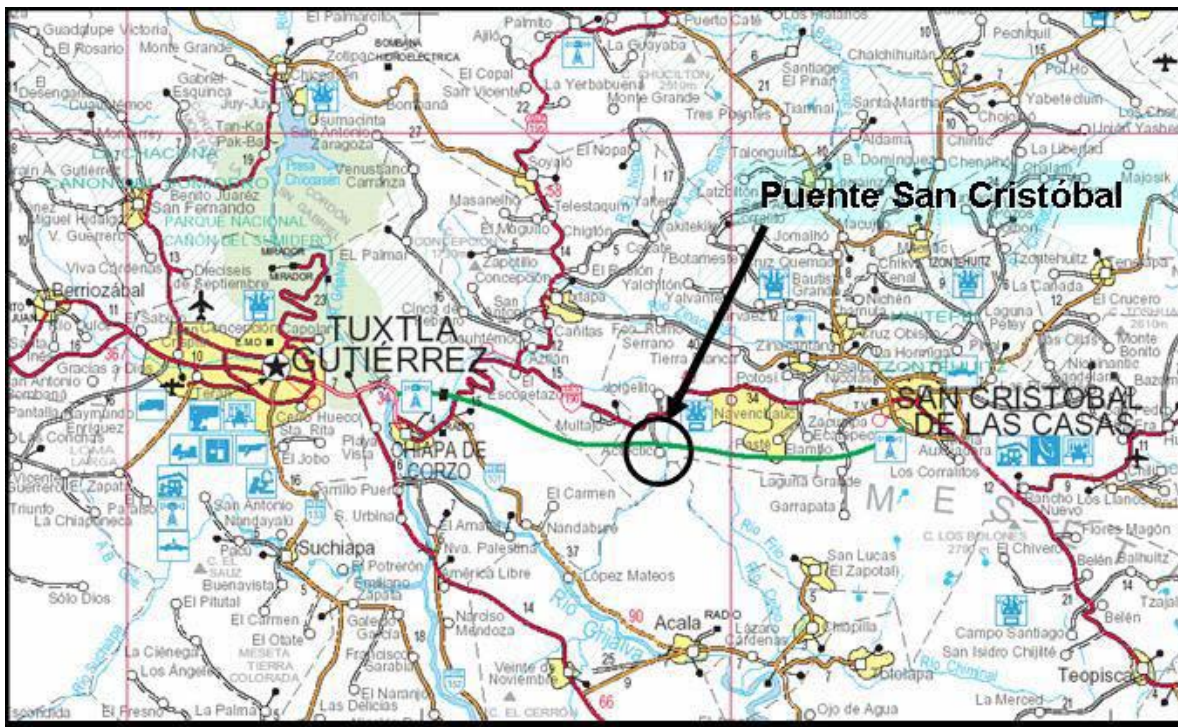
<sup>12</sup> Revisión de lanzamiento de Superestructura de un Puente Mixto en curva horizontal y de pendiente Vertical, (2004).

La carretera fue construida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y el Gobierno del Estado y será controlada por Caminos y Puentes Federales (CAPUFE). Parte importante de este proyecto es el Puente San Cristóbal (Imagen 4.4-1), cuyo objetivo es cruzar la profunda barranca del arroyo Centic. El puente fue construido por el método de lanzamiento por incrementos sucesivos.

#### 4.2.1 Características Generales

El objetivo del puente es cruzar la barranca del arroyo Centic, en el Estado de Chiapas, formando parte de la carretera Tuxtla Gutiérrez–San Cristóbal de las Casas. (Imagen 4.4.1-1)

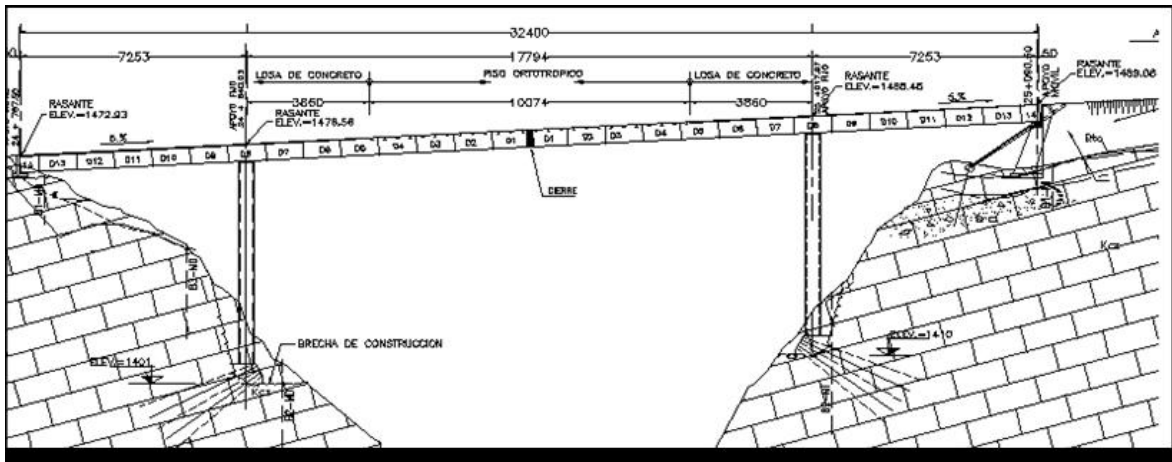
Imagen 4.2.1-1 Croquis de Puente SCLC



Fuente: Archivo.

El puente de 324 m de longitud consta de tres claros, dos laterales o extremos de 72.53 metros y un claro central de 177.94 metros de longitud sobre el eje del camino (Imagen 4.4.1-2).

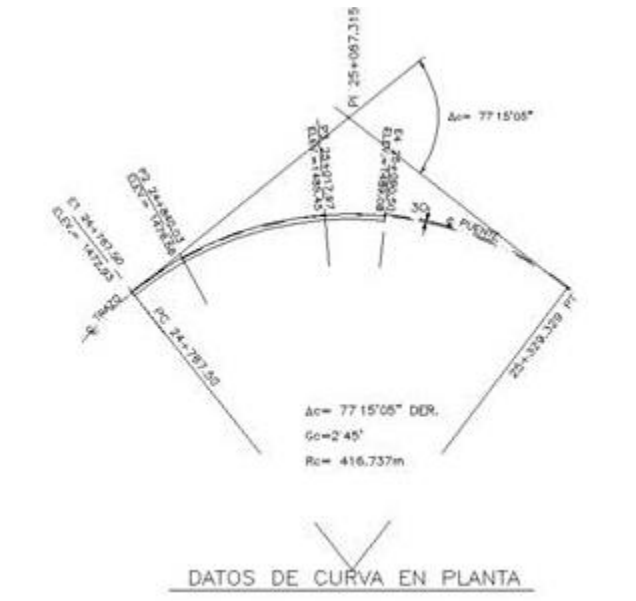
Imagen 4.2.1-2 Alineamiento Vertical del Puente



Fuente: Archivo.

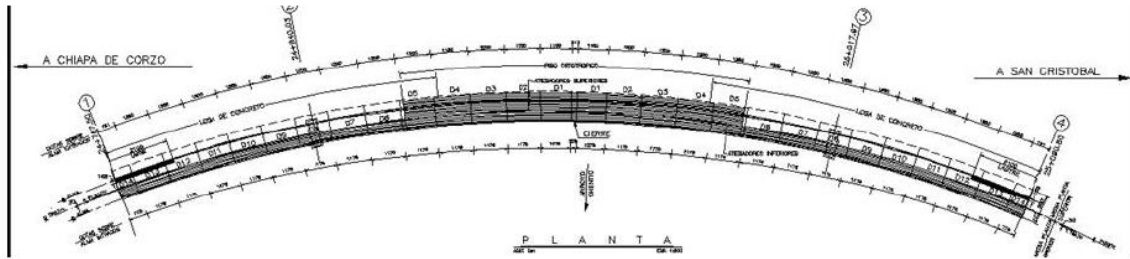
En el alineamiento horizontal, el puente reencuentra en una curva circular, mientras que en el alineamiento vertical se presenta con una pendiente de +5% en dirección San Cristóbal (Imagen 4.4.1-3 y 4.4.1-4).

Imagen 4.2.1-3 Datos de la Curva en Planta



Fuente: Archivo.

**Imagen 4.2.1-4 Planta del Puente SCLC**



Fuente: Archivo.

#### 4.2.2 Monitoreo Topográfico Teórico

El monitoreo topográfico tiene dos objetivos principales, primero, asegurar que, durante la etapa de empujado, el movimiento de la superestructura siga la ruta establecida desde los apoyos en el patio de empujado hasta su posición final para condiciones de servicio; segundo, asegurar que las deformaciones de la superestructura no sean excesivas.

Para que el monitoreo fuera el adecuado, fue necesario seguir dos líneas de estudio, una teórica y otra de campo.

Para el monitoreo teórico fue importante cumplir con dos objetivos: generar información de posición de los puntos que forman la curva, y generar un modelo gráfico que permitiera ubicar a la estructura en un contexto tridimensional manipulable. Se buscó que el modelo fuera manipulable para facilitar la supervisión y tener varias vistas a la vez.

Para cumplir tanto con los objetivos principales del monitoreo topográfico como con los objetivos particulares del monitoreo teórico, se decidió elaborar una maqueta electrónica tridimensional, empleando software de manejo y accesibilidad sencilla. Para ello fue necesario obtener las coordenadas de los puntos que componen la estructura para posteriormente generar un modelo tridimensional a base de líneas.

Para determinar las coordenadas del modelo se siguieron cinco pasos:

1. Determinar las propiedades de las curvas base y las pendientes.
2. Determinar de la longitud de las curvas base.
3. Determinar las coordenadas de las curvas base que corresponden al puente.
4. Determinar los puntos de inicio y final de cada dovela en posición final.
5. Determinar los puntos de ubicación de cada contra venteo en posición final.

Gran parte de las propiedades de las curvas se establecieron con base en el proyecto geométrico del camino. Las principales propiedades de las curvas base que resultaron significativas para el estudio son: punto de principio de la curva (PC), punto de intersección de las tangentes (PI), punto del principio de la tangente (PT), radios de curvatura (eje de trazo, eje de puente, extradós e intradós), ángulo de deflexión ( $\Delta c$ ) y Grados de Curvatura (GC). A continuación se muestra un resumen de las propiedades antes mencionadas.

A partir del análisis de curvas y pendientes se elaboraron dos tablas de datos, una para cada caso de estudio, con la siguiente estructura. (Imagen 4.4.2-1)

**Imagen 4.2.2-1 Estructura de Tabla para Monitoreo Topográfico Teórico**

Ángulo (°)	Posición X (m)	Posición Y (m)	Posición Z (m)	Longitud (m)

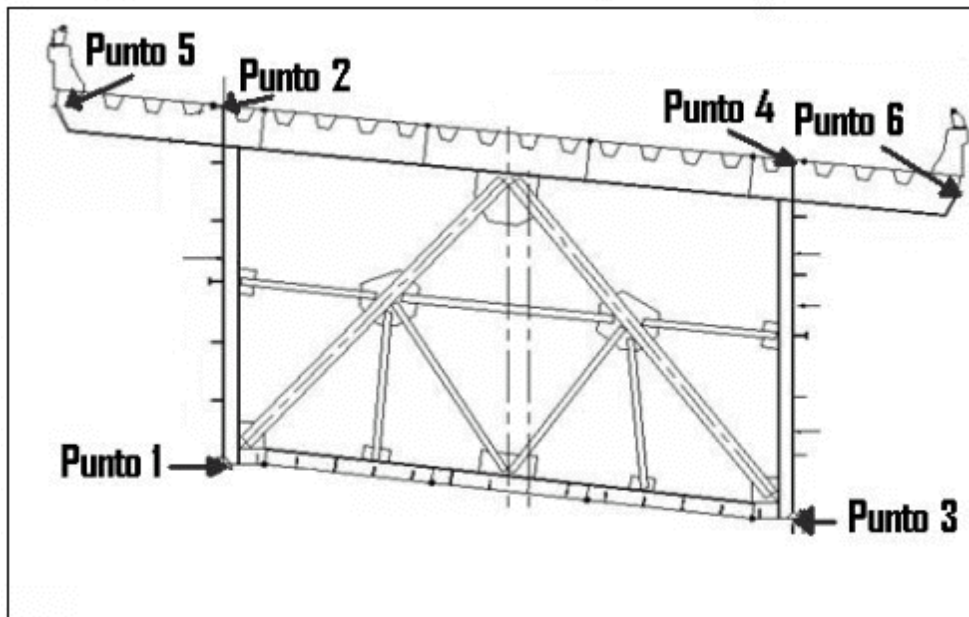
Fuente: Archivo.

Esta estructura permite barrer el ángulo que se forma con la curva de la superestructura, obtener y fácilmente acceder las coordenadas y verificar el punto mediante la longitud de avance.

Ahora bien, para realizar una maqueta que permitiera un mejor control visual de la ruta de la superestructura, fue necesario seleccionar puntos representativos de la sección transversal, cuya ruta sería trazada para elaborar la maqueta. Estos puntos se muestran en la Imagen 4.4.2-2.



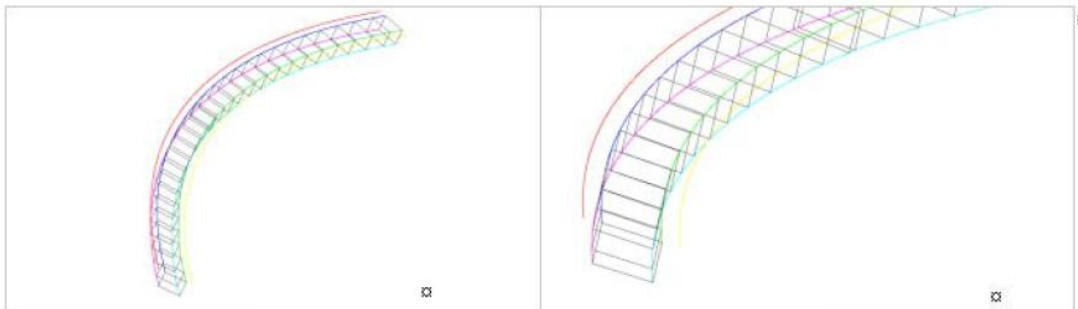
**Imagen 4.2.2-2 Puntos de Trazo para la Maqueta Electrónica**



Fuente: Archivo.

Con las coordenadas obtenidas a partir del análisis de dichos puntos, fue posible elaborar la maqueta electrónica. Partes de esta maqueta se muestran en la imagen 4.4.2-3.

**Imagen 4.2.2-3 Puntos de Trazo para la Maqueta Electrónica**



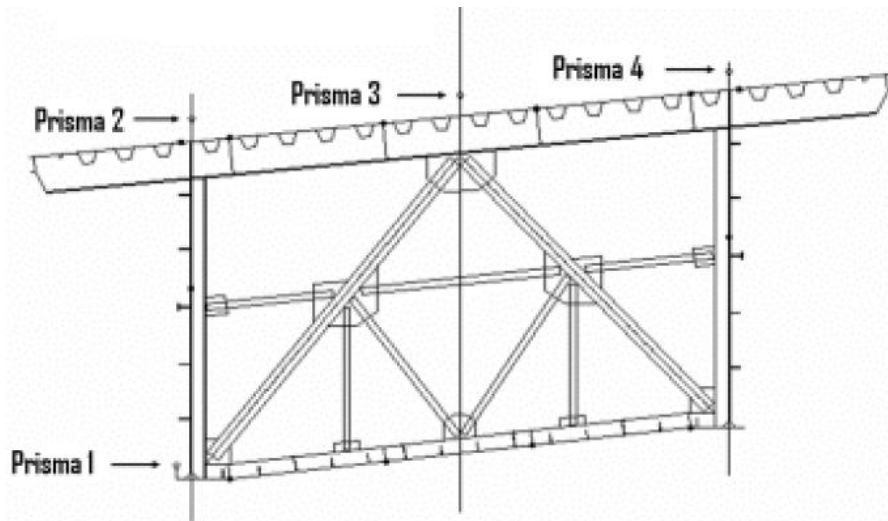
Fuente: Archivo.

### 4.2.3 Monitoreo Topográfico de Campo

El monitoreo en campo consiste en supervisar la trayectoria en planta que sigue la superestructura durante el proceso de empujado y verificar las flechas que se presentan durante este proceso. Mediante las coordenadas que se obtuvieron con el monitoreo topográfico teórico, se obtuvo una serie de rutas que se debían cumplir para que la trayectoria que estuviera siguiendo la superestructura fuera la correcta. También se llevó a cabo un monitoreo de las deformaciones en pilas.

Para realizar el monitoreo en campo, se ha utilizado una estación total y seis prismas. Los prismas se han colocados en puntos considerados de importancia para garantizar que la estructura no se encuentra enviada respecto a la trayectoria inicialmente proyectada. La disposición de cuatro de los prismas se muestra en la Imagen 4.4.3-1.

**Imagen 4.2.3-1 Puntos de Trazo para la Maqueta Electrónica**



Fuente: Archivo.

La importancia del prisma 1 es la de garantizar que el alma descansa adecuadamente en los bancos de apoyo, y posteriormente en el cabezal de la pila. Mediante los prismas 2 y 4 se asegura que la estructura no esté sufriendo graves efectos de torsión la estructura; y el prisma 3, además de funcionar como confirmación de que las lecturas de los prismas anteriores son

correctas, también sirven para el control de elevaciones de la superestructura. Los prismas 5 y 6 de la pila se utilizan para hacer un seguimiento de las deflexiones horizontales.

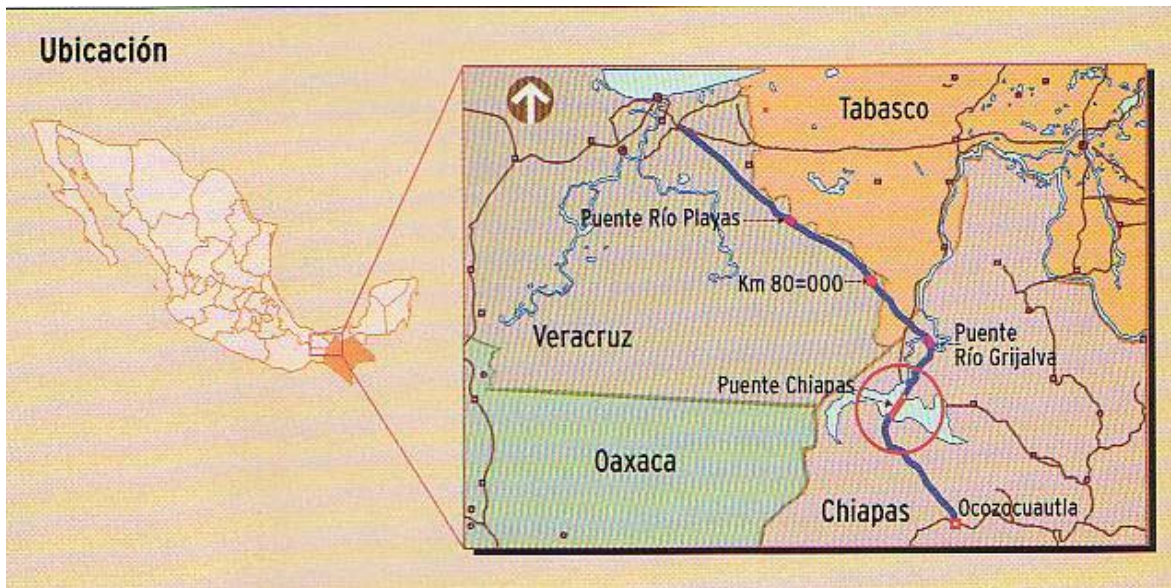
La estación total mediante un software propio y otro instalado en una computadora portátil traduce las lecturas en coordenadas, mismas que se pudieron capturar para el control geométrico. Durante el proceso de empujado, no se detectaron mayores problemas en cuanto a la trayectoria que sigue la estructura durante el proceso de empujado hacia su posición final de descanso.

### 4.3 Puente Chiapas

#### 4.3.1 Localización

Este puente se encuentra ubicado en el embalse de la presa Netzahualcóyotl, conocida también como Malpaso, en el estado de Chiapas y forma parte del tramo Raudales - Ocozocoautla, de la autopista Las Choapas –Raudales - Ocozocoautla.

**Imagen 4.3.1-1 Macro-Localización**



Fuente: Archivo.



### Imagen 4.3.1-2 Micro-Localización



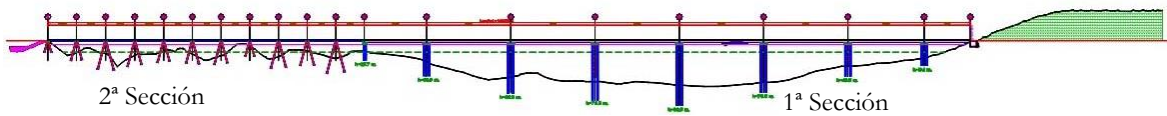
Fuente: Archivo.

#### 4.3.2 Descripción General

El puente Chiapas tiene una longitud de 1,838.77 m, está constituido primordialmente por dos secciones, la primera sección tiene un desarrollo de 1,208.00 m. y descansa sobre Pilas de acero o “Jackets”. La segunda sección tiene una distancia de 630.77 m. y se apoya sobre pilotes inclinados de acero y rellenos con concreto armado.

El puente consta de un ancho de calzada de 10m, y para su construcción se requirieron aproximadamente 18,000 ton de acero, 19,850 m<sup>3</sup> y más de 150 Km. de soldadura. La primera sección está formada por 102 dovelas metálicas las cuales tienen 6 m de ancho por 5.50 m de alto.

Imagen 4.3.2-1 Perfil Ejecutivo



Fuente: Archivo.

La subestructura es a base de un estribo 7 jackets y un apoyo común tipo caballete. Las 7 pilas tienen alturas variables de 24 a 87 m. Se unen entre sí por contraventeos horizontales y verticales; formados por tubos de 30" de diámetro y espesores variables. La pila más alta (Nº 5) tiene un peso aprox. de 1,150 ton. El peso total de la subestructura es de 5,700 ton.

Imagen 4.3.2-2 Subestructura de 7 Jackets



Fuente: Archivo.

### 4.3.3 Razones Técnicas del Diseño

Debido a la compleja topografía de la zona sur-oeste del país, el estado de Chiapas era un estado que estaba alejado del centro económicamente, por la falta de infraestructura carretera que hiciera más rápido el movimiento de los productos generados en el estado así como el ingreso de recursos o productos al mismo.

Una vez hecho todos los estudios de campo, se formularon alternativas posibles las cuales se valoraron física y económicamente. De la valuación física resultó que para hacer más recta la carretera había la necesidad de construir un puente que cruzara el vaso de la presa Malpaso, de aquí surgió la valuación económica ya que implicaba un gasto mayor en infraestructura anexa al

proyecto, porque se tenía que llevar la carretera hasta el inicio del puente y ese recorrido se tenía que hacer prácticamente nuevo, pero el proyecto cumplía con las expectativas de hacer lo más recto el trayecto.

Una vez que se decidió la construcción del puente, se tenía el problema de qué tipo de puente escoger. Aquí se tenían varias alternativas de acuerdo a las experiencias que había en el pasado, como lo eran Puentes Colgantes y Puentes Atirantados. Se hicieron las valuaciones de dichos puentes junto con el Puente Empujado, se llegó a la conclusión por costo y no tanto por estructura o estética, que lo más viable para construir era el Puente Empujado. Por el proceso constructivo del Puente Empujado, obligó a reducir el número de carriles a dos, uno de ida y otro de venida.

#### 4.3.4 Proceso Constructivo

##### 4.3.4.1 Botado de los Jackets

La pila en el plano horizontal de los tubos de acero es desplazada por medio de gatos hidráulicos (120 Ton. de capacidad.) de empuje en ciclos de 25 cm. En el plano inclinado de los tubos de acero, desciende sostenida con los gatos Tragatorón, de 800 ton, de capacidad seguirá hasta que la estructura flote por sí misma.

**Imagen 4.3.4-1 Botado de Jackets**



Fuente: Archivo.

#### 4.3.4.2 Transporte de los Jackets

Para remolcar las pilas al eje del puente después del botado, se utilizó un remolcador de 600 Caballos de fuerza. Se realizó una batimetría en el embalse para definir el canal de navegación, el cual sigue el cauce probable del antiguo Río Grijalva. Se colocaron boyas para marcar el canal de navegación. El tiempo de traslado fue de 4 horas.

**Imagen 4.3.4-2 Transporte de Jackets**



Fuente: Archivo.



#### 4.3.4.3 Superestructura: Patio de Fabricación.

Se excavó debajo de la rasante del camino para construir un cajón con paredes y piso de concreto, con 375 m de longitud, 6 m de profundidad y 10 m de ancho. En la losa de fondo del cajón, se desplantaron dos traveses de concreto presforzado que servirán de apoyo para la superestructura durante su armado. Las dos vigas constituyen el apoyo del dispositivo denominado mordazas, en las que se fijan los gatos de empuje que desplazarán el tren de dovelas, con carrera de 50 cm.

**Imagen 4.3.4-3 Patio de Fabricación**



Fuente: Archivo.

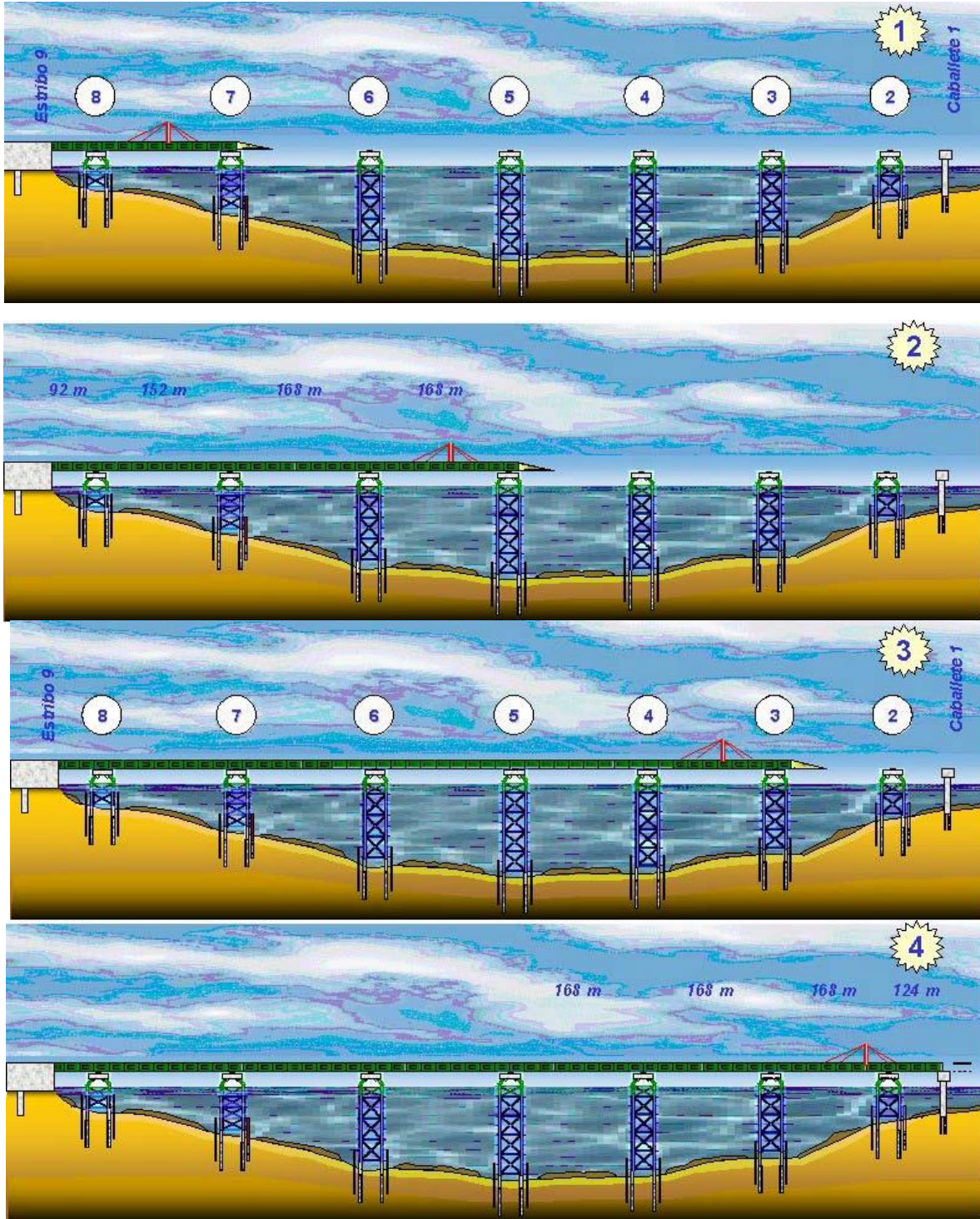
**Imagen 4.3.4-4 Patio de Fabricación**



Fuente: Archivo.

4.3.4.4 Proceso de Empujado

Imagen 4.3.4-5 Empujado



Fuente: Archivo.



Equipo para empujado de la superestructura, compuesto por 4 gatos hidráulicos de 800 ton. c/u y 2 pares de “mordazas”.

#### **Imagen 4.3.4-6 Gatos Hidráulicos**



Fuente: Archivo.

#### **4.3.4.5 Proceso Topográfico**

La batimetría es la ciencia que mide las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar, actualmente las mediciones son realizadas por GPS diferencial para una posición exacta, y con sonares hidrográficos mono o multihaz para determinar la profundidad exacta, todo ello se va procesando en una computadora de a bordo para confeccionar la carta batimétrica (CONANP, 2006).

La topografía en la construcción del puente Chiapas fue clave, desde los estudios de anteproyecto, hasta la ejecución y termino de la obra, en este caso con el apoyo principal de la batimetría para realizar los estudios del embalse.

La topografía se llevó a cabo con equipo convencional, estación total y GPS, la topografía realizo trabajos de accesos de entrada y salida del puente, uno de los accesos sirvió como patio de fabricación de la superestructura, dentro de este la topografía se encargó de alinear y nivelar

perfectamente el patio y ubicar los gatos hidráulicos del sistema de empujado para la superestructura. (Ver imagen 4.3.4-4)

En la fabricación de la superestructura la topografía también estuvo presente durante la construcción de las dovelas, ya que se llevó un estricto control dimensional de la geometría, dimensiones de cada pieza, control de desplomes, evaluación de posibles deslizamientos y ubicación de diafragmas.

En el patio de fabricación y botado de los Jackets, la topografía realizó nivelación del patio, alineación, nivelación y ubicación de los tubos de acero que sirvieron como rieles para el botado de los Jackets, así como también la ubicación de los gatos Tragatorón para el proceso de flotación de los Jackets. (Ver imagen 4.3.4-1)

Uno de los trabajos más importantes en que intervino la topografía fue en la transportación de los Jackets, con el apoyo de la batimetría. Esta se usó en el embalse para definir el canal de navegación, colocando boyas y transportarlos con balsas-grua, llevando los Jackets al eje del puente para su ubicación, colocación y perforación de cada uno. Estos son algunos de los trabajos más importantes en los que la topografía fue parte del proceso constructivo del puente Chiapas.

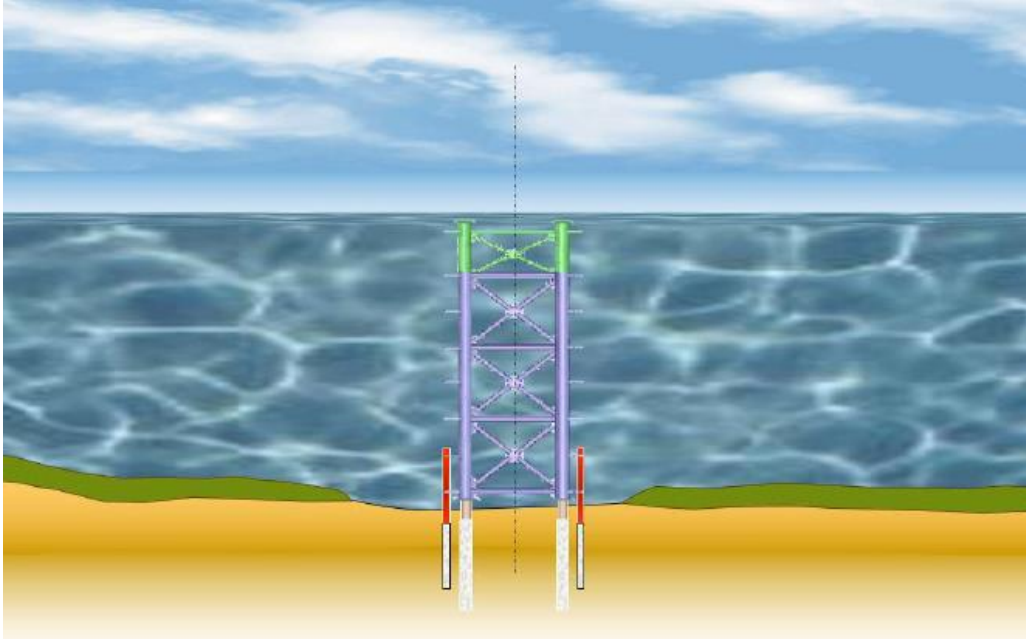
**Imagen 4.3.4-6 Colocado de Jackets**



Fuente: Archivo.



**Imagen 4.3.4-7 Cimentacion de Jackets**



Fuente: Archivo.

## Conclusión

En nuestro estado de Chiapas los Puentes son una parte muy importante como patrimonio en infraestructura, ya que son puntos medulares de nuestra red vial de comunicación para la transportación en general y como consecuencia para el desarrollo de los ciudadanos y nuestro estado, ya que cuenta con puentes internacionales en su frontera. Conservar este patrimonio de una degradación es, una de las labores más importantes de cualquier administración de carreteras.

Es necesario que el estudiante, futuro ingeniero comprenda e identifique los conocimientos básicos de la topografía así como los elementos principales de un Puente, para que tengan un buen criterio en los trabajos preliminares de campo, trabajos de gabinete, trazo y nivelación de los elementos para el control de la obra.

En estos años de experiencia profesional he percatado que la topografía se le da poca importancia en los trabajos de construcción de puentes vehiculares y obra civil, sabiendo con esto que la topografía es una ingeniería de suma importancia para casi cualquier tipo de obra, en trabajos preliminares, ejecución y control.

Es por eso que nace la importancia de este trabajo, para que como estudiantes sepan identificar los conocimientos que la Topografía nos ofrece, saber que el producto de la topografía tiene como resultado datos fundamentales para las distintas disciplinas y con esto la correcta proyección, construcción y funcionalidad de un puente.

La naturaleza de este trabajo para los futuros colegas ingenieros topógrafos es demostrar y justificar la importancia de la Topografía, en la construcción de un puente vehicular. Y tengan el conocimiento de la responsabilidad que como ingenieros topógrafos tienen en una obra de este tipo ya que es igual o mayor que otra ingeniería que intervenga en el ramo de la construcción.

## Recomendaciones

Es necesario identificar los datos básicos que un levantamiento topo-hidráulico debe reunir antes de realizar un trabajo preliminar de estudio para la proyección de un puente vehicular, por ejemplo: levantar 500 metros sobre el río aguas abajo, aguas arriba, sobre el camino de entrada y salida, todo respecto a la supuesta ubicación del puente, que las secciones incluyan NAME, NAMIN, NAO y sobre todo el ancho total del área hidráulica. Dejar bien establecidos bancos de nivel y referencias, sobre todo en la zona de construcción del puente.

En el momento de los replanteos de los estribos, ejes del puente y ejes de los accesos de entrada y salida, es fundamental cuestionar si esa ubicación es la mejor para el puente o si es mejor reubicarlo, para esto es necesario tener en cuenta criterios, uno de los principales serian afectaciones a terrenos de terceros que conlleven a problemas sociales, evitarlos antes de todo proceso, o que comprometan la integridad estructural del puente.

Conocer las partes de un puente seria básico en el momento de la ejecución y el control de la construcción de un puente vehicular, analizar los planos del puente e identificar sus partes básicas. En el control de la construcción es recomendable que el equipo topográfico este bien calibrado y en buenas condiciones, estación total, bastón y prisma por ejemplo, ya que se requiere cierta precisión para el trazo de ejes de las Vigas. Tener cuidado en el momento de ligar la estación total a las referencias y bancos de nivel, ser cuidadoso en el momento del trazo y nivelaciones de las partes del puente.

Colegas, la responsabilidad en una obra es igual o mayor que las demás ingenierías que participan en ella.

## Fuentes Consultadas

- Crespo, Carlos. (2004). Vías de comunicación caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. (3ª. Edición), México: Limusa. V Parte Puentes.
- Diseño de puentes AASHTO. (s.f.) Recuperado el 18 de Marzo de 2018, de: <https://civilgeeks.com/2014/06/25/libro-de-diseno-de-puentes-aashto/>
- Fundamentos de Planimetría y Taquimetría. (s.f.) (Universidad de Sevilla) Recuperado 20 de marzo de 2018, de: <https://personal.us.es/leonbo/teoria/Tema14.pdf>
- García, F. (1994) Curso básico de topografía, planimetría-agrimensura-altimetría. (3ª. Edición). México, D.F.: árbol editorial S.A. de C.V.
- Historia de los Puentes (s.f.) Recuperado el 17 de Marzo de 2018, de: <http://www.arkiplus.com/historia-de-los-puentes>
- Hevitop (s.f.) Definición de replanteo. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de: <http://www.hevitop.com/trabajos-de-topografia-el-replanteo/>
- Hernández, A., Hernández, J., López, J., Varela, A., et. al. (2005). Construcción del Puente Chiapas. Disertacion Profesional Publicada. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Recuperado el 11 de Diciembre de 2018, de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/3171>
- Producto de los Datos de Campo (s.f.) Recuperado el 25 de marzo de 2018, de: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8743/Capitulo2.pdf>
- Rosas, M. (2014). Estudios Topo-hidráulicos. Recuperado el 19 de Marzo de 2018, de: <https://es.slideshare.net/MiguelRosas4/tema-9-estudios-topohidraulicos>
- Rivera, J., Robles, R., Muñoz, D., Vera, R., Gómez, R., Escobar, J., et. al. (2004). Revisión de lanzado de Superestructura de un Puente Mixto en curva horizontal y de pendiente Vertical. Recuperado el 20 de Febrero de 2018, de: [http://www.smie.org.mx/SMIE\\_Articulos/co/co\\_13/te\\_04/ar\\_13.pdf](http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_13/te_04/ar_13.pdf)
- Rodríguez, A. (2014) Puentes con AASTHO- LRFD 2014, (7ª. Edición). Perú. Ediciones Prometeo Desencadenado. Recuperado el 30 de marzo de 2018, de: <https://tips-civil.blogspot.com/2018/03/puentes-con-aashto-lrfd-2014-ing-arturo.html>
- Rosales I. (2016). Historia de los puentes en México. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de: <https://es.scribd.com/doc/314829915/Historia-de-Los-Puentes-en-Mexico>

- SCT en sus normas oficiales (s.f.) (N-PRY-CAR-1-06-001-00 y N-PRY-CAR-1-06-001-01).
- Universidad de Santiago Compostela. (s.f.). Manual de replanteo. Recuperado el 18 de octubre de 2018, de:  
[http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/joseantonio.pardinas/modulos/Manuais/Manual\\_para\\_Replanteo.pdf](http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/joseantonio.pardinas/modulos/Manuais/Manual_para_Replanteo.pdf)
- Valdivia, V. (s.f.) Topografía en Puentes. Recuperado el 05 de marzo de 2018, de  
<https://es.scribd.com/doc/58185578/Topografia-en-Puentes>