

TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO (TPI) II

2-2018

**ESTUDIO DE PATOLOGÍA DEL PUENTE SOBRE EL CAÑO MENEGUA,
DEPARTAMENTO DEL META**

ESTUDIANTE:

SANDRA CECILIA CLAVIJO ORTIZ CÓDIGO: 2254351

DIRECTOR:

Arq. WALTER MAURICIO BARRETO CASTILLO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DECANATURA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA

ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

BOGOTÁ D.C., JULIO DE 2019

Tabla de Contenido

Introducción	8
Justificación	9
Objetivos	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
Marco referencial	11
Teórico	11
Legal	11
Histórico.....	12
Marco conceptual.....	13
Alcances y limitaciones	15
Metodología	16
Localización y descripción de la estructura	16
Preparación y planteamiento del estudio	21
Historia clínica	26
Responsable del estudio.....	26
Fecha de realización del estudio	26
Datos generales del paciente	26
Sobre la edificación y/o construcción civil.....	27
Aplicación patológica	28

	3
Datos específicos de las lesiones	28
Descripción de la lesión más relevante en el paciente	39
Clasificación y origen de la(s) lesiones(s)	39
Datos generales del entorno	40
Arquitectura (descripción general)	40
Estructura (descripción general)	41
Suelos y cimentaciones	42
Diagnóstico	43
Estudio de vulnerabilidad sísmica	50
Propuestas de intervención	52
Presupuesto	56
Conclusiones y recomendaciones	56
Lista de referencias	59
Anexo 1. Planos estructurales encontrados.....	60
Anexo 2. Ensayos realizados.	66
Anexo 3. Análisis estructural.....	69
Anexo 4. Ficha de Historia Clínica.....	90
Anexo 5. Fichas de las lesiones.	91
Anexo 6. Presupuesto de alternativas.	98
Anexo 7. Fichas de productos recomendados para el paciente.....	100

Lista de figuras

Figura 1. Localización general del puente (Sin escala)	17
Figura 2. Vista general del puente.	17
Figura 3. Planta general del puente. Fuente: Propia	19
Figura 4. Sección transversal tipo en luces 1, 2, 3, 5, 6, 7, y 8. Fuente: Propia	19
Figura 5. Sección transversal tipo en vano 4. Fuente: Propia	19
Figura 6. Alzado viga cabezal eje P2. Fuente: Propia	20
Figura 7. Alzado viga cabezal eje P7. Fuente: Propia	20
Figura 8. Alzado pila eje P3. Fuente: Propia	21
Figura 9. Vista general de la superficie del puente.	22
Figura 10. Vista lateral de la superestructura.....	22
Figura 11. Vista general de la infraestructura.	23
Figura 12. Vista del estribo costado Puerto López.	24
Figura 13. Vista del estribo costado Puerto Gaitán.....	24
Figura 14. Detalle superficie del tablero.....	29
Figura 15. Detalle del bordillo y drenaje.	30
Figura 16. Estado actual de las barandas vista interna.....	31
Figura 17. Estado actual de las barandas vista externa.	31
Figura 18. Desprendimiento de concreto y acero con corrosión en pilastra.	32
Figura 19. Tubos longitudinales con corrosión. Vegetación en junta de bordillo.	32
Figura 20. Detalle del dispositivo de junta de dilatación.....	33

Figura 21. Desprendimiento de concreto, acero con corrosión, humedad.....	33
Figura 22. Lesiones biológicas.	34
Figura 23. Detalle viga aguas arriba (a) Humedad, suciedad. (b)Contaminación vegetal.....	35
Figura 24. Detalle viga cabezal (a) Contaminación vegetal. (b) Humedad, suciedad.....	35
Figura 25. Cristalización de sales solubles, humedad, suciedad.....	36
Figura 26. Neoprenos bajo vigas.	36
Figura 27. Fisuras en las vigas.....	37
Figura 28. Pilas – pilote con (a) Pérdida de concreto, desgaste. (b) Humedecimiento - secado, .	38
Figura 29. Erosión cerca a estribo del costado Puerto Gaitán.	38
Figura 30. Escala de calificación SIPUCOL.....	41
Figura 31. Levantamiento fisuras en viga No. 1 entre ejes P1 y P2 (vano No. 2), cara interna. ..	46
Figura 32. Levantamiento geométrico – Planta general.	48
Figura 33. Levantamiento geométrico – Alzado general.....	48
Figura 34. Secciones transversal tipo (a)Vanos 1 a 3 y 5 a 8. (b) Vano 4.	48
Figura 35. Plano No. 01.	60
Figura 36. Plano No. 02.	60
Figura 37. Plano No. 03.	61
Figura 38. Plano No. 04.	61
Figura 39. Plano No. 05.	62
Figura 40. Plano No. 06.	62
Figura 41. Plano Detalles generales 1 de 1.	63
Figura 42. Plano Luz=45m – Modelos de puentes en concreto pre-esforzado 1 de 3.	63

Figura 43. Plano Luz=45m – Modelos de puentes en concreto pre-esforzado 2 de 3.	64
Figura 44. Plano Luz=45m – Modelos de puentes en concreto pre-esforzado 3 de 3.	64
Figura 45. Plano Detalles generales - Modelos de puentes en concreto pre-esforzado 1 de 1.	65

Lista de tablas

Tabla 1. Calificación del puente.	42
Tabla 2. Resistencia de los núcleos de concreto reforzado – Vigas.	44
Tabla 3. Resistencia de los núcleos de concreto reforzado – Losa del tablero.	45
Tabla 4. Resistencia de los núcleos de concreto reforzado – Pilas.	45
Tabla 5. Resistencia promedio del concreto para revisión diseños.	45
Tabla 6. Resultados con equipo Ferrosan – Refuerzo en losa.	46
Tabla 7. Resumen del levantamiento de fisuras Viga uno, ejes P1-P2 (Vano dos), cara interna.	47

Introducción

En el departamento del Meta, sobre la vía Puerto López – Puerto Gaitán, Ruta Nacional 40, se ubica el puente que salva el Caño Menegua, de vital importancia porque por esa vía se transportan los alimentos de esa zona de los llanos orientales con el interior del país, además comunica Campo Rubiales (cerca de Puerto Gaitán Meta) con el interior del país, que en los años de mayor auge petrolero tuvo altos niveles de tráfico pesado.

Este puente es de concreto, tiene una longitud total de 155 m que se distribuye en siete vanos, con vigas simplemente apoyadas y fue diseñado en 1991 por la firma Pablo Alfonso Sanchez y Cia. Ltda, siguiendo los lineamientos de las cartillas del Reglamento Técnico General de Obras Viales Tomo VI del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT de 1988, vigentes en esa época. Al comparar los planos de diseño respecto a lo construido se observa que el puente se construyó con un vano menos respecto a los diseños originales, sin embargo el resto de la estructura mantiene la configuración original.

Se solicita realizar un estudio de patología con el fin de establecer el estado actual de la estructura y determinar el tipo de intervención que requiere: reparaciones locales (para recuperar el estado inicial del elemento), rehabilitación (recuperar la funcionalidad del puente), reforzamiento estructural o simplemente un mantenimiento periódico rutinario de los componentes del puente.

Justificación

La vía Villavicencio – Puerto López – Puerto Gaitán es de vital importancia por comunicar un área importante de los llanos orientales con el interior del país, permitiendo el intercambio de diferentes productos, así como permitir el paso de los carro tanques que transportan crudo desde Campo Rubiales, por lo tanto es necesario garantizar que las diferentes estructuras que se encuentran a lo largo de esa ruta estén en óptimas condiciones de servicio, para asegurar el tráfico permanente. Dentro de esas estructuras se incluye el Puente sobre el Caño Menegua que tiene una longitud total de 155m, el cual es objeto de este estudio de patología.

El puente se diseñó siguiendo las cartillas del Reglamento Técnico General de Obras Viales Tomo VI del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT de 1988, sin embargo, contractualmente debe cumplir con los lineamientos del Código CCDSP-95.

Este estudio de patología permite establecer las intervenciones necesarias para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura y así evitar cierres totales de la vía a futuro por la falta de intervención oportuna en la estructura.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el estudio de patología del puente que cruza sobre el Caño Menegua con el fin de establecer el estado actual de la estructura, realizar su diagnóstico y plantear las intervenciones que requieren los diferentes componentes del puente.

Objetivos específicos

Realizar la visita e inspección visual del puente para establecer el estado actual de sus componentes e identificar y caracterizar el tipo de lesiones que se presentan, con el fin de generar la historia clínica de la estructura.

Efectuar ensayos para caracterizar los materiales existentes.

Analizar los resultados obtenidos con los ensayos de manera integral, con los hallazgos de la inspección visual y la recolección de datos realizada, para dar un diagnóstico del estado actual de la estructura.

Determinar los índices de sobreesfuerzo de los principales elementos de la superestructura.

Proponer alternativas de intervención (reforzamiento o rehabilitación) y reparación de la estructura de acuerdo con las lesiones y patología definida.

Marco referencial

Teórico

Los puentes en Colombia antes de 1990 se diseñaban y construían siguiendo las recomendaciones de las cartillas emitidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, el Fondo Nacional de caminos vecinales y la Secretaría de Obras Públicas. Hacia 1990 la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) fue encargada de realizar un código de diseño de puentes y se decidió adoptar la norma de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ed. 15 de 1992, la cual incluía la Guide Specification for Seismic Design of Highway Bridges, creando el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP-95). Después de 18 años, se creó la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD - CCP-14, que es la normativa actual vigente, la cual se basa en las especificaciones americanas AASHTO LRFD 6ª edición, que a su vez se apoya en la filosofía LRFD (factores de diseño de carga y resistencia), acorde con las prácticas actuales de diseño y construcción de estructuras de la mayoría de países a nivel mundial.

Legal

El diseño original se realizó siguiendo las cartillas del Reglamento Técnico General de Obras Viales Tomo VI del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT de 1988, sin embargo, contractualmente se debe cumplir con los lineamientos del Código CCDSP-95, por lo tanto las intervenciones que deben realizarse en la estructura (en caso de requerirlo) deben cumplir con el CCDSP-95.

Histórico

La Ruta Nacional 40 es una carretera de tipo Transversal que tiene como inicio Buenaventura (departamento del Valle del Cauca) y finaliza en Puerto Carreño (departamento de Vichada), cruzando por Villavicencio – Puerto López - Puerto Gaitán, sector donde se ubica el puente del presente estudio, y que hace parte de la Red Vial Nacional actual. Esta Ruta se establece inicialmente con la Resolución 3700 de 1995 del Ministerio de Transporte y se modifica con la Resolución 339 de 1999 y la Red Vial Nacional del INVIAS. De acuerdo con el Decreto 1735 de 2001, esta Ruta Nacional hace parte de la Transversal Buenaventura – Villavicencio – Puerto Carreño.

El puente en estudio fue construido hace unos 22 años y en ese entonces no se indicaba la vida útil del puente, sin embargo a la luz del código CCDSP-95, que debe usarse para las intervenciones a realizar, en el numeral A.3.5.1.1 indica que la vida útil promedio de un puente es de 50 años, es decir que la estructura está llegando a la mitad de su vida útil. Cabe aclarar que la normativa actual vigente CCP_14 en el comentario C.3.6.1.4.2 indica “...usualmente el crecimiento del tráfico no se predice para la vida útil del puente, tomada como 75 años en estas Especificaciones a menos que el Propietario lo especifique de otra manera.”. Así mismo en el numeral 3.10.1 cita “Los puentes deben diseñarse para que tengan una baja probabilidad de colapso pero se admite que puedan sufrir daño significativo e interrupción del servicio cuando se sometan a movimientos sísmicos del terreno que tengan el 7% de probabilidad de ser excedidos en 75 años,....”.

Marco conceptual

Diagnóstico

Análisis que se realiza para determinar el estado en que se encuentra la estructura y sus posibles causas.

Ficha de lesiones

Son fichas técnicas individualizadas para cada tipo de lesión registrada a partir de la inspección visual. Incluyen el tipo de lesión y su caracterización, la localización, descripción y seguimiento recomendado.

Grietas y fisuras

Las fisuras y grietas son aperturas que aparecen en el material como consecuencia de tensiones superiores a su capacidad resistente. La diferencia es que las grietas tienen aperturas de espesor considerable (centímetros).

Historia clínica

Es el conjunto de documentos y registros que contiene la historia y evolución de la estructura. Puede contener información histórica, legal, funcional, estética, entre otros. Se soporta en el levantamiento geométrico y la descripción e identificación de lesiones, el registro fotográfico, entre otros.

Postensado exterior

Es usado como un tipo de reforzamiento estructural externo, donde se colocan cables de acero de alta resistencia, que van a lo largo del elemento transmitiendo la fuerza aplicada por los gatos y determinada mediante diseño estructural.

Reparación

De acuerdo con el SIPUCOL, en el Capítulo 1.Generalidades, “Comprende las obras que se ejecutan para devolver un componente estructural a su condición original, si es posible. “
(p.9).

Vulnerabilidad

Se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. La vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma. Una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica.

Alcances y limitaciones

El presente Estudio de Patología del puente que cruza sobre el Caño Menegua tiene como fin establecer el estado de la estructura, realizar su diagnóstico y plantear las intervenciones que requieran los diferentes componentes del puente.

Para su desarrollo se incluyen tres aspectos principales como son la Historia Clínica, el Diagnóstico y la Intervención a la estructura en estudio. Se plantea realizar la búsqueda de información existente como planos, memorias de cálculo y estudios anteriores, luego hacer una visita al sitio para llevar a cabo la inspección visual e identificar y caracterizar las lesiones existentes con el fin de realizar la Historia Clínica del paciente. Después se realizan diferentes ensayos para caracterizar los materiales y a partir del análisis de la información reunida dar un Diagnóstico de la estructura. Posteriormente, y a partir del Diagnóstico realizado, proponer alternativas de intervención que permitan garantizar la estabilidad y adecuado funcionamiento de la estructura, las intervenciones van a tener en cuenta el código CCDSP-95, que rige contractualmente.

No fue posible encontrar las memorias de cálculo de los diseños originales ni estudios de suelos ni estudios hidráulicos previos.

No hace parte del alcance la evaluación sísmica del puente ni la auscultación de la cimentación.

Metodología

Para el desarrollo del presente estudio patológico se plantean las siguientes actividades a desarrollar:

- a. Búsqueda y recopilación de información existente como planos y memorias de cálculo estructural, estudios o inspecciones previas.
- b. Visita de inspección visual para identificar y caracterizar las lesiones y factores asociados a los daños encontrados. Recopilación de información en campo.
- c. Levantamiento geométrico de la estructura.
- d. Toma de muestras y ensayos.
- e. Análisis de los resultados de los ensayos y de la información recopilada, para dar un diagnóstico de la estructura.
- f. Evaluación de la estructura existente, sin incluir la cimentación.
- g. Análisis de vulnerabilidad de la estructura.
- h. Propuesta de las intervenciones recomendadas a realizar en la estructura.
- i. Presupuesto estimado del costo de la intervención a realizar.
- j. Conclusiones y recomendaciones.

Localización y descripción de la estructura

Sobre la Ruta 40, vía Puerto López – Puerto Gaitán, en el departamento del Meta, y salvando el Caño Menegua, se encuentra el puente sobre Caño Menegua. En la Figura 1. se muestra la ubicación geográfica y en la Figura 2. la vista general del puente.

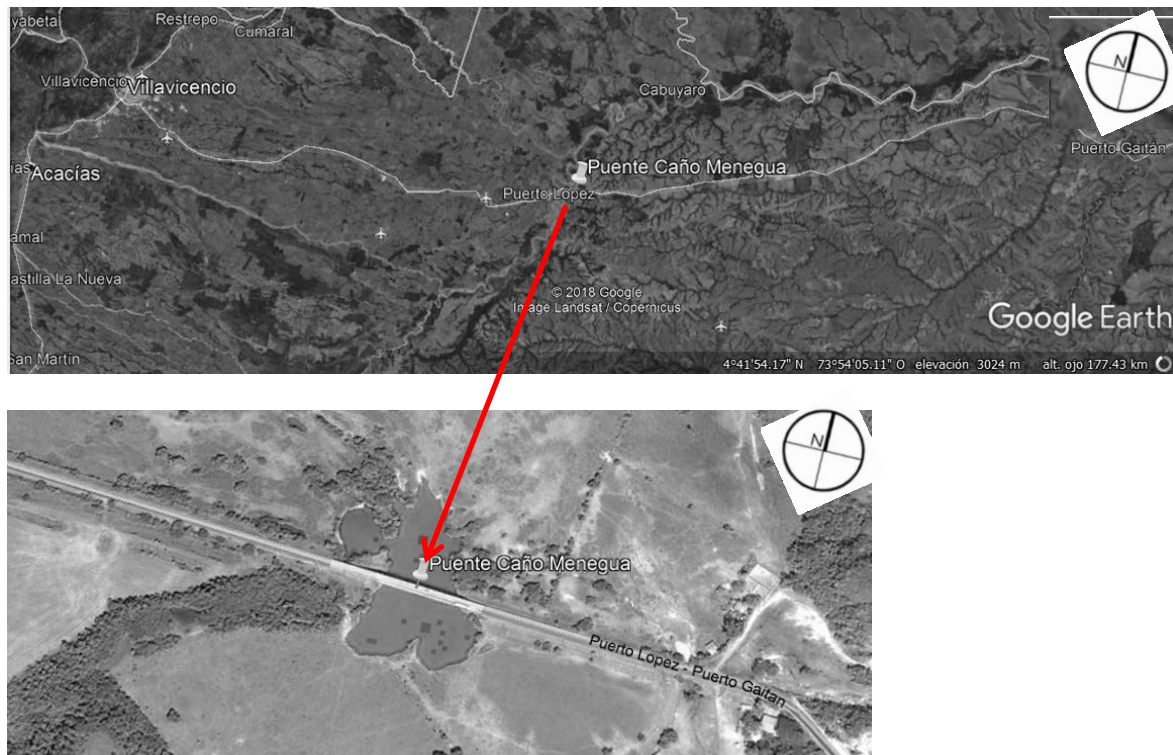


Figura 1. Localización general del puente (Sin escala)

Fuente: Google Earth-2018



Figura 2. Vista general del puente.

