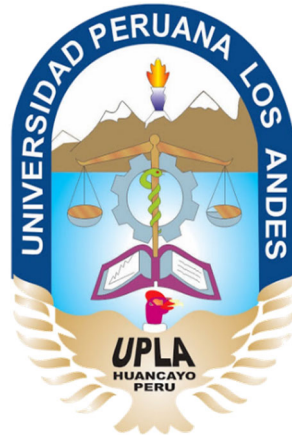


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME TÉCNICO

**APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CARGA ESTÁTICA PARA
MEDIR LA DEFLEXIÓN DE TABLERO DE PUENTE**

PRESENTADO POR:

Bach. Joseph Angel Gamarra Salazar

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

FALSA PORTADA

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE

MSc. JULIO CESAR LLALLICO COLCA
JURADO

ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
JURADO

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

A dios, a mis padres Daniel y Erayma, a
la empresa SIMA Perú S.A.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	4
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Formulación de problemas	4
1.1.1. Problema general	4
1.1.2. Problemas específicos	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación	6
1.3.1. Justificación practica o social	6
1.3.2. Justificación metodológica.....	6
1.4. Delimitación	6
1.4.1. Delimitación espacial	6
1.4.2. Delimitación temporal	7
1.4.3. Delimitación económica.....	7
CAPITULO II	8
2 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.1.1. Prueba de carga en el proyecto construcción del puente pachitea y accesos	8
2.1.1.1. Ubicación y accesos	8
2.1.1.2. Descripción del proyecto	9
2.1.2. Prueba de carga en el proyecto construcción de las estructuras metálicas para las rampas de los accesos al puente sobre el rio Mantaro	10
2.1.2.1. Ubicación	10
2.1.2.2. Descripción del proyecto	11
2.1.3. Prueba de carga en el proyecto Construcción de un puente sobre el rio Mantaro	12
2.1.3.1. Ubicación Geográfica	12

2.2. Marco conceptual	14
2.2.1. Topografía	14
2.2.2. Levantamiento topográfico	14
2.2.2.1. Objetivos del levantamiento topográfico	15
2.2.2.2. Metodología de levantamiento topográfico	17
2.2.3. Instrumentación utilizada en los levantamientos topográficos.....	17
2.2.4. Replanteo topográfico	18
2.2.4.1. El replanteo topográfico	18
2.2.4.2. El replanteo topográfico con estación total	19
2.2.4.3. Tipos de replanteos topográficos	19
2.2.5. Estación total.....	26
2.2.6. Nivelación.....	26
2.2.7. Diana reflectivas	27
2.2.8. Aguas arriba	27
2.2.9. Aguas abajo	28
2.2.10. Pk o Progresiva	28
2.2.11. Trazado y plantillado	28
2.2.12. Colocación volquetes o tren de carga	28
2.2.13. Colocación dianas o puntos de control.....	28
2.2.14. Volquetes	29
2.2.15. Estados de cargas.....	29
2.2.16. Contraflechas	29
2.2.17. Balanza de camiones	30
2.2.18. Vanos	30
2.2.19. Modelamiento estructural	30
2.2.19.1. Objetivo de un modelamiento estructural	30
2.2.19.2. Que debe considerar un modelamiento estructural.....	31
2.2.19.3. Como realizar un modelamiento estructural.....	31
2.2.20. Prueba de carga estática.....	39
CAPITULO III	41
3 METODOLOGÍA.....	41
3.1. Tipo de estudio	41
3.2. Nivel de estudio	41

3.3.	Diseño de estudio	41
3.4.	Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos	41
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos	41
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	42
3.4.3.	Instrumentos de análisis de datos	42
3.4.4.	Equipos de protección personal	42
3.4.5.	Herramientas manuales	42
CAPITULO IV.....		43
4	DESARROLLO DEL INFORME	43
4.1.	Resultados.....	43
4.1.1.	Procedimiento de trabajo.....	43
4.1.1.1.	Levantamiento topográfico inicial	43
4.1.1.2.	Modelamiento estructural	45
4.1.1.3.	Acciones introducidas en modelo de calculo	45
4.1.1.4.	Comparación de resultados	46
4.1.1.5.	Prueba de carga estática – Puente Mantaro	47
4.2.	Discusión de resultados.....	71
4.2.1.	Posición de carga y puntos de medición de las flechas – primer día.	71
4.2.2.	Segundo día – primer estado de carga.	71
4.2.3.	Segundo día – segundo estado de carga.....	72
4.2.4.	Segundo día – tercer estado de carga	72
4.2.5.	Segundo día – cuarto estado de carga	72
4.2.6.	Valores de flechas teóricas	72
4.2.7.	Tercer día – lectura de puntos de control a las 48 hr	76
4.2.8.	Valores anómalos.....	77
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES		79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		80
ANEXOS		81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Flechas previstas (mm) en las pruebas de carga estática	54
Tabla 2 - Codificación de camiones	58
Tabla 3 - Datos aguas abajo 24 hr antes	59
Tabla 4 - Datos aguas arriba.....	60
Tabla 5 - Datos obtenidos en la dianas colocadas aguas abajo	66
Tabla 6 - Datos obtenidos en la dianas colocadas aguas arriba	67
Tabla 7 - Flechas previstas (mm) en las pruebas de carga estática	73
Tabla 8 - Flechas reales máximas (mm) en las pruebas de carga estática	74
Tabla 9 - Flechas reales max/ flechas previstas (%) en las pruebas de carga	75
Tabla 10 - Flechas estabilizadas (mm) 48 h después de las pruebas de carga.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis- Delimitación especial Puente Mantaro	6
Figura 2 - Ubicación del puente en relación a Puerto Inca.....	8
Figura 3 - Elevación general del puente.....	10
Figura 4 – Ubicación de las rampas de accesos del puente Mantaro	11
Figura 5 - Rampa de acceso 1	12
Figura 6 - Rampa de acceso 2.....	12
Figura 7 - Puente Mantaro - Chilca y tres de diciembre	13
Figura 8 - Vista General del Puente Mantaro	13
Figura 9 – Replanteo por polares.....	21
Figura 10 – Replanteo por abscisas y ordenadas	22
Figura 11 – Replanteo por abscisas y ordenadas	23
Figura 12 – Dianas reflectivas de diferentes tamaños	27
Figura 13 - Variación con respecto a los niveles.....	43
Figura 14 - Variación con respecto al eje.....	44
Figura 15 - Modelamiento en el SAP 2000	45
Figura 16 - Momento flector longitudinal	46
Figura 17 - Momento flector transversal.....	47
Figura 18 - Distancia entre ejes y peso de camión	49
Figura 19 - Flechas previstas de carga	52
Figura 20 - Replanteo de ubicación de posición de carga	55
Figura 21 - Colocación de dianas reflectivas.....	56
Figura 22 - Dianas colocadas en el voladizo.....	56
Figura 23 - Dianas reflectivas 10 x 10 cm. colocadas	57
Figura 24 - Pesaje de camiones.....	57
Figura 25 - Codificación de camiones	58
Figura 26 - Toma de datos antes de la prueba de carga	59
Figura 27 - Plano de ubicación de carga, estado de carga 1	60
Figura 28 - Plano de ubicación de carga, estado de carga 2	61
Figura 29 - Plano de ubicación de carga, estado de carga 3	61
Figura 30 - Plano de ubicación de carga estado de carga 4	62
Figura 31 - Ubicación de volquetes.....	62
Figura 32 - Plano de ubicación de las 22 dianas reflectivas	63
Figura 33 - Procesamiento de datos en tiempo real.....	63
Figura 34 - Ubicación del siguiente estado de carga	64
Figura 35 - Ubicación de volquetes de otra perspectiva	65
Figura 36 - Colocación de volquetes del estado de carga 3	65
Figura 37 - Ing estructural procesando los datos en campo	68
Figura 38 - Lectura de Dianas a los 48 hr de realizar la prueba de carga.....	68

RESUMEN

El presente informe tuvo como problema general ¿Cuáles son los resultados de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión de tablero del puente Mantaro – Huancayo?, el objetivo general fue: Determinar los resultados de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión del tablero del puente Mantaro – Huancayo.

El tipo de estudio fue aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño fue experimental. Se tuvo como población los distritos de 3 de Diciembre y Chilca, el tipo de muestra fue no aleatoria - dirigida que estuvo constituida por el puente Mantaro.

Se concluyó que: Con los resultados de la aplicación del método de carga estática en el puente Mantaro, se obtuvo un resultado que se encuentra dentro del rango permisible, el cual corresponden al 60% - 101% de las deflexiones teóricas, que fueron obtenidas en cada una de las cuatro fases que forman la prueba de carga estática, por lo tanto, con estos porcentajes podemos afirmar que el comportamiento del tablero del puente Mantaro es aceptable.

Palabras clave: Prueba de carga, carga estática, deflexión.

ABSTRACT

This report had as a general problem What are the results of the application of the static loading method to measure the deflection of the Mantaro - Huancayo bridge board? The general objective was: To determine the results of the application of the static loading method for measure the deflection of the Mantaro - Huancayo bridge board.

The type of study was applied, the level was descriptive and the design was experimental. The districts of December 3 and Chilca were taken as a population, the type of sample was non-random - directed that was constituted by the Mantaro bridge.

It was concluded that: With the results of the application of the static loading method in the Mantaro bridge, a result was obtained that is within the permissible range, which corresponds to 60% - 101% of the theoretical deflections, which were obtained in each of the four phases that form the static load test, therefore, with these percentages we can affirm that the behavior of the Mantaro bridge board is acceptable.

Keywords: Load test, static load, deflection.

INTRODUCCIÓN

El presente informe contempla la prueba de carga estática del puente Mantaro, siendo necesario reproducir una serie de estados de carga sobre la estructura antes de su puesta en servicio para confirmar que el proyecto y la construcción se han realizado de forma satisfactoria, por lo tanto se toma en consideración los resultados proporcionados por la área de Topografía durante la prueba de carga estática del puente sobre el río Mantaro, este procedimiento se aplica a los puentes carreteros, construidos correctamente y diseñados bajo la normativa del manual de Puentes MTC 2013, AASHTO LRFD y la Normativa Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puente de carretera.

El informe técnico consta de IV capítulos:

Capítulo I, se describe el estado real del problema a estudiar en el planteamiento del problema, formulación de los problemas detallados en problema general y problemas específicos, y los respectivos objetivos tanto general como los específicos, la justificación del estudio y delimitaciones que se surtieron durante el desarrollo del informe.

Capítulo II, comprende el marco teórico donde se detalla los antecedentes del estudio y la definición de los términos se presenta en el marco conceptual.

Capítulo III, consta de la metodología del estudio teniendo en cuenta el tipo de estudio, nivel de estudio, diseño de estudio, técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos.

Capítulo IV, se presenta los resultados y descripción de ello, así como también la discusión de los resultados. Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Gamarra Salazar Joseph Angel

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación de problemas

En el puente Mantaro (Comuneros I) se tenía un avance de obra del 99% y su posterior recepción de obra, ante la necesidad de poner en funcionamiento el puente y previsto que al puente Mantaro se le ha adicionado carga muerta, es decir, la suma de pesos ya que al sufrir el reforzamiento transversal y longitudinal, más el peso del recubrimiento que estaba constituido con concreto, más el asfalto colocado, el peso muerto incrementó es por ello que se tuvo en consideración realizar una prueba de carga específica tomada de la norma española en la que se realizó distintas iteraciones para el camión de carga con la finalidad de determinar las deflexiones máximas con la prueba de carga estática, finalmente determinar el rango del comportamiento de la superestructura y confirmar que el proyecto y construcción de la obra se han realizado de forma satisfactoria.

1.1.1. Problema general

¿Cuáles son los resultados de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión del tablero del puente Mantaro – Huancayo?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el procedimiento de la colocación de los puntos y cargas de control para medir la deflexión instantánea y a largo plazo del tablero del puente Mantaro?

- b) ¿Cuál es el resultado de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión instantánea del tablero del puente Mantaro?
- c) ¿A cuánto asciende el resultado de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión a largo plazo del tablero del puente Mantaro?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar los resultados de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión del tablero del puente Mantaro – Huancayo.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Describir la colocación de los puntos de control y cargas para medir la deflexión instantánea y a largo plazo del tablero del puente Mantaro.
- b) Describir el resultado de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión instantánea del tablero del puente Mantaro.
- c) Determinar el resultado de la aplicación del método de carga estática para medir la deflexión a largo plazo del tablero del puente Mantaro.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación practica o social

La evaluación y la determinación de las deflexiones del Puente, garantiza el estado de funcionalidad durante el periodo de vida útil, que en este caso lo proporcionó datos altimétricos que se ajustan a los parámetros óptimos del trabajo, así mismo beneficia a los transportistas y pobladores de ambos distritos.

1.3.2. Justificación metodológica

Para el desarrollo del proyecto se basó en el uso del método de carga estática que permitió hacer el control altimétrico en el tablero del puente y se obtuvo datos de campo, que nos permitió realizar el procesamiento de información y proceder a colocar las dianas de control del puente.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación espacial

La delimitación espacial comprende:

Región : Junín
Provincias : Huancayo - Chupaca
Distritos : Chilca – 3 de diciembre
Obra : Puente Mantaro

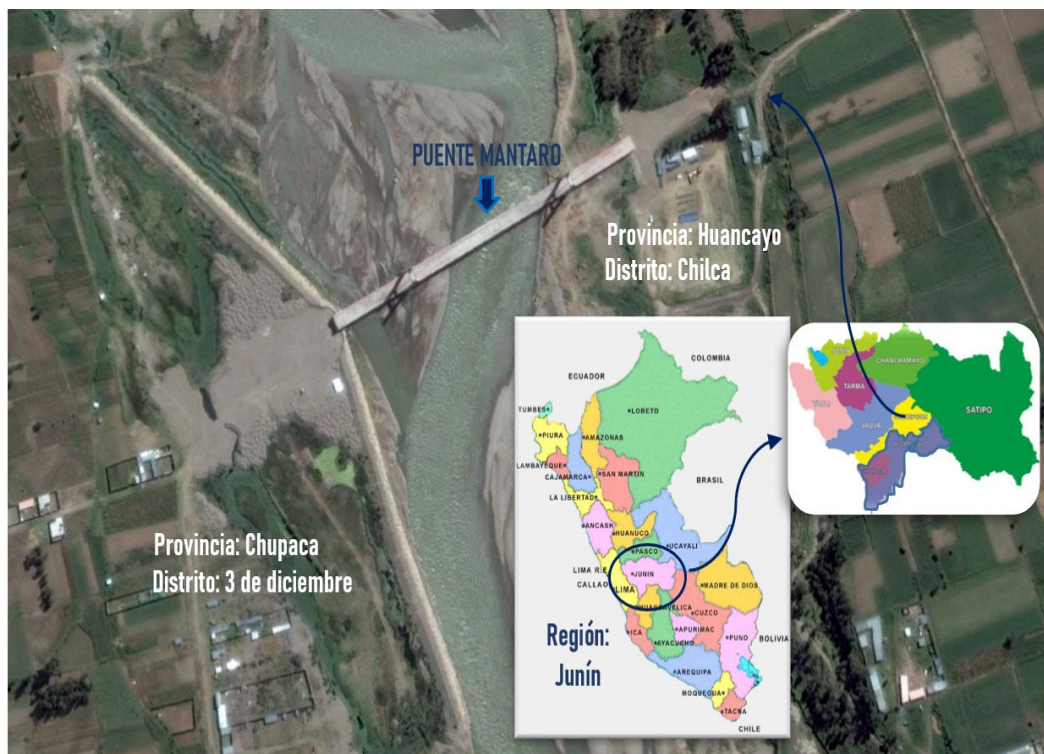


Figura 1 Croquis- Delimitación espacial Puente Mantaro

1.4.2. Delimitación temporal

El estudio tuvo una duración de 3 meses (agosto, septiembre y octubre) del año 2018.

1.4.3. Delimitación económica

Los costos del presente trabajo fue cubierto por el bachiller.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Prueba de carga en el proyecto construcción del puente pachitea y accesos

Se realizó la prueba a de carga estática tomando en consideración la normativa, “Recomendaciones para la realización de prueba de cara de recepción en puentes de carreteras”. Donde se indica todo la dirección y realización de la prueba de carga estática.

2.1.1.1. Ubicación y accesos

El puente Pachitea forma parte de la ruta Departamental HU-106 (Emp. PE-5N – Puerto Inca), la cual une los pueblos de Puerto Sungaro y Puerto Inca, cruzando el río Pachitea.

Ubicación Política:

Región: Huánuco

Provincia: Puerto Inca

Distrito: Puerto Inca

La altura media a la que se ubica la zona de estudio es de 200 m.s.n.m.



Figura 3 - Ubicación del puente en relación a Puerto Inca
El acceso a la zona de la obra ejecutada es por vía terrestre no presenta mayores problemas, se realiza a través de la vía Pucallpa – KM 86 – Pto. Sungaro, con un recorrido aproximado de 170 Km y un tiempo aproximado de viaje en camioneta de 180 minutos.

2.1.1.2. Descripción del proyecto

El puente Pachitea tiene 356 m de longitud total, presenta un tablero de ancho 14,25 m y canto constante en toda la longitud del puente, así como atirantamiento extradado, formado cuatro parejas de tirantes rígidos de acero con sección troncopiramidal, dos de ellos sustentando el vano principal de 180 m de luz y los otros dos, anclados a los vanos laterales de 88 m de luz. Los tirantes quedan unidos a los pilonos en su coronación a 27 m sobre el tablero, presentando éstos configuración en diamante. Los pilonos se definen en concreto armado bajo el tablero y metálicos sobre el mismo para compatibilizar la unión con los tirantes rígidos.

La sección transversal se compone de dos cajones longitudinales laterales, a los que se unen los tirantes, con 3,5 m de canto, 1,3 m de ancho y almas inclinadas hacia el interior, unidos entre sí por medio de vigas transversales separadas cada 4 m, con canto variable de 0,82 m a 1 m. Sobre éstas se dispone la placa colaborante junto con el vaciado de concreto para completar la losa de concreto armado, de 0,25 m de espesor constante en la zona de calzada y arcenes, y de 0,4 m en los 2,2 m laterales, correspondientes a las veredas y a la zona de barreras.

Los estribos extremos de la estructura se definen cerrados con aletas en vuelta para contener la caída de tierras.

Por su parte las cimentaciones, tanto de pilonos como de estribos se han resuelto con cimentación profunda mediante encepado sobre pilotes.

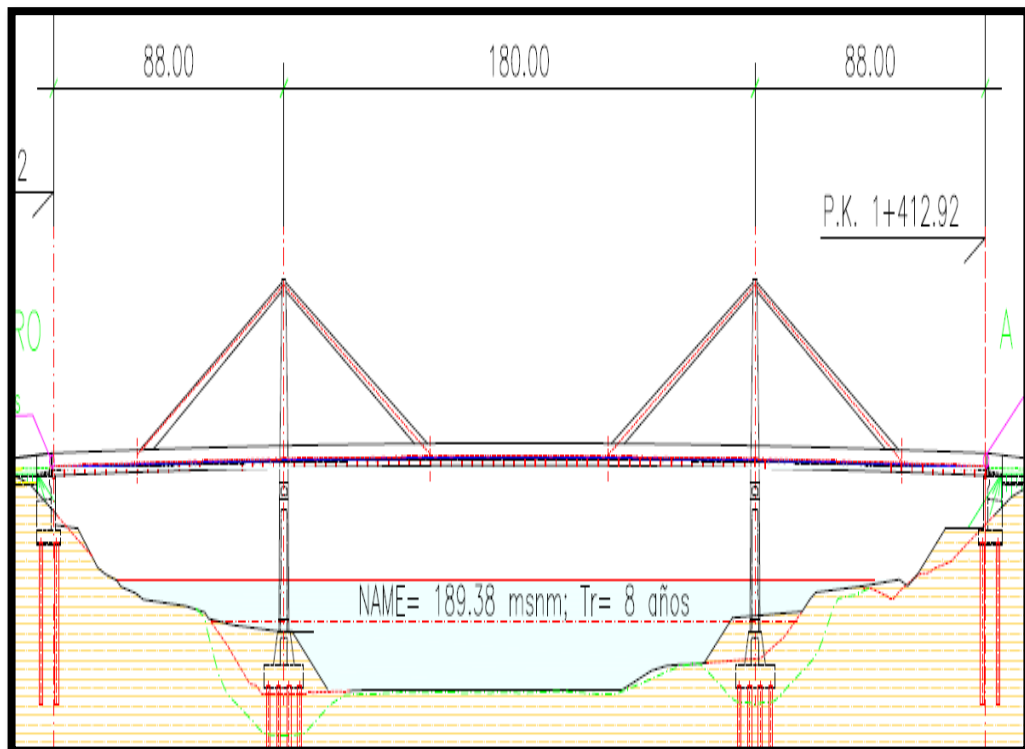


Figura 4 - Elevación general del puente

2.1.2. Prueba de carga en el proyecto construcción de las estructuras metálicas para las rampas de los accesos al puente sobre el río Mantaro

Se realizó la prueba a de carga estática tomando en consideración la normativa, "Recomendaciones para la realización de prueba de cara de recepción en puentes de carreteras". Donde se indica todo la dirección y realización de la prueba de carga estática.

2.1.2.1. Ubicación

Las coordenadas geográficas aproximadas de esta obra son:

X = 474571.020 E

Y = 8663172.318 N

Z =: 3 178 msnm

Se ubica sobre la prolongación de la Av. Leoncio Prado, cuya ruta que conectará la capital de la provincia de Huancayo (distritos de Chilca) con la provincia de Chupaca (distrito de Tres de Diciembre). La obra se ubica en el departamento y región Junín.



Figura 5 – Ubicación de las rampas de accesos del puente Mantaro

2.1.2.2. Descripción del proyecto

El puente atirantado sobre el río Mantaro, actualmente ejecutado, presenta una longitud total de 300 m. A ambos lados de este puente, con rampas de acceso que salven la zona de inundación del río en época de crecidas.

De esta forma, la rampa de acceso 1 presenta una longitud total de 80 m, dividida en dos vanos de 40 m de luz cada uno de ellos, mientras que la rampa de acceso 2, de 136 m de longitud total, se compone de tres vanos de 40 m de luz los dos laterales y de 56 m de luz el central. La sección transversal presenta un ancho de 10,4 m, en donde se sitúa una calzada de 6,6 m de ancho formada por dos carriles iguales, arcenes de 0,5 m y aceras a ambos lados de 1,2 m. El borde del tablero se protege mediante la colocación de barreras de hormigón coronadas por barandas metálicas que ocupan un ancho de 0,2 m. La sección transversal se define con un bombeo del 2%.

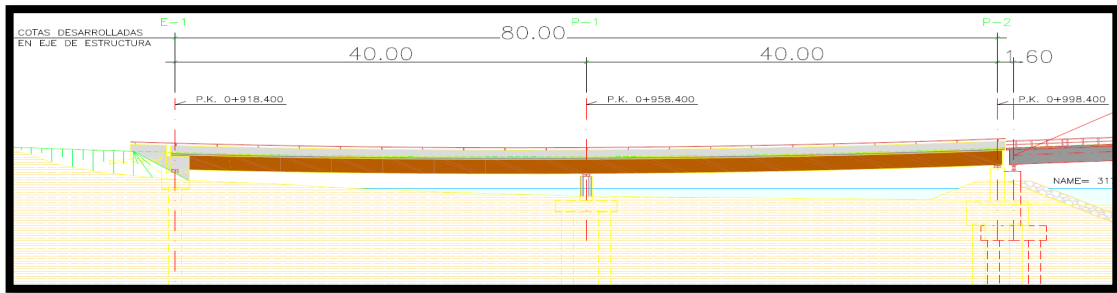


Figura 6 - Rampa de acceso 1

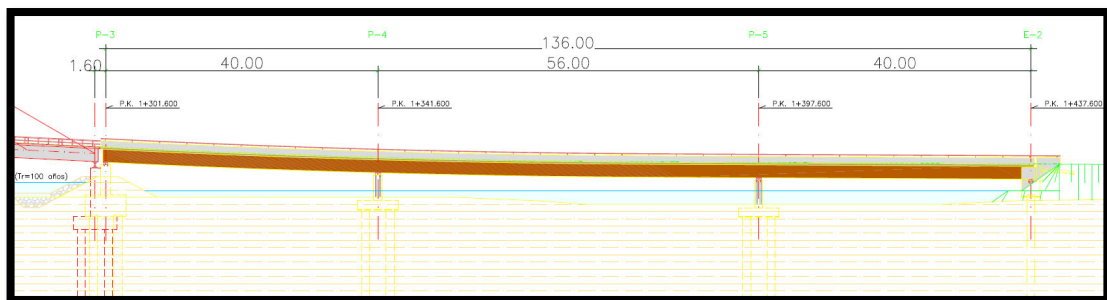


Figura 7 - Rampa de acceso 2

2.1.3. Prueba de carga en el proyecto Construcción de un puente sobre el rio Mantaro

Se realizó la prueba a de carga estática tomando en consideración la normativa, "Recomendaciones para la realización de prueba de cara de recepción en puentes de carreteras". Donde se indica todo la dirección y realización de la prueba de carga estática.

2.1.3.1. Ubicación Geográfica

Las coordenadas geográficas aproximadas de esta obra son:

$$X = 474571.020 \text{ E}$$

$$Y = 8663172.318 \text{ N}$$

$$Z = 3178 \text{ msnm}$$

Se ubica sobre la prolongación de la Av. Leoncio Prado, cuya ruta que conectará la capital de la provincia de Huancayo (distritos de Chilca) con la provincia de Chupaca (distrito de Tres de Diciembre). La obra se ubica en el departamento y región Junín.



Figura 8 - Puente Mantaro - Chilca y tres de diciembre

El proyecto contempla la construcción de un puente tipo atirantado simétrico de tres tramos, de 300.0 m de longitud total (70+160+70). Las torres o Pilones se han configurado en forma de H y son de concreto reforzado y los Tirantes están conformados por cables tipo strand de alta resistencia anclados en la torre y en la viga.

Para la definición de la longitud del puente se han tomado en consideración los resultados de los estudios de ingeniería básica realizados, siendo las recomendaciones del estudio geológico - geotécnico (condiciones geotécnicas de cimentación) y las recomendaciones del estudio hidrológico – hidráulico (caudal) las más influyentes en la determinación de la ubicación y longitud.

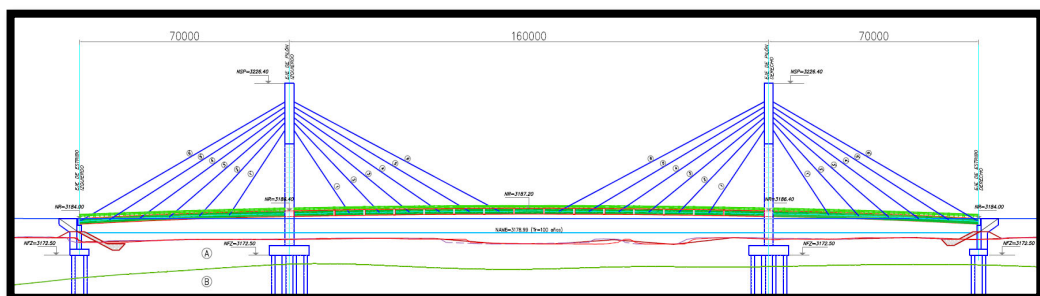


Figura 9 - Vista General del Puente Mantaro

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Topografía

Es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas y absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica y analítica a una escala determinada. (Dante Alfredo Alcántara García, 2014)

Es la materialización en el espacio, de forma adecuada e inequívoca, de los puntos básicos que definen gráficamente un proyecto, definimos proyecto como el conjunto de documentos escritos, numéricos y gráficos, que se utilizan para la construcción de una obra de ingeniería, estos puntos básicos son los mínimos necesarios para definir el elemento de replantear. A su vez. Este elemento puede estar compuesto por determinadas figuras geométricas que quedaran definidas por estos puntos básicos. (Ignacio de Corral Manuel de Villena, 2009)

La topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción, del conocimiento y del manejo de los instrumentos necesarios para ello. (Antonio García Martín, Manuel Rosique Campoy, Francisco E. Segado Vázquez, Campoy, & Vázquez, 1994)

2.2.2. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno desde el punto de vista topográfico. A través de la utilización de instrumental especializado, el topógrafo realiza un escrutinio de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizan mapas o planos específicos de un lugar, describiendo particularmente las características del terreno, como los relieves o diferencias de altura que pueda haber.

¿De qué estamos hablando cuando nos referimos a un levantamiento topográfico? Para empezar, la etimología de la palabra «topográfico» nos pone plenamente en situación. Topos significa «lugar» en griego y gráphein «escritura», «descripción» o incluso «representación gráfica». El levantamiento topográfico consiste, pues, en realizar una topografía de un lugar determinado. Digamos que el levantamiento topográfico es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno. Se trata de examinar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también las alteraciones existentes en el terreno y que se deban a la intervención del hombre (construcción de taludes, excavaciones, canteras, etc).

En realidad, un levantamiento topográfico consiste en un acopio de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje el mayor detalle y exactitud posible del terreno en cuestión. Además de ser vital para la elaboración del plano del terreno, el levantamiento topográfico es una herramienta muy importante durante los trabajos de edificación porque con ellos se van poniendo las marcas en el terreno que sirven como guía la construcción.

Por eso, si vas a realizar cualquier tipo de obra en un terreno, es fundamental que cuentes con un buen levantamiento topográfico. No solo necesitarás un levantamiento topográfico para en el caso de edificaciones, los levantamientos topográficos también son necesarios para marcar la forma situacional de un elemento estructural, en el caso de un puente.

2.2.2.1. Objetivos del levantamiento topográfico

Con esta técnica de topografía se persigue principalmente determinar la posición del terreno entre dos puntos, sobre un plano horizontal. Aquí entra en funcionamiento la planimetría, que se define como el proceso de representación a escala de un terreno

sobre un plano. Por ello, en esta fase se prescinde de elementos como la altura y el relieve del mismo.

Posteriormente, sobre la base del plano horizontal, se procede mediante el método de nivelación directa, a determinar la altura del terreno entre varios puntos. En esta nivelación se parte de un punto cuya altura es conocida, para proceder a la medición vertical de la altura del terreno, pudiendo establecer así cotas o la identificación de diversos puntos o coordenadas.

➤ **Tipos de levantamiento topográficos**

La principal misión en un levantamiento topográfico es, como hemos dicho, llevar a cabo una representación gráfica de un terreno lo más fielmente posible. Para ello, hay que establecer cuáles son las posiciones relativas de varios puntos tanto en el plano horizontal, es decir, lo que se conoce como planimetría, por un lado y por otro determinar la altura entre varios puntos tomando como referencia el plano horizontal, la nivelación directa.

Según sea el terreno donde se realice el levantamiento topográfico se pueden distinguir:

- Levantamientos topográficos urbanos.
- Levantamientos topográficos catastrales.
- Levantamientos topográficos de construcción.
- Levantamientos topográficos hidrográficos.
- Levantamientos topográficos forestales.

En función de sus necesidades particulares, podrá requerir lo siguiente:

• **Levantamiento catastrales**

Este tipo de levantamiento se utiliza para conseguir una medición de los límites del terreno para su utilización catastral.

• **Urbanos – levantamiento de planos**

Los levantamientos topográficos urbanos o levantamiento de planos, se realizan en propiedades pertenecientes a municipios, siendo requerida una mayor precisión en la medición. Suelen

requerirse por un arquitecto, inmobiliaria, etc, para conocer las medidas exactas de una vivienda o edificación.

- **Levantamiento topográfico para proyectos de ingeniería**

Otro uso de este método es su utilización para el establecimiento de las bases de partida de proyectos de ingeniería, sobre todo relacionados con la construcción de infraestructuras, siendo de uso requerido por ingenieros, arquitectos y constructores.

2.2.2.2. Metodología de levantamiento topográfico

Existen diversas formas de realizar levantamientos:

- **Métodos planímetros**

En el caso de terrenos planos, suele realizarse el levantamiento planimétricos a partir de un proceso de levantamiento de poligonales, resultando en un plano horizontal.

- **Métodos altimétricos**

Al igual que existe el levantamiento planimétricos que comentábamos anteriormente, en el levantamiento altimétrico se realizan las mediciones oportunas para poder realizar la comparación de la altura del terreno con el plano horizontal de partida

- **Métodos planialtimétricos**

Este supone el estudio completo de la morfología del terreno, tanto en plano horizontal como vertical, obteniendo como resultado una completa descripción topográfica del mismo

2.2.3. Instrumentación utilizada en los levantamientos topográficos

La instrumentación necesaria para realizar levantamientos topográficos consta de equipos que miden ángulos, desniveles, distancias y coordenadas. Existen instrumentos óptico-mecánicos como las brújulas taquimétricas, los teodolitos y los taquímetros.

Con el avance de la tecnología y la introducción del GPS ha surgido un instrumento electro-óptico con el que se pueden llevar a cabo los distintos tipos de medidas que antes necesitaban equipos diferentes. Se trata de las estaciones totales. Las estaciones totales

son el resultado de incorporar un distanciómetro (medidor de distancias) a un teodolito electrónico. Con la estación total se puede calcular a tiempo real distancias, elevaciones o desniveles de distintos puntos.

Además, de la estación total, los receptores con GPS también se han convertido en un instrumento de gran utilidad en los trabajos relacionados con el levantamiento topográfico. Son especialmente útiles para determinar de manera precisa y exacta las coordenadas de los terrenos reduciendo al mínimo los márgenes de error.

2.2.4. Replanteo topográfico

El replanteo topográfico es una operación mediante la cual se marcan sobre el terreno a edificar los puntos o lindes básicos del proyecto. Explicado de forma muy simple, realizar esta tarea no es otra cosa que realizar unas marcas sobre el terreno que indiquen toda la información que hay contenida en los planos. En este sentido, es el proceso inverso al levantamiento topográfico. ¿Qué información será la que se adquiere de los planos? El anclaje inicial, el movimiento de tierras y el replanteo de diversas estructuras para ejecutar la obra. También se llevará a cabo la demarcación de los linderos, lindes catastrales, deslindes y segregaciones, entre otros.

2.2.4.1. El replanteo topográfico

Cuando hablamos de replanteo topográfico tendremos que considerar que es una operación de precisión. Es decir, estamos ante una serie de actividades que deben llevarse a cabo con instrumental especializado (la estación total) que deberá utilizarse por técnicos con la cualificación requerida. Dicho de otro modo: el hecho de que lo consideremos una actividad de precisión (y que, efectivamente, deba serlo), implica que será realizado por un topógrafo con estación total.

Por otro lado, en cuanto a usos de otros sistemas de estudio, y en el caso de terrenos urbanos, el replanteo es la técnica más llevada a cabo, ya que sus resultados nos indicarán la posibilidad o no de

trasladar un plano (que no es más que un proyecto teórico) a la realidad del terreno.

También hablamos de que es una labor de precisión porque realizar este tipo de trabajos con la exactitud necesaria nos solucionará futuros problemas y sorpresas que podrían surgir de no hacerlo de este modo (desde problemas de ubicación en el solar hasta problemas con la normativa sobre alineaciones y distancia con otros edificios, calles, plazas, puentes, etc.).

Además, cuando vayamos a iniciar nuestra obra, el Ayuntamiento solicitará al promotor (que es quien ha hecho la petición de licencia de obra) el acta de replanteo. Esto no es más que un documento que acredita que se ha llevado a cabo dicha actividad, firmado por el arquitecto o ingeniero civil, que debe estar conforme con los resultados obtenidos.

2.2.4.2. El replanteo topográfico con estación total

Pues bien, una estación total no tiene nada que ver con una parada de trenes o con una nave espacial. Se trata de una herramienta que utilizan los topógrafos en numerosas ocasiones para realizar ciertas mediciones que les proporcionarán las coordenadas necesarias en el replanteo de los planos. He aquí el motivo por el cual, cuando hablamos de replanteo de precisión, se hace necesaria la presencia e intervención de este aparato electrónico. Pero entonces ¿puede realizarse un replanteo topográfico sin estación total? Claro que sí, pero no puede llevarse a cabo en grandes proyectos, ya que la envergadura de tales construcciones implica que la tarea se lleve a cabo, como hemos explicado, con precisión.

2.2.4.3. Tipos de replanteos topográficos

➤ Replanteo planimétricos

Este replanteo se realiza según un sistema de coordenadas, pudiendo estar integrado o no el sistema de coordenadas

El replanteo planimétricos trata de situar y señalar sobre el terreno aquellos puntos definidos en el proyecto, pero los cuales no se han

materializado aún. Estos elementos definidos en el plano se les denominarán Puntos de replanteo, que son aquellos necesarios para definir correctamente la situación y forma del elemento proyectado. Cuando lo que se pretenda materializar del plano al terreno sea un elemento no puntual, por ejemplo, la planta de un edificio a construir, será necesario descomponerlo en un número determinado de puntos a replantear sobre el terreno de forma independiente y unirlos posteriormente en el orden adecuado mediante los oportunos trazados. La definición de estos puntos se realiza a través de las denominadas bases de replanteo, los cuales son puntos de coordenadas conocidas materializados en el terreno que, por lo general, están alejados de la figura a replantear y localizados en zonas desde las que se controle su área de influencia en la obra. Hay ocasiones en las que, sin embargo, los propios puntos de replanteo se utilizan como bases. Para llevar a cabo el replanteo de un punto, es necesario disponer sobre el terreno de métodos en los que apoyarse, y conocer unos datos que sean suficientes para que el punto en cuestión quede definido en una solución única. Estos métodos de replanteo planimétrico se pueden dividir en:

- a) Por Polares
- b) Por Abscisas y Ordenadas
- c) Por Bisección.

➤ **Replanteo planimétricos por polares**

Este método se basa en el estacionamiento en un punto de coordenadas conocidas, como una base de replanteo, o un punto replanteado previamente, 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. Si no es así habremos calculado el ángulo polar Una vez orientado el equipo hacia el Norte se deberá imponer, en el equipo el acimut generado entre el norte y el punto a replantear al que, añadiendo la distancia horizontal

entre ambos, se tendrá la ubicación en terreno del punto de proyecto. Si no se tuviese el acimut entre ambos puntos habrá que calcular el ángulo polar por diferencia de acimutes entre el punto de referencia y el punto a replantear, al cual se le agrega la distancia horizontal y se obtiene el punto replanteadado como muestra la figura siguiente:

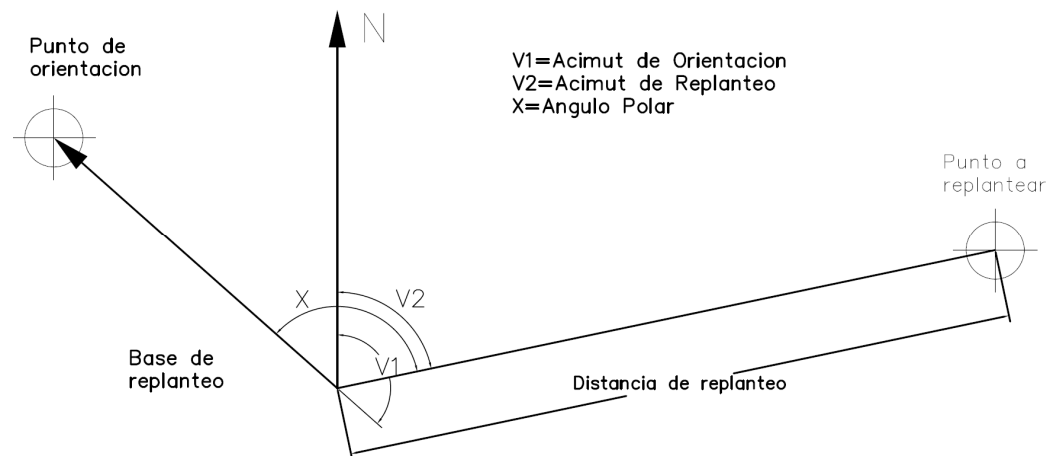


Figura 10 – Replanteo por polares

Este método puede presentar errores en la medida que las observaciones realizadas desde la base de replanteo contengan errores, es decir, errores en la medición angular y de distancia pueden provocar un desplazamiento de la posición real del punto a replantear.

➤ **Replanteo por Abscisas y Ordenadas**

El método por abscisas y ordenadas se basa en la definición de una línea base consistente en dos puntos, A y B, con coordenadas conocidas y visibles entre sí, sobre la cual se replanteará un punto cualquiera (P), también con coordenadas conocidas. Además de lo anterior se deberá conocer la distancia existente entre la recta y el punto a replantear, y la distancia existente entre cada punto de la recta y el punto P. El método consiste en estacionar el taquímetro o la estación total en el punto A y visamos a B. Sobre la recta A-B llevamos la distancia correspondiente a la abscisa AH, que se ha calculado con anterioridad. Luego se estaciona en B y visamos al punto A, para volver a situar H con la distancia correspondiente a

la abscisa B-H. De esta manera se comprueba la posición de H que, teóricamente, debe ser la misma desde ambas posiciones. Luego desde el punto H se visa al punto A y marcamos un ángulo recto (100g ó 90°) para determinar la dirección del punto a replantear, sobre la que se llevará la longitud H-P, obteniendo el punto P. Se repite el proceso visando a B desde H para determinar la dirección del punto P, que deberá coincidir con el replanteado previamente.

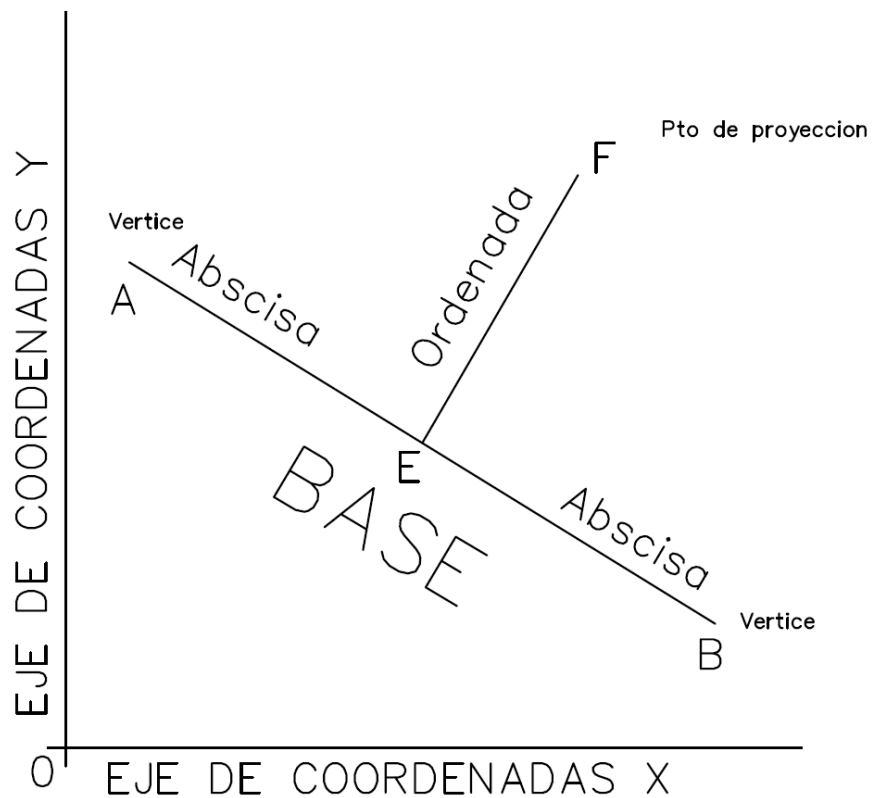


Figura 11 – Replanteo por abscisas y ordenadas

El error de este método radica en “el replanteo del punto H desde A”, el que puede estar “afectado por los errores accidentales cometidos en las observaciones angulares de A a B y de A a H”.

➤ **Replanteo por Bisección**

El método por Bisección se basa en la definición de una línea base consistente en dos puntos, A y B, con coordenadas conocidas y visibles entre sí, sobre la cual se replanteará un punto cualquiera (C), mediante la intersección de las visuales procedentes de los puntos de la recta. Para ello se deberán calcular los acimutes correspondientes de las líneas de proyección de AB, AC y BC, mediante los cuales se conocerán los ángulos α y β , a partir de las diferencias de los acimutes calculados. La aplicación de este método consiste en estacionar dos instrumentos, que pueden ser taquímetros o estaciones totales, cada uno en el punto A y B correspondientemente, y se visan entre ellos imponiendo la lectura de 0° (o $0g$), después en cada uno de ellos se busca la lectura angular α y β , correspondiente al punto sobre el cual estén situados, lo que permitirá obtener la intersección de ambas visuales al punto C. Otra forma de realizar este método es en base a los acimutes AC y BC, lo que ahorraría el cálculo de los ángulos α y β , lo que reduciría el error angular que se pueda provocar.

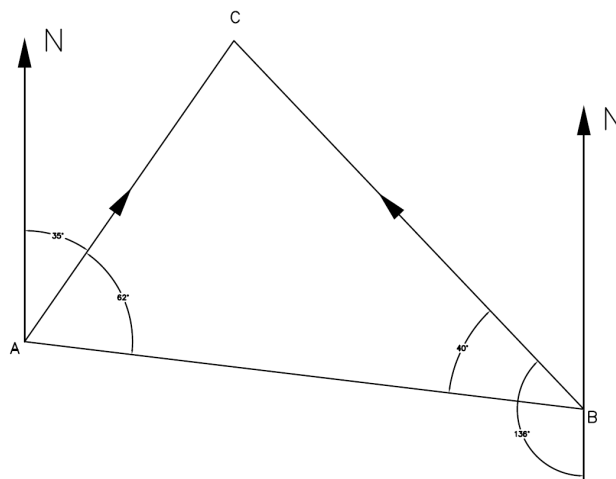


Figura 12 – Replanteo por abscisas y ordenadas

➤ **Replanteo altimétrico**

Estos servicios de replanteo son altamente demandados por arquitectos, ingenieros, constructores y jefes de obra. Si necesita ampliar información sobre nuestros replanteos topográficos.

El replanteo altimétrico es de suma utilidad en el establecimiento de las cotas de proyecto o, en algunos casos, la cota de rasante. Por ende este tipo de replanteo tendrá como argumento base el de transportar, en función de una cota de referencia que denominaremos CPR, la cota que contenga o defina cada elemento del proyecto. Pero ¿cómo se establece esta cota? La definición de esta cota se deberá establecer en función de la lectura que sean necesaria para lograr alcanzar esta elevación, es decir, si nos basamos en la forma más básica del cálculo de cotas tendremos que:

$$\text{Cota Punto (Cpto)} = \text{Cota de replanteo (Cpr)} \pm (\text{Lpr} - \text{Lpto})$$

En donde Lpto se denomina lectura al punto y la LPR será la lectura obtenida en el punto de referencia. Por lo tanto, lo primero que se debe definir es la lectura al punto de referencia y, en función del desnivel obtenido entre la cota del punto y la de referencia, se podrá obtener la lectura necesaria, en el punto, que se requiere para alcanzar la cota de la obra estipulada en el proyecto. Este tipo de trabajos se realiza de forma general en las obras de construcción, en donde cada loza de piso debe llevar la misma cota, y esta será distinta a la cota del piso inmediatamente inferior o superior.

Ahora bien, dentro de los trabajos de construcción se hace necesario que las losas, vigas, cielos, o algún otro elemento, lleven el mismo valor altimétrico, para ello se establece la técnica de demarcación de niveles ya sea en muros o en cualquier elemento móvil. Esta técnica consiste, que nuevamente en base a un punto con cota conocida y la elevación deseada, se plasme este último a lo largo de todo el elemento que se requiera demarcar, es decir, si se necesita tener un piso que lleve la misma cota se necesitará contar con algunos elementos de apoyo para este fin, en cuyo caso

se empleara la utilización de estacas niveladas a la misma elevación respecto de un punto de referencia. Estas estacas, que pueden estar a la misma altura que se desea para la losa, servirán de guía para lograr la cota de piso deseada, por lo tanto, la(s) persona(s) encargadas de la construcción del mismo tendrán un elemento de control durante todo el procedimiento de fabricación de este elemento. De lo anteriormente señalado, la utilización de niveletas, estacas, camillas (estacas verticales unidas mediante travesaños horizontales), facilita el trabajo de establecimiento de cotas de proyecto en la materialización de obras, para el caso de control altimétrico para la prueba de carga se utilizó una diana reflectivas para poder medir los niveles de cada estado de carga. Las niveletas, estacas, camillas son los más utilizados en movimiento tierra ya que permiten al maquinista controlar la profundidad del corte que requiere realizar. Ahora bien, hasta el momento solo se ha hablado de un replanteo a un mismo nivel, pero ¿qué pasa cuando se tienen distintas cotas de proyecto que se requieren establecer? Esta situación es muy común en proyectos viales como hidráulicos donde los ejes o líneas bases tienen puntos con distinta cota a distintas distancias, en donde las técnicas de replanteo no son muy distintas a las ya mencionadas y es aquí donde la utilización equipamientos automatizados hace primordial el trabajo de replanteo, no solo por la rapidez que estos puedan presentar, sino también, por la precisión que ellos pueden entregar. Por ejemplo, en obras viales, cuando se necesita replantear el eje de un camino, ya definido por los diseños de proyecto, se materializan los elementos singulares de estos, es decir, los alineamientos rectos del eje, los puntos de singularidad geométrica y puntos de densificación equidistante, los cuales quedan plasmado mediante la utilización de estacas en el camino, las cuales servirán de apoyo al momento de materializar el mismo. En obras hidráulicas, como por ejemplo alcantarillados, lo que se hace es dejar niveletas o camillas a una cierta altura del fondo de

la misma, de manera tal que permita ser la referencia para la materialización de la misma, y no solo de ella sino del fondo de tubería que transportara los elementos líquidos a través de ella. En conclusión, todo replanteo altimétrico se basa en el establecimiento de elementos de control que permitan plasmar en terreno la cota de las obras a construir, en donde estos elementos deben cumplir ciertas condiciones:

-Que sean inmóviles

-De fácil identificación

-Que se encuentren en una ubicación adecuada para la materialización y control de las obras de ingeniería

-Bien señalizadas. Cumpliendo estos elementos se garantiza un replanteo óptimo y con pocas posibilidades de cometer error.

2.2.5. Estación total

Es un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, consiste en la incorporación de un distancio metro y un micro procesador.

Para lo cual tienen distintas características y funciones, y una de ellas es la lectura con láser, la cual hace más sencillo y rápido la recopilación de datos. («Estación total», 2018)

Cabe resaltar para un buen control topográfico de zonas inaccesibles, la estación total debe contar con lectura laser con una precisión de 3" como máximo. Teniendo en cuenta el criterio replanteo altimétrico, los puntos deben estar bien ubicados y bien señalados para reducir los errores.

2.2.6. Nivelación

Se llama nivelar a medir las diferencias de altura entre dos o más puntos. La exactitud de estas mediciones depende de los medios empleados en su realización; y a su vez los medios empleados dependen del fin o destino del trabajo. Así, por ejemplo, para obtener un sencillo perfil de un tramo de obra podemos emplear la regla de nivelación, mientras que para nivelar o determinar los niveles de un puente tenemos que emplear un nivel más preciso o

una estación total. (Urbano Pastrana Agúndez, Antonio Vinuesa & Angulo, 2005)

Para la prueba de carga se utiliza el mismo criterio para poder determinar y controlar las variaciones, deflexiones o desniveles que sufre los elementos estructurales al aplicar una carga.

2.2.7. Diana reflectivas

Son elemento para uso topográfico de alta precisión, donde cualquier estación total puede tomar lectura a estas dianas reflectivas siempre y cuando la estación total tenga la opción de lectura con tarjeta reflectiva o laser.(«Dianas reflectantes adhesivas para topografía - Varios tipos y tamaños», 2018)

Cabe resaltar que estas dianas deben estar ubicados de tal manera que se pueda visualizar las marcas de precisión, donde al momento de visar pueda ubicar el punto anteriormente visado.

Hay de diferentes tamaños por lo tanto si las distancia a controlar son sumamente lejanas, las dianas deben tener mayores dimensiones garantizando la visibilidad de las marcas de precisión.

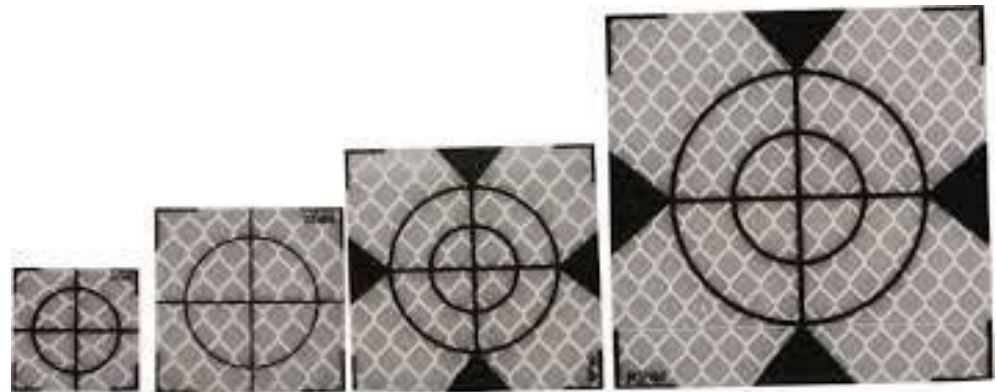


Figura 13 – Dianas reflectivas de diferentes tamaños

2.2.8. Aguas arriba

Es el contrario de la definición anterior, es decir, que el punto avanza en dirección contraria a la corriente. También se puede decir río arriba. En castellano se utiliza también el término asuso con el mismo significado.(Definiciones usuales en hidrología, 2019)

2.2.9. Aguas abajo

Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente. Otra expresión también usada es río abajo. En castellano se utiliza también el término ayuso para referirse a aguas abajo.(Definiciones usuales en hidrología, 2019)

2.2.10. Pk o Progresiva

Progresivas son distancias horizontales acumuladas que se miden a partir de un origen, separadas cada 5 metros en el eje.(«CONCEPTOS BÁSICOS EN LA TOPOGRAFÍA», 2018)

2.2.11. Trazado y plantillado

Consisten en demarcar perfectamente de los linderos del terreno, en el caso de la prueba de carga es la marcación cuidadosa para la colocación de volquetes y dianas reflectivas.(ING. Maximo Huayanca Hernandez, 2015)

Como se mencionó anteriormente en el replanteo topográfico, se considera los planos que deben ser materializados en campo, mediante marcas o guías.

2.2.12. Colocación volquetes o tren de carga

Se empleará un tren de carga constituido por camiones, cuyo número y características están definidos en el proyecto de la prueba.

Se refiere a una continuidad de procesos la cual se indica en los planos. (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

Hay que tener en cuenta que el objetivo del agregar el tren de carga a una prueba de carga, es de simular la carga de diseño HL-93, por lo tanto, debemos agregar peso a cada volquete para llegar al peso ideal de diseño.

2.2.13. Colocación dianas o puntos de control

Se ubican en zonas estructurales donde el elemento alcanza los esfuerzos máximos producidos por el tren de carga con la finalidad

de registrar milimétricamente las variaciones producidas por los estados de carga. Se refiere a una continuidad de procesos la cual se indica en los planos. (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

2.2.14. Volquetes

De 15 m³ que serán cargados con material orgánico para simular al vehículo de diseño HL-93. Antes de comenzar la prueba, se comprobará mediante pesaje en báscula el peso total real de cada uno de los vehículos, debiendo quedar garantizado que su valor no se desvía en más de un 5% del considerado en el Proyecto de la prueba. Los recibos de báscula deberán entregarse al Director de la prueba, quien dejará constancia de ello en el informe de la misma. (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

2.2.15. Estados de cargas

Los estados de carga se definirán en el Proyecto de la prueba de forma que, cargando convenientemente distintas zonas de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos por el tren de carga de la Instrucción en las secciones críticas. (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

2.2.16. Contraflechas

Cuando se aplica un pretensado a un elemento de hormigón, se produce una deformación de dicho elemento, de forma que, si el pretensado se aplica en su cara inferior, se produce una contraflecha en sentido contrario a la que se produciría bajo cargas gravitatorias. («Contraflecha debida al pretensado», 2017)

Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga. Para la prueba de carga es necesario medir las flechas del puente (Cotas) para determinar la variación que se genera al aplicar una carga máxima en él.

2.2.17. Balanza de camiones

Es necesario para medir el peso de los camiones cargados usados en esta prueba de carga, las cuales simularan la carga de diseño (HL-93). (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

2.2.18. Vanos

Es la división total del puente la cual está conformado por 3 elementos de 70-160-70 metros, donde se aplicará los respectivos estados de carga. (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

2.2.19. Modelamiento estructural

Un modelo estructural es una representación o esquema simplificado de la estructura, que se elabora con el objeto de analizar su comportamiento. El grado de simplificación depende del tipo de cálculo que estemos realizando, pero no debemos olvidar que la estructura que calculamos NO ES LA ESTRUCTURA REAL, sólo una aproximación.

Al modelo estructural también se le denomina esquema estructural o esquema de cálculo, y a veces estructura ideal (en contraposición a estructura real).

2.2.19.1. Objetivo de un modelamiento estructural

La estructura real es demasiado compleja para poder analizarla. Por eso acudimos al modelo estructural, cuyo comportamiento es siempre más fácil de estudiar que el de la estructura real. Con el modelo hacemos una simulación de la estructura real. Para que el modelo estructural tenga utilidad, debe reunir dos condiciones:

a) Debe parecerse a la estructura real. El comportamiento que vamos a analizar es el del modelo, no el de la estructura real. Cuanto más cerca estén los dos, más útil será el modelo.

b) Debe ser sencillo para poder analizarlo. O al menos, no debe ser excesivamente complejo.

En la mayoría de las estructuras, estas dos condiciones van en sentidos opuestos: a mayor similitud con la estructura, mayor complejidad de cálculo. Es responsabilidad nuestra conocer en qué grado el modelo empleado difiere de la realidad, pues de ello dependen la validez y exactitud de los resultados obtenidos.

2.2.19.2. Que debe considerar un modelamiento estructural

Un modelo debe contener cuatro grupos de conceptos:

a) Geometría y vínculos. Un esquema de la forma de los elementos estructurales (geometría) incluidas las características geométricas de las secciones de los elementos, y la definición de las uniones entre elementos (vínculos internos) y con la cimentación (vínculos externos).

b) Características del material. Principalmente la relación entre tensiones y deformaciones, y la resistencia del material; y muchas veces también otras propiedades del material (peso específico, coeficiente de poisson, coeficiente de dilatación térmica...).

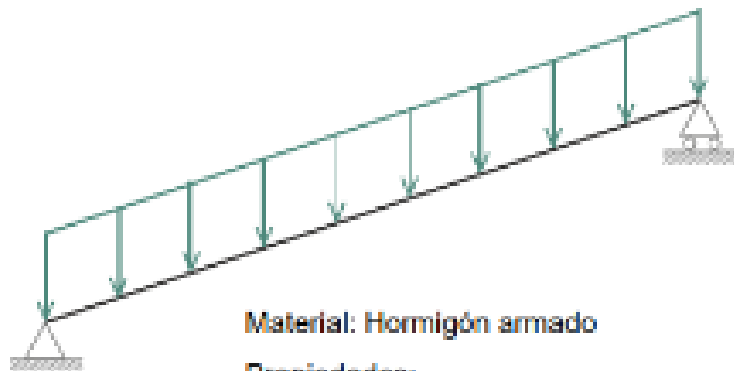
c) Acciones.

d) Método o métodos de cálculo a emplear para determinar, por una parte, los esfuerzos, tensiones y deformaciones, y, por otra parte, la resistencia de los elementos estructurales.

2.2.19.3. Como realizar un modelamiento estructural

Veremos con ejemplos cómo hacer un modelo de una estructura para su análisis. Para ello distinguiremos entre distintos tipos de modelos en grado creciente de complejidad.

➤ **Modelo de una barra**



Material: Hormigón armado

Propiedades:

Módulo de Elasticidad: $E = 30000 \text{ N/mm}^2$

Resistencia característica $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Geometría: la viga se considera a efectos de cálculo como una línea (su directriz). • Enlaces: los apoyos reales son de neopreno, que permiten sólo parcialmente el movimiento horizontal. • Cargas: los coches son en realidad una carga puntual móvil, pero se aproxima a una carga uniforme; desprecio el rozamiento de los neumáticos que sería una carga en la dirección de la viga. • Propiedades de los materiales (el hormigón se supone isótropo, lineal, elástico y se considera un módulo de Elasticidad medio).

Ventajas

El modelo de una sola barra es útil en estructuras en que el comportamiento de una barra pueda independizarse del resto, lo cual en muchas ocasiones no es posible. En el ejemplo anterior, la viga del puente puede estudiarse independientemente del resto

de la estructura, como viga biapoyada, con un grado bastante alto de aproximación.

También es útil el modelo de una barra para realizar cálculos a mano de las vigas o viguetas de una estructura. El cálculo manual es útil para hacer un predimensionado aproximado, o para comprobar los resultados obtenidos por ordenador.

Gracias a su sencillez, es el único modelo que permite el análisis manual.

Desventajas

En general el modelo de una barra es demasiado simplificado, y no representa con precisión el comportamiento real de las barras de la estructura.

➤ **Modelo de estructura**

La elaboración del modelo de una estructura completa se puede abordar siguiendo dos estrategias con distinto grado de complejidad:

- **Modelo plano**

Descomponemos la estructura en varios modelos, todos ellos planos, lo cual facilita mucho el cálculo. En algunos casos, el comportamiento del modelo plano dista mucho del de la estructura real.

Ventajas

El modelo plano es más sencillo de analizar que el de la estructura completa. Aunque casi siempre requiere ser analizado por ordenador, se pueden realizar cálculos a mano sencillos para tener una idea aproximada del comportamiento de algunos elementos.

Permite hacerse una idea más intuitiva del comportamiento de la estructura que el modelo completo. Por ejemplo, la división en estructura principal y secundaria facilita la comprensión de cómo es la transmisión de fuerzas a través de la estructura.

Facilidad de representación. Requiere menos tiempo que el modelo completo para su análisis.

Desventajas

No representa bien a la estructura real en los casos en que el comportamiento de esta sea marcadamente tridimensional (ejemplo: pórticos espaciales o puentes).

Incluso en estructuras de pórticos planos, ciertas situaciones de carga no pueden estudiarse en condiciones con el modelo plano.

Por ejemplo:

La acción del viento en dirección perpendicular a los pórticos de carga.

El pandeo de los pilares en el plano perpendicular al pórtico.

- **Modelo completo**

Es un modelo tridimensional de la estructura completa, más difícil de representar y calcular, pero que representa más fielmente la estructura real.

Ventajas

El modelo completo es el que representa más fielmente el comportamiento real de la estructura.

En estructuras con un comportamiento más tridimensional (por ejemplo: pórticos espaciales) el modelo completo es insustituible. Incluso en estructuras de pórticos planos, el comportamiento frente a acciones horizontales (viento, por ejemplo) no queda bien representado por el modelo plano, y requiere para su estudio de un modelo que incluya a la estructura completa.

Desventajas

Dificultad de cálculo y de representación. Requiere más tiempo para su análisis.

Mayor dificultad para entender su funcionamiento de forma intuitiva, debido a su complejidad. A veces el modelo plano es necesario para tener una idea física (aunque sea incompleta) de lo que le está pasando a la estructura.

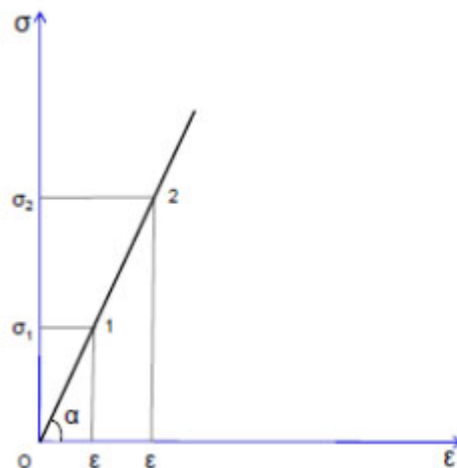
- **Resistencia de materiales**

La Resistencia de Materiales es la rama de la Mecánica que estudia las relaciones entre cargas, esfuerzos, tensiones y

deformaciones en barras, mediante modelos simplificados. Para que el cálculo de tensiones y deformaciones en las barras sea posible, es necesario realizar una serie de hipótesis simplificativas:

- **Ley de Hooke.**

El material tiene comportamiento lineal y elástico. Comportamiento elástico: las deformaciones son reversibles. Al cargar y descargar, se vuelve a la posición inicial. Comportamiento lineal: las tensiones son proporcionales a las deformaciones. La ecuación tensión-deformación es una línea recta.



$\sigma_1 / \epsilon_1 = \sigma_2 / \epsilon_2 = \text{cte.} = E$
 La constante de proporcionalidad E se denomina **módulo de elasticidad**.
 E es la pendiente de la recta:
 $E = \text{tg } \alpha = \sigma / \epsilon$
 Por tanto:
 $\sigma = E \cdot \epsilon$

- **Elementos lineales**

Las condiciones que debe cumplir la geometría de la estructura para que pueda ser representada por un modelo de barras son:

- Barras. Los elementos estructurales deben ser barras. Una barra es un elemento que tiene una dimensión mucho mayor que las otras dos.
- Sección constante o poco variable. Si la sección presenta variaciones grandes a lo largo de la barra, el modelo proporciona resultados que pueden estar muy alejados de la realidad.

Si la barra tiene cambios bruscos de sección, tales como perforaciones o entallas grandes, un modelo simplificado de barras no reproduce adecuadamente el comportamiento estructural.

- **Cuerpos homogéneos e isótropos**

Cuerpo homogéneo: las propiedades son las mismas en todos los puntos del cuerpo.

Cuerpo isótropo: las propiedades son las mismas en todas las direcciones.

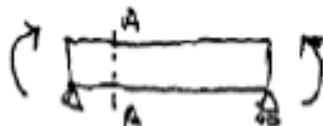
Casi todos los materiales estructurales son heterogéneos y anisótropos.

Sin embargo, en la mayoría de los casos prácticos se puede suponer que son homogéneos e isótropos para el cálculo de los esfuerzos, tensiones y deformaciones que producen las cargas; la aproximación a la realidad es buena.

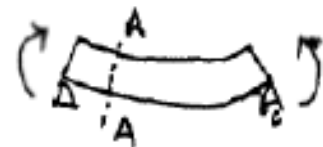
En cambio, para el cálculo de las resistencias de los elementos estructurales, la heterogeneidad y la anisotropía introducen fuertes diferencias. Las normativas actuales tienen esto en cuenta, y proporcionan procedimientos adecuados para obtener las resistencias con buena aproximación.

- **Ley de Navier o Bernouilli.**

Las secciones planas antes de la deformación siguen siendo planas tras la deformación, y mantienen su forma.



antes de la deformación

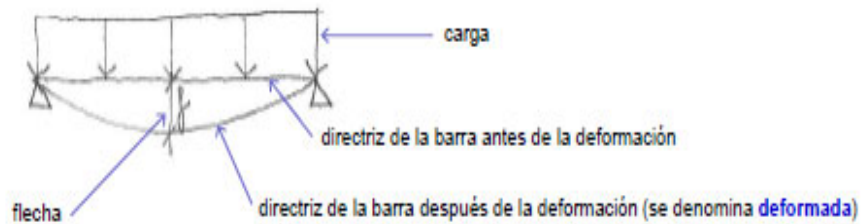


después de la deformación

Esta simplificación es de gran importancia para simplificar el cálculo de la distribución de tensiones en una sección.

- **Teoría de pequeñas deformaciones.**

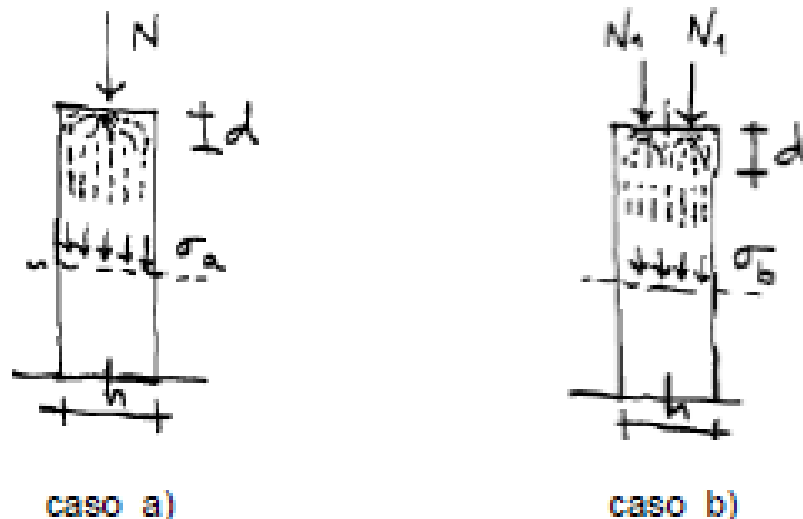
Los cuerpos se deforman al estar sometidos a las cargas, pero estas deformaciones son pequeñas.



Esta hipótesis permite determinadas simplificaciones en el cálculo, como se verá más adelante. Y es una hipótesis que tiene buena aproximación a la realidad, en la mayoría de los casos. Ejemplo: las normativas suelen limitar las flechas en vigas a valores comprendidos entre 1/250 y 1/500 de la longitud de la viga. Por tanto, en una viga de 5 m, la flecha permitida está entre 1 y 2 cm, que son valores muy pequeños. En los gráficos dibujamos la deformada muy exagerada, para poder apreciarla, pues a su escala real apenas la veríamos.

- **Principio de Saint Venant**

Acciones equivalentes producen efectos equivalentes, salvo en el entorno de aplicación de las cargas.

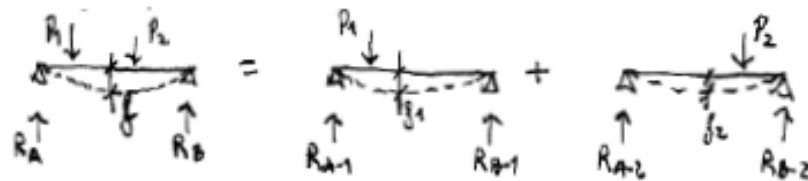


Si $N = N_1 + N_1$ y además las dos N_1 están a igual distancia del eje, entonces, la distribución de tensiones en ambos casos es la misma en una sección situada a cierta distancia del punto de aplicación de las cargas ($\sigma_a = \sigma_b$)

Esto vale para toda la barra, salvo para un entorno d . El entorno d es del orden del canto h de la barra (dimensión mayor de la sección).

- **Principio de superposición**

Los efectos que producen un conjunto de acciones son iguales a la suma de los efectos que produce cada acción por separado.



$$R_A = R_{A-1} + R_{A-2}$$

$$f = f_1 + f_2$$

El principio de superposición sólo es válido en los cuerpos que cumplen la ley de Hooke y la teoría de pequeñas deformaciones.

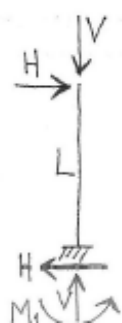
- **Otras simplificaciones**

a) La seguridad. Para estudiar la seguridad de la estructura debemos conocer las acciones que puede haber en la estructura, y la resistencia de los elementos estructurales. Los valores de las acciones y de las resistencias son muy difíciles de determinar, por lo que trabajaremos con valores aproximados, siguiendo a las normativas que sean de aplicación.

b) Los vínculos. Los enlaces de la estructura real tienen un comportamiento complejo. En los modelos los simplificamos, pero de modo que su comportamiento sea cercano a la realidad.

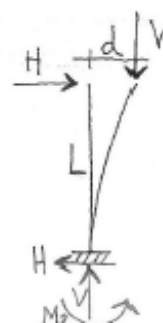
c) Situación de equilibrio de la estructura. Podemos aplicar el equilibrio de la estructura sin deformar (teoría de primer orden) o de la estructura deformada (teoría de segundo orden). Habitualmente analizamos la estructura con teoría de primer orden. Hay otras simplificaciones frecuentes en los modelos que empleamos, que veremos más adelante.

Teoría de primer orden y Teoría de segundo orden



Teoría de primer orden.
Aplicamos el equilibrio a la estructura sin deformar.

En teoría de 1er orden,
la carga vertical V
no produce momento.



Teoría de segundo orden.
Aplicamos el equilibrio a la estructura deformada.

En teoría de 2º orden,
la carga vertical V
sí produce momento.

En la realidad las estructuras están en equilibrio y están deformadas (Teoría de segundo orden). Pero el análisis de la estructura deformada es muy complejo. Habitualmente planteamos el equilibrio de la estructura sin deformar (Teoría de primer orden), que no es real, pero es mucho más fácil. En Teoría de primer orden: $M_1 = H \cdot L$ En Teoría de segundo orden: $M_2 = H \cdot L + V \cdot d = M_1 + \Delta M$ Si es válida la Teoría de pequeñas deformaciones, entonces $d \approx 0 \rightarrow \Delta M \approx 0 \rightarrow M_1 \approx M_2$ Por lo tanto la aplicación de la Teoría de primer orden es una buena aproximación a la realidad. Algunas excepciones son los problemas de pandeo y de estructuras traslacionales, donde ΔM no es despreciable.

2.2.20. Prueba de carga estática.

Es un conjunto de operaciones consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma, antes de su puesta en servicio, con objeto de confirmar que el proyecto y construcción de la obra se han llevado a cabo de forma satisfactoria.

Con este objeto es necesario comprobar que, para unas situaciones de carga representativas de las acciones a que va a estar sometida durante su vida en servicio, el comportamiento de la estructura se ajusta a las previsiones de proyecto.

Se tratan tanto las pruebas de carga estáticas como las dinámicas, aunque los aspectos característicos de estas últimas se han recogido en un apartado específico, estando referida la mayor parte del texto a las pruebas estáticas. (Carreteras & Dirección General

de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

Todo puente proyectado de acuerdo con la presente Instrucción deberá ser sometido a pruebas de carga antes de su puesta en servicio.

Tales pruebas de carga podrán ser estáticas o dinámicas. Las primeras serán siempre obligatorias, las segundas serán preceptivas en aquellas estructuras en las que sea necesario verificar que las vibraciones que se puedan producir no afectarán a la funcionalidad de la obra.

En caso de ser necesario, el proyecto de la prueba de carga podrá ser revisado y adaptado una vez finalizada la construcción del puente, para tener en cuenta las disponibilidades de camiones existentes realmente en obra, así como para recoger, si fuera oportuno, en la modelización de la estructura las variaciones que se hayan podido producir con respecto a lo inicialmente considerado en el proyecto. (Carreteras & Dirección General de Carreteras de Madrid del Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999)

Los puentes existentes pueden ser instrumentados y resultados obtenidos en diversas condiciones de tráfico y / o Carga ambiental o carga probada con fines especiales. Vehículos para establecer efectos de fuerza y/o el transporte de carga. Estos efectos de fuerza medidos pueden usarse para proyectar. fatiga de la vida, para servir como base para diseños similares, para establecer límites de peso permisibles, para ayudar en la emisión permisos, o para establecer una base de priorización rehabilitación o readaptación. (AASHTO LRFD AASHTO LRFD AASHTO LRFD, 2012).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio fue aplicada ya que nuestra función principal es aplicar los conocimientos teóricos y poner al servicio de la práctica para dar soluciones a los problemas

3.2. Nivel de estudio

El nivel de estudio fue descriptivo, con el desarrollo del trabajo de estudio se pretende describir y explicar el procedimiento del control de la deflexión del tablero del puente.

3.3. Diseño de estudio

El diseño de estudio fue experimental ya que todos los trabajos fueron realizados en campo (prueba de carga estática) y están destinados al control de la deflexión del tablero del puente, con la finalidad de evaluar el grado de deformación y su posterior puesta en funcionamiento.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Fueron los distritos de 3 de Diciembre y Chilca

3.4.2. Muestra

La muestra fue no aleatoria - dirigida que estuvo constituida por el puente Mantaro.

3.5. Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

- a) Observación
- b) Protocolos Ckeck list
- c) Medición

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

- a) GPS con un error máximo de 3 m.
- b) Estación total OS 105 con calibración no mayor de 6 meses.
- c) Nivel de ingeniero con calibración no mayor a 6 meses.
- d) Wincha de 50 m.
- e) Cámara fotográfica o filmadora
- f) Dianas flectoras de 10x10 cm.

3.5.3. Instrumentos de análisis de datos

- a) Autocad civil 3D
- b) Excel manejo de tablas dinámicas
- c) Word
- d) Autocad

3.5.4. Equipos de protección personal

- a) Casco.
- b) Barbiquejo.
- c) Lentes de Seguridad.
- d) Guantes de Cuero.
- e) Ropa de trabajo con cinta reflectiva.
- f) Protectores auditivos con copa.
- g) Botas con punta de acero.
- h) Respirador para gases y polvo.
- i) Arnés

3.5.5. Herramientas manuales

- a) Comba.
- b) Barretas/palancas.
- c) Punzones.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL INFORME

4.1. Resultados

4.1.1. Procedimiento de trabajo

4.1.1.1. Levantamiento topográfico inicial

Se realiza el levantamiento topográfico de la losa del puente para determinar la geometría real, ya que al momento de la ejecución del puente hubo varias modificaciones tanto en el proceso constructivo como la misma naturaleza de los elementos estructurales. La cual mediante una gráfica podemos determinar que hubo muchas variaciones con respecto a los niveles de la rasante del puente.

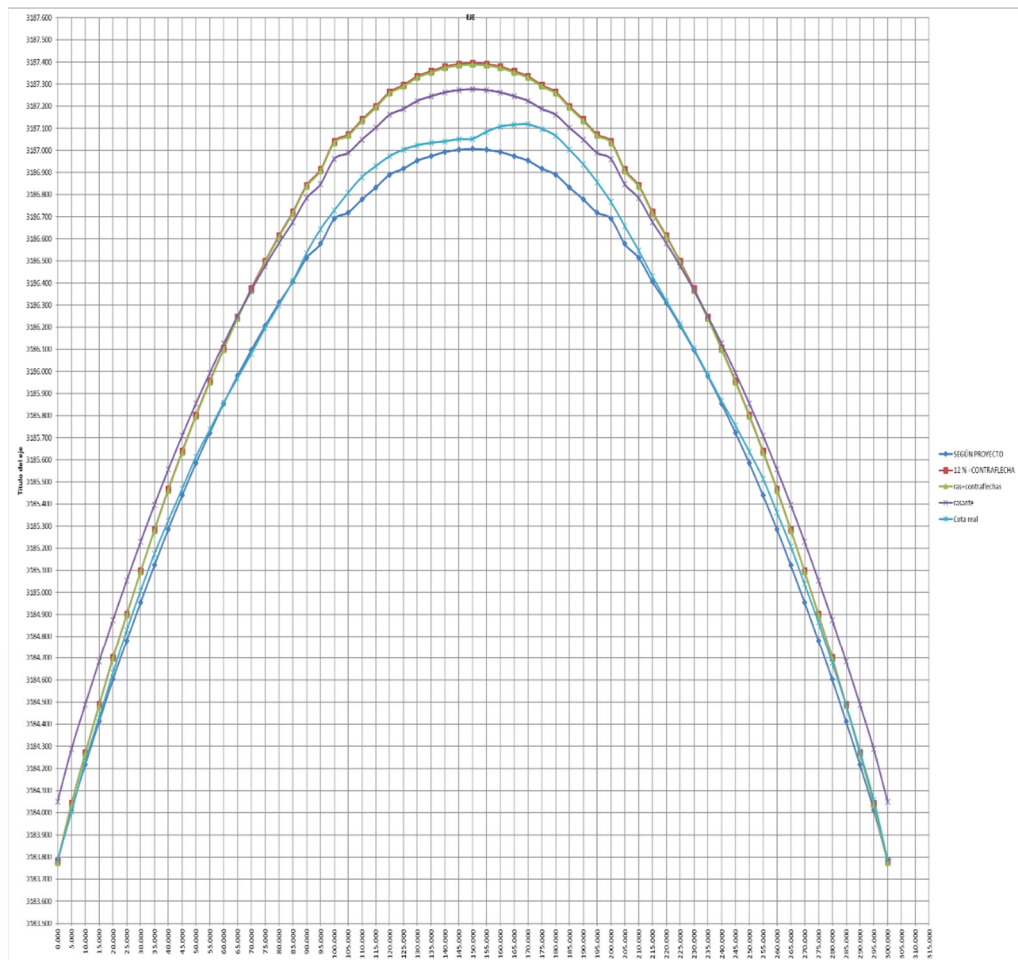


Figura 14 - Variación con respecto a los niveles

En la Figura 13 – se puede apreciar de color celeste que hubo una variación considerable con respecto a los niveles del puente por lo que se vio necesario hacer un modelamiento estructural con los datos arrojados de la topografía.

De igual manera se realizó un levantamiento topográfico para verificar la planimetría del puente, donde demostramos gráficamente que el puente también tiene variaciones considerables.



Figura 15 - Variación con respecto al eje

Como se puede apreciar tanto en aguas arriba como en aguas abajo se determinó que hay variaciones considerables en planta. Por lo que se vio necesario realizar una verificación de la superestructura metálica según la geometría real del puente, para determinar si estas variaciones eran considerables para el funcionamiento del puente o tenían una influencia significativa en su funcionamiento.

4.1.1.2. Modelamiento estructural

Se realiza un modelo de cálculo de elemento finitos con el programa SAP 2000 en el que se considera un cálculo evolutivo no lineal con todas las fases de la construcción definidas en el expediente técnico, en este sentido, para la definición de los nudos de modelos de cálculo se ha tenido en cuenta la geometría real de la subestructura metálica.

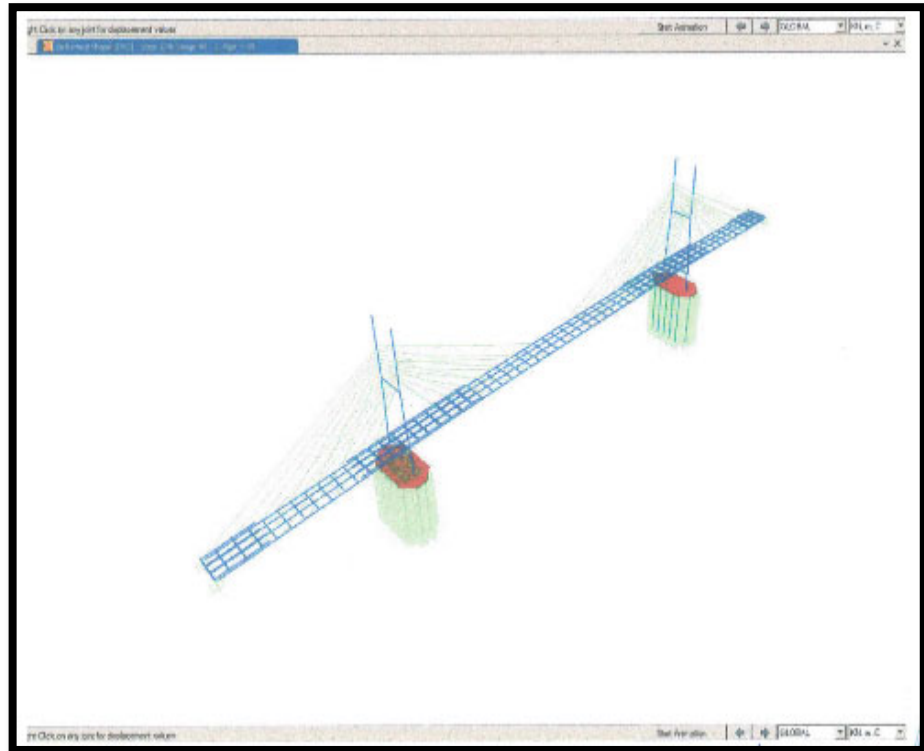


Figura 16 - Modelamiento en el SAP 2000

4.1.1.3. Acciones introducidas en modelo de calculo

Para el modelo de cálculo se consideró las cargas siguientes:

- a) Peso propio: El peso propio de los elementos metálicos es considerado de forma automática por el programa de cálculo a partir de su geometría y de las características de los materiales.

- b) Carga muerta: También se considera todos los elementos del puente, como losa, vereda, baranda, parapeto, voladizo, asfalto, etc.
- c) Sobrecarga vehicular: Se adiciona el peso de los vehículos que transitaran por el puente, también conocido como carga viva.
- d) Efectos térmicos: Se tiene consideración la temperatura del puente.

4.1.1.4. Comparación de resultados

Después de realizar el modelamiento en el programa SAP 2000 se tiene como resultado, como se muestra en la gráfica, no existe diferencias significativas entre los esfuerzos obtenidos con la geometría teórica y los obtenidos con la geometría real de la subestructura metálica, por lo que la estructura finalmente construida se considera válida.

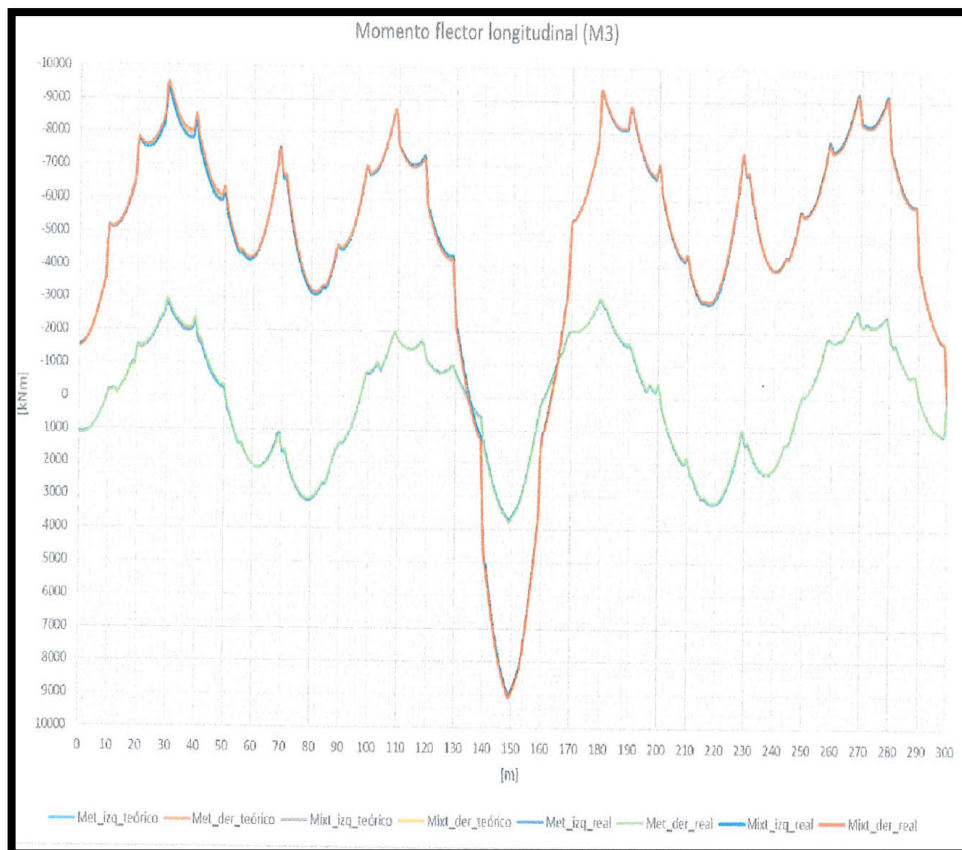


Figura 17 - Momento flector longitudinal

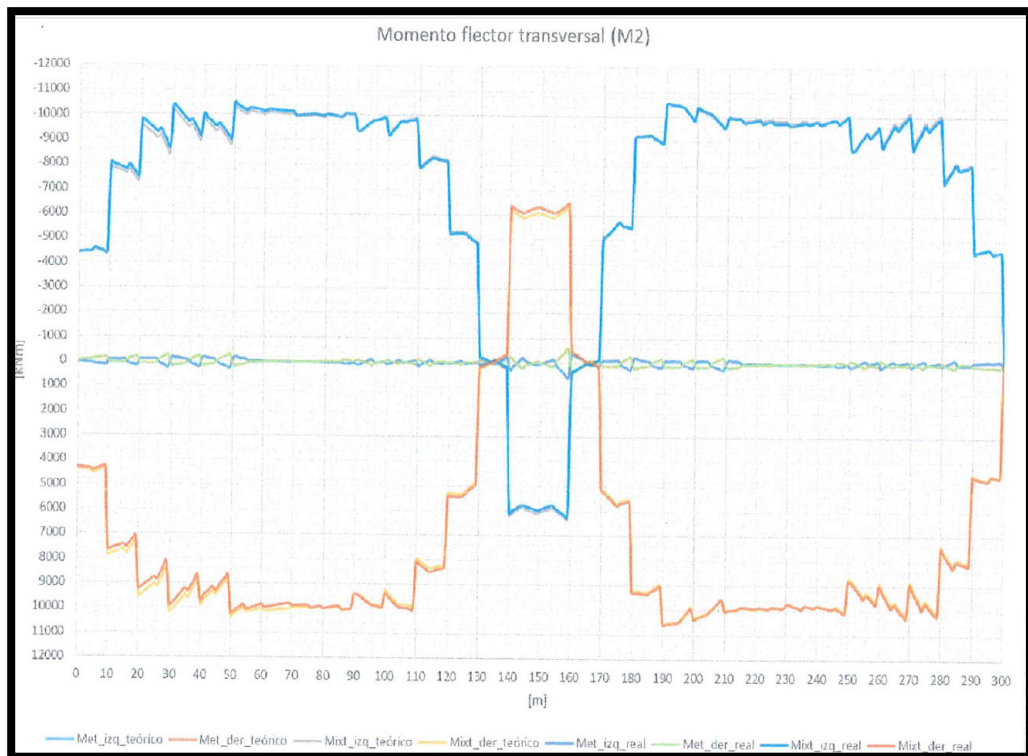


Figura 18 - Momento flector transversal

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se ha verificado que las variaciones observadas en la geometría real respecto a la teórica de la superestructura metálica del puente sobre el río Mantaro, no son significativas y, por tanto, ni suponen variaciones o reducción de la seguridad de la estructura real respecto a la teórica no siendo necesario reformar la estructura finalmente ejecutada.

Por lo tanto, con estos resultados se procede a realizar la respectiva prueba de carga del puente Mantaro.

4.1.1.5. Prueba de carga estática – Puente Mantaro

➤ Modelo de estructura

El Plan para la realización de la prueba de carga del puente sobre el río Mantaro, este procedimiento se aplica a los puentes carreteros, construidos recientemente y diseñados bajo la normatividad siguientes:

a) Manual de Puentes MTC 2003

b) AASHTO LRFD 2012

c) Normativa recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puente de carretera.

d) Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras (IAP)

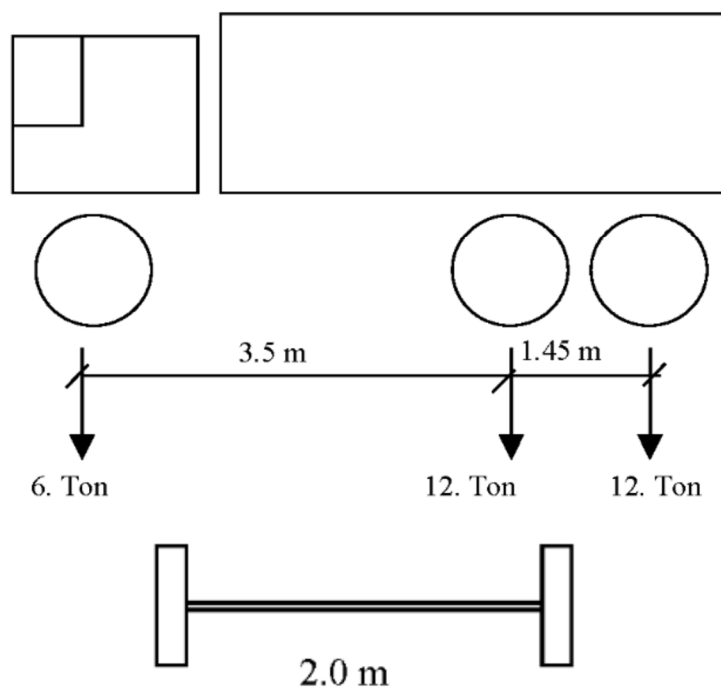
La prueba de carga estática, que se describe es aplicable a puentes que han sido construidos cumpliendo las especificaciones y efectuados con los controles de calidad bajo el seguimiento de una Supervisión específica.

➤ **Definición de la prueba de carga**

El objeto de esta prueba de carga consiste en reproducir una serie de estados de carga sobre la estructura antes de su puesta en servicio para confirmar que el proyecto y la construcción se han realizado de forma satisfactoria, y que la estructura se ajusta a las previsiones de proyecto.

En los distintos estados se carga la estructura con objetivo de obtener los máximos esfuerzos en las secciones pésimas en pilas y en centro de vano. Se recomienda que las solicitaciones a que dé lugar el tren de cargas real estén entorno al 70% de los valores teóricos por el tren de carga de diseño (HL-93).

Las dimensiones y cargas de los camiones serán las que se muestran en el esquema adjunto para un total de 21 ton por camión.



DISTANCIA TRANSVERSAL EN EL EJE TRASERO

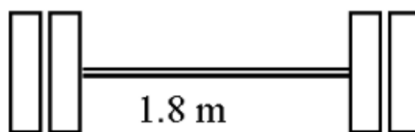


Figura 19 - Distancia entre ejes y peso de camión

Los camiones de prueba ingresarán al puente lentamente para no generar amplificaciones dinámicas de la carga (impacto) y se ubicarán en la posición indicada en los esquemas que se muestran a continuación.

Se debe descargar el tablero antes del inicio de cada fase de carga, es decir, una vez terminadas las mediciones de la Fase I, los vehículos deben abandonar el puente y volver a ingresar para iniciar la Fase II, y así sucesivamente con cada estado de carga. Las pautas a seguir son las determinadas por el criterio de estabilización de las medidas.

Cuando todos los vehículos empleados en la Fase I se hayan situado en el emplazamiento definitivo, con el

motor apagado, se miden las flechas de los puntos de medición. Las flechas instantáneas obtenidas con esta medición se denominan f_0 .

A los 10 minutos se procederá con una nueva lectura de flechas, obteniendo así un valor f_{10} .

Si se verifica que $f_{10} - f_0 < 0,05 f_0$ se da por concluido el primer escalón de carga y puede procederse al siguiente escalón. En el caso contrario se mantendrá el escalón de carga 10 minutos más, procediendo a una nueva lectura de flechas que se denomina f_{20} .

En el caso que $f_{20} - f_{10} < 0,20 (f_{10} - f_0)$ se considera terminada la Fase I de carga. Las siguientes fases de carga se realizarán siguiendo las mismas pautas de la primera y adoptando los mismos criterios de estabilización definidos anteriormente.

Una vez concluidas todas las fases de carga se procede a descargar el tablero.

La diferencia entre los valores de la flecha registrados al finalizar la descarga y antes del inicio de la prueba se definen como valor remanente f_r .

Se denomina remanencia α el porcentaje de la relación entre el valor remanente f_r y el valor f de la flecha total para un determinado estado de carga.

En base al valor de α puede ocurrir:

- $\alpha \leq \alpha_{lim}$ La prueba de carga es válida
- $\alpha_{lim} < \alpha < 2\alpha_{lim}$ Debe realizarse un segundo ciclo de carga
- $\alpha \geq 2\alpha_{lim}$ Se suspende la prueba de carga

Además de tener en cuenta los criterios hasta ahora expuestos, referentes a la estabilización de las medidas de tratamiento de los valores remanentes, de forma general, se debe verificar que durante el desarrollo de la

prueba de carga se cumplan las condiciones indicadas a continuación:

- a) Las flechas máximas obtenidas después de la estabilización, no superarán en más de un 15% a los valores teóricos previstos.
- b) No deberán aparecer signos de agotamiento de capacidad portante en ninguna parte de la estructura. Se considerará que la prueba de carga estática es aceptable cuando la deformación remanente este en el orden de 5%.
- c) Si se realiza la prueba de carga antes de finalizar la ejecución de algunas unidades no estructurales que forman parte de la carga muerta, se podrá materializar su peso incrementando la carga de la prueba o añadiendo carga supletoria con antelación suficiente para que se produzca la estabilización
- d) Para la realización de la prueba se requerirán las siguientes herramientas:
 - Balanza para camiones con capacidad en peso por eje de hasta 30 ton, con precisión de 25 kg.
 - Equipo de topografía.
 - Termómetro digital.
 - Winchas y accesorios.

➤ **Posición de carga y puntos de medición de flechas**

En la estructura se dispondrán una serie de puntos para la medición de flechas. Estos puntos de medición de desplazamientos verticales quedan definidos tanto en planta como en alzado en la gráfica.

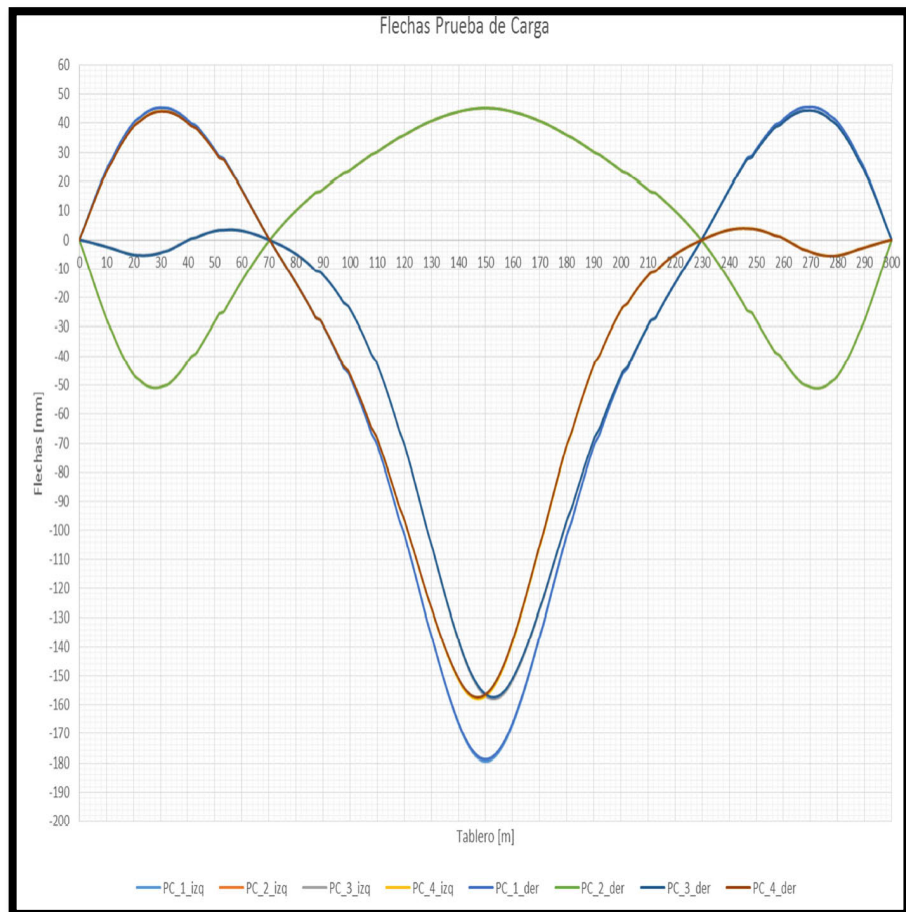


Figura 20 - Flechas previstas de carga

Para la ubicación de los puntos de control y de carga se tiene como consideración la figura 18, donde se puede visualizar gráficamente las deformaciones del puente con los diferentes estados de carga donde podemos indicar que:

- a) En el vano 1 hay variaciones considerables en la progresiva 0+020.00 hasta la 0+032.00
- b) En el vano 2 hay variaciones considerables en la progresiva 0+132.00 hasta la 0+168.00
- c) En el vano 3 hay variaciones considerables en la progresiva 0+268.00 hasta la 0+280.00

También cabe resaltar que para la ubicación del tren de carga se debe aplicar teniendo en cuenta la figura N° 18 con el fin de reproducir las máxima desplazamientos verticales del puente.

- a) En el vano 1 hay variaciones considerables en la progresiva 0+017.50 hasta la 0+032.60
- b) En el vano 2 hay variaciones considerables en la progresiva 0+132.40 hasta la 0+167.60
- c) En el vano 3 hay variaciones considerables en la progresiva 0+267.40 hasta la 0+282.50

Se deberán realizar como mínimo los siguientes estados de medición de flechas:

- a) Lectura de la flecha inicial de la estructura en los puntos de medida establecidos.
- b) Lectura de la flecha tras la carga de la estructura en los puntos de medida establecidos.
- c) Lectura tras la descarga.
- d) Lectura tras la descarga 4 días después de realizar la prueba de carga.

➤ **Desplazamientos verticales proyectados**

Se incluyen en forma de cuadro las flechas previstas para las posiciones de la prueba de carga y los puntos de medición definidos.

Tabla 1 - Flechas previstas (mm) en las pruebas de carga estática

	Puntos de medición		P-1	P-2	P-3	P-4
VANO 1		A	40.00	-46.00	-5.00	39.00
		B	45.00	-51.00	-5.00	43.00
		C	45.00	-50.00	-4.00	44.00
VANO 2		D	-144.00	42.00	-113.00	-133.00
		E	-175.00	45.00	-149.00	-157.00
		F	-179.00	45.00	-157.00	-157.00
		G	-175.00	45.00	-157.00	-149.00
		H	-144.00	42.00	-133.00	-113.00
VANO 3		I	45.00	-50.00	44.00	-4.00
		J	45.00	-46.00	43.00	-5.00
		K	40.00	-46.00	39.00	-5.00

➤ **Trabajos pre liminares**

El primer paso ha sido realizar los trabajos de campo como es el replanteo de las posiciones de carga y los puntos de medición de flecha.

Posteriormente se retirará todo elemento significativo que agregue carga muerta al puente.

➤ **Ejecución**

• **Antes de la prueba de carga**

Se ha realizado los trabajos previos como:

- a) Replanteo de la ubicación de los volquetes para las distintas etapas de cargas.
- b) Replanteo de la ubicación de las dianas reflectivas.
- c) Pesaje y codificación de cada volquete



Figura 21 - Replanteo de ubicación de posición de carga



Figura 22 - Colocación de dianas reflectivas



Figura 23 - Dianas colocadas en el voladizo

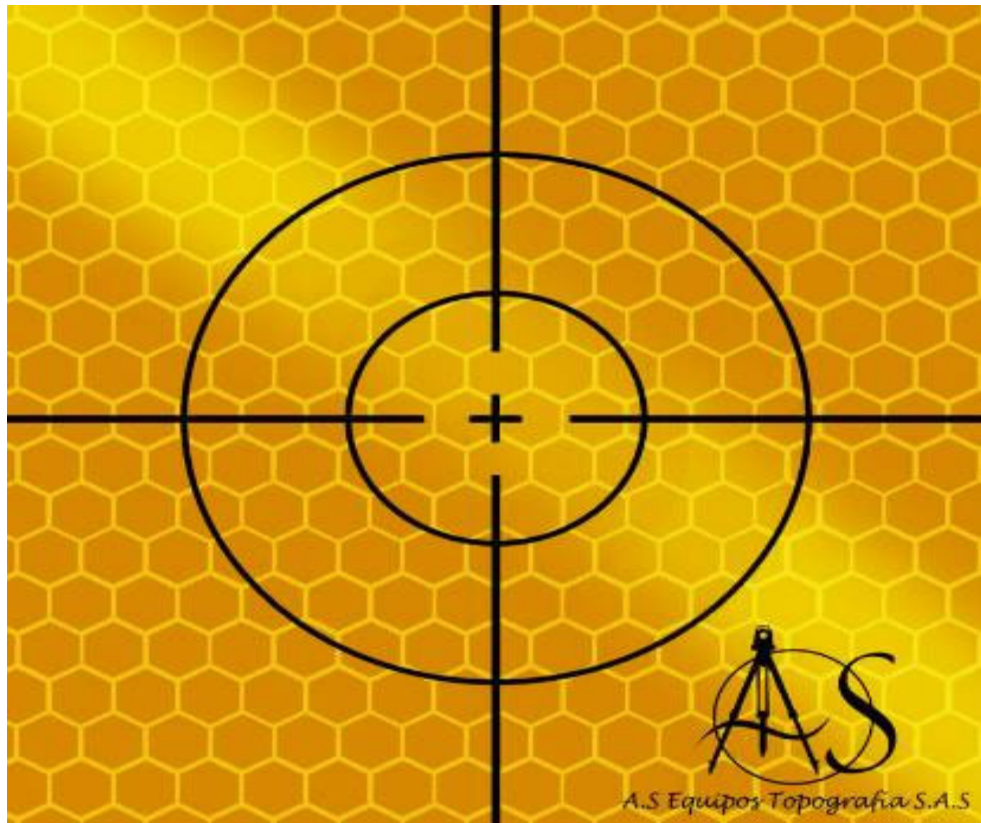


Figura 24 - Dianas reflectivas 10 x 10 cm. colocadas




Figura 25 - Pesaje de camiones



Figura 26 - Codificación de camiones

Tabla 2 - Codificación de camiones

		Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro				
Prueba de carga - Camiones						
Fecha:		T°:		Hora:		
Hecho:		Serie:		Comb.:	1	
N° camion	Placa	Eje delantera - Eje trasera	de Eje a Eje trasera	separación de neumáticos	Peso	
1	D8W-738	3.93	1.43	1.8	21.015	
2	D9V-872	3.93	1.42	1.8	21.010	
3	W2E-831	3.48	1.40	1.8	21.010	
4	D5I-925	4.26	1.38	1.8	21.010	
5	B2I-805	4.24	1.35	1.8	21.005	
6	Y1X-910	4.24	1.36	1.8	21.020	
7	AFR-941	4.20	1.40	1.8	21.010	
8	F7V-715	3.50	1.46	1.8	21.010	
9	W2Y-780	4.28	1.40	1.8	21.005	
10	B6S-753	3.30	1.46	1.8	21.020	
11	B2Z-821	3.86	1.40	1.8	21.010	
12	F7W-892	3.30	1.46	1.8	21.015	

- Toma de datos 24 hrs antes del inicio de la prueba de carga.

a) Toma de datos



Figura 27 - Toma de datos antes de la prueba de carga

b) Anotar los datos obtenidos de campo

Tabla 3 - Datos aguas abajo 24 hr antes


		Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro			
Prueba de carga - Aguas abajo					
Fecha:		T°:		Hora:	
Hecho:		Serie:		Comb.:	1
N° Diana	Cota (0)-24hr Antes				
1	3184.763				
2	3184.971				
3	3185.183				
4	3187.001				
5	3187.004				
6	3187.033				
7	3187.078				
8	3187.124				
9	3185.192				
10	3184.005				
11	3184.780				

Tabla 4 - Datos aguas arriba

SIMA		Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro			
Prueba de carga - Aguas arriba					
Fecha:		T°:		Hora:	
Hecho:		Serie:		Comb.:	1
N° Diana	Cota (0)-24hr Antes				
1	3184.711				
2	3184.938				
3	3185.150				
4	3187.086				
5	3187.082				
6	3187.100				
7	3187.121				
8	3187.168				
9	3185.185				
10	3184.979				
11	3184.768				

• **Modelo de estructura**

Para determinar la máxima deflexión del puente se ubicaron en puntos estratégicos los camiones, la cual simulan la carga de diseño (HL-93). La ubicación del tren de carga con anterioridad se realizó el replanteo y ubicación de cada punto.

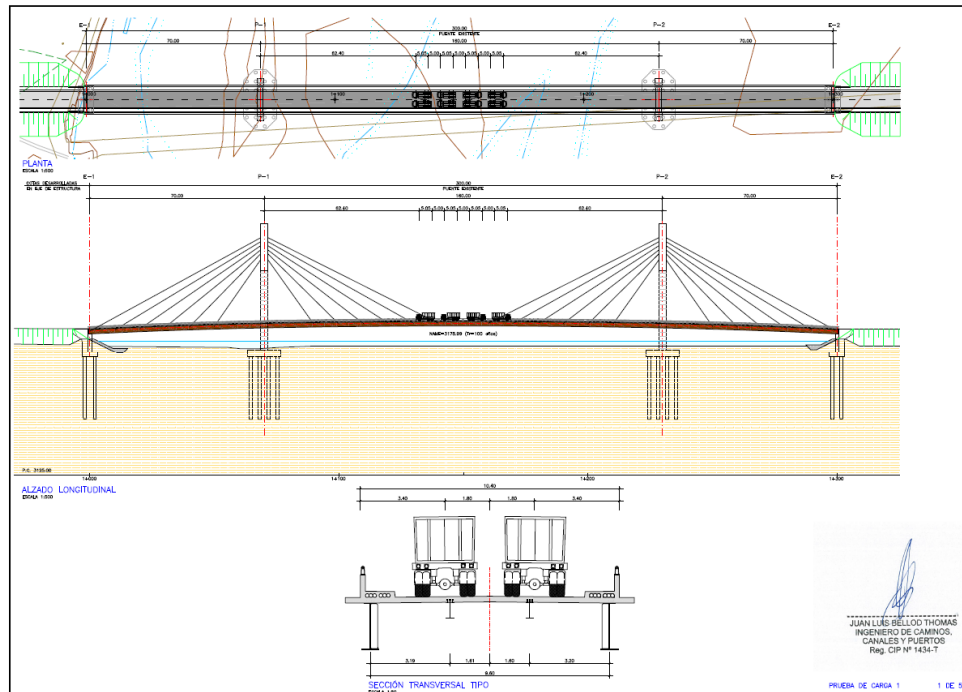


Figura 28 - Plano de ubicación de carga, estado de carga 1

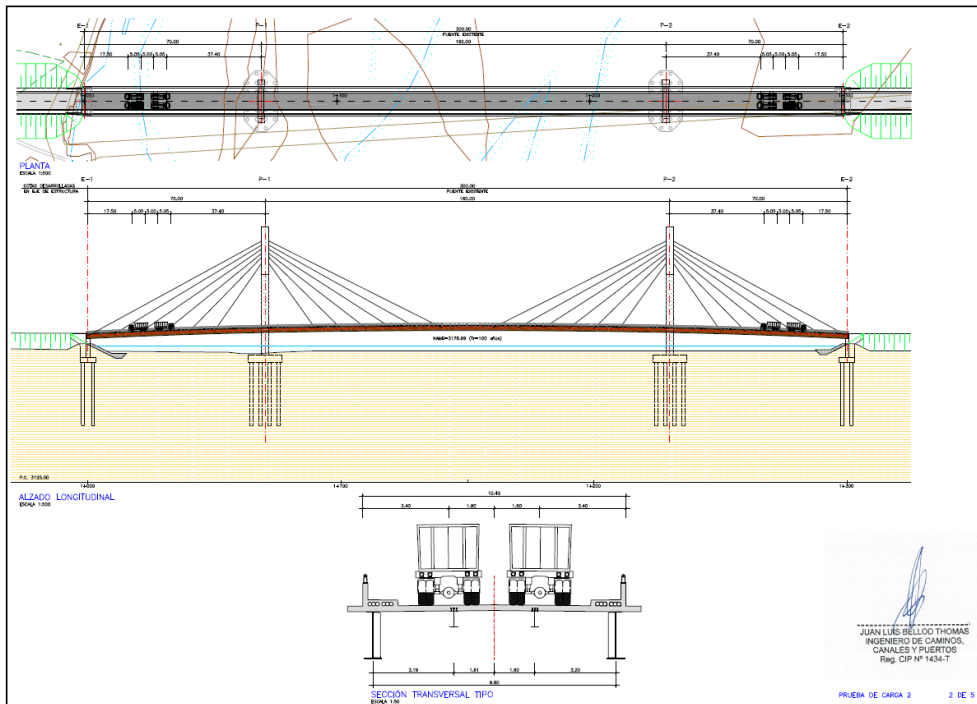


Figura 29 - Plano de ubicación de carga, estado de carga 2

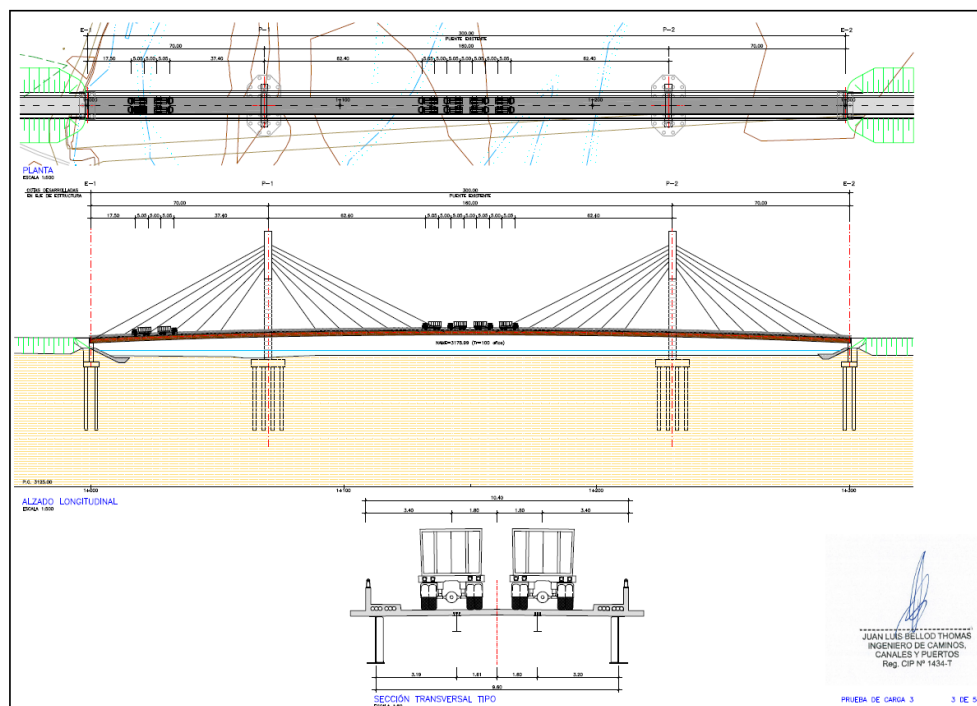


Figura 30 - Plano de ubicación de carga, estado de carga 3

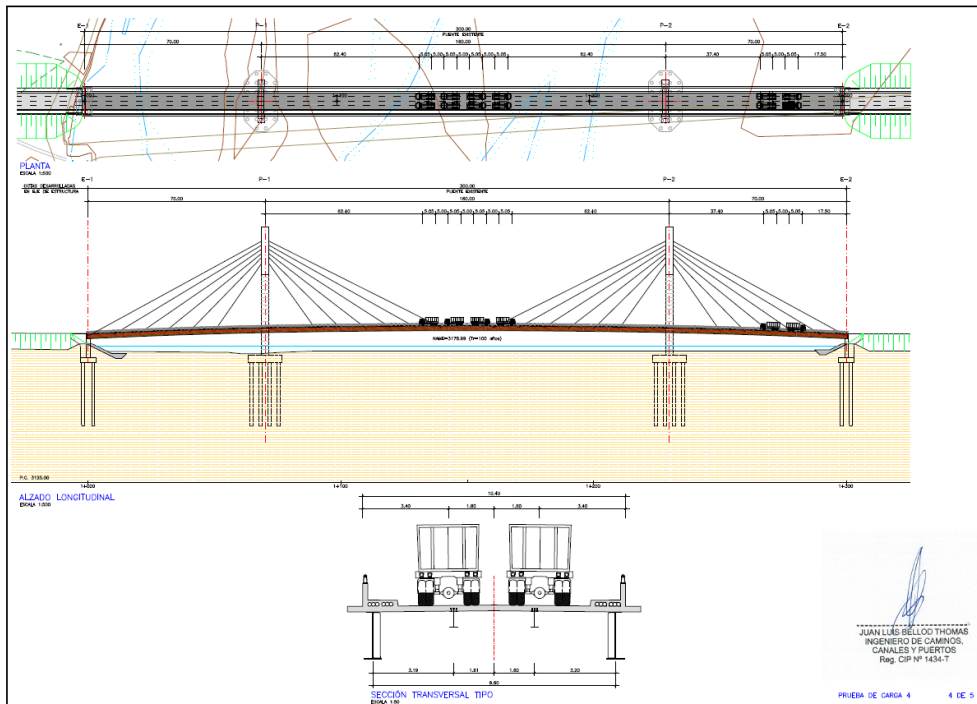


Figura 31 - Plano de ubicación de carga estado de carga 4

-Teniendo en cuenta que el puente fue dividido en tres vanos las cuales son: Estribo derecho al pilón 1 mide 70 m de longitud (vano 1), pilón 1 al pilón 2 mide 160 m de longitud (vano 2) y de pilón 2 al estribo izquierdo mide 70 m (vano 3). Se tiene en consideración que la máxima deflexión se encuentra relativamente a la mitad de cada vano, por lo tanto, las cargas se ubicaron considerando las deformaciones máximas en la figura 18 donde también se indica la ubicación de los puntos de control.



Figura 32 - Ubicación de volquetes

-Una vez ubicados los volquetes en la posición indicada en los planos se procede a dar la lectura de cada diana que están posicionados en el voladizo del puente.

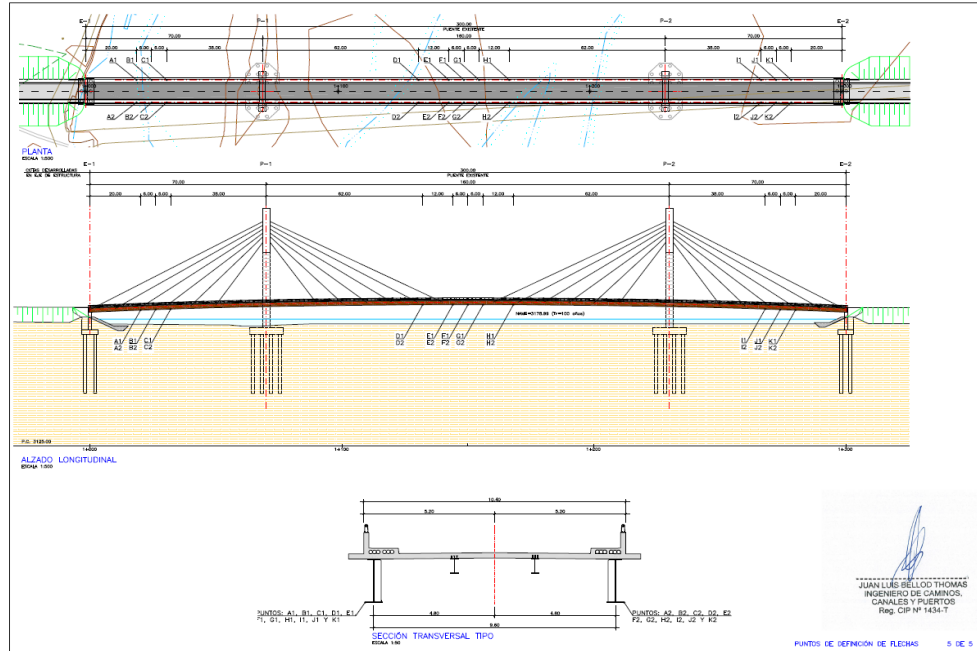


Figura 33 - Plano de ubicación de las 22 dianas reflectivas



Figura 34 - Procesamiento de datos en tiempo real

- **Registro de datos obtenidos**

Ya registrado los datos obtenidos por el área de topografía se realiza la evaluación y comparación con los parámetros del proyecto previsto en el modelamiento del puente, por lo tanto, si todo está conforme se espera el tiempo de 10 min mencionado en el informe, para pasar a la siguiente etapa.



Figura 35 - Ubicación del siguiente estado de carga

-Para cada estado de carga se realiza todo el procedimiento mencionado, siempre con la conformidad del Ing. Estructural el cual nos da el visto bueno, pase y culminación de la prueba de carga.




Figura 36 - Ubicación de volquetes de otra perspectiva

-Una vez culminada la prueba de carga el Ing. Estructural procesa todos los datos y compara con lo previsto para determinar que el puente tiene un comportamiento adecuado y sobre todo dentro de los parámetros proyectados.



Figura 37 - Colocación de volquetes del estado de carga 3

Tabla 5 - Datos obtenidos en la dianas colocadas aguas abajo

		Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro			
Prueba de carga - Aguas abajo					
Fecha:	14/03/2018	T°:	17°C	Hora:	10:10:00 a. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	1	Comb.:	1
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.762	3184.792	3184.792	3184.756	3184.756
2	3184.970	3185.000	3185.000	3184.964	3184.965
3	3185.181	3185.217	3185.216	3185.180	3185.180
4	3186.998	3186.861	3186.860	3186.979	3186.978
5	3187.040	3186.876	3186.875	3187.017	3187.015
6	3187.028	3186.864	3186.862	3187.005	3187.005
7	3187.075	3186.912	3186.910	3187.053	3187.054
8	3187.121	3186.984	3186.983	3187.102	3187.101
9	3185.192	3185.221	3185.220	3185.186	3185.184
10	3185.002	3185.035	3185.035	3184.996	3184.995
11	3184.780	3184.805	3184.805	3184.768	3184.768

Fecha:	14/03/2018	T°:	17°C	Hora:	12:00:00 a. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	2	Comb.:	2
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.756	3184.783	3184.783	3184.757	3184.756
2	3184.965	3184.995	3184.994	3184.965	3184.963
3	3185.180	3185.210	3185.210	3185.180	3185.179
4	3186.978	3186.854	3186.854	3186.956	3186.956
5	3187.015	3186.875	3186.874	3186.994	3186.994
6	3187.005	3186.864	3186.863	3186.985	3186.984
7	3187.054	3186.912	3186.911	3187.028	3187.027
8	3187.101	3186.990	3186.990	3187.083	3187.082
9	3185.184	3185.175	3185.175	3185.183	3185.182
10	3184.995	3184.993	3184.992	3184.994	3184.994
11	3184.768	3184.766	3184.765	3184.767	3184.765

Fecha:	14/03/2018	T°:	10°C	Hora:	2:30:00 p. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	3	Comb.:	3
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.756	3184.726	3184.728	3184.765	3184.765
2	3184.963	3184.934	3184.933	3184.973	3184.974
3	3185.179	3185.147	3185.147	3185.186	3185.187
4	3186.956	3186.998	3186.999	3186.975	3186.975
5	3186.994	3187.037	3187.039	3187.013	3187.014
6	3186.984	3187.026	3187.027	3187.003	3187.004
7	3187.027	3187.069	3187.070	3187.046	3187.046
8	3187.082	3187.121	3187.123	3187.101	3187.101
9	3185.182	3185.150	3185.152	3185.197	3185.196
10	3184.994	3184.968	3184.968	3185.008	3185.009
11	3184.765	3184.743	3184.742	3184.783	3184.779

Fecha:	14/03/2018	T°:	10°C	Hora:	4:40:00 p. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	4	Comb.:	4
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.765	3184.766	3184.765	3184.766	3184.766
2	3184.974	3184.971	3184.972	3184.973	3184.973
3	3185.187	3185.184	3185.185	3185.19	3185.188
4	3186.975	3186.881	3186.881	3186.987	3186.987
5	3187.014	3186.897	3186.893	3187.026	3187.026
6	3187.004	3186.879	3186.879	3187.017	3187.016
7	3187.046	3186.922	3186.921	3187.058	3187.057
8	3187.101	3186.996	3186.995	3187.112	3187.111
9	3185.196	3185.229	3185.228	3185.194	3185.193
10	3185.009	3185.041	3185.043	3185.009	3185.007
11	3184.779	3184.811	3184.812	3184.778	3184.78

Tabla 6 - Datos obtenidos en la dianas colocadas aguas arriba


		Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro			
Prueba de carga - Aguas arriba					
Fecha:	14/03/2018	T°:	17°C	Hora:	10:10:00 a. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	1	Comb.:	1
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.707	3184.734	3184.734	3184.704	3184.704
2	3184.932	3184.965	3184.965	3184.929	3184.929
3	3185.150	3185.181	3185.182	3185.146	3185.148
4	3187.084	3186.959	3186.956	3187.071	3187.071
5	3187.082	3186.931	3186.930	3187.066	3187.066
6	3187.103	3186.949	3186.942	3187.085	3187.083
7	3187.119	3186.964	3186.963	3187.101	3187.103
8	3187.165	3187.042	3187.038	3187.158	3187.154
9	3185.184	3185.219	3185.222	3185.192	3185.191
10	3184.975	3185.014	3185.012	3184.981	3184.987
11	3184.765	3184.794	3184.793	3184.773	3184.776
Fecha:	14/03/2018	T°:	17°C	Hora:	12:00:00 a. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	2	Comb.:	2
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.704	3184.732	3184.730	3184.704	3184.705
2	3184.929	3184.964	3184.963	3184.933	3184.933
3	3185.148	3185.181	3185.180	3185.150	3185.151
4	3187.071	3186.949	3186.947	3187.057	3187.056
5	3187.066	3186.924	3186.920	3187.049	3187.050
6	3187.083	3186.944	3186.938	3187.069	3187.067
7	3187.103	3186.965	3186.961	3187.083	3187.086
8	3187.154	3187.045	3187.040	3187.141	3187.145
9	3185.191	3185.192	3185.195	3185.192	3185.197
10	3184.987	3184.989	3184.982	3184.981	3184.986
11	3184.776	3184.775	3184.770	3184.775	3184.785
Fecha:	14/03/2018	T°:	10°C	Hora:	2:30:00 p. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	3	Comb.:	3
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.705	3184.676	3184.672	3184.710	3184.712
2	3184.933	3184.901	3184.896	3184.940	3184.938
3	3185.151	3185.119	3185.117	3185.156	3185.156
4	3187.056	3187.094	3187.095	3187.074	3187.071
5	3187.050	3187.090	3187.090	3187.061	3187.065
6	3187.067	3187.108	3187.111	3187.085	3187.088
7	3187.086	3187.122	3187.127	3187.099	3187.105
8	3187.145	3187.178	3187.181	3187.155	3187.158
9	3185.197	3185.152	3185.158	3185.197	3185.196
10	3184.986	3184.946	3184.949	3184.989	3184.993
11	3184.785	3184.736	3184.741	3184.782	3184.784
Fecha:	14/03/2018	T°:	10°C	Hora:	4:40:00 p. m.
Hecho:	Topografía SIMA	Serie:	4	Comb.:	4
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.71	3184.71	3184.71	3184.71	3184.71
2	3184.94	3184.94	3184.94	3184.94	3184.94
3	3185.16	3185.16	3185.16	3185.16	3185.16
4	3187.07	3186.98	3186.98	3187.08	3187.09
5	3187.07	3186.95	3186.95	3187.08	3187.07
6	3187.09	3186.97	3186.96	3187.10	3187.10
7	3187.11	3186.98	3186.98	3187.11	3187.11
8	3187.16	3187.05	3187.05	3187.17	3187.17
9	3185.20	3185.23	3185.23	3185.20	3185.20
10	3184.99	3185.02	3185.02	3184.99	3184.99
11	3184.78	3184.80	3184.80	3184.79	3184.80



Figura 38 - Ing estructural procesando los datos en campo

-Tener en cuenta que, al finalizar la prueba de carga, el puente no regresa a su estado inicial al 100 % (valor remanente) por lo tanto hay que esperar 24 a 48 hr para hacer una lectura de todas las dianas colocadas en el Puente y verificar que el puente regreso a su estado inicial como nos indica en la normativa de recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera.



Figura 39 - Lectura de Dianas a los 48 hr de realizar la prueba de carga

- **Responsables**

- a) Jefe del Proyecto**

Garantizar la correcta ejecución de la operación de la prueba de carga, así como de las actividades conexas, trabajos anteriores y posteriores en los plazos programados, con estándares de calidad, seguridad y medio ambiente.

Cumplir y hacer cumplir lo especificado en el procedimiento
Proporcionar los recursos necesarios.

- b) Residente de Obra**

Garantizar el suministro de equipos, herramientas, mano de obra e implementos de seguridad necesarios para que los responsables de la producción puedan ejecutar los trabajos encomendados sin contratiempos.

Revisar los procedimientos y la ejecución de las actividades de acuerdo a los estándares de calidad y seguridad en obra.

Verificar en campo que el procedimiento de trabajo para cada actividad se cumpla de acuerdo a la programación semanal.

Paralizar las actividades que no cumplan las especificaciones técnicas del proyecto.

- c) Asistente de Residente**

Entregar los planos constructivos y detalles a Producción para la ejecución de la actividad.

Llevar el registro de los controles de calidad.

Cumplir las actividades programadas, en este instructivo.

Evaluar y procesar el registro de la producción diaria.

Suministrar la información técnica necesaria y oportuna para la ejecución de los trabajos.

Llevar un registro estadístico de los volúmenes de producción

Proporcionar al subcontratista planos aprobados para la ejecución de los trabajos a ser realizados y las planillas de metrados.

- d) Subcontratista**

Selecciona al personal que realizara esta actividad.

Llevar el registro de los controles de calidad.

Cumplir las actividades programadas, en este instructivo.

Entregar semanalmente los reportes de las actividades ejecutadas.

Solicitar los permisos de aprobación para el inicio de la actividad.

e) Ingeniero de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

Identificar y evaluar los riesgos del trabajo a realizar y coordinar las acciones correctivas necesarias para mitigarlos, de acuerdo al Plan General de

Prevención.

Verificar que las maniobras de izaje sean seguras.

En coordinación con el Supervisor preparar la documentación correspondiente al IPERC.

f) Capataz

Rellenas y Verificar los ATS.

Verificar que los equipos de protección colectiva estén correctamente instalados.

Verificar de contar con las herramientas en calidad y cantidad adecuada.

Garantizar la calidad de la ejecución de los trabajos.

g) Operadores de equipos

Verificar el correcto funcionamiento de los equipos que utilizaran para esta actividad.

Operar los equipos de manera correcta y de acuerdo a los procedimientos de trabajo.

h) Topógrafo

Colocar los trazos y niveles para los diversos trabajos.

Verificar antes y después del concretado los alineamientos y niveles.

i) Mano de Obra no calificada

El trabajador deberá cumplir de forma obligatoria el presente procedimiento de trabajo con calidad e implementando las normas de seguridad establecidas.

- **Formatos que se deben considerar durante el trabajo**

-IPERCE

-ATS

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Posición de carga y puntos de medición de las flechas – primer día.

Las dianas reflectivas se ubicaron teniendo en cuenta los planos alcanzados por el Ing. Estructural, las cuales se deberían ubicar en la estructura metálica del puente, la cual tenía poco acceso por la que se procedió a ubicar en el voladizo del puente.

Al terminar con la colocación y ubicación de las dianas reflectivas se realizó la primera lectura como indicaba el procedimiento y registrando para tener un punto de control. El mismo día se hizo el pesaje de los camiones y se codifico cada uno de ellos para tener en cuenta la ubicación de cada volquete ya que no todos contaba con las mismas dimensiones.

4.2.2. Segundo día – primer estado de carga.

El día 14/03/2018 se comenzó con la prueba de carga, donde se procedió con la colocación de primera fase a las 8 am. Donde se hizo la primera lectura sin carga denominada f para posteriormente agregar las cargas en el puente denominada $f(0)$. La cual se esperó como un mínimo de 10 minutos para realizar la siguiente lectura denominada $f(10)$ y una vez culminada la lectura inmediatamente se retira los volquetes del puente para luego tomar una lectura denominada $f(0)$, de igual manera se espera 10 min para luego realizar una lectura denomina $f(10)$, para culminar con el primera estado de carga se esperó la conformidad del Ing. Estructural, el cual dio autorización para comenzar con el siguiente estado de carga.

4.2.3. Segundo día – segundo estado de carga

El mismo día a las 10:00 am, se procedió a realizar el segundo estado de carga, al igual que el primer estado se procedió con las lecturas en cada momento de carga.

4.2.4. Segundo día – tercer estado de carga

El mismo día a las 12:00 am, se procedió a realizar el tercer estado de carga, al igual que el primer estado se procedió con las lecturas en cada momento de carga.

4.2.5. Segundo día – cuarto estado de carga

El mismo día a las 3:00 pm, se procedió a realizar el cuarto estado de carga, al igual que el primer estado se procedió con las lecturas en cada momento de carga. En donde se dio por concluido la prueba de carga con satisfacción y conformidad del Ing. Estructural. Donde se esperó un lapso de 1 hr para registrar la última lectura de las dianas.

4.2.6. Valores de flechas teóricas

En las tablas siguientes se recogen los valores de las flechas teóricas, los valores de las flechas reales obtenidas y las comparaciones porcentuales según los criterios establecidos.

Tabla 7 - Flechas previstas (mm) en las pruebas de carga estática

	Puntos de medicion	P-1	P-2	P-3	P-4
VANO 1	A1	40.00	-46.00	-5.00	39.00
	A2	40.00	-46.00	-5.00	39.00
	B1	45.00	-51.00	-5.00	43.00
	B2	45.00	-51.00	-5.00	43.00
	C1	45.00	-50.00	-4.00	44.00
	C2	45.00	-50.00	-4.00	44.00
VANO 2	D1	-144.00	42.00	-113.00	-133.00
	D2	-144.00	42.00	-113.00	-133.00
	E1	-175.00	45.00	-149.00	-157.00
	E2	-175.00	45.00	-149.00	-157.00
	F1	-179.00	45.00	-157.00	-157.00
	F2	-179.00	45.00	-157.00	-157.00
	G1	-175.00	45.00	-157.00	-149.00
	G2	-175.00	45.00	-157.00	-149.00
	H1	-144.00	42.00	-133.00	-113.00
	H2	-144.00	42.00	-133.00	-113.00
VANO 3	I1	45.00	-50.00	44.00	-4.00
	I2	45.00	-50.00	44.00	-4.00
	J1	45.00	-46.00	43.00	-5.00
	J2	45.00	-46.00	43.00	-5.00
	K1	40.00	-46.00	39.00	-5.00
	K2	40.00	-46.00	39.00	-5.00

Durante el transcurso de la prueba de carga, se decidió cambiar el orden de las fases de carga previsto inicialmente. En este sentido, en primer lugar, se cargó el vano central (PC1), en segundo lugar, se cargaron el vano central y el vano 3 (PC4), en tercer lugar, se cargaron los vanos 1 y 3 (PC2), y por último se cargaron el vano 1 y el vano central (PC3).

Tabla 8 - Flechas reales máximas (mm) en las pruebas de carga estática

	Puntos de medicion	P-1	P-2	P-3	P-4
VANO 1	A1	27.00	-33.00	-4.00	26.00
	A2	30.00	-28.00	-3.00	27.00
	B1	33.00	-37.00	-3.00	34.00
	B2	30.00	-30.00	-4.00	29.00
	C1	32.00	-34.00	-3.00	32.00
	C2	35.00	-32.00	-3.00	30.00
VANO 2	D1	-128.00	39.00	-92.00	-124.00
	D2	-138.00	43.00	-94.00	-124.00
	E1	-152.00	40.00	-119.00	-146.00
	E2	-165.00	45.00	-121.00	-141.00
	F1	-161.00	44.00	-127.00	-145.00
	F2	-166.00	43.00	-125.00	-142.00
	G1	-156.00	41.00	-128.00	-142.00
	G2	-165.00	43.00	-125.00	-143.00
	H1	-127.00	36.00	-107.00	-114.00
	H2	-138.00	41.00	-106.00	-111.00
VANO 3	I1	38.00	-39.00	35.00	4.00
	I2	28.00	-30.00	32.00	-9.00
	J1	37.00	-37.00	31.00	-5.00
	J2	33.00	-26.00	34.00	-3.00
	K1	28.00	-44.00	12.00	-6.00
	K2	25.00	-23.00	33.00	-3.00

Los valores sombreados en la tabla anterior se consideran no válidos, ya que no son valores lógicos. En el caso de, PC 1, PC 2 y PC3, no tiene sentido que los puntos A1/A2, B1/B2, I1/I2, J1/J2 y K1/K2 no sean valores simétricos al tratarse del mismo punto de medición, pero en diferente eje.

Por otro lado, para PC 4, no es coherente, que I1 e I2 tenga una flecha inferior a J1 y J2, teniendo en cuenta que los camiones se colocan centrados en la zona de máxima flexión del vano 3 y los puntos I y J se sitúan en esa posición de flexión máxima.

Tabla 9 - Flechas reales max/ flechas previstas (%) en las pruebas de carga

	Puntos de medicion	P-1	P-2	P-3	P-4
VANO 1	A1	68	72	80	67
	A2	75	61	60	69
	B1	73	73	60	79
	B2	67	59	80	67
	C1	71	68	75	73
	C2	78	64	75	68
VANO 2	D1	89	93	81	93
	D2	96	102	83	93
	E1	87	89	80	93
	E2	94	100	81	90
	F1	90	98	81	92
	F2	93	96	80	90
	G1	89	91	82	95
	G2	94	96	80	96
	H1	88	86	80	101
	H2	96	98	80	98
VANO 3	I1	84	78	80	-100
	I2	62	60	73	225
	J1	82	80	72	100
	J2	73	57	79	60
	K1	70	96	31	120
	K2	63	50	85	60

Los valores sombreados en la tabla anterior, se consideran no válidos, ya que no son valores lógicos. En el caso de, PC 2 y PC3, no tiene sentido que los puntos J1/J2 y K1/K2 no sean valores simétricos al tratarse del mismo punto de medición, pero en diferente eje Por otro lado, para PC 4, no es coherente que los puntos I1 e I2 tenga una flecha inferior a J1/J2, K1/K2, teniendo en cuenta que los camiones se colocan centrados en la zona de máxima flexión del vano 3 y los puntos I, J y K se sitúan en esa posición de flexión máxima.

4.2.7. Tercer día – lectura de puntos de control a las 48 hr

El día 16/03/2018 se realizó el ultima registro de los puntos de control, la cual nos indicó que la estructura del puente regreso a su estado inicial, por la cual se dio por finalizado la prueba de carga del puente Mantaro.

Tabla 10 - Flechas estabilizadas (mm) 48 h después de las pruebas de carga

	Puntos de medicion	Lb(antes de iniciar la prueba)	Lb48(48 h despues de concluir la prueba)	Lb-Lb48
VANO 1	A1	3,184.707	3,184.704	3
	A2	3,184.762	3,184.764	-2
	B1	3,184.932	3,184.931	1
	B2	3,184.970	3,184.972	-2
	C1	3,185.150	3,185.148	2
	C2	3,185.181	3,185.185	-4
VANO 2	D1	3,187.084	3,187.081	3
	D2	3,186.998	3,186.994	4
	E1	3,187.082	3,187.078	4
	E2	3,187.040	3,187.035	5
	F1	3,187.103	3,187.105	-2
	F2	3,187.028	3,187.024	4
	G1	3,187.119	3,187.111	8
	G2	3,187.075	3,187.065	10
	H1	3,187.165	3,187.164	1
H2	3,187.121	3,187.117	4	
VANO 3	I1	3,185.184	3,185.189	-5
	I2	3,185.192	3,185.190	2
	J1	3,184.975	3,184.980	-5
	J2	3,185.002	3,185.002	0
	K1	3,184.765	3,184.769	-4
	K2	3,184.780	3,184.779	1

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se cumple el criterio de estabilización siendo la diferencia entre la flecha de respuesta instantánea de la estructura transcurridos 10 minutos de la entrada en carga del puente y la fecha de respuesta instantánea inferior al 5 % del valor de la fecha de respuesta instantánea para todos los puntos de estudio de ambas estructuras.

El criterio de aceptación para la prueba de carga cumple los límites establecidos, siendo la flecha remanente inferior al 15% de la flecha máxima y la flecha máxima inferior a la flecha teórica de proyecto incrementada un 15% para todos los puntos de estudio en ambas estructuras.

Se considera, por tanto, que el comportamiento del puente sobre el río Mantaro se encuentra dentro del rango válido de aceptación.

4.2.8. Valores anómalos

Los valores anómalos obtenidos pueden deberse a varias causas:

- a) Los valores de las flechas en estos puntos son de un orden de magnitud mucho mayor al de los vanos adyacentes en la misma prueba de carga y cercanos a la precisión de los aparatos de medida, por lo que pequeños errores pueden llevar a comparaciones porcentuales muy desfavorables que no caracterizan el comportamiento global de la estructura.
- b) Las flechas obtenidas deberían ser simétricas en cada sección, es decir, las flechas obtenidas en puntos de los ejes aguas arriba y aguas abajo tienen que ser similares.
- c) En estados de carga simétricos, los valores de flecha obtenidos deberán ser simétricos, es decir, los resultados obtenidos para vano 1 y vano 2 deberán ser similares.
- d) La estación total estaba estacionada junto al Estribo E1 (vano 1) por lo que la distancia entre la estación y las dianas del vano 3 era aproximadamente mayor a 250 m, así mismo, durante la ejecución de la prueba de carga, hubo periodos de lluvia intensa que pudieron afectar a la toma normal de lecturas.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que con los resultados de la aplicación del método de carga estática en el puente Mantaro, se obtuvo un resultado que se encuentra dentro del rango permisible, el cual corresponden al 60% - 101% de las deflexiones teóricas, que fueron obtenidas en cada una de las cuatro fases que forman la prueba de carga estática, por lo tanto, con estos porcentajes podemos afirmar que el comportamiento del tablero del puente Mantaro es aceptable.
2. Para la colocación de los puntos de control, se tuvo en consideración el modelamiento estructural, donde se aprecia las mayores deformaciones que van desde la progresiva 0+ 020.00 a la 0+032.00; de 0+132.00 a la 0+168 y de 0+268.00 a la 0+280.00. Esto sirvió de base para colocar los puntos de control y directamente ubicar el tren de carga en el puente (camiones). Este procedimiento se realizó con un replanteo altimétrico para la colocación de puntos de control en el voladizo del puente y un replanteo planimétrico para la colocación del tren de carga en la calzada del puente.
3. Las deflexiones instantáneas cumplen con el criterio de estabilización siendo la diferencia entre la flecha de respuesta instantánea (f_0) y de la transcurrida 10 minutos de la entrada del tren carga al puente (f_{10}), inferior al 5% del valor de flecha de respuesta instantánea (f_0) que oscila entre -8 mm y 2 mm.
4. La deflexión y deformación del estado de carga a largo plazo o remanencia está dentro del rango de aceptación para la prueba de carga donde son inferiores al 15% de la flecha máxima, que oscila entre los -5 mm y 10 mm.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda efectuar las labores de mantenimiento periódico y rutinario de la estructura del puente, para asegurar el comportamiento normal durante el tiempo de vida útil del puente.
2. Se plantea que las ubicaciones de los puntos de control y cargas se determinaron con el modelamiento de la estructura, pero la colocación siempre tiene que respetar los criterios de replanteo, donde los más importantes son la visibilidad, la señalización y sobre todo la permanencia para controles futuras.
3. Se sugiere efectuar con cierta frecuencia la prueba de carga en los puentes, este es un sistema que permite organizar y llevar un control de estas pruebas durante la vida útil del puente que actualmente se considera por el orden de los 100 años.
4. Al momento de la prueba de carga se propone que los movimientos de los vehículos en cualquier fase del proceso de carga o de descarga se efectuarán con la lentitud necesaria para no provocar efectos dinámicos no deseados, y se organizarán de forma que no se produzcan sobre otras partes de la estructura sollicitaciones superiores a las previstas.


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES. Ministerio de transportes y comunicaciones. Dirección general de caminos y ferrocarriles.
2. AASHTO. Standard Specifications for Highway Bridges (2012)
3. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001)
4. Normativa recomendaciones para la realización de prueba de carga de recepción en puente de carretera 1999.
5. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP)

ANEXOS

ANEXO 1: Toma de valores reales

10:12 / 10:22

		Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro Prueba de carga - Aguas abajo				
Fecha:	T°:	Hora:	Serie:			1
Hecho:		Comb.:				
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC	
1	3184.962	3184.792	3184.792	3184.756	3184.756	
2	3184.970	3185.000	3185.000	3184.964	3184.965	
3	3185.181	3185.217	3185.216	3185.180	3185.180	
4	3186.988	3186.861	3186.860	3186.929	3186.928	
5	3187.040	3186.876	3186.875	3187.017	3187.015	
6	3187.028	3186.864	3186.862	3187.005	3187.005	
7	3187.075	3186.912	3186.910	3187.053	3187.054	
8	3187.121	3186.984	3186.983	3187.102	3187.101	
9	3185.192	3185.221	3185.220	3185.186	3185.184	
10	3185.002	3185.035	3185.035	3184.926	3184.925	
11	3184.780	3184.805	3184.805	3184.768	3184.768	

Fecha:	T°:	Hora:	Serie:			2
Hecho:		Comb.:				
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC	
1	3184.756	3184.783	3184.783	3184.757	3184.756	
2	3184.965	3184.994	3184.994	3184.965	3184.963	
3	3185.180	3185.210	3185.210	3185.180	3185.179	
4	3186.978	3186.854	3186.854	3186.956	3186.956	
5	3187.015	3186.875	3186.874	3186.994	3186.994	
6	3187.005	3186.864	3186.863	3186.985	3186.984	
7	3187.054	3186.912	3186.911	3187.028	3187.027	
8	3187.101	3186.990	3186.990	3187.083	3187.082	
9	3185.184	3185.175	3185.175	3185.183	3185.182	
10	3184.995	3184.992	3184.992	3184.994	3184.994	
11	3184.768	3184.766	3184.765	3184.762	3184.765	



Obra: Construcción de un Puesto sobre el río Mantaro

Prueba de carga - Aguas abajo

Fecha:	T°:	Hora:		
Hecho:	Serie:	Comb.:		
		3		
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.756	3184.728	3184.765	3184.765
2	3184.963	3184.923	3184.973	3184.974
3	3185.179	3185.147	3185.186	3185.187
4	3186.956	3186.999	3186.975	3186.995
5	3186.980	3187.039	3187.013	3187.014
6	3186.984	3187.026	3187.003	3187.004
7	3187.027	3187.069	3187.046	3187.046
8	3187.082	3187.121	3187.101	3187.101
9	3185.182	3185.150	3185.192	3185.196
10	3184.994	3184.968	3185.008	3185.009
11	3184.765	3184.742	3184.783	3184.779

Fecha:	T°:	Hora:		
Hecho:	Serie:	Comb.:		
		4		
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.765	3184.765	3184.766	3184.766
2	3184.974	3184.972	3184.973	3184.972
3	3185.182	3185.185	3185.190	3185.188
4	3186.975	3186.981	3186.987	3186.987
5	3187.014	3187.022	3187.026	3187.026
6	3187.004	3187.029	3187.012	3187.016
7	3187.046	3187.071	3187.088	3187.052
8	3187.101	3186.996	3187.112	3187.111
9	3185.196	3185.229	3185.194	3185.193
10	3185.009	3185.041	3185.069	3185.007
11	3184.779	3184.742	3184.778	3184.780



Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro

Prueba de carga - Aguas arriba

Fecha:	14/03/2018	T°:	17 °C	Hora:	10:10:00 am
Hecho:	TOPOGRAFIA SIMA	Serie:	1	Comb.:	1
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.707	3184.734	3184.734	3184.704	3184.704
2	3184.932	3184.965	3184.965	3184.929	3184.929
3	3185.150	3185.181	3185.182	3185.146	3185.148
4	3187.084	3186.959	3186.956	3187.071	3187.071
5	3187.082	3186.931	3186.930	3187.066	3187.066
6	3187.103	3186.949	3186.942	3187.085	3187.083
7	3187.119	3186.964	3186.963	3187.101	3187.103
8	3187.165	3186.042	3186.038	3187.158	3187.154
9	3185.184	3185.219	3185.222	3185.192	3185.191
10	3184.975	3185.014	3185.012	3184.981	3184.987
11	3184.765	3184.794	3184.793	3184.773	3184.776

Fecha:	14/03/2018	T°:	17 °C	Hora:	12:00:00 pm
Hecho:	TOPOGRAFIA SIMA	Serie:	2	Comb.:	2
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.704	3184.732	3184.730	3184.704	3184.705
2	3184.929	3184.964	3184.963	3184.933	3184.933
3	3185.148	3185.181	3185.180	3185.150	3185.151
4	3187.071	3186.949	3186.947	3187.057	3187.056
5	3187.066	3186.924	3186.920	3187.049	3187.050
6	3187.083	3186.944	3186.938	3187.069	3187.067
7	3187.103	3186.965	3186.961	3187.083	3187.086
8	3187.154	3187.045	3187.040	3187.141	3187.145
9	3185.191	3185.192	3185.195	3185.192	3185.197
10	3184.987	3184.989	3184.982	3184.981	3184.986
11	3184.776	3184.775	3184.770	3184.775	3184.785



Obra: Construcción de un Puente sobre el río Mantaro

Prueba de carga - Aguas arriba

Fecha:	14/03/2018	T°:	17 °C	Hora:	10:10:00 am
Hecho:	TOPOGRAFIA SIMA	Serie:	1	Comb.:	1
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.707	3184.734	3184.734	3184.704	3184.704
2	3184.932	3184.965	3184.965	3184.929	3184.929
3	3185.150	3185.181	3185.182	3185.146	3185.148
4	3187.084	3186.959	3186.956	3187.071	3187.071
5	3187.082	3186.931	3186.930	3187.066	3187.066
6	3187.103	3186.949	3186.942	3187.085	3187.083
7	3187.119	3186.964	3186.963	3187.101	3187.103
8	3187.165	3186.042	3186.038	3187.158	3187.154
9	3185.184	3185.219	3185.222	3185.192	3185.191
10	3184.975	3185.014	3185.012	3184.981	3184.987
11	3184.765	3184.794	3184.793	3184.773	3184.776

Fecha:	14/03/2018	T°:	17 °C	Hora:	12:00:00 pm
Hecho:	TOPOGRAFIA SIMA	Serie:	2	Comb.:	2
N° Diana	Cota (0)-SC	Cota (0)-CC	Cota (10)-CC	Cota (0)-SC	Cota (10)-SC
1	3184.704	3184.732	3184.730	3184.704	3184.705
2	3184.929	3184.964	3184.963	3184.933	3184.933
3	3185.148	3185.181	3185.180	3185.150	3185.151
4	3187.071	3186.949	3186.947	3187.057	3187.056
5	3187.066	3186.924	3186.920	3187.049	3187.050
6	3187.083	3186.944	3186.938	3187.069	3187.067
7	3187.103	3186.965	3186.961	3187.083	3187.086
8	3187.154	3187.045	3187.040	3187.141	3187.145
9	3185.191	3185.192	3185.195	3185.192	3185.197
10	3184.987	3184.989	3184.982	3184.981	3184.986
11	3184.776	3184.775	3184.770	3184.775	3184.785

Anexo 2: Peso de camiones

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003875

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : W2Y-780 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Transportista : NINGUNO

Usuario final :

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 05:40:20 p.m. Peso Inicial: 21005 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003876

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : Y1X-910 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Transportista : NINGUNO

Usuario final :

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 05:44:10 p.m. Peso Inicial: 21020 kg Peso Bruto: 0 kg

Fecha final : Peso Final : 0 kg Peso Tara : 0 kg

Copia de Ticket

Peso Neto : 0 kg

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003877

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : D9V-872 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Transportista : NINGUNO

Usuario final :

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 05:45:33 p.m. Peso Inicial: 21010 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003878

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : AFR-941 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Transportista : NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Razon Social : [000000000000] NINGUNO

Usuario final :

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 05:54:20 p.m. Peso Inicial: 21010 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003879

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : F7V-715 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Transportista : NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Razon Social : [000000000000] NINGUNO

Usuario final :

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 05:56:00 p.m. Peso Inicial: 21010 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003880

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : B6S-753 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Transportista : NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Razon Social : [000000000000] NINGUNO

Usuario final :

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 05:59:32 p.m. Peso Inicial: 21000 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003881

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : W2E-831 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Transportista : NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Usuario final :

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 06:03:43 p.m. Peso Inicial: 21010 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003882

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : D8W-738 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Transportista : NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Usuario final :

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 06:08:39 p.m. Peso Inicial: 21015 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003883

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : B2Z-821 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Transportista : NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Usuario final :

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 06:11:05 p.m. Peso Inicial: 21010 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

MADERAS FORESTA EIRL

R. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003884

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : B2J-805 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Transportista : NINGUNO

Usuario final :

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 06:15:24 p.m. Peso Inicial: 21005 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

R. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003885

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : D5I-925 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Transportista : NINGUNO

Usuario final :

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 13/03/2018 06:32:40 p.m. Peso Inicial: 21010 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

MADERAS FORESTA EIRL

JR. Union 286 Bellavista - San Agustin de Cajas

N° 0003886

R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

Placa : F7W-992 Carreta : 000-000

Conductor : [NINGUNO11] NINGUNO

Usuario Inicial : Operador

Transportista : NINGUNO

Usuario final :

Razon Social : [00000000000] NINGUNO

Producto : NINGUNO

Documento : 0

Observaciones : S/. 20.00

Fecha Inicial : 14/03/2018 07:37:25 a.m. Peso Inicial: 21015 kg Peso Bruto:

Fecha final : Peso Final : Peso Tara :

Peso Neto :

Anexo 3: Certificado de calibración de las estaciones totales

TOPCON
Artec 3D
3D SYSTEMS



GEINCOR
Geomatic Instruments Corporation S.A.C.

Equipos para Topografía, GPS y Laser.
Control de Maquinaria para
Construcción y Minería

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

OTORGADO A: N° 186687/17

SOTO LONDOÑE JEFF CHRISTOPHER BRIAN

Equipo	Marca	Modelo	Serie
ESTACION TOTAL	TOPCON	OS-105	CU3099

MEDICION DE SISTEMA ANGULAR

VALOR DE PATRON DE MEDICION		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
360	00	00

VALOR A CORREGIR		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT. 00	00	26
HORIZ. 00	00	12

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT. 360	00	26
HORIZ. 360	00	12

RANGO DE TOLERANCIA		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
+ 360	00	05
- 159	59	55

SISTEMA DE MEDICION DE DISTANCIA

PATRON DE MEDICION	15.000mts	30.000mts	60.000mts	90.000mts	209.000mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	15.000	30.000	60.000	90.000	209.000
ERRORE A CORRIGIR	00mm	00mm	00mm	00mm	00mm

COMPENSADORES - TILT	HORIZONTAL	VERTICAL
VALOR LEIDO	00 seg.	00 seg.
VALOR A CORRIGIR	00 seg.	00 seg.

PRECISION DEL INSTRUMENTO:

- * Sistema Angular según normas DIN 18723 la precisión angular es de 5", lectura mínima en Display 1" ó 0.5".
- * Sistema de Medición de Distancia $\pm(2mm+2ppmXD)$ m.s.l.s.

PATRON UTILIZADO:

Colimador Modelo ITC-509, indicado por el Fabricante Topcon en su manual de mantenimiento y reparación. Se hace una línea al horizonte enfocando al infinito con un error de $\pm 1.5"$ del trazo del retículo; este colimador es patronado periódicamente con un teodolito Kern Modelo DKM-2A desvirtuado estándar 1" y estima al décimo del segundo con lectura directa 90° 00' 00" e invertida 270° 00' 00".

GEINCOR SAC mediante su Laboratorio de Servicio Técnico Autorizado por la Marca Topcon certifica que los Equipos en mención se encuentran totalmente revisados, controlados, calibrados y 100% operativos; se sugiere efectuar una recalibración en un periodo máximo de 06 meses, se estima que sea el 25 de Abril del 2018.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Santiago de Surco, 26 de Octubre del 2017.



CHRISTIAN MENESES P.
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que la forma de transporte del Equipo es muy importante cuando se trabaja, ya que el mal uso y el abuso hacen que se descubran los errores.

Av. Paseo De La Castellana Nro. 567 - Surco
(01) 448-1889 / (01) 448-1891 / (01) 273-8230
RPM # 995 504 199 / RPM # 946 206 342



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com
www.geincor.com
Siguenos en: 

SOKKIA FARO Geomagic 3D SYSTEMS Artec 3D TOPCON

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

OTORGADO A:

N° 110457/18

SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA S.A.

Equipo	Marca	Modelo	Serie
ESTACION TOTAL	TOPCON	OS-105	CU0422

MEDICION DE SISTEMA ANGULAR

VALOR DE PATRON DE MEDICION		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
360	00	00

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	360	00	05
HORI.	360	00	06

VALOR A CORREGIR			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	00	00	05
HORIZ.	00	00	06

RANGO DE TOLERANCIA			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
+	360	00	05
-	359	59	55

SISTEMA DE MEDICION DE DISTANCIA

PATRON DE MEDICION	15.000mts	30.000mts	60.000mts	90.000mts	209.000mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	15.000	30.000	60.000	90.000	209.000
ERROR A CORREGIR	00mm	00mm	00mm	00mm	00mm

COMPENSADORES - TILT	HORIZONTAL	VERTICAL
VALOR LEIDO	00 seg.	00 seg.
VALOR A CORREGIR	00 seg.	00 seg.

PRECISION DEL INSTRUMENTO:

- * Sistema Angular según normas DIN 18723 la precisión angular es de 5", lectura mínima en Display 1" ó 0.5".
- * Sistema de Medición de Distancia $\pm(2mm+2ppmXD)m.s.e.$

PATRON UTILIZADO:

Colimador Modelo ITC-509, indicado por el Fabricante Topcon en su manual de mantenimiento y reparación. Se hace una línea al horizonte enfocando al infinito con un grosor de 1.5" del trazo del retículo; este colimador es patronado periódicamente con un teodolito Kern Modelo DKM-2A desviación estándar 1" y estima al décimo del segundo con lectura directa 90° 00' 00" e invertido 270° 00' 00".

GEINCOR SAC mediante su Laboratorio de Servicio Técnico Autorizado por la Marca Topcon certifica que los Equipos en mención se encuentran totalmente revisados, controlados, calibrados y 100% operativos; se sugiere efectuar una recalibración en un período máximo de 06 meses, se estima que sea el 27 de Agosto del 2018.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

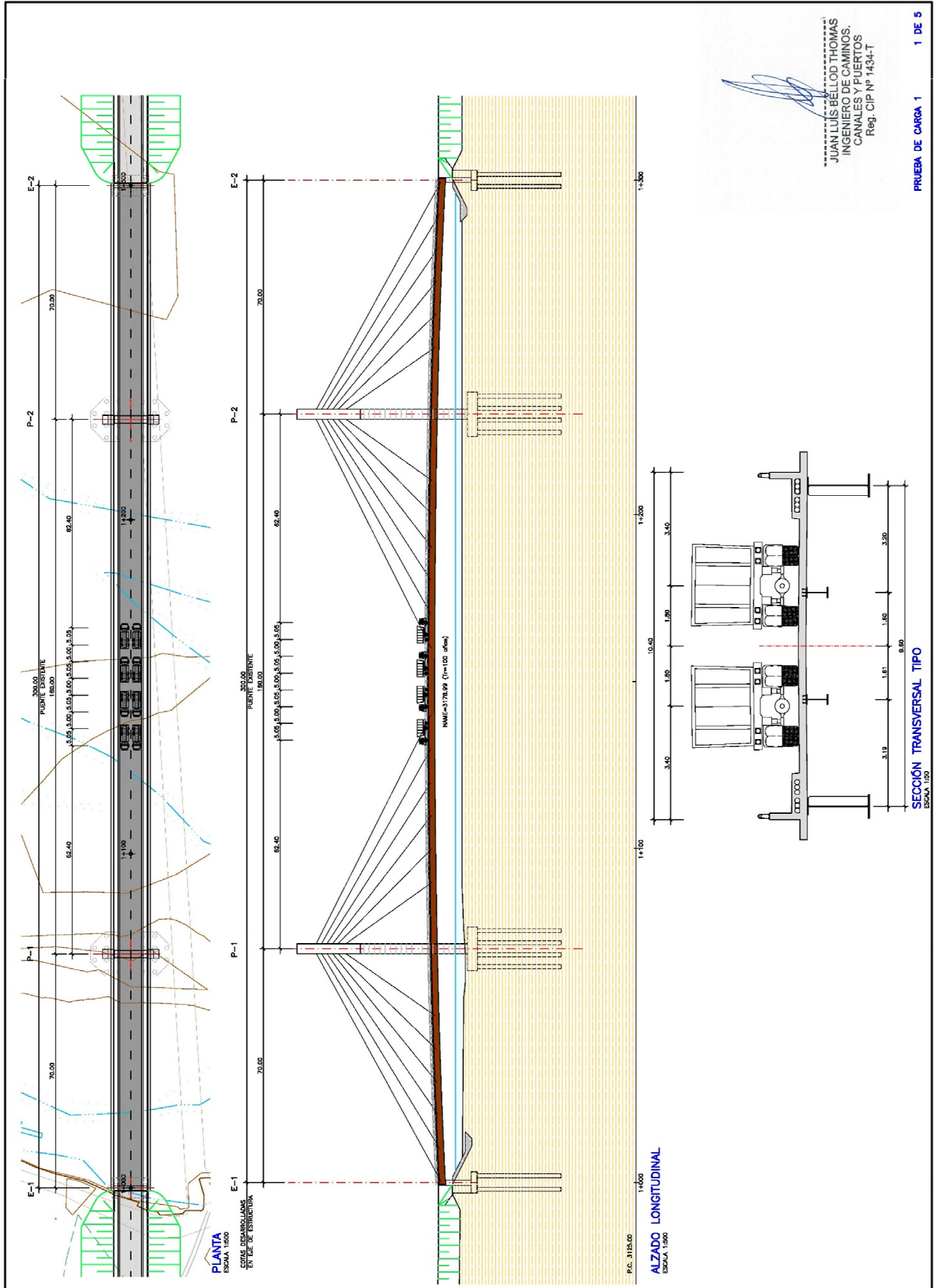
Santiago de Surco, 28 de Febrero del 2018.

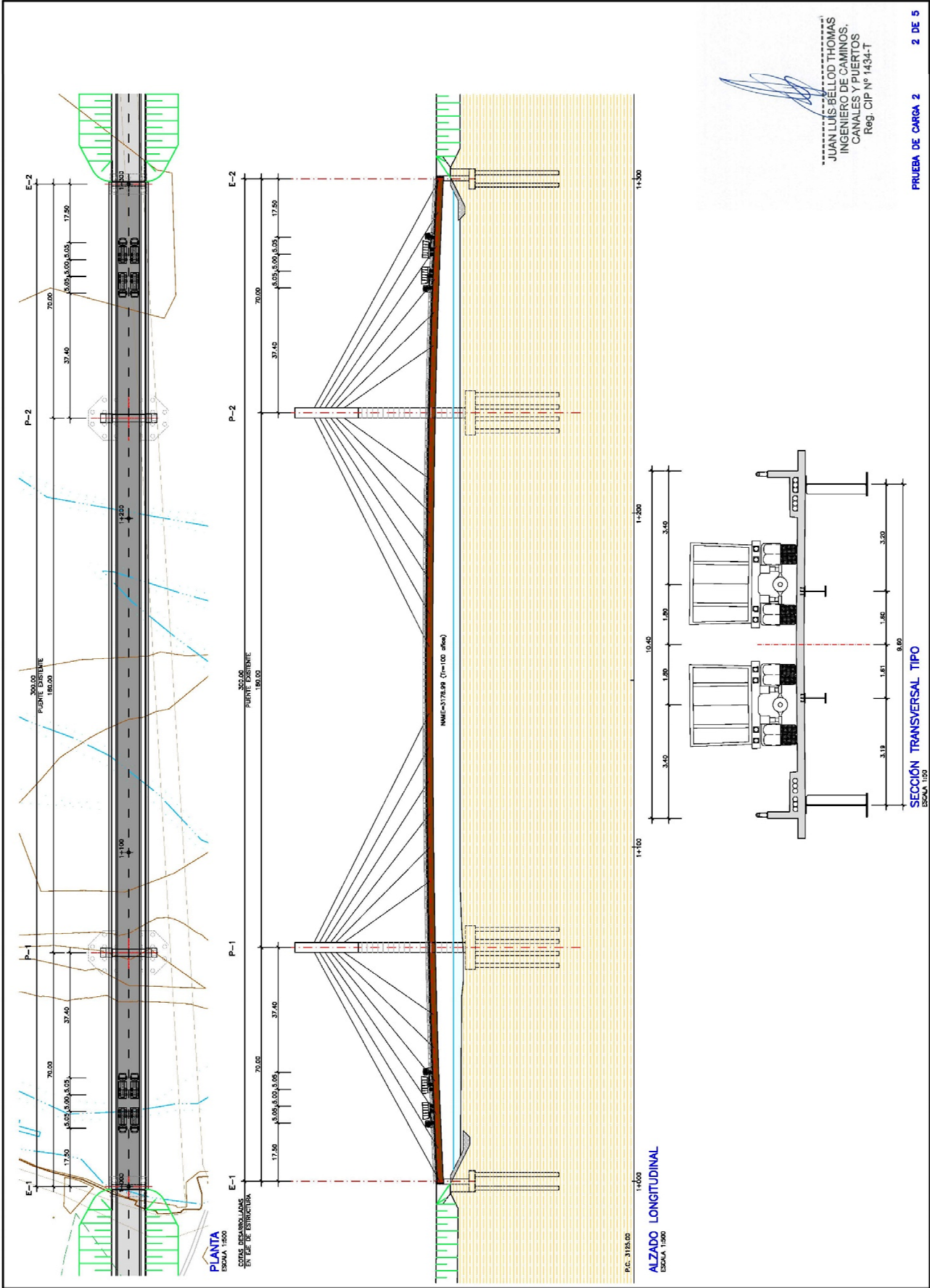

CRISTHIAN MENESES P.
 GERENTE SERV. TECNICO

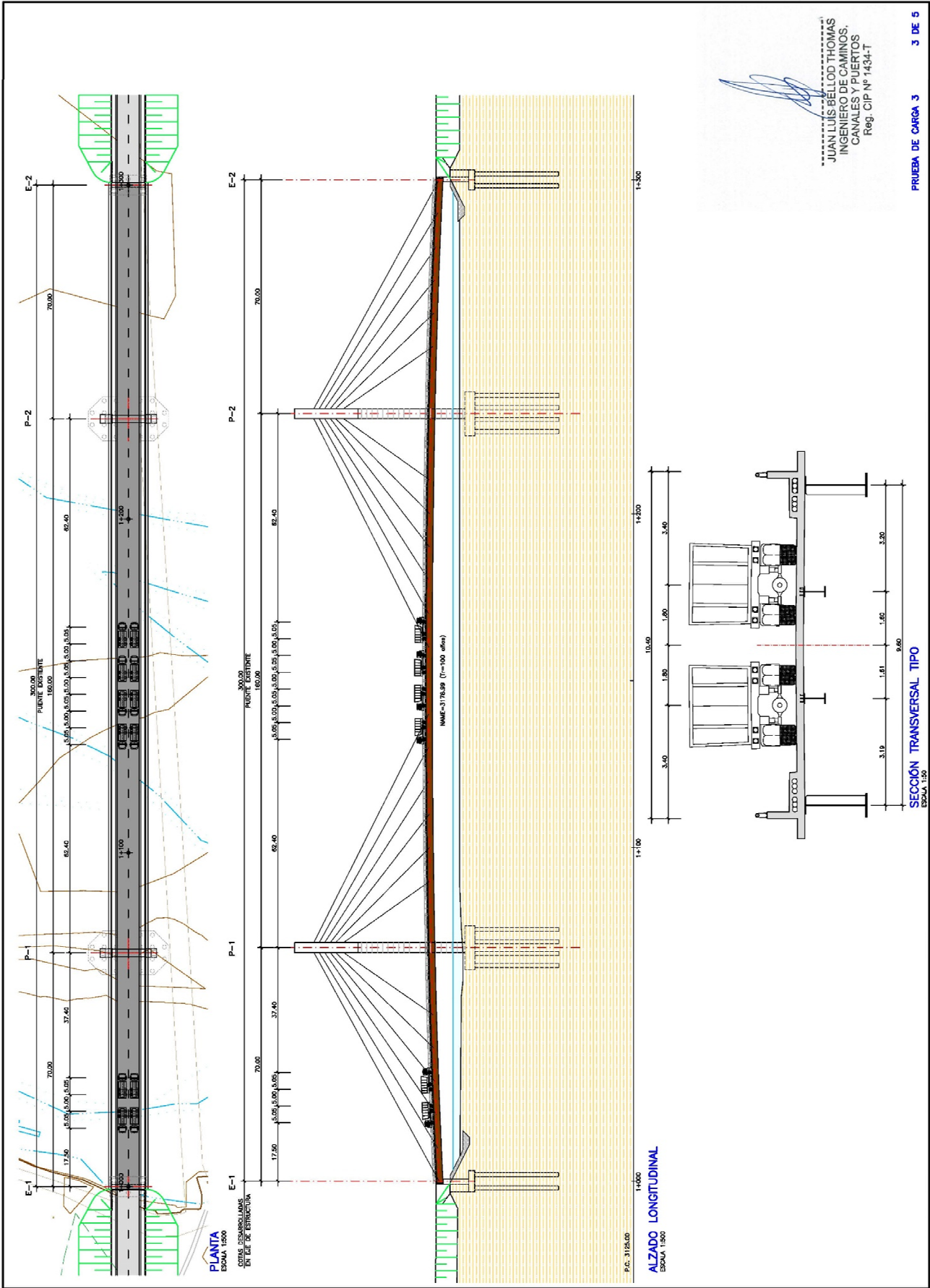


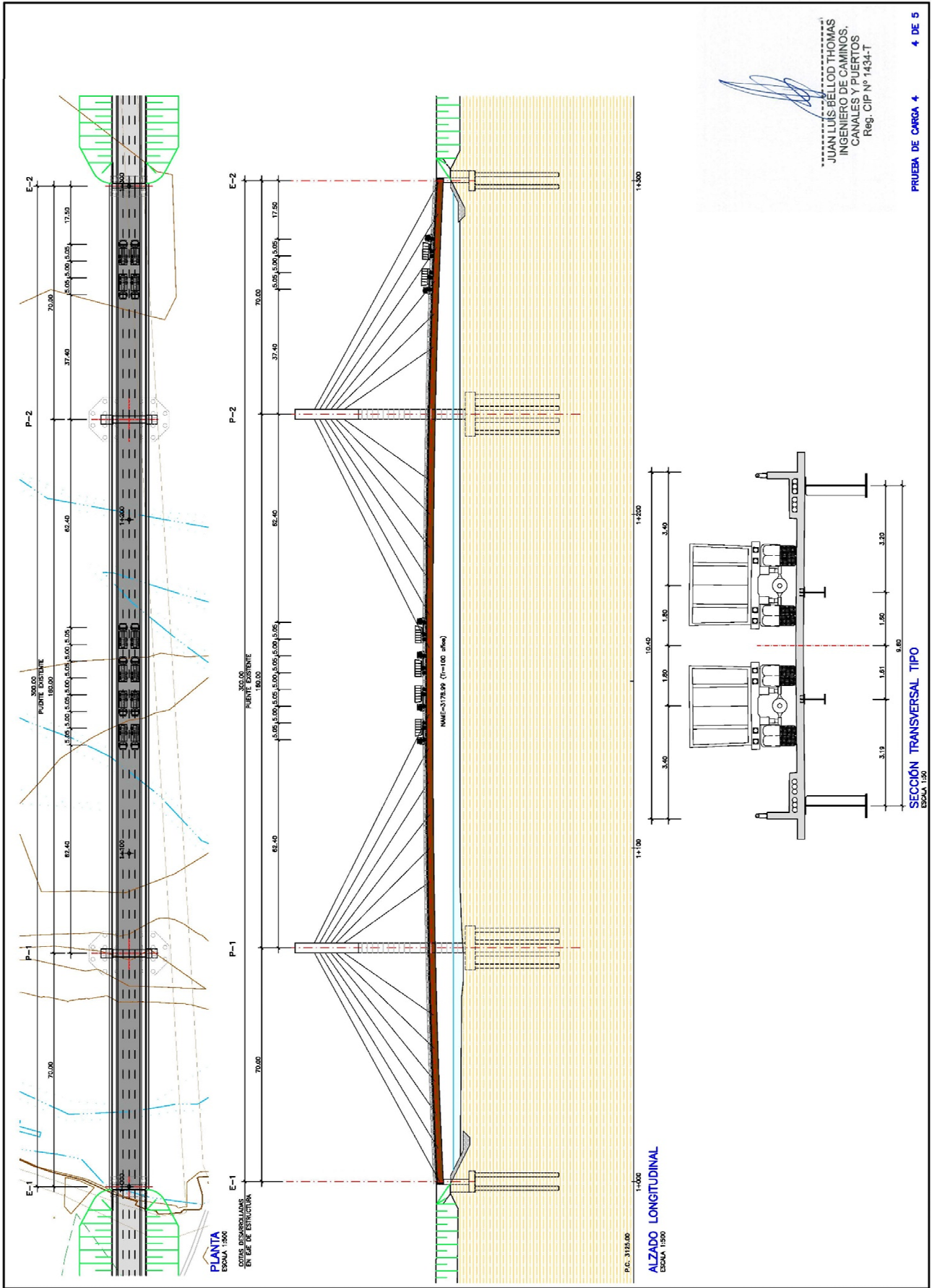
Nota: Tener en cuenta que la forma de transporte del Equipo es muy importante cuando se traslada, ya que el mal uso y el abuso hacen que se descalibren los mismos.

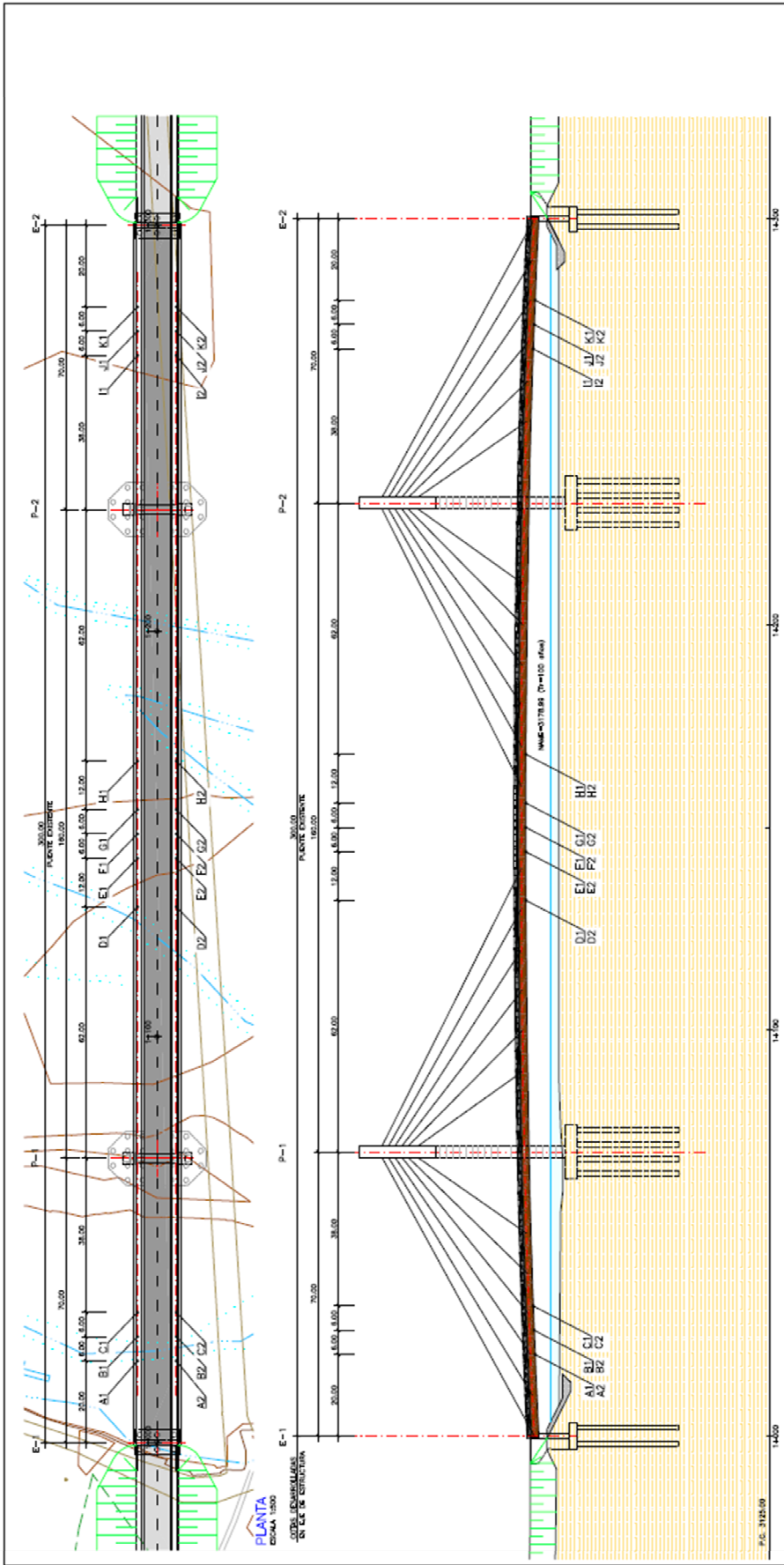
Anexo 4: Planos



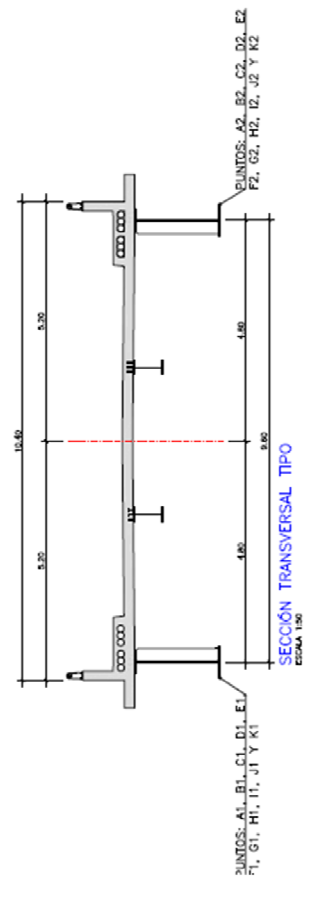








ALZADO LONGITUDINAL
Escala 1:500



SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO
Escala 1:50

JUAN LUIS BELLOD THOMAS
INGENIERO DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS.
Reg. CIP Nº 1434-T