Fuente: Propia

La estructura consiste en un puente de concreto reforzado, que salva el Caño Menegua y está conformado por ocho vanos simplemente apoyados. Siete vanos tienen luces del orden de 15.60m y el vano restante tiene una luz de 45.80m. La longitud total del puente es de 155.0 m y el área en planta del puente es de 1395 m². El gálibo es del orden de 7.30 m, variando según la época del año que se tome la lectura, pues el nivel de aguas cambia bastante.

La superestructura está conformada por un tablero de concreto reforzado de 9.0 m de ancho, distribuido así: dos bordillos de concreto de 0.30 m y la calzada que aloja dos carriles de 3.70 m y dos bermas de 0.50 m. sobre los bordillos se soportan las barandas que están conformadas por pilastras de concreto reforzado y dos tubos longitudinales metálicos. Cada uno de los vanos cortos soportan la losa del tablero sobre cuatro vigas de concreto reforzado, y en el caso del vano principal tres vigas de concreto presforzado transmiten las cargas de la losa hacia los apoyos. El puente no tiene superficie de rodadura, es directamente la losa del tablero la expuesta al paso vehicular. Los dispositivos de junta de dilatación con ángulos de acero con sello de neopreno.

En la Figura 3., Figura 4. y Figura 5. se puede observar la planta general del puente y dos secciones transversales.

A nivel de la infraestructura, el puente está conformado por dos estribos de concreto reforzado y los apoyos intermedios son pórticos de concreto. Los ejes P1, P2 y P7 tienen cargaderos de 1.2m de ancho y 1.0 m de alto, que vincula en cabeza siete pilotes de concreto separados entre ejes 1.17m y de 14.22m de longitud promedio de acuerdo con los planos de diseño encontrados. Los ejes P3, P4, P5y P6 son pilas de concreto reforzado apoyadas sobre dados de concreto reforzado que a su vez están soportados por pilotes de concreto reforzado. De acuerdo con los planos encontrados, la cimentación es profunda, fundida in situ, la pila del eje P3 está sobre 24 pilotes, la pila del eje P4 está sobre 28 pilotes y las pilas de los ejes P5 y P6 están sobre 8 pilotes en cada caso.

En la Figura 6. y Figura 7. se presenta el alzado de las vigas cabezal en ejes P2 y P7.

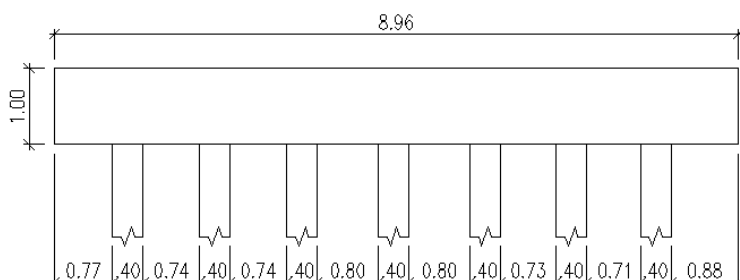


Figura 6. Alzado viga cabezal eje P2. Fuente: Propia

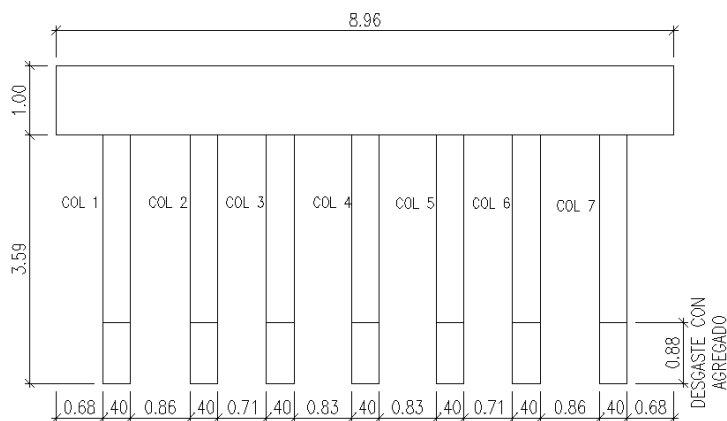


Figura 7. Alzado viga cabezal eje P7. Fuente: Propia

En la Figura 8. se puede ver el alzado de la pila en el eje P3.

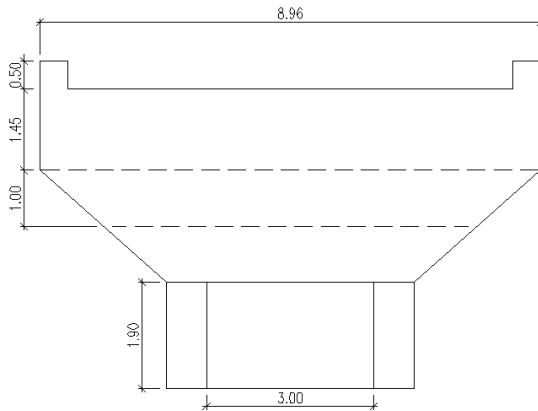


Figura 8. Alzado pila eje P3. Fuente: Propia

Preparación y planteamiento del estudio

Inspección visual del puente

Se realiza la visita al sitio donde se ubica el puente, se recorre e inspecciona la estructura identificando las lesiones existentes y los posibles factores que las ocasionan. Así mismo se realiza un levantamiento geométrico para poder comparar lo existente con los planos de diseño estructural.

Se evalúa el estado actual de cada uno de los componentes del puente. A continuación se puede observar el estado actual de la superficie del puente, en realidad la misma losa del tablero actúa como superficie del tablero, pues no existe carpeta de rodadura que proteja la losa.

En las Figura 9. se presenta el estado general de la superficie del tablero y la Figura 10. es una vista lateral del puente.



Figura 9. Vista general de la superficie del puente.

Fuente: Propia



Figura 10. Vista lateral de la superestructura.

Fuente: Propia

En los vanos cortos, la losa del tablero se soporta sobre cuatro vigas rectangulares de concreto reforzado y sobre el vano principal la losa se apoya sobre tres vigas I de concreto presforzado. Los dispositivos de apoyo de las vigas son neoprenos.

La infraestructura está conformada por dos estribos de concreto reforzado que consisten en cargaderos soportados sobre cimentación profunda. Hay cinco ejes conformados por una viga cabezal rectangular de concreto que recibe las vigas y que se apoya sobre siete pilas-pilote. Los dos ejes que soportan las vigas del eje principal se conforman por pilas de concreto apoyadas sobre cimentación profunda. En la Figura 11. se aprecia una vista general de la infraestructura. La vista de cada uno de los estribos se muestra en la Figura 12. y Figura 13..



Figura 11. Vista general de la infraestructura.

Fuente: Propia



Figura 12. Vista del estribo costado Puerto López.

Fuente: Propia



Figura 13. Vista del estribo costado Puerto Gaitán.

Fuente: Propia

Recopilación de información necesaria para el estudio

En el proceso de búsqueda de información existente del puente, en los archivos del INVIAS, se encontraron los planos de diseño estructural con fecha de abril de 1991, donde reporta que la empresa que realiza los diseños es Pablo Sánchez y Cia. Ltda. (Ver Anexo 1).

También se consultaron las cartillas del Reglamento Técnico General de Obras Viales Tomo VI del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT de 1988, y al comparar los planos encontrados en INVIAS se observa que guardan similitud con los modelos de puentes encontrados en el MOPT consultado.

No fue posible encontrar las memorias de cálculo estructural ni tampoco estudios de suelos o hidráulicos del proyecto. Al respecto se cuenta únicamente con la información que aparece relacionada en los planos de diseño estructural encontrados, donde indican que el estudio de suelos es de la firma Luis F. Orozco Cia. Ltda.

Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración

A partir de los hallazgos y observaciones de la inspección visual realizada, se propone realizar los siguientes ensayos:

- a. Extracción de núcleos de concreto para realizar ensayo de resistencia a compresión simple.
- b. Medida de fisuras (longitud y abertura) en una de las vigas.
- c. Detección de armaduras con equipo de ultrasonido (Ferroscan) para verificar separación del refuerzo existente.

Historia clínica

Responsable del estudio

Este estudio de patología es realizado por la ingeniera Sandra Cecilia Clavijo Ortiz, como ejercicio académico para aplicar los conocimientos adquiridos en la Especialización de Patología de la construcción y para el desarrollo del Trabajo Profesional Integrado (TPI).

Fecha de realización del estudio

Este estudio de Patología se inicia en agosto de 2018; se desarrolla durante el segundo semestre de 2018 y el primer semestre de 2019.

Datos generales del paciente

NOMBRE: Puente sobre el Caño Mengua.

LOCALIZACIÓN: Se ubica sobre la Ruta Nacional 40, entre Puerto López y Puerto Gaitán, en el departamento del Meta. El puente cruza sobre el Caño Menegua. En la Figura 1. se presenta la ubicación del puente.

USO: Es un puente vehicular.

FECHA DE CONSTRUCCIÓN: Los planos de diseño estructural tienen fecha de abril de 1991 y aunque no hay certeza del año de construcción, se estima que fue construido ese mismo año.

SISTEMA ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO: Puente de concreto del tipo losa – viga, conformado por 7 luces en total, seis de esos vanos tienen vigas de concreto reforzado y el vano principal restante tiene una luz de 45.80m y tiene vigas I de concreto presforzado.

Los elementos de concreto reforzado fueron fundidos in situ y las vigas presforzadas fueron fundidas cerca al puente y posteriormente se izaron para su colocación.

USO ACTUAL Y PREVISTO DEL ENTORNO: El entorno es una zona rural con diferentes cultivos propios de la región y ganadería.

IMPORTANCIA DEL PACIENTE: El puente permite el paso vehicular entre ciudades como Puerto López y Puerto Carreño con el interior del país.

NORMATIVA ACTUAL QUE LO RIGE: Actualmente la normativa vigente es el CCP-14, sin embargo contractualmente debe regirse por el CCDSP-95. El puente se diseñó siguiendo los lineamientos de las Cartillas del MOPT de 1988.

Sobre la edificación y/o construcción civil

TIPO DE CIMENTACIÓN: Cimentación profunda conformada por pilotes fundidos in situ.

GÁLIBO: Del orden de 7.3m, variando según la época del año que se tome, pues el nivel freático cambia bastante.

AREA: El puente tiene una longitud total de 155.0m y un ancho total del tablero de 9.0m para un área en planta de 1395 m².

ESTADO GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN: El puente se observa con bastantes lesiones biológicas (organismos vegetales principalmente, pero también presenta organismos animales) y lesiones físicas (suciedad). Componentes como pilas tienen lesiones mecánicas por la abrasión e impacto ocasionado por el flujo de agua y la variación del nivel del cauce, también presentan eflorescencias y cristalización de sales solubles como el calcio, estas lesiones también

se presentan en las vigas cabezal. Hay varias vigas de los vanos cortos que presentan fisuras por corte y los varios apoyos requieren reemplazo. Se observa un desnivel en el alineamiento vertical que debe corregirse.

INFORMACIÓN EXISTENTE: Seis planos del diseño estructural original, con fecha de abril de 1991. Cartillas del Reglamento Técnico General de Obras Viales Tomo VI del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT de 1988, usadas para el diseño estructural. Inspecciones visuales realizadas en 2006 y 2012.

CONSTATAción DEL ESTADO DEL PACIENTE: Al comparar los planos de diseño encontrados con la estructura en campo se observa que el puente se construyó con un vano menos (costado Puerto Gaitan) respecto a los diseños originales, sin embargo el resto de la estructura mantiene la configuración original.

FICHAS DE LESIONES: En el Anexo 5 se presentan la Fichas de lesiones más representativas de la estructura.

Aplicación patológica

Se estima que la estructura se construyó hace 27 años, por lo tanto la Patología es del tipo Geriátrica y Preventiva.

Datos específicos de las lesiones

Se realiza una visita al puente, se recorre e inspecciona la estructura evaluando el estado actual de cada uno de los componentes del puente e identificando las lesiones existentes y los

posibles factores que las ocasionan. Así mismo se realiza un levantamiento geométrico para poder comparar lo existente con los planos de diseño estructural.

En general en la estructura se observan diversas lesiones de tipo físicas, mecánicas y químicas que pueden ser consecuencia de falta de mantenimiento o por un exceso de carga debido al tipo de vehículos que transitan por la zona, respecto a la carga viva usada en el diseño original. A partir de la información levantada se realiza la Ficha de la Historia Clínica (Ver Anexo 4) y las Fichas de diagnóstico (lesiones) (Ver Anexo 5).

A nivel de la superficie no se observa superficie de rodadura, lo que ocasiona un desgaste del recubrimiento de la losa del tablero, se observa agregado expuesto en algunas zonas, además no hay un componente que brinde una protección e impermeabilización adecuada, como lo puede ofrecer una carpeta asfáltica.

En la Figura 14. se observa el estado actual de la superficie del puente, la cara superior de la losa del tablero actúa como superficie del tablero, pues no existe carpeta de rodadura que proteja la losa.



Figura 14. Detalle superficie del tablero.

Fuente: Propia

Hacia los costados de la calzada se observa tierra acumulada en algunos sectores de la vía, en los bordillos y en la cara externa del tablero se observan lesiones químicas ocasionadas por organismos de tipo vegetal. Los drenajes están destapados pero su longitud es corta y ocasionan afectaciones en la losa por filtraciones y humedad. En la Figura 15. se ve estado del bordillo y drenaje.



Figura 15. Detalle del bordillo y drenaje.

Fuente: Propia

El concreto de las pilastras que conforman las barandas, presentan ese mismo tipo de organismos de tipo vegetal, además de suciedad generalizada. En algunas pilastras se observan lesiones mecánicas del tipo desprendimiento de concreto por posible impacto y hay acero expuesto con lesión química del tipo oxidación. Los tubos longitudinales de las barandas también presentan oxidación y pérdida de pintura de protección.

En la Figura 16. y Figura 17. se presenta el estado actual de la cara interna y externa de las barandas.



Figura 16. Estado actual de las barandas vista interna.

Fuente: Propia



Figura 17. Estado actual de las barandas vista externa.

Fuente: Propia

En la Figura 18. se evidencia una lesión mecánica en la pilastra, y en la Figura 19. se observa corrosión en los pasamanos y vegetación en la parte baja de los bordillos.



Figura 18. Desprendimiento de concreto y acero con corrosión en pilastra.

Fuente: Propia



Figura 19. Tubos longitudinales con corrosión. Vegetación en junta de bordillo.

Fuente: Propia

Los dispositivos en las juntas de dilatación presentan suciedad, tierra acumulada, algunas fisuras y deformaciones leves en el caucho, como se ve en la Figura 20.



Figura 20. Detalle del dispositivo de junta de dilatación.

Fuente: Propia

En algunos sitios de la cara inferior de la losa se observa el concreto con desprendimientos y pérdida de recubrimiento y el acero expuesto con corrosión (Ver Figura 21.), además hacia los costados de la losa hay manchas de humedad y contaminación de tipo vegetal (hongos). También se observaron algunas fisuras en la losa del tablero.



Figura 21. Desprendimiento de concreto, acero con corrosión, humedad.

Fuente: Propia

En diferentes componentes de la superestructura e infraestructura, como son vigas cabezal, pilas, vigas y losa del tablero, se presentan lesiones biológicas principalmente de tipo vegetal (hongos, líquen, plantas pequeñas) y en algunos sectores de tipo animal (murciélagos, avispas) (Ver Figura 22.).



Figura 22. Lesiones biológicas.

Fuente: Propia

También se observan manchas de humedad por posibles filtraciones en las zonas de juntas de dilatación y en las vigas cabezal y pilas hay manchas de cristalización de sales ó eflorescencias. (Ver Figura 23., Figura 24. y Figura 25.).



Figura 23. Detalle viga aguas arriba (a) Humedad, suciedad. (b)Contaminación vegetal.

Fuente: Propia



Figura 24. Detalle viga cabezal (a) Contaminación vegetal. (b) Humedad, suciedad.

Fuente: Propia



Figura 25. Cristalización de sales solubles, humedad, suciedad.

Fuente: Propia

Los dispositivos de apoyo son neoprenos que presentan aplastamiento, fisuras en el caucho, suciedad, se recomienda reemplazarlos. (Ver Figura 26.).



Figura 26. Neoprenos bajo vigas.

Fuente: Propia

En las vigas rectangulares de concreto reforzado (vanos cortos) se observan patologías mecánicas del tipo fisuras por flexión y por cortante y también algunas manchas de humedad y vegetación. Las vigas con sección I presforzadas se observan con algunas manchas de humedad y vegetación tipo hongos. En la Figura 27. se evidencian algunas fisuras en una viga.



Figura 27. Fisuras en las vigas.

Fuente: Propia

Se observan pilas – pilotes que presentan desgaste por erosión debido a la acción abrasiva del agua en movimiento, que en algunos casos ha ocasionado desprendimientos de concreto, esto es una lesión del tipo erosión mecánica. También se observa que las pilas de algunos ejes presentan zonas que están expuestas a ciclos de humedecimiento – secado, lo cual afecta la durabilidad del concreto. (Ver Figura 28.).

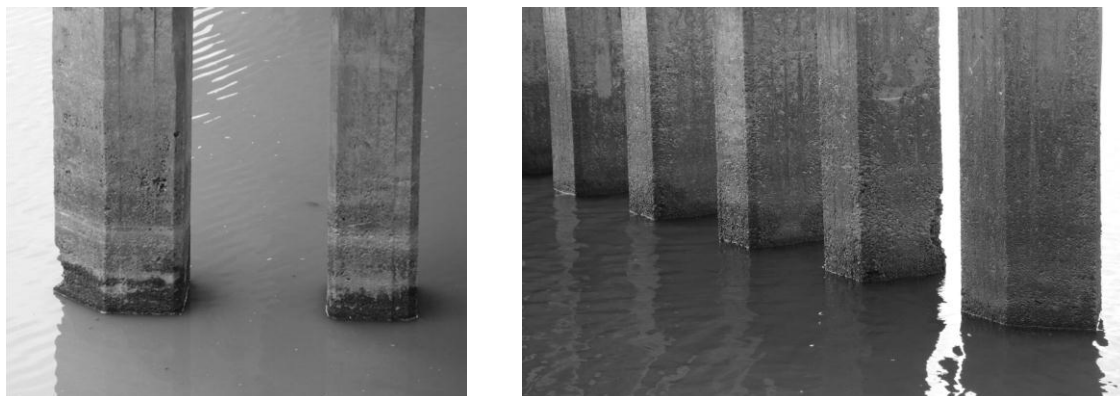


Figura 28. Pilas – pilote con (a) Pérdida de concreto, desgaste. (b) Humedecimiento - secado,

Fuente: Propia

Hacia el estribo del costado Puerto Gaitán, se observa una lesión física del tipo erosión.
(Ver Figura 29.).



Figura 29. Erosión cerca a estribo del costado Puerto Gaitán.

Fuente: Propia

No se observan problemas de asentamientos diferenciales en los ejes de apoyo.

ESTADO GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN: El puente se observa con bastantes lesiones biológicas (organismos vegetales principalmente, pero también presenta organismos

animales) y lesiones físicas (suciedad). Componentes como pilas tienen lesiones mecánicas por la abrasión e impacto ocasionado por el flujo de agua y la variación del nivel del cauce, también presentan eflorescencias y cristalización de sales solubles como el calcio, estas lesiones también se presentan en las vigas cabezal. Hay varias vigas de los vanos cortos que presentan fisuras por corte y varios apoyos de neopreno requieren reemplazo, pues se observan cristalizados. Se observa un desnivel en el alineamiento vertical que debe corregirse, como consecuencia de la etapa constructiva original.

Descripción de la lesión más relevante en el paciente

En la inspección visual se identifican vigas de concreto reforzado que presentan fisuras por cortante y flexión que deben ser evaluadas porque son reflejo de posibles deficiencias estructurales que ponen en riesgo el adecuado funcionamiento del puente. Es importante realizar una evaluación de carga del puente para determinar los índices de sobre esfuerzo de esos elementos y recomendar las alternativas de intervención más apropiadas.

Clasificación y origen de la(s) lesiones(s)

Las fisuras que se presentan en las vigas son lesiones directas del tipo mecánicas generadas por sobre carga en esos elementos. Una posible causa de estas fisuras es el alto flujo de tráfico de camiones pesados que transportaban crudo desde Campo Rubiales durante la época del auge petrolero.

En diferentes componentes, como son vigas cabezal, pilas, vigas y losa del tablero, se presentan lesiones de tipo biológico principalmente de tipo vegetal (hongos, liquen, plantas

pequeñas) y en algunos sectores de tipo animal (murciélagos, avispas). También se observan manchas de humedad por posibles filtraciones en las zonas de juntas de dilatación y en las vigas cabezal y pilas hay manchas de cristalización de sales o eflorescencias.

En las Fichas de las lesiones más representativas se indica la causa y descripción de cada lesión.

Datos generales del entorno

EDIFICACIONES U OBRAS VECINAS: No hay edificaciones o casas cercanas a la estructura.

MEDIO AMBIENTE: La zona tiene un clima cálido semi-húmedo.

TEMPERATURA: Tiene una temperatura promedio de 26°C. En febrero – marzo son los meses más cálidos y junio – julio los meses más fríos.

PRECIPITACIONES Y ESCORRENTIA: La zona hace parte del subsistema del Río Meta, que es la red hidrográfica más importante de toda la región natural del Orinoco Colombiano. Según el IDEAM, (2005), el departamento tiene una precipitación anual de 4008 mm, una humedad relativa promedio anual del 76% y una escorrentía anual total de 2885mm.

Arquitectura (descripción general)

Es un puente de concreto tipo viga –losa, que tiene pilotes fundidos in situ, y vigas, pilas y estribos de concreto reforzado y vigas I presforzadas en el vano principal.

Estructura (descripción general)

La calificación general del puente se da teniendo en cuenta la escala de calificación que maneja el Sistema de Administración de Puentes de Colombia (SIPUCOL), que fue implementado por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en 1996. A partir de la inspección visual se asigna a los diferentes componentes una calificación cualitativa que varía entre 0 y 5 (Ver Figura 30.), para dar al final una calificación general de la estructura basada en los componentes estructurales como son los estribos, pilas, apoyos, vigas y cauce.

ESCALA DE CALIFICACIÓN
0. Sin daño o con daño insignificante.
1. Daño pequeño, pero no se requiere reparación.
2. Existe daño, el componente funciona como se diseñó.
3. Daño significativo, se requiere pronta reparación.
4. Daño grave, se necesita inmediata reparación.
5. Daño extremo, falla total o riesgo de falla total del componente.
? Desconocido

Figura 30. Escala de calificación SIPUCOL.

Fuente: Manual de inventario, inspección principal, inspección especial, inspección rutinaria y mantenimiento de puentes.

En la Tabla 1 se presenta la calificación de cada componente y la calificación general del puente.

Tabla 1. *Calificación del puente.*

<i>Componente</i>	<i>Calificación</i>	<i>Tipo de daño</i>
Superficie de rodadura	3	Ausencia de superficie de rodadura.
Juntas de dilatación	2	Daño en sellos, fisuras, infiltraciones, deformaciones, tierra acumulada.
Barandas	3	Pilastras con impactos, pasamanos tubulares con inicios de corrosión.
Losa de concreto reforzado	3	Fisuras, infiltraciones, acero expuesto.
Vigas	4	Fisuras por cortante y flexión en las vigas cortas.
Apoyos	4	Neoprenos cristalizados.
Estribos	2	Infiltraciones desde el tablero.
Pilas	2	Desgaste por abrasión, infiltraciones en cabezal.
Cauce	1	
Puente en general	4	

La calificación general del Puente es 4, “Daño grave, se necesita inmediata reparación.” y se considera que las vigas y los apoyos son de los primeros componentes que se deben intervenir.

Suelos y cimentaciones

Dentro de la búsqueda de información que se realizó, no se encontró estudio de suelos, ni memorias de cálculo de diseño estructural.

Durante la inspección visual no se observan problemas de asentamientos diferenciales ni lesiones que reflejen la necesidad de realizar un estudio de suelos.

Diagnóstico

En el Anexo 5 se presentan las fichas de lesiones más representativas de la estructura, donde se indica el tipo de lesión, la causa, la localización, descripción y seguimiento recomendado.

Las lesiones más representativas en la estructura son las grietas por carga, generadas por cargas de cortante que se presentan en algunas vigas cortas, las cuales requieren intervención; y en los apoyos, varios neoprenos que están cristalizados y se recomienda cambiar.

En segundo lugar están las lesiones que se presentan en la losa, como son fisuras, infiltraciones y acero expuesto, y los daños en las barandas existentes.

Se deben solicitar recomendaciones de los especialistas de geotecnia y de hidráulica sobre las estructuras de protección del talud y control de la erosión más recomendables a realizar hacia el estribo del costado Puerto Gaitán.

Ensayos destructivos y no destructivos

Adicional al levantamiento geométrico realizado a la estructura, se hace la extracción de núcleos de concreto para hacer ensayos de resistencia a compresión simple; se hace la determinación del acero de refuerzo con ayuda del equipo Ferroskan; se hace el levantamiento de fisuras en la cara dos, de la viga uno, entre los ejes P1-P2. Los resultados de presentan a continuación.

a. Extracción y ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto.

Para la extracción de los núcleos se siguen los lineamientos de la norma ASTM C42/C42M-2010. Con la ayuda de un detector de armadura se ubican los sitios donde se hace la extracción de núcleos para garantizar la integridad de los elementos evaluados. Posterior a la extracción de los núcleos se realiza el correspondiente resane usando mortero epóxico de baja retracción. Para el ensayo de las muestras se siguen las especificaciones y procedimientos incluidos en las normas NTC 673 y ASTM C39/C39M-10.

En la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 se presenta la resistencia de los núcleos de concreto extraídos:

Tabla 2. Resistencia de los núcleos de concreto reforzado – Vigas.

<i>Núcleo No.</i>	<i>Vano No.</i>	<i>Viga No.</i>	<i>f'c (MPa)</i>
1	1	3	29.9
2	2	3	27.8
3	3	4	12.9
4	5	1	33.3
5	6	1	35.3
6	7	1	19.4
7	8	1	18.9
8	9	2	32.6

Tabla 3. Resistencia de los núcleos de concreto reforzado – Losa del tablero.

<i>Núcleo No.</i>	<i>Vano No.</i>	<i>f'c (MPa)</i>
9	7	23.1
10	8	15.9

Tabla 4. Resistencia de los núcleos de concreto reforzado – Pilas.

<i>Núcleo No.</i>	<i>f'c (MPa)</i>
11	27.1
12	45.1

Para la revisión de los diferentes elementos del puente se toma la resistencia promedio obtenida con el método que se basa en las recomendaciones de la Federal Emergency Management Agency (FEMA). En la Tabla 5 se consolidan los valores usados en la revisión de los diseños.

Tabla 5. Resistencia promedio del concreto para revisión diseños.

<i>Elemento</i>	<i>Desviación estándar (MPa)</i>	<i>f'c (MPa)</i>	<i>f'c (kgf/cm²)</i>
Vigas de concreto reforzado	8.2	18.1	184.5
Losa del tablero	5.1	14.4	146.8
Pilas	12.7	23.4	238.2

b. Determinación de cuantía de refuerzo con equipo Ferroskan.

Con ayuda del equipo Ferroskan se establece el espesor del recubrimiento del acero de refuerzo, la cantidad, separación y diámetro de barras. En la Tabla 6 se consolidan los resultados obtenidos.

Tabla 6. Resultados con equipo Ferroskan – Refuerzo en losa.

<i>Tipo de refuerzo</i>	<i>Diámetro (pulgadas)</i>	<i>Recubrimiento (mm)</i>	<i>Separación (mm)</i>	<i>Elemento</i>
Principal (inferior)	5/8	47	120	Vano1 – Losa sobre vigas reforzadas
Secundario (inferior)	5/8	58	200	Vano1 – Losa sobre vigas reforzadas
Principal (superior)	5/8	49	120	Vano7 – Losa de voladizo
Secundario (superior)	5/8	64	210	Vano7 – Losa de voladizo

c. Levantamiento de fisuras.

A partir de la inspección visual y con ayuda de la cinta métrica y el fisurómetro se realiza el levantamiento de fisuras en la cara interna de la viga uno entre ejes P1 y P2.

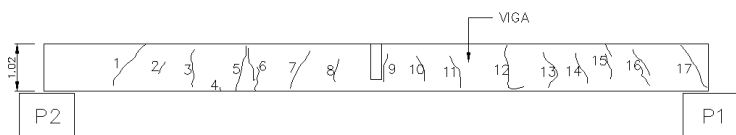


Figura 31. Levantamiento fisuras en viga No. 1 entre ejes P1 y P2 (vano No. 2), cara interna.

Fuente: Propia.

En la Tabla 7 se consolidan los resultados del levantamiento.

Tabla 7. *Resumen del levantamiento de fisuras Viga uno, ejes P1-P2 (Vano dos), cara interna.*

<i>Fisura No.</i>	<i>Separación (m)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Espesor (mm)</i>
1	1.8	0.90	0.45
2	0.75	0.25	0.15
3	0.68	0.80	0.30
4	0.60	0.08	0.05
5	0.46	0.85	0.40
6	0.30	0.91	0.30
7	0.93	0.80	0.66
8	0.81	0.50	0.20
9	1.05	0.60	0.15
10	0.85	0.52	0.05
11	0.79	0.67	0.30
12	1.07	0.90	0.40
13	1.02	0.74	0.25
14	0.56	0.65	0.25
15	0.66	0.75	0.35
16	0.77	0.77	0.45
17	1.15	0.90	0.40

d. Levantamiento geométrico de la estructura.

Se realiza el levantamiento geométrico del puente. En las siguientes Figuras se puede apreciar la planta, alzado y secciones.

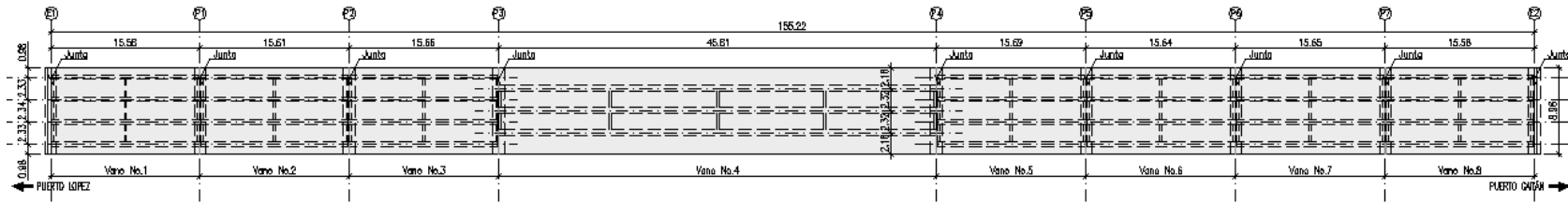


Figura 32. Levantamiento geométrico – Planta general.

Fuente: Propia.

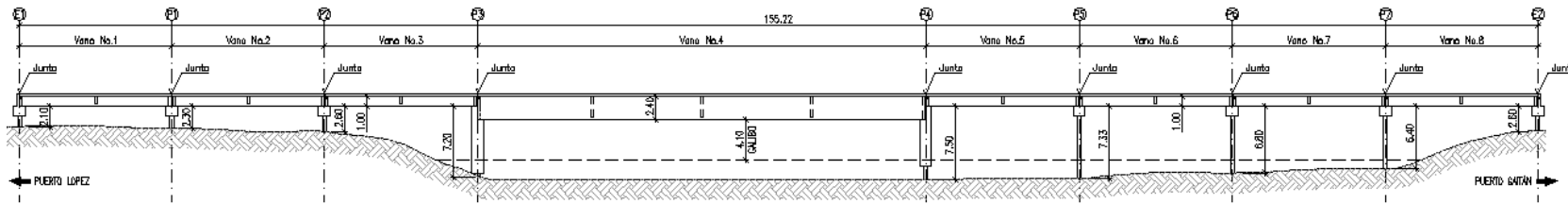


Figura 33. Levantamiento geométrico – Alzado general.

Fuente: Propia.

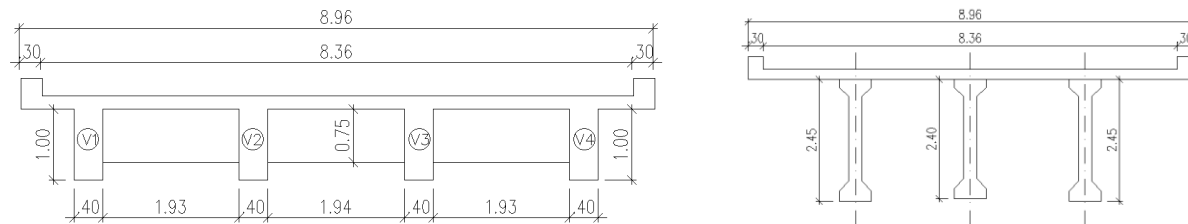


Figura 34. Secciones transversal tipo (a) Vanos 1 a 3 y 5 a 8. (b) Vano 4.

Fuente: Propia.

CONSTATACIÓN DEL ESTADO DEL PACIENTE: Al comparar los planos de diseño encontrados con la estructura existente en el sitio, se observa que el puente se construyó con un vano menos (costado Puerto Gaitán) respecto a los diseños originales, sin embargo el resto de la estructura mantiene la configuración original.

En el plano No. 1 del diseño se encuentra una nota donde indican que para construir las zapatas en los ejes 3-4-5-6 se debe utilizar tablestacado para controlar el flujo ascendente (subpresiones) causado por la diferencia de niveles hidráulicos al atravesar el suelo permeable (arenas).

Los resultados de los ensayos realizados al concreto reportan en algunos casos resistencias menores a la de diseño, por lo cual se considera importante realizar una evaluación de carga de la superestructura.

Los resultados de las lecturas realizadas con el Ferroskan permiten corroborar que el acero de refuerzo de la losa está de acuerdo con lo indicado en los planos de diseño.

El sistema estructural del puente en cuanto a calidad del diseño y la construcción de la estructura original se califica como bueno.

Por el estado actual de la estructura se hace la inspección visual del puente siguiendo los lineamientos de calificación del SIPUCOL, que se presenta en el numeral 5 de este documento, donde la calificación general del Puente es 4, “Daño grave, se necesita inmediata reparación.” y se considera que las vigas y los apoyos son de los primeros componentes que se deben intervenir.

Estudio de vulnerabilidad sísmica

La necesidad de realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica del puente existente surge a partir del análisis de la información recopilada en campo y en el INVIAS como es la Inspección visual realizada, el análisis de las lesiones observadas y teniendo en cuenta que el puente estuvo expuesto a un alto flujo de tráfico pesado que transportaba combustible en la época de máxima producción de campo Rubiales, y que aún usa la vía pero con un menor nivel de tráfico, así como los planos de diseño estructural encontrados con fecha de 1991, donde referencian para el diseño de las barandas, vigas y especificaciones, la cartilla Tomo VI del MOPT – La Vialidad (Sept. 1988).

Los puentes en Colombia antes de 1990 se diseñaban y construían siguiendo las recomendaciones de las cartillas emitidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, el Fondo Nacional de caminos vecinales y la Secretaría de Obras Públicas. Hacia 1990 la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) fue encargada de realizar un código de diseño de puentes y se decidió adoptar la norma de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ed. 15 de 1992, la cual incluía la Guide Specification for Seismic Design of Highway Bridges, creando el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP-95). Después de 18 años, se creó la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD - CCP-14, que es la normativa actual vigente, la cual se basa en las especificaciones americanas AASHTO LRFD 6ª edición, que a su vez se apoya en la filosofía LRFD (factores de

diseño de carga y resistencia), acorde con las prácticas actuales de diseño y construcción de estructuras de la mayoría de países a nivel mundial.

MATERIALES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos se toman los siguientes valores:

Concreto: Vigas de concreto reforzado: $f'c = 184.5 \text{ kg/cm}^2$

Losa de tablero: $f'c = 146.8 \text{ kg/cm}^2$

Pilas: $f'c = 238.2 \text{ kg/cm}^2$

Acero de refuerzo: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$E_c \text{ vigas} = 169788 \text{ kg/cm}^2$

$E_c \text{ losa} = 151451 \text{ kg/cm}^2$

$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

REVISIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA

A partir del estado actual de la estructura se procede a evaluar los índices de sobre-esfuerzo a los que están sometidos los elementos, con el camión de diseño C40-95, que contempla el CCP-95.

Los parámetros tomados para la revisión, y los cálculos y chequeos realizados se presentan en el Anexo 3.

A partir de la sección de la superestructura actual y de la evaluación de cargas muerta y viva, se realiza el cálculo de las sollicitaciones de diseño que resisten los elementos y las

solicitaciones que soportan los elementos, con el fin de calcular los índices de sobreesfuerzo de la losa del tablero y las vigas, y hacer otros chequeos.

Los índices de sobreesfuerzo calculados usando el camión de diseño del CCP-95, indican que las vigas, tanto a flexión como a cortante, requieren ser reforzadas dado que los índices obtenidos son menores a 1.0. En el caso de la losa entre vanos y en el voladizo cumple y no requiere ser reforzada para mejorar su capacidad.

Se realiza un chequeo del índice obtenido entre la fuerza sísmica con el CCDSP-95 y el CCP-14. Como no se encontró el estudio de suelos del puente, para fines académicos se supone un perfil de suelo tipo C de acuerdo con el CCP-14 y se toma un perfil de suelo tipo S2 de acuerdo con el CCDSP-95. Se saca el índice entre las fuerzas sísmicas obtenidas entre el CCDSP-95 y el CCP-14, encontrando que la cuantía de refuerzo de las pilas se encuentra del orden de un 13% por debajo de la cuantía de diseño que debería tener usando la normativa actual vigente. Los índices de deformación de las vigas obtenidos están dentro del rango permisible.

Propuestas de intervención

Teniendo en cuenta los índices de sobre esfuerzo obtenidos en los diferentes elementos se concluye que las vigas reforzadas requieren un reforzamiento a flexión y a cortante. En los otros elementos no hay necesidad de realizar reforzamiento, sin embargo se recomienda realizar el reemplazo de los neoprenos y hacer las obras de mantenimiento rutinario como son limpieza tipo

hidrolavado, limpieza y retiro de exceso de vegetación, reparaciones locales de concreto, inyección de fisuras, entre otros.

Como alternativas para reforzar las vigas reforzadas del tablero a continuación se exponen algunas opciones:

1. Realizar un recalce a las vigas de concreto reforzado, recreciendo la sección tanto en ancho como en altura. Una desventaja de este planteamiento es el aumento de las cargas muertas, además de ser bastante invasiva y complicada en su realización porque es necesario escarificar la superficie, realizar anclajes, colocar formaleta y colocar el concreto adicional.
2. Colocar en las vigas un reforzamiento externo con postensado, tanto en sentido longitudinal como transversal, usando cables y barras de alta resistencia. Esta opción no representa un aumento considerable en las cargas y es menos invasiva, sin embargo por lo que las luces son cortas el preesfuerzo se hace menos efectivo.
3. El uso de tejidos con fibras de carbono no se contempla porque en general la resistencia del concreto es baja y los índices de sobre-esfuerzo también son bajos, así que probablemente con las fibras no se alcance a tomar el excedente de sollicitación.

La segunda alternativa, con postensado exterior, es la más recomendable porque no representa un aumento significativo de las cargas muertas, así que no impacta la cimentación.

En el caso de los neoprenos, se recomienda hacer gateo y reemplazo de esos dispositivos de apoyo, a lo largo de toda la estructura y aprovechar para corregir el alineamiento vertical del

vano 7, colocando mesetas con grouting, para alcanzar la altura requerida en los casos que sea necesario.

Respecto a la superficie de rodadura, se recomienda impermeabilizar la losa del tablero, realizar imprimación de la misma y colocar la carpeta asfáltica, la cual contribuye a proteger la losa del desgaste.

En los otros componentes del puente, como son las columnas, vigas pre-esforzadas y vigas cabezal, no hay necesidad de realizar reforzamiento, pero es necesario realizar mantenimiento rutinario a toda la estructura, las actividades recomendadas para tal fin se relacionan a continuación:

1. Retiro del nido de avispas.
2. Limpieza con hidroblasting de toda la estructura.
3. Limpieza y retiro de exceso de vegetación y suciedad acumulada en los diferentes componentes de la estructura.
4. Reparaciones locales de concreto de todos los elementos afectados, como por ejemplo pilotes y pilastras de concreto de las barandas, utilizando mortero tipo grout (SikaTop 122 monocomponente) y realizar tratamiento de refuerzo expuesto y concreto degradado que se presenta en puntos localizados en los voladizos de la losa, limpiando el refuerzo y aplicando inhibidor de corrosión tipo SikaTop Armatec 108. Si el refuerzo a perdido más del 1% del área se debe reemplazar la barra, garantizando la longitud de traslapo de la barra, de acuerdo con los lineamientos del CCP-14.

5. Colocación de puertos y sello de fisuras. Realizar la inyección de fisuras con espesor igual o superior a 0.30mm, tanto en la losa como en las vigas de concreto reforzado.
6. Mantenimiento de los dispositivos de las juntas de dilatación y reparaciones locales.
7. Prolongar la longitud de los tubos de drenaje existentes. Limpieza y mantenimiento.
8. Limpieza y pintura de los perfiles tubulares metálicos que hacen parte de las barandas. Se debe preparar la superficie, aplicando un imprimante Epoxico rico en Cinc (que actúa como el inhibidor de corrosión), aplicar la barrera epóxica (que actúa como la protección) y posteriormente aplicar el esmalte Uretano (que brinda a la barrera la estabilidad frente a los rayos UV).
9. Aplicar una pintura de protección del concreto tipo Sikacolor 555 W o equivalente.
10. Realizar un monitoreo periódico de los estribos y la erosión, especialmente del costado Puerto Gaitán. Si la erosión aumenta se debe prever la colocación de elementos de protección del talud como por ejemplo un pedraplén, bolsacretos o gaviones.

Se considera que la terapéutica del puente en estudio es del tipo Curativo de Consolidación, porque involucra varias actuaciones como son:

1. Reparación de las zonas que presentan pérdida de concreto, posiblemente causados por impacto de vehículos, o en el caso de algunos pilotes por el flujo del cauce o impacto de elementos que lleva el flujo de agua.

2. Refuerzo de las vigas de concreto reforzado que presentan lesiones mecánicas del tipo fisuras por flexión y cortante, y además en varios casos una baja resistencia a la compresión del concreto.
3. Sustitución de los dispositivos de apoyo, en este caso los neoprenos que presentan cristalización y aplastamiento.

Presupuesto

En el Anexo 6 se presenta el presupuesto discriminado para cada alternativa contemplada.

De las tres alternativas propuestas, se realiza el presupuesto estimado de las Alternativas 1 y 2. Económicamente la más viable es la alternativa 2, que tiene un costo por metro cuadrado de \$818.500, y de la alternativa 3 de un valor por m² de \$747.340.

De la alternativa 3 no se saca presupuesto porque el concreto no cumple con la resistencia mínima para usar fibras de carbono.

Conclusiones y recomendaciones

Con base a la visita e inspección visual realizada a la estructura que conforma el puente, se observa que los componentes del mismo presentan diversas patologías físicas, mecánicas, químicas y biológicas, como consecuencia de la falta de mantenimiento en algunos casos, en

otros por daños en los elementos estructurales por posible aumento de la carga viva que transita en la zona o por efectos de la naturaleza como es la abrasión ocasionada por el agua contra algunos pilotes, generando desprendimiento del concreto y acero expuesto con corrosión..

Se observa que dispositivos como son los neoprenos requieren ser reemplazados porque ya han fallado, y en el caso de las juntas de dilatación se presentan fisuras que permiten filtraciones hacia las pilas y apoyos, ocasionando patologías en esos elementos como las humedades, eflorescencias, vegetación y suciedad, lo cual afecta la durabilidad de los materiales.

En el caso de las vigas de concreto reforzado, se observan con fisuras por cortante y flexión que pueden ser causa del aumento de la carga viva que transita en la zona, respecto a la carga viva usada en los diseños originales, pero también pueden ser causa de refuerzo insuficiente en los diseños originales o deficiencias en la etapa constructiva.

En cuanto a la losa del tablero dado que no tiene superficie de rodadura, se recomienda impermeabilizar y colocar una carpeta asfáltica que contribuye a proteger la losa.

A partir del estudio de vulnerabilidad realizado, se encuentra que no es necesario reforzar la losa del tablero, sin embargo las vigas de concreto reforzado presentan unos índices inferiores a la unidad, por lo cual se recomienda reforzarlas tanto a cortante como a flexión. Para esto se presentan tres opciones:

1. Recalzar las vigas de concreto reforzado haciendo un recrecido de la sección.
2. Colocar un postensado exterior en sentido longitudinal y transversal, utilizando cables y barras de alta resistencia.
3. El uso de fibras de carbono, sin embargo esta alternativa se descarta por las bajas resistencias del concreto y porque los índices obtenidos son bastante bajos.

Económicamente, la alternativa 2 tiene el mejor costo por m².

También se recomienda realizar actividades de mantenimiento como son las reparaciones locales de concreto, inyección de fisuras, limpieza y retiro de vegetación, retiro de nido de avispas, hidrolavado de la estructura, colocar algunos elementos de protección contra la erosión y socavación en el costado Puerto Gaitán, donde se presentan problemas de erosión.

La terapéutica del puente en estudio es del tipo Curativo de Consolidación, involucrando actuaciones de reparación, refuerzo de vigas y sustitución.

Lista de referencias

- García Páez, Carlos Andrés. (2018). Presentaciones de clase de Conceptualización estructural.
- Cardozo, Oscar Julián. (2018). Presentaciones de clase de Trabajo profesional integrado.
- Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 (Octubre de 2006). Manual para la inspección visual de puentes y pontones.
- Sánchez de Guzmán, Diego. (2017). Durabilidad y patología del concreto. Asocreto.
- Cartillas del Reglamento Técnico General de Obras Viales Tomo VI del Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT de 1988.
- Código Colombiano de diseño sísmico de puentes. CCDSP-95. Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- IDEAM, (2005). Atlas climatológico de Colombia. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Norma Colombiana de diseño de puentes – LRFD – CCP-14. Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Instituto Nacional de Vías y Directorado de Carreteras de Dinamarca. “Manual de inventario, inspección principal, inspección especial, inspección rutinaria y mantenimiento de Puentes,” Documento dentro del Sistema de Administración de Puentes de Colombia (Sipucol), Bogotá, Colombia: 1996.

Anexo 1. Planos estructurales encontrados.

(Fuente: Archivos INVIAS)

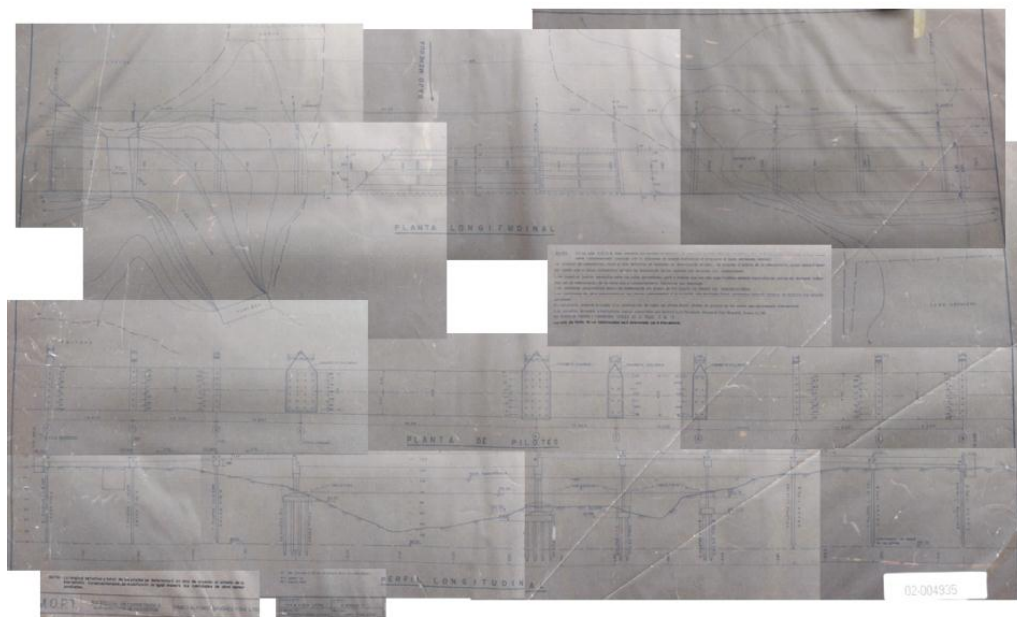


Figura 35. Plano No. 01.

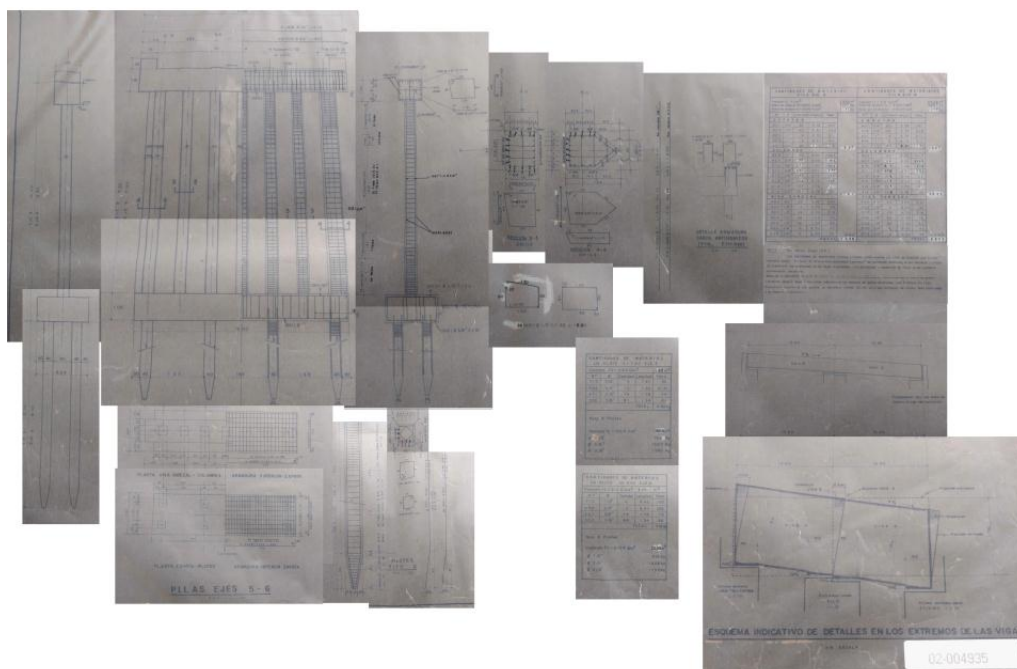


Figura 36. Plano No. 02.

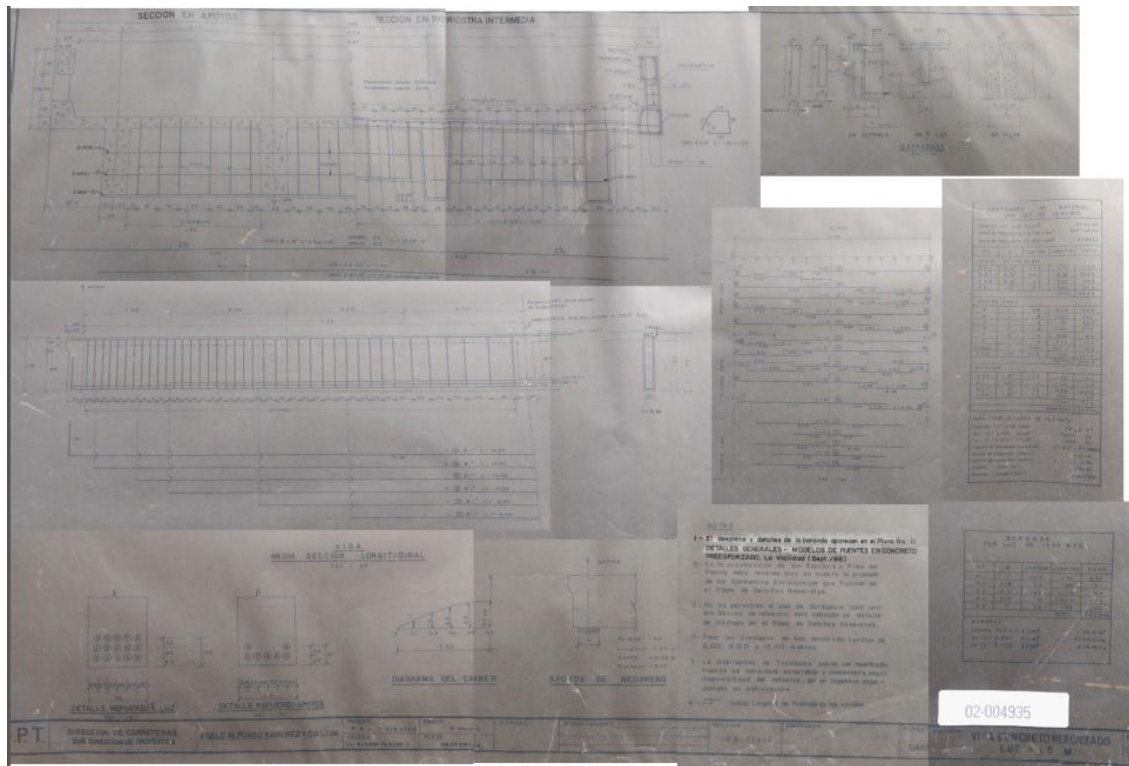


Figura 37. Plano No. 03.

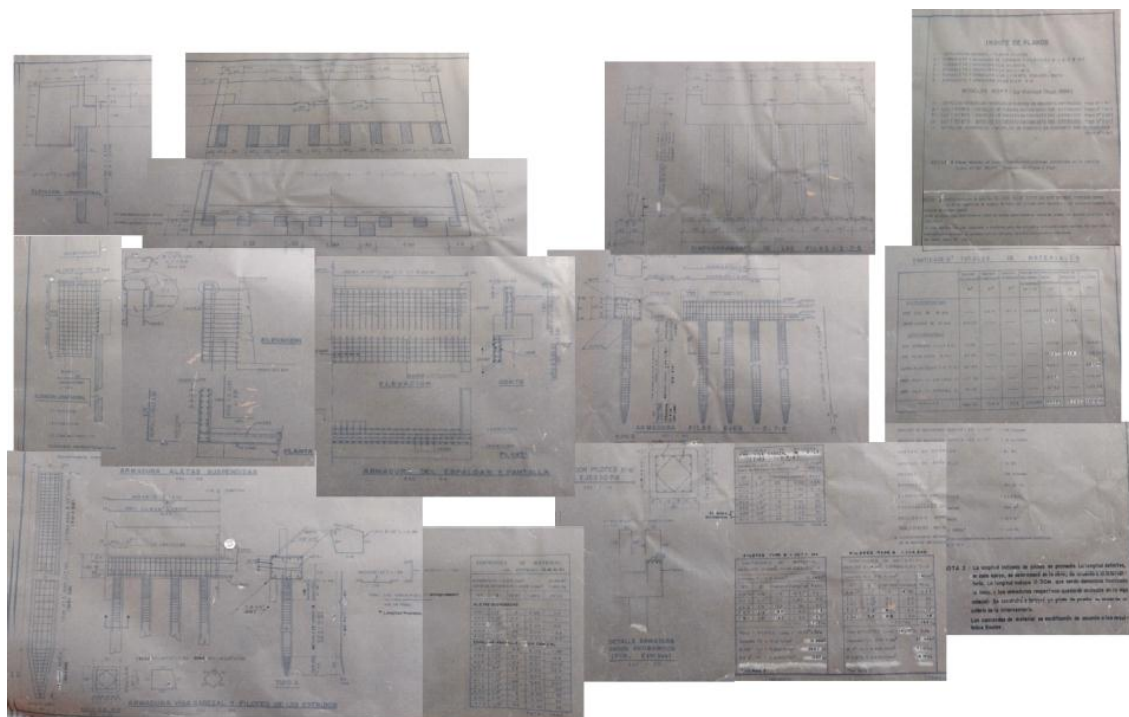


Figura 38. Plano No. 04.

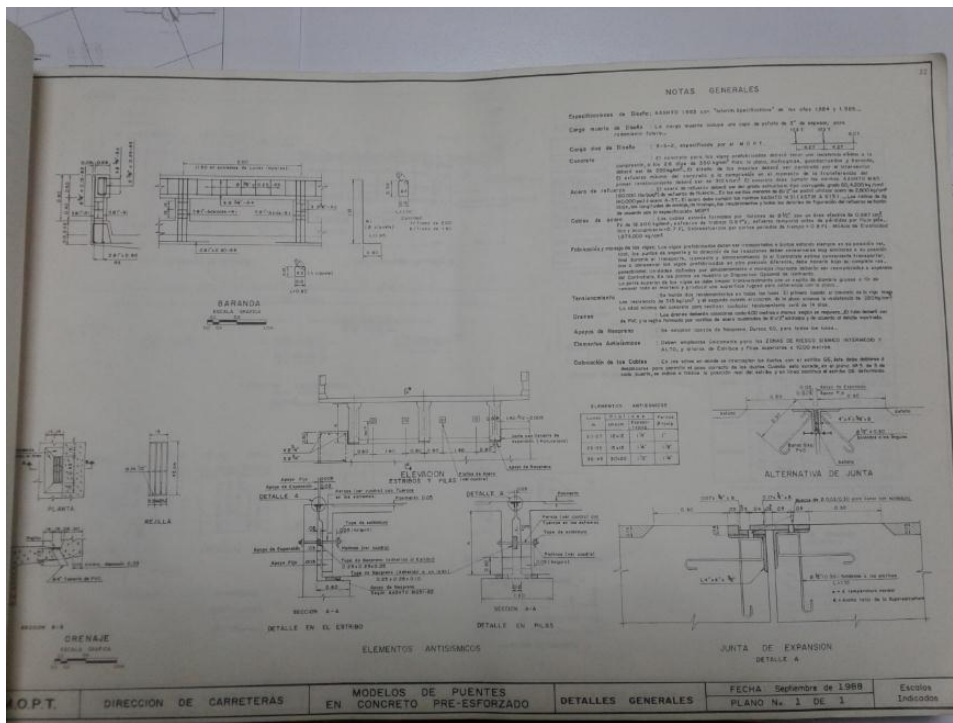


Figura 45. Plano Detalles generales - Modelos de puentes en concreto pre-esforzado 1 de 1.

Anexo 2. Ensayos realizados.

Resistencia a compresión del concreto.



INFORME DE ENSAYOS DE CONCRETOS
ENSAYO A COMPRESIÓN SOBRE NUCLEOS DE CONCRETO
 Norma NTC 673:2000 - NSR10

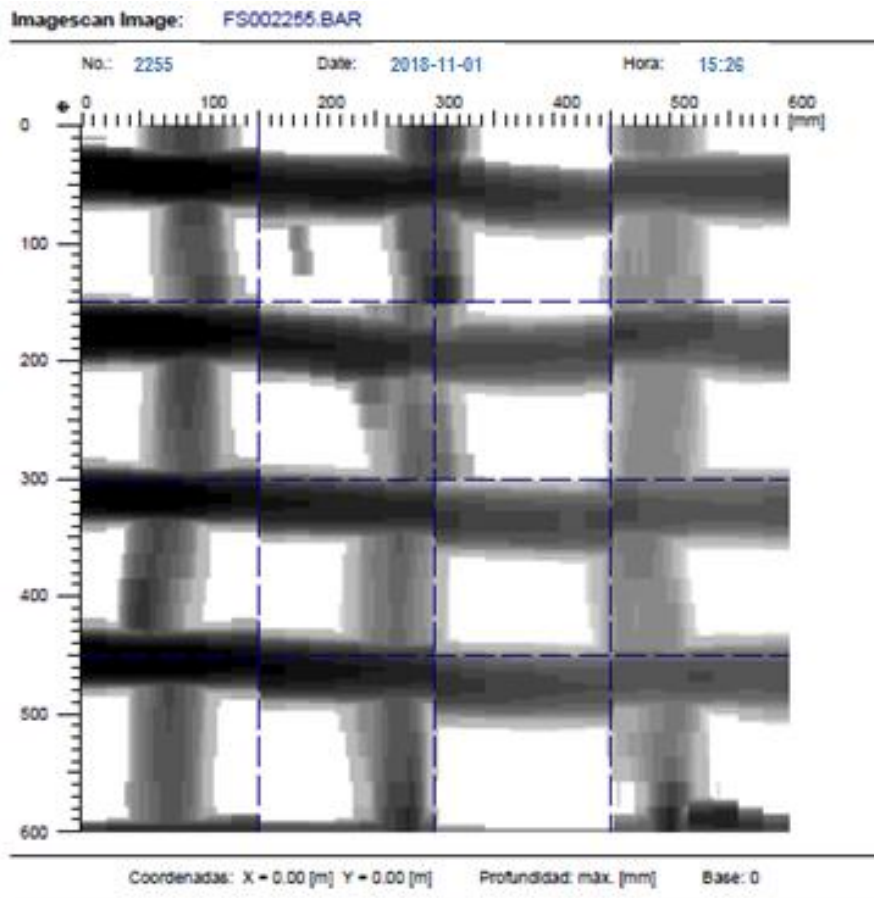


Fecha: 22-jun-
 Página: 1 de 2

Obra : Puente Managua		Los datos y resultados presentados en este informe, corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.										Referencia : I-11650 DCP- 1047-17				
Orden de trabajo	Núcleo No.	Localización	Dimensión (mm)			Área mm ²	Fecha Extracción	Fecha Ensayo	Masa g	Densidad g/cm ³	Esbeltez L/D	Factor de Correc.	Carga Máxima kN	Resistencia MPa	Resistencia corregida	
			L	L capil	φ										MPa	Kg/cm ²
37480	10	V34A	139.0	141.1	68.4	3074.6	21-jun-17	1222	2.4	2.06	1	176.81	48.1	48.1	400.7	
37480	11	V34B	139.2	140.9	68.1	3042.4	21-jun-17	1186	2.3	2.07	1	121.26	33.3	33.3	330.4	
37480	12	V34B	138.3	140.1	68.3	3063.8	21-jun-17	1172	2.3	2.06	1	129.44	35.3	35.3	350.3	
37480	13	V347	139.4	140.3	68.4	3074.6	21-jun-17	1106	2.3	2.06	1	71.35	19.4	19.4	198.0	
37480	14	V34B	139.3	141.1	68.2	3053.1	21-jun-17	1204	2.4	2.07	1	68.88	18.9	18.9	192.3	
37480	15	V34B	138.1	139.9	68.3	3063.8	21-jun-17	1208	2.4	2.05	1	114.53	31.3	31.3	318.8	
37480	16	V34C-2-C2	139.8	140.9	68.4	3074.6	21-jun-17	1106	2.3	2.06	1	102.36	27.0	27.0	284.1	
37480	17	F-C2	139.4	141.1	68.3	3063.8	21-jun-17	1230	2.4	2.06	1	165.22	45.1	45.1	455.8	
37480	18	-2	138.1	140.8	68.3	3063.8	21-jun-17	1212	2.4	2.06	1	117.2	32.0	32.0	326.2	
37480	19	-2	139.7	141.3	68.4	3074.6	21-jun-17	1203	2.3	2.07	1	166.83	45.4	45.4	463.0	
37480	2	V341	139.0	140.1	68.4	3074.6	21-jun-17	1196	2.3	2.05	1	109.03	29.9	29.9	305.1	
37480	21	L44	140.1	141.8	68.3	3063.8	21-jun-17	1216	2.4	2.08	1	103.11	28.1	28.1	287.0	
37480	21	L47	133.7	134.9	68.4	3074.6	21-jun-17	1232	2.5	1.97	1	85.17	23.2	23.2	236.4	
37480	22	L48	139.0	140.8	68.3	3063.8	21-jun-17	1212	2.4	2.06	1	98.27	15.9	15.9	162.2	
37480	3	V342	138.1	139.9	68.2	3063.1	21-jun-17	1178	2.3	2.05	1	101.56	27.8	27.8	283.6	
37480	8	V344	139.1	140.9	68.2	3063.1	21-jun-17	1217	2.4	2.06	1	173.66	47.5	47.5	484.7	
37480	9	V344	139.1	140.4	68.3	3063.8	21-jun-17	1205	2.4	2.06	1	158.22	43.2	43.2	440.4	

	(MPa)	(kg/cm ²)
Resistencia Promedio:	32	331.3
Desviación estándar:	10	105.4
Coef. de variación:	31.0%	31.8%

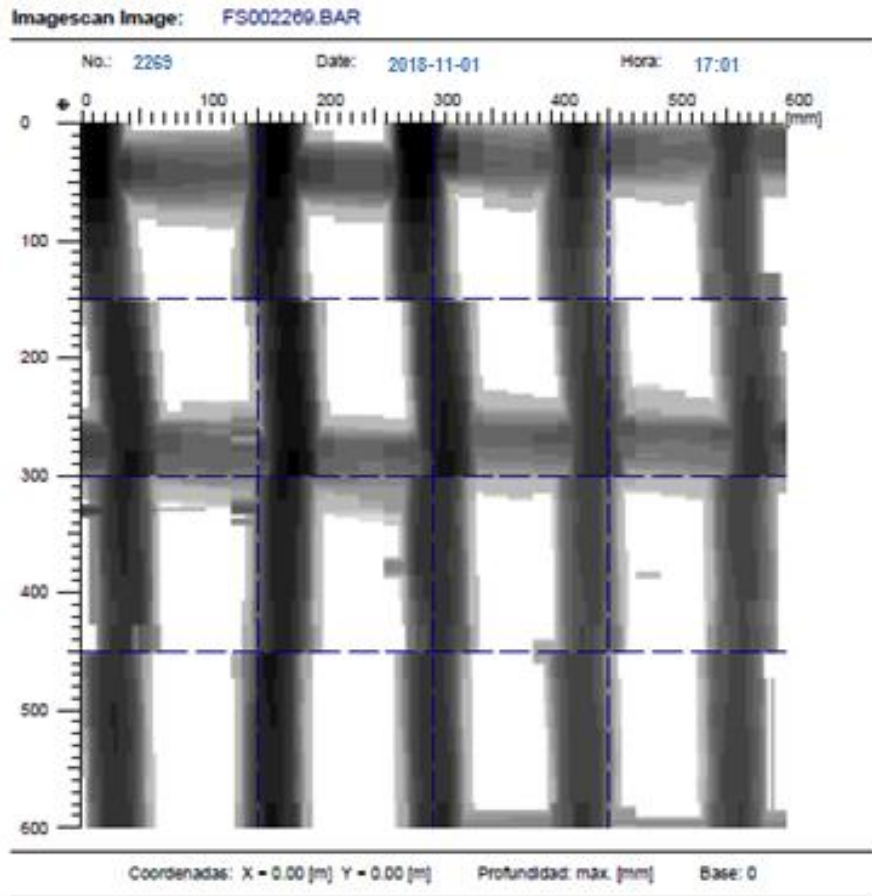
Lecturas con Ferroskan



Location: PTE. CAÑO MENEGUA - META Operator: CARLOS A. MORA S.

Comentario:

Elemento: Losa entre vigas 2 y 3 de luz 1. Toma Inferior
Ref. Verticales, 5/8" Profundidad: 58 mm. Espaciamientos: 200 mm.
Ref. Horizontales, 5/8" Profundidad: 47 mm. Espaciamientos: 120 mm.



Location: PTE. CAÑO MENEGUA - META Operator: CARLOS A. MORA S.

Comentario:

Elemento: Losa - Luz 7 Voladizo 1 - Toma Superior
Ref. Verticales, 5/8" Profundidad: 49 mm, Espaciamientos: 120 mm.
Ref. Horizontales, 5/8" Profundidad: 64 mm, Espaciamientos: 210 mm.

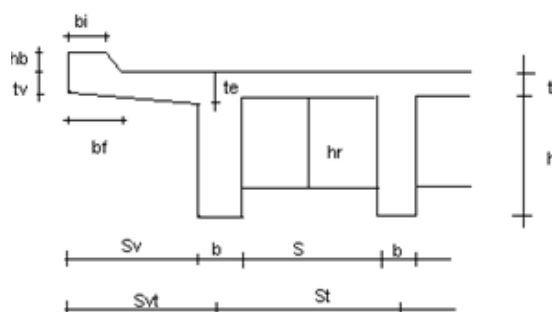
Anexo 3. Análisis estructural.

(Fuente: Propia)

GEOMETRÍA DEL TABLERO, LOSA Y VIGAS RECTANGULARES

Sección Transversal

sv(m)=	0.775
s(m)=	1.950
st(m)=	2.350
svt(m)=	0.975
No de Vigas=	4.000
Ancho de tablero(m)=	9.000

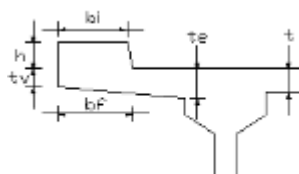


Diafragmas

br(m)=	0.250
hr(m)=	0.770

Losa

t(m)=	0.180
tv(m)=	0.180
te(m)=	0.180
e pavimento(m)	0.070



Bordillos

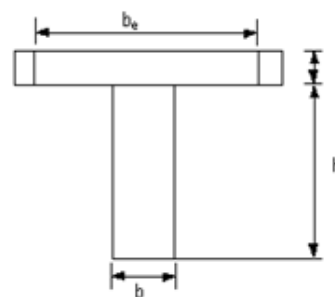
bi(mts)=	0.300
bf(mts)=	0.300
hb(mts)=	0.220

Sección viga rectangular

h (mts)	1
b (mts)	0.4
Hviga (m)=	1.180

Geometría longitudinal de las vigas

L Viga interior (m)=	15.600	Dist.centro apoyo a extremo viga(mts)	0.300
L Viga exterior (m)=	15.600	N° de diafragmas	1



Propiedades de la sección

Sección compuesta	Propiedades				Viga		Losa	
	Area (m ²)	Inercia (m ⁴)	Yb (m)	Sb (m ³)	Yt (m)	St (m ³)	Yt (m)	St (m ³)
Viga exterior : centro luz	0.7452	0.0988	0.7733	0.1277	0.2267	0.4357	0.4067	0.2429
Viga interior : centro luz	0.7773	0.1019	0.7864	0.1296	0.2136	0.4772	0.3936	0.259

Ancho efectivo viga exterior: 1.92m

Ancho efectivo viga interior: 2.10m

EVALUACIÓN DEL FACTOR DE CLASIFICACIÓN DE LA LOSA

Evaluación de carga muerta

	Peso (ton/m)	Brazo (m)	Momento (ton-m/m)	Luz interior
				Peso (ton/m ²)
Pavimento	0.0798	0.2375	0.0190	0.1680
Peso propio	0.3348	0.3875	0.1297	0.4320
Barandas	0.6000	0.6250	0.3750	
Bordillos	0.1584	0.6250	0.0990	
Total	1.1730		0.6227	0.6000

Cálculo de los momentos máximos por carga viva

Voladizo

$$ML = \frac{PX}{E};$$

X: Distancia desde la rueda hasta el punto de soporte

E: Ancho de repartición para la carga en el voladizo

P: carga puntual de la llanta

X (m)	E (m)	P (ton)
0.175	1.24	7.5

Predomina hipótesis de carga a 0.30m del bordillo

$$ML \text{ (Ton-m/m)} = 1.06$$

Luces interiores

$$ML = \frac{P(S+0.6)}{9S};$$

P: Carga de rueda

S: Distancia libre entre vigas

$$ML \text{ (Ton-m/m)} = 1.56$$

Cálculo de los momentos máximos por carga muerta

Voladizo

$$MD \text{ (Ton-m/m)} = 0.62$$

Luces interiores

$$MD = \frac{wS^2}{10}$$

$$MD \text{ (Ton-m/m)} = 0.23$$

Cuadro resumen de momentos

	M_D (Ton-m/m)	M_L (Ton-m/m)
Voladizo	0.62	1.06
Luz interior	0.23	1.56

Cálculo de los momentos resistentes

Zona	d (m)	A_s (cm ² /m)	a (1) (cm)	ϕMn (2) (Ton-m)	ρ (2)
Voladizo	0.130	16.50	5.554	6.376	0.0127
Luz interior	0.130	16.50	5.55	6.38	0.0127

(1)

$$a = \frac{A_s \phi}{0.85 f'_c b}$$

a : Profundidad bloque de compresion

 A_s : Area de acero f_y : Resistencia del acero f'_c : Resistencia del concreto

b : ancho

(2)

$$\phi Mn = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

 ϕMn : Momento ultimo resistente

d : Profundidad del refuerzo

 ϕ : factor de resistencia

Cálculo de las cuantías balanceada y máxima

$$\rho_{\text{balanceada}} = 0.015$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.011$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b$$

 ρ_b : Cuantia balanceada β_1 : 0.85 ρ_{max} : Cuantia maxima

Revisión No cumple

Revisión refuerzo de repartición

$A_{S_{repartición}}(\text{cm}^2/\text{m})$ 9.90

$$\%A_s = \frac{121}{\sqrt{S}} \leq 67\%$$

$\%A_s$ 67.00

S : Separación libre entre vigas

$A_{S_{requerido}}(\text{cm}^2/\text{m})$ 11.06

Revisión No cumple

Cálculo del factor de clasificación por flexión

$\gamma_D =$ 1.30

$\gamma_L =$ 2.17

$I =$ 0.30

F.C. = 1.38

$$FC = \frac{(\phi M_n - \gamma_D M_D)}{\gamma_L (1 + I) M_L}$$

FC Factor de clasificación

γ_D : Factor de carga muerta

γ_L : Factor de carga viva

I : Impacto

Zona	M_n (ton-m)	M_D (ton-m)	M_L (ton-m)	F.C
Voladizos	6.38	0.62	1.06	1.86
Luces interiores	6.38	0.23	1.56	1.38

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LAS VIGAS

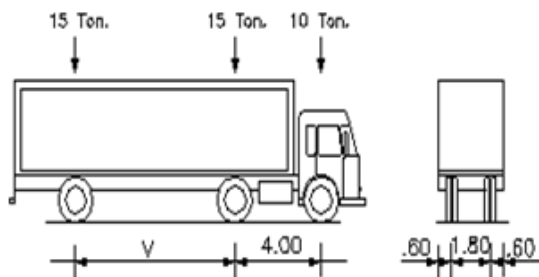
Evaluación de carga muerta

Elemento	V. Exterior (Ton/m)	V. Interior (Ton/m)
Propio	0.960	0.960
Losa	0.929	1.015
Carpeta asfáltica	0.353	0.353
Barandas	0.300	0.300
Bordillos	0.079	0.079
Otras cargas	0.000	0.000
Sub-total	2.621	2.707
Diafragmas (Ton)	0.450	0.901

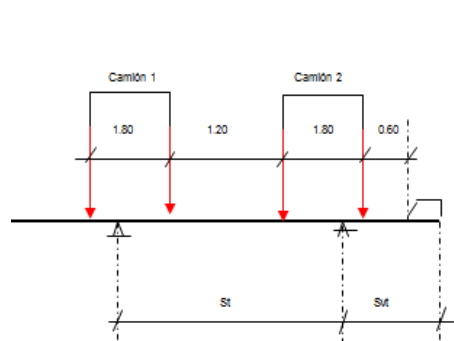
Momento máximo	(Ton-m)
Viga Exterior	75.40
Viga Interior	79.52
Cortante máximo	(Ton)
Viga Exterior	19.9
Viga Interior	20.8

Evaluación de carga viva

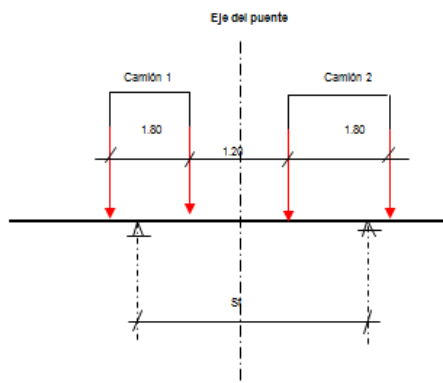
El camión de diseño usado es el C40-95, con el fin de determinar la capacidad de carga.



no aplica línea de carga



Hipótesis 1 : Dos camiones excentricos



Hipótesis 2: Dos camiones centrados

Factores de rueda

Viga interior

$$fr = S_t / 1.7$$

1.12

Viga exterior

$$fr = (a+b+c) / S_t$$

1.31

Acciones por carga muerta y viva a lo largo de la viga

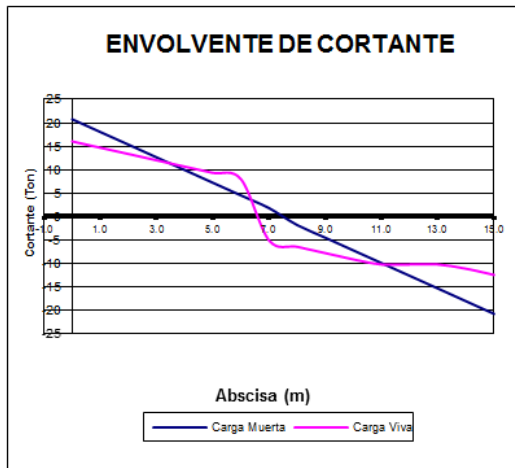
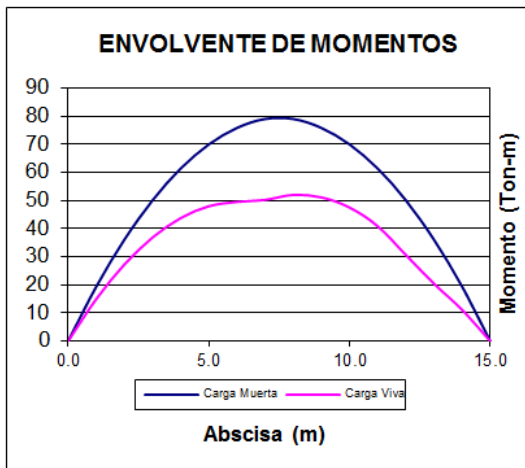
ABSCISA	Viga Interior				ABSCISA	Viga Exterior			
	Carga Muerta		Carga Viva			Carga Muerta		Carga Viva	
	Cortante	Momento	Cortante	Momento		Cortante	Momento	Cortante	Momento
	(Ton)	(Ton-m)	(Ton)	(Ton-m)		(Ton)	(Ton-m)	(Ton)	(Ton-m)
0.00	20.8	0.0	16.0	0.0	0.00	19.9	0.0	18.8	0.0
1.00	18.0	19.4	14.7	15.0	1.00	17.3	18.6	17.2	17.5
2.00	15.3	36.1	13.4	27.2	2.00	14.6	34.5	15.6	31.9
3.00	12.6	50.1	12.0	36.8	3.00	12.0	47.9	14.0	43.1
4.00	9.9	61.4	10.7	43.7	4.00	9.4	58.6	12.5	51.1
5.00	7.2	69.9	9.3	47.9	5.00	6.8	66.6	10.9	56.1
6.00	4.5	75.8	8.0	49.5	6.00	4.2	72.1	9.3	57.8
7.00	1.8	79.0	-5.1	50.2	7.00	1.5	75.0	-6.0	58.7
8.00	-1.8	79.0	-6.5	52.0	8.00	-1.1	75.0	-7.5	60.8
9.00	-4.5	75.8	-7.8	51.1	9.00	-3.7	72.1	-9.1	59.7
10.00	-7.2	69.9	-9.1	47.5	10.00	-6.3	66.6	-10.7	55.5
11.00	-9.9	61.4	-10.2	40.9	11.00	-8.9	58.6	-11.9	47.8
12.00	-12.6	50.1	-10.2	30.6	12.00	-11.6	47.9	-11.9	35.8
13.00	-15.3	36.1	-10.2	20.4	13.00	-14.2	34.5	-11.9	23.9
14.00	-18.0	19.4	-11.1	11.1	14.00	-16.8	18.6	-13.0	13.0
15.00	-20.8	0.0	-12.5	0.0	15.00	-19.4	0.0	-14.6	0.0

Máximas solicitaciones de carga viva

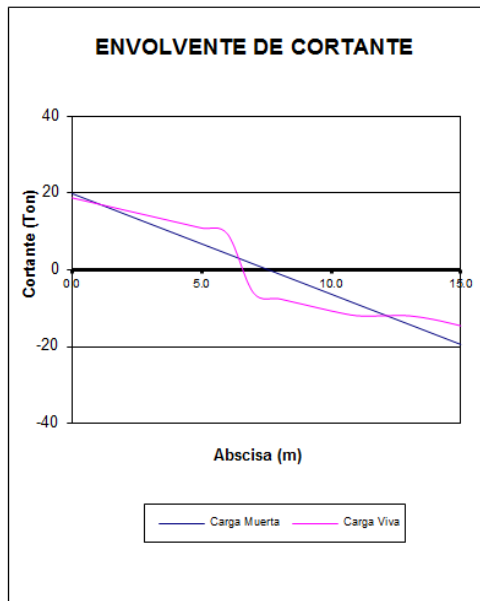
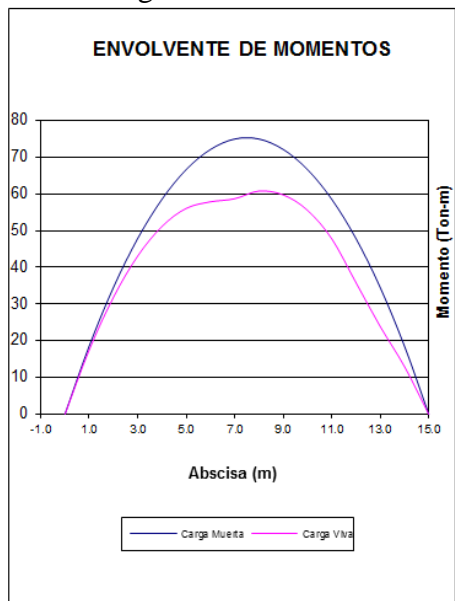
Momento máximo	(Ton-m)
Viga Exterior	60.8
Viga Interior	52.0
Cortante máximo	(Ton)
Viga Exterior	18.8
Viga Interior	#N/A

Gráficas de resumen

Viga interior



Viga exterior



Refuerzo vigas interior y exterior

CORTANTE				FLEXION					
Sección		Acero		Sección		Tensión		Compresión	
Xi (m)	Xf (m)	As1 (cm2/m)	As2 (cm2/m)	Xi (m)	Xf (m)	As (cm2)	d (m)	As (cm2)	d (m)
0.0	1.6	16.93	0.0	0.0	7.5	55.66	0.91	0.0	0.0
1.6	2.8	12.70	0.0						
2.8	3.7	12.70	0.0						
3.7	4.9	12.70	0.0						
4.9	7.5	8.46	0.0						

Xi : Coordenada inicial.

Xf : Coordenada final.

As1 : Area vertical de acero a cortante por metro.

As : Area de acero a flexión.

d : Distancia del extremo al cg del refuerzo

Cálculo del factor de impacto

$$I = (16)/(L+40) \leq 30\% \quad 29\%$$

Cálculo de la resistencia última (centro de la luz)

Viga	d (m)	As (cm ² /m)	a (cm)	fMn (Ton-m)	r	r max	1.2Mcr (Ton-m)	Trabaja como:	Tipo de sección
Interior	0.910	55.660	7.111	184.0	0.0029	0.0141	41.836	S.rectangular	Subreforzada
Exterior	0.910	55.660	7.773	183.3	0.0032	0.0141	41.219	S.rectangular	Subreforzada

Cálculo del factor de clasificación por flexión

$$\gamma_D = 1.30 \quad FC = \frac{(\phi M_n - \gamma_D M_D)}{\gamma_L (1 + I) M_L}$$

$\gamma_L = 2.17$ FC Factor de clasificación

γ_D : Factor de carga muerta

γ_L : Factor de carga viva

F.C = 0.50 I : Impacto

Viga	ϕM_n (ton-m)	M_D (ton-m)	M_L (ton-m)	F.C
Viga interior	183.98	79.52	51.97	0.55
Viga exterior	183.28	75.40	60.78	0.50

Cálculo del factor de clasificación por cortante

Sección de estudio a una distancia de: 0.0 (m) $b(m) = 0.400$
 $d(m) = 0.910$

Viga	V_c (ton)	$V_s(1)$ (ton)	$V_s(2)$ (ton)	ϕV_n (ton)	V_d (ton)	$V_{L+I} (2)$ (ton)	FC
Exterior	26.20	64.71	0.00	77.27	19.88	24.22	0.98
Interior	26.20	64.71	0.00	77.27	20.75	20.70	1.12

- V_c Resistencia aportada por el concreto ($V_c = 0.53 \sqrt{F_c} (b_w)(d)$)
- $V_s^{(1)}$: Resistencia al cortante de los estribos verticales $V_s = A_v F_y d / s$ **F.C minimo** 0.98
- $V_s^{(2)}$: Resistencia al cortante de las barras inclinadas $V_s = A_v F_y d * (\text{sen } \theta + \text{cos } \theta) / s$
- ϕV_n Resistencia a cortante
- V_d Cortante por carga muerta no mayorado
- $V_{L+I} (2)$ Cortante por carga viva no mayorado mas impacto

Verificación del estado de servicio

Control del agrietamiento para el refuerzo de flexión

$$F_s := \frac{Z}{\sqrt[3]{d_c \cdot A}} \leq 0.6 \cdot F_y$$

Donde :

- $z(\text{kg/cm}) = 3050.00$ Parametro que limita la distribucion del refuerzo
- $b(\text{cm}) = 40.00$
- No. Barras = 9.00 Número de varillas en el centro de la luz
- $A(\text{cm}^2) = 240.00$ Area efectiva por barra del concreto a tension
- $d_c(\text{cm}) = 5.00$ Espesor del recubrimiento

Seccion de estudio en el centro de la luz

Viga	$M_D(1)$ (ton-m)	$M_{L+i}(2)$ (ton-m)	$M_T(3)$ (ton-m)	$I_{cr}(4)$ (cm ⁴)	$X_{cr}(5)$ (cm)	$F_{sa}(6)$ (kg/cm ²)	$F_s(7)$ (kg/cm ²)
Exterior	75.40	78.47	153.87	3857235	22.21	3292.96	287.02
Interior	79.52	67.09	146.60	3918010	21.28	3130.37	287.02

3292.96 > 287.02 **No cumple control de fisuración**

- $M_D(1)$** Momento por carga muerta en el centro de la luz
 $M_{L+i}(2)$ Momento máximo por carga viva más impacto
 $M_T(3)$ Momento total en el centro de la luz
 $I_{cr}(4)$ Inercia agrietada de la viga
 $X_{cr}(5)$ Profundidad del eje neutro
 $F_{sa}(6)=$ Esfuerzo actuante de trabajo en la seccion
 $F_s(7)$ Esfuerzo admisible del concreto a tension

Fatiga

Sección de estudio en el centro de la luz

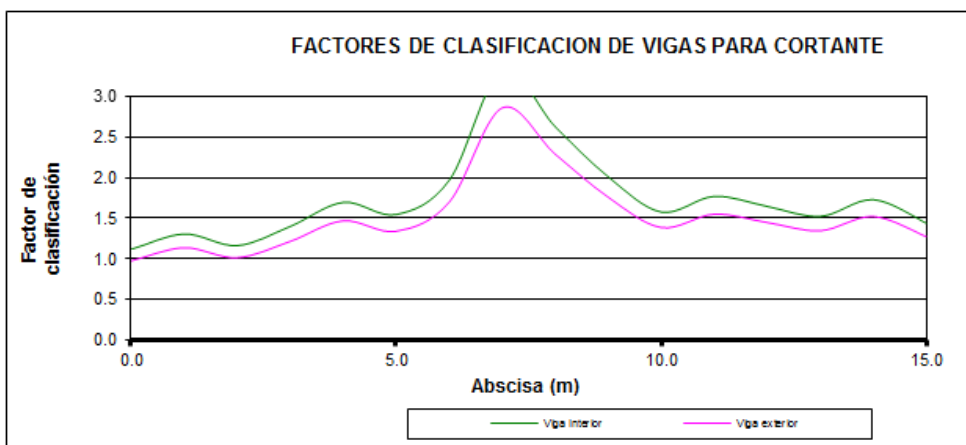
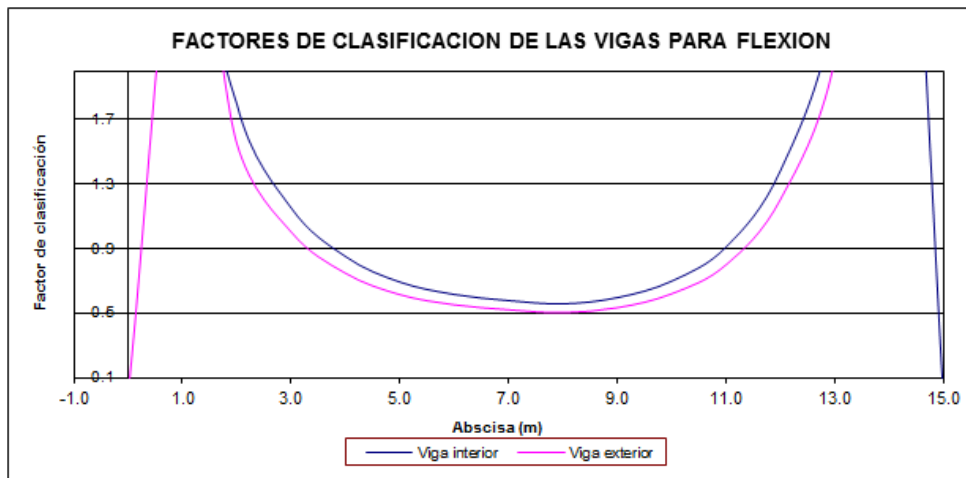
Viga	$M_L(1)$ (ton-m)	$M_{L+i}(2)$ (ton-m)	$F_{sa}(3)$ (kg/cm ²)	$F_r(4)$ (kg/cm ²)
Interior	51.97	67.09	1432.45	1637
Exterior	60.78	78.47	1679.31	1637

1679 > 1637 **No cumple con fatiga**

$$F_f = 1470 - 0.33x_{fmin} + 558x(r/h)$$

- $M_L(1)$** Momento por carga viva en el centro de la luz
 $M_{L+i}(2)$ Momento maximo por carga viva + impacto
 $F_{sa}(3)$ Esfuerzo actuante en la seccion por carga viva mas impacto
 $F_r(4)=$ 1637 Rango de esfuerzos permisibles
 $f_{min}(kg/cm^2)=$ 0.00 Nivel de esfuerzo minimo
 r/h 0.30 Relacion entre el radio basico y la altura de los resaltes de la seccion

Gráficos resumen de los factores de clasificación



Evaluación de elementos transversales

Flexión

d (m)	As (cm ² /m)	a (cm)	ϕM_n (Ton-m)	ρ	M _D (ton-m)	M _L (ton-m)	F.C
0.680	5.680	6.085	13.947	0.003	0.31	6.37	0.76

Cortante

V _c (ton)	As (cm ² /m)	V _s (ton)	ϕV_n (ton)	V _d (ton)	V _L (ton)	FC
12.238	2.820	8.054	17.248	1.340	4.791	1.492

Factores de clasificación

FLEXION DE LA LOSA	1.38	Factor de clasificación	
FLEXION DE LAS VIGAS	0.50	Flexión	Cortante
CORTANTE DE LAS VIGAS	0.98	Losa	1.38
FLEXION DE RIOSTRAS	0.76	V.interior	0.56
CORTANTE DE RIOSTRAS	1.49	V.exterior	0.50
		Losa vano	1.38

Los resultados de factores de clasificación obtenidos indican que las vigas, tanto a flexión como a cortante, requieren ser reforzadas dado que los índices obtenidos son menores a 1.0. En el caso de la losa entre vanos y en el voladizo cumple y no requiere ser reforzada para mejorar su capacidad.

De acuerdo con lo anterior, la losa cumple el realizar la revisión con el camión de diseño del CCP-95, sin embargo se procede a revisar con la normativa actual CCP-14, con la cual se encuentra que también cumple.

Propiedades de los Materiales

Concreto

$$f'_{c_{viga}} = 18.1 \text{ MPa}$$

$$E_{c_{viga}} = 16592.197 \text{ MPa}$$

$$f'_{c_{losa}} = 14.4 \text{ MPa}$$

$$E_{c_{losa}} = 14799.459 \text{ MPa}$$

Acero

$$f_y = 420 \text{ MPa} \quad E_s = 200 \text{ GPa}$$

Peso específico concreto

$$\rho_c := 2440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \gamma_c := \rho_c \cdot g = 23.928 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Peso específico acero

$$\rho_s := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \gamma_s := \rho_s \cdot g = 76.982 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Geometría del tablero

Separación entre vigas:	2.35 m
Longitud del voladizo:	0.975 m
Número de vigas:	4
Ancho de la barrera t_b:	0.30m
Espesor de losa en centro del vano t_losa:	0.18m
Espesor de losa en inicio del voladizo t_a:	0.18m
Espesor de losa al final del voladizo t_v:	0.18m
Espesor de la carpeta de rodadura t_p:	0.05m
Ancho de las vigas b.v:	0.40m

Avalúo de cargas muertas

Carga muerta permanente

$$D_{c_losa_int} = 4.307 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$D_{c_losa_vol} = 4.307 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga muerta superpuesta

$$D_{w_pav} = 1.103 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$D_{w_Barreras} = 5.264 \cdot \text{kN}$$

Avalúo de cargas vivas

Ancho de franja

Para hormigón colado in situ con refuerzo paralelo o perpendicular al tráfico (LRFD 4.6.2.1.3-1)

$$\text{Para momento positivo} \quad s_{dis_Mpos} := 26\text{in} + 6.6 \cdot S_v \cdot \frac{\text{in}}{\text{ft}} = 1.953 \cdot \text{m}$$

$$\text{Para momento negativo} \quad s_{dis_Mneg} := 48\text{in} + 3 \cdot S_v \cdot \frac{\text{in}}{\text{ft}} = 1.807 \cdot \text{m}$$

Para simplificar los cálculos, en forma conservadora se asumirá un ancho de distribución para momento negativo y positivo igual al menor de los dos.

$$s_{dis} := \min(s_{dis_Mpos}, s_{dis_Mneg}) = 1806.7 \cdot \text{mm}$$

Número de carriles de diseño (LRFD 3.6.1.1.1)

A efectos de cálculo de los valores de las cargas vivas (modelo de carga vehicular) se adopta el criterio de la AASTHO LRFD (CCP14)

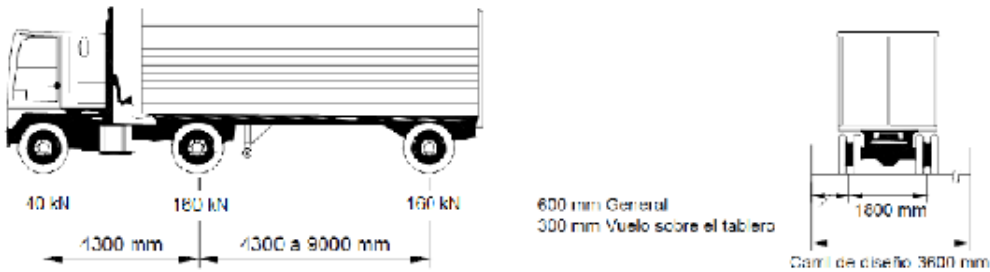
Ancho de la calzada entre bordillos Ancho_calzada := 8.40m

$$N^{\circ} \text{ calzadas} := \text{floor} \left(\frac{\text{Ancho_calzada}}{12\text{ft}} \right) = 2$$

Factor de presencia múltiple: $f_{pm}=1.0$

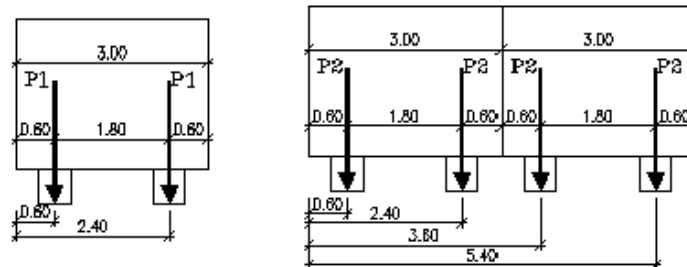
Incremento por carga dinámica: $IM=33\%$

Camión de diseño



Camión rueda eje más cargado: $E_c = 160\text{kN} / 2 = 80\text{ kN}$

Con el fin de establecer la mayor influencia tanto a momento positivo como a negativo en la losa, se evalúan los esfuerzos causados por las diferentes posiciones de camiones de diseño cuyo eje es más pesado, como se muestra a continuación.



N° Carriles cargados	$N^{\circ}C1 := 1$	$N^{\circ}C2 := 2$
Factor de presencia múltiple	$f_{pm1} := 1.2$	$f_{pm2} := 1$
Impacto	$IM = 33\%$	$IM = 33\%$

La carga por metro de losa para uno y dos carriles cargados esta dada por:

$$P1_{mp} := \frac{E_c \cdot f_{pm1} \cdot (1 + IM) \cdot 1m}{s_{dis_Mpos}} = 65.38 \text{ kN} \quad P2_{mp} := \frac{E_c \cdot f_{pm2} \cdot (1 + IM) \cdot 1m}{s_{dis_Mpos}} = 54.483 \text{ kN}$$

$$P1_{mn} := \frac{E_c \cdot f_{pm1} \cdot (1 + IM) \cdot 1m}{s_{dis_Mneg}} = 70.67 \text{ kN} \quad P2_{mn} := \frac{E_c \cdot f_{pm2} \cdot (1 + IM) \cdot 1m}{s_{dis_Mneg}} = 58.892 \text{ kN}$$

A partir del modelo realizado usando las cargas indicadas antes, se obtienen los siguientes momentos de diseño leído en la cara de la viga:

$\text{Mu}_{\text{pos}_{\text{ELR1}}} := 38\text{kN}\cdot\text{m}$	$\text{Ms}_{\text{pos}_{\text{ELS1}}} := 25\text{kN}\cdot\text{m}$	Max. momento positivo
$\text{Mu}_{\text{neg}_{\text{ELR1}}} := 38\text{kN}\cdot\text{m}$	$\text{Ms}_{\text{neg}_{\text{ELS1}}} := 28.56\text{kN}\cdot\text{m}$	Momento negativo al borde de la viga

Usando el acero de refuerzo de la losa, indicado en planos se verifica si con ese armado sigue cumpliendo el diseño de la losa.

Flexión momento negativo:	#5 a 13 cm
Flexión momento positivo:	#5 a 13 cm
Flexión voladizo:	#5 a 13 cm
Temperatura:	#4 a 30 cm
Distribución:	#5 a 19 cm

Recubrimiento superior mínimo indicado en planos: 4.0cm

Recubrimiento inferior mínimo indicado en planos: 2.5cm

Chequeo acero a flexión Momento negativo

Verificación_As_mn = "OK"	$\text{As}_{\text{req_mn}} = 9.524\text{-cm}^2$	$\text{As}_{\text{sum_mn}} = 15.308\text{-cm}^2$	$\text{sep}_{\text{req_mn}} = 20.894\text{-cm}$
Verificación_Momento_mn = "OK"	$M_{\text{dis_mn}} = 38\text{-kN}\cdot\text{m}$	$\phi M_{\text{n_mn}} = 55.838\text{-kN}\cdot\text{m}$	$\frac{\text{As}_{\text{sum_mn}}}{\text{As}_{\text{req_mn}}} = 1.607$
Por flexión para momento negativo o usar:	$\phi b_{\text{mn}} = 5$	a	$s_{\text{asig_mn}} = 13\text{-cm}$

Chequeo acero a flexión Momento positivo

Verificación_As_mp = "OK"	$\text{As}_{\text{req_mp}} = 8.297\text{-cm}^2$	$\text{As}_{\text{sum_mp}} = 15.308\text{-cm}^2$	$\text{sep}_{\text{req_mp}} = 23.983\text{-cm}$
Verificación_Momento_mp = "OK"	$M_{\text{dis_mp}} = 38\text{-kN}\cdot\text{m}$	$\phi M_{\text{n_mp}} = 63.756\text{-kN}\cdot\text{m}$	$\frac{\text{As}_{\text{sum_mp}}}{\text{As}_{\text{req_mp}}} = 1.845$
Por flexión para momento negativo o usar:	$\phi b_{\text{mn}} = 5$	a	$s_{\text{asig_mn}} = 13\text{-cm}$

Chequeo acero de distribución

Verificación_As_d = "OK"	$\text{As}_{\text{req_d}} = 10.256\text{-cm}^2$	$\text{As}_{\text{sum_d}} = 10.474\text{-cm}^2$	$\text{sep}_{\text{req_d}} = 19.403\text{-cm}$
Para refuerzo de distribución usar:	$\phi b_{\text{d}} = 5$	a	$s_{\text{asig_d}} = 19\text{-cm}$
			$\frac{\text{As}_{\text{sum_d}}}{\text{As}_{\text{req_d}}} = 1.021$

Chequeo acero por temperatura

$$s_{req_t_{min}} = 45.72 \cdot \text{cm}$$

Verificación_As_temp = "OK"

$$\frac{As_sum_t}{As_req_t} = 1.847$$

Por temperatura usar: $\phi b_t = 4$ a $s_{asig_t} = 30 \cdot \text{cm}$

Chequeo flexión del voladizo

Verificación_As_vol = "OK"	$As_{req_vol} = 14.948 \cdot \text{cm}^2$	$As_{sum_vol} = 30.615 \cdot \text{cm}^2$	$sep_{req_vol} = 26.626 \cdot \text{cm}$
Verificación_Momento_vol = "OK"	$M_{dis_vol} = 54.844 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$	$\phi M_n_{vol} = 83.951 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$	$\frac{As_{sum_vol}}{As_{req_vol}} = 2.048$
Chequeo_Mu = "OK"	$M_{u_mod} = 81.633 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$		

Chequeo de la pila eje 5

Se realiza un chequeo del índice obtenido entre la fuerza sísmica con el CCDSP-95 y el CCP-14. Como no se encontró el estudio de suelos del puente, para fines académicos supongo un perfil de suelo tipo C de acuerdo con el CCP-14 y se toma un perfil de suelo tipo S2 de acuerdo con el CCDSP-95. A continuación se presentan los parámetros tomados para cada normativa y los espectros obtenidos.

CCDSP-95

Región 4 $A=0.15$

Perfil de suelo tipo S2 entonces $S=1.20$

CCP-14

Región 4 $PGA = 0.20$

Región 5 $S_s = 0.5$

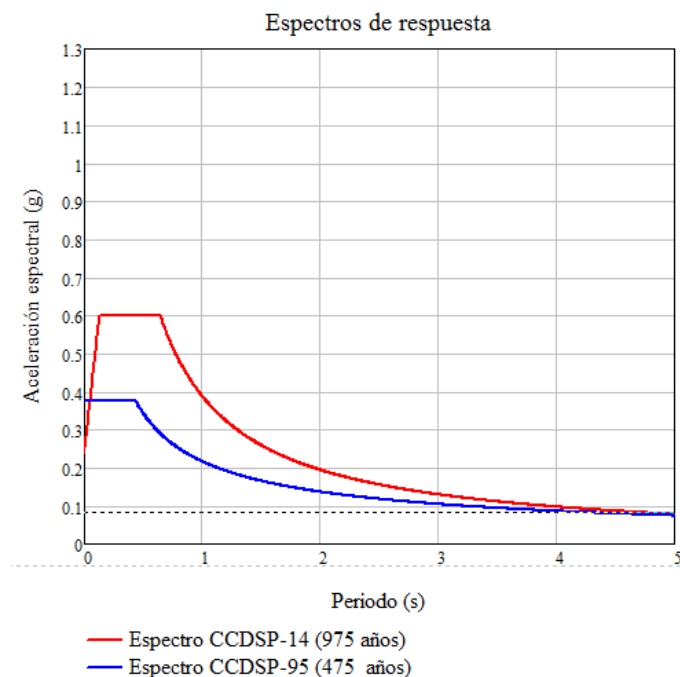
Región 5 $S_1 = 0.25$

Perfil de suelo tipo C

$F_{pga} = 1.20$

$F_v = 1.55$

$F_a = 1.20$



A continuación se presentan los cálculos para determinar el valor de las fuerzas sísmicas en sentido longitudinal y transversal de la estructura, tomando los parámetros del CCP-14.

DATOS DE ENTRADA

Area de la sección transversal de la pila

$$A_g := 0.225 \text{ m}^2$$

Inercia Longitudinal de la pila

$$I_{xx} := 3.8 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

Inercia Transversal de la pila

$$I_{yy} := 4.69 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

Resistencia a compresión del hormigón

$$f_c := 21 \text{ MPa}$$

Densidad del Hormigón

$$\rho_{\text{concreto}} := 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Peso específico

$$\gamma_c := \rho_{\text{concreto}} \cdot g = 23.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Coefficiente η

$$\eta := 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1$$

Módulo de elasticidad del hormigón

$$E_c := 3900 \cdot \sqrt{f_c - 1 \text{ MPa}} = 17872.05 \text{ MPa}$$

Relación de Poisson	$\nu := 0.20$
Módulo de cortante	$G_c := \frac{E_c}{2 \cdot (1 + \nu)} = 7446.69 \cdot \text{MPa}$
Altura efectiva de la pila	$H_e := 8.20 \text{m}$
Cantidad pilas	$n := 7$
Total peso propio	$R_{PP} := A_g \cdot H_e \cdot \gamma_c \cdot n + P_{vigcab} = 452.24 \cdot \text{kN}$
Total por carga muerta de la superestructura	$R_{DC} := 1328 \text{kN}$
Total por peso del pavimento y new jersey	$R_{DW} := 215.46 \text{kN} + 153.22 \text{kN} = 368.68 \text{kN}$
Carga axial del sistema resistente	$P_{max} := (1.25 \cdot R_{PP} + 1.25 R_{DC} + 1.5 R_{DW}) \cdot \eta = 2778.32 \text{kN}$
Carga axial por pila maxima	$P_{pila} := \frac{P_{max}}{n} = 396.9 \text{kN}$
Carga axial por pila minima	$P_{min} := \frac{(0.90 \cdot R_{PP} + 0.90 R_{DC} + 0.90 R_{DW})}{n} = 276.29 \text{kN}$
	$\frac{P_{pila}}{f_c \cdot A_g} = 0.08$
Coeficiente de reducción para la inercia de la sección bruta	$\phi := 1.0$ (Sugerencia Prisley)

ESTIMACIÓN DEL PERIODO LONGITUDINAL

Inercia longitudinal efectiva del sistema (voladizo)	$I_{ex} := \phi \cdot I_{xx} = 3.8 \times 10^{-3} \text{m}^4$
Area de cortante	$A_{ve} := \phi \cdot A_g = 0.23 \text{m}^2$
Rigidez por cortante	$K_v := \frac{G_c \cdot A_{ve}}{H_e} = 215689.97 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Rigidez longitudinal del sistema

$$K_{bl} := \frac{3 \cdot E_c \cdot I_{ex}}{H_e^3} = 390.06 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$K_{long} := \frac{1}{\left(\frac{1}{K_{bl}} + \frac{1}{K_v}\right)} = 389.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Masa del sistema

$$m_{long} := \frac{R_{pp} + R_{DC} + R_{DW}}{g} = 219129.21 \text{ kg}$$

Periodo longitudinal

$$T_{long} := 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{long}}{K_{long}}} = 4.71 \text{ s}$$

Extraído del espectro sísmico de diseño para el periodo longitudinal encontrado

$$S_{a_{long}} := 0.082359$$

Fuerza Sísmica Longitudinal del sistema

$$F_{long} := \eta \cdot S_{a_{long}} \cdot \left(\frac{R_{pp}}{1} + R_{DC} + R_{DW}\right) = 176.98 \text{ kN}$$

Momento flector longitudinal

$$M_{long} := F_{long} \cdot (H_e + 1.0\text{m}) = 1628.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

ESTIMACIÓN DEL PERIODO TRANSVERSAL

Inercia transversal efectiva del pórtico

$$I_{ey} := \phi \cdot I_{yy} = 4.69 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

Rigidez por flexión

$$K_{bt} := \frac{3 \cdot E_c \cdot I_{ey}}{H_e^3} = 481.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Rigidez transversal

$$K_{trans} := \frac{1}{\left(\frac{1}{K_{bt}} + \frac{1}{K_v}\right)} = 480.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Masa del sistema resistente

$$m_{trans} := \frac{R_{pp} + R_{DC} + R_{DW}}{g} = 219129.21 \text{ kg}$$

Periodo transversal

$$T_{trans} := 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{trans}}{K_{trans}}} = 4.24 \text{ s}$$

Extraído del espectro sísmico de diseño para el periodo transversal encontrado

$$S_{a_{trans}} := 0.09622$$

Fuerza Sísmica Transversal del sistema

$$F_{trans} := \eta \cdot S_{a_{trans}} \cdot (R_{pp} + R_{DC} + R_{DW}) = 206.77 \text{ kN}$$

$$M_{trans} := F_{trans} \cdot (H_e + 1.0\text{m}) = 1902.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

ESTIMACIÓN DEL PERIODO TRANSVERSAL

Inercia transversal efectiva del pórtico

$$I_{ey} := \phi \cdot I_{yy} = 4.69 \times 10^{-3} \cdot m^4$$

Rigidez por flexión

$$K_{bt} := \frac{3 \cdot E_c \cdot I_{ey}}{H_e^3} = 456.07 \cdot \frac{kN}{m}$$

Rigidez transversal

$$K_{trans} := \frac{1}{\left(\frac{1}{K_{bt}} + \frac{1}{K_v}\right)} = 455.05 \cdot \frac{kN}{m}$$

Masa del sistema resistente

$$m_{trans} := \frac{R_{PP} + R_{DC} + R_{DW}}{g} = 219129.21 \cdot kg$$

Periodo transversal

$$T_{trans} := 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{trans}}{K_{trans}}} = 4.36 \text{ s}$$

Extraído del espectro sísmico de diseño para el periodo transversal encontrado

$$S_{a_{trans}} := 0.088876$$

Fuerza Sísmica Transversal del sistema

$$F_{trans} := \eta \cdot S_{a_{trans}} \cdot (R_{PP} + R_{DC} + R_{DW}) = 190.99 \cdot kN$$

$$M_{trans} := F_{trans} \cdot (H_e + 1.00m) = 1757.09 \cdot kN \cdot m$$

Se sigue el mismo procedimiento para calcular las fuerzas sísmicas en sentido longitudinal y transversal de la estructura, tomando los parámetros del CCDSP-95, y contemplando la resistencia del concreto obtenida en los ensayos, y se obtiene:

Extraído del espectro sísmico de diseño para el periodo longitudinal encontrado

$$S_{a_{long}} := 0.073842$$

Fuerza Sísmica Longitudinal del sistema

$$F_{long} := \eta \cdot S_{a_{long}} \cdot \left(\frac{R_{PP}}{1} + R_{DC} + R_{DW}\right) = 158.68 \cdot kN$$

Momento flector longitudinal

$$M_{long} := F_{long} \cdot (H_e + 1.00m) = 1459.86 \cdot kN \cdot m$$

Extraído del espectro sísmico de diseño para el periodo transversal encontrado

$$S_{a_{trans}} := 0.080934$$

Fuerza Sísmica Transversal del sistema

$$F_{trans} := \eta \cdot S_{a_{trans}} \cdot (R_{PP} + R_{DC} + R_{DW}) = 173.92 \cdot \text{kN}$$

$$M_{trans} := F_{trans} \cdot (H_e + 1.00\text{m}) = 1600.07 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Al sacar el índice entre las fuerzas sísmicas obtenidas entre el CCDSP-95 y el CCP-14 se obtienen valores de 0.90 en sentido longitudinal y 0.84 en sentido transversal.

Esto indica que la cuantía de refuerzo de las pilas se encuentra del orden de un 10% a un 16% por debajo de la cuantía de diseño que debería tener usando la normativa actual vigente.

ÍNDICES DE DEFORMACIÓN DE LAS VIGAS

De acuerdo con los criterios para deflexión indicados en el CCP-14 (2.5.2.6.2), se calcula la máxima deflexión permitida por cargas vehiculares:

Puente para carga vehicular, general $\Delta_{PERM} := Luz/800 = 15.0 \text{ m} / 800 = 0.00187\text{m} = 1,875\text{cm}$

Se hace la evaluación de la deformación máxima por CV – Camión, que da: $\Delta_{min_cl} = -1.052\text{-cm}$

Se hace la evaluación de la deformación máxima por CV – Linea+25% Camión, que da:

$$\Delta_{min_lc_c} = -0.522\text{-cm}$$

Entonces:

Deformación mínima

$$\Delta_{cv} := -\min(\Delta_{min_cl}, \Delta_{min_lc_c}) = 1.052\text{-cm}$$

Revisión deflexión CV

$$\text{Revision_Deflexion_CV} = \text{"OK"}$$

$$\Delta_{cv} = 1.052\text{-cm} < \Delta_{PERM} = 1.875\text{-cm}$$

Este chequeo refleja que los índices de deformación de las vigas están dentro del rango permisible.


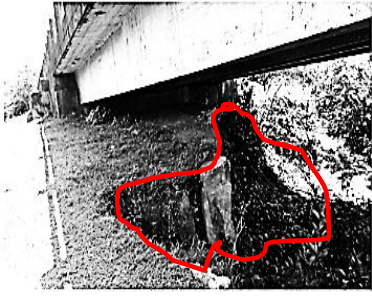
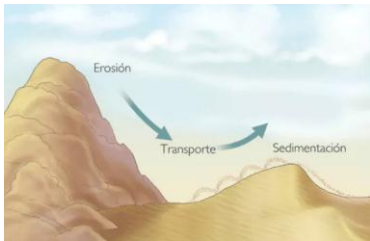

Anexo 4. Ficha de Historia Clínica.


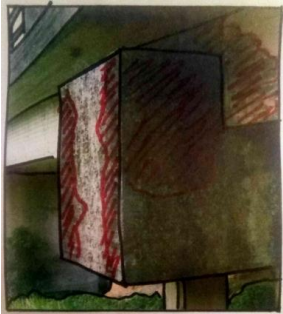
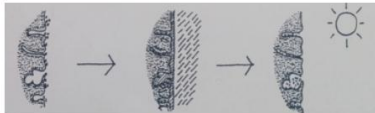
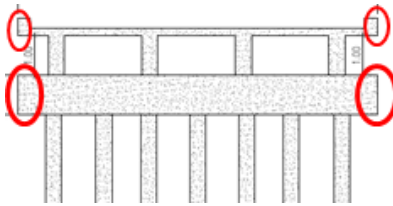
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN		FICHA DESCRIPTIVA	
ELABORADO POR:		SANDRA CECILIA CLAVIJO ORTIZ	
FECHA DE ELABORACIÓN:		06/10/2018	
NOMBRE DEL PACIENTE:		ESTUDIO DE PATOLOGÍA DEL PUENTE SOBRE EL CAÑO MENEGUA, DEPARTAMENTO DEL META	
TIPO DE ESTRUCTURA:		PUENTE VEHICULAR	
LOCALIZACIÓN:		TPOLOGÍA ESTRUCTURAL: VIGAS - LOSA DE CONCRETO REFORZADO	
Departamento:		Meta	Ciudad / Municipio: Entre Puerto Gaitán y Puerto López
USO:		Puente vehicular a nivel	Fecha construcción: 1991
		Tipo de cimentación: Pilotes de concreto reforzado fundidos in situ.	
		Temperatura: 29°C	
		TPO DE LESIONES DIRECTAS	
		TPO DE LESIONES INDIRECTAS	
		PLANTA GENERAL	
		Alzado eje P5	
		LOCALIZACIÓN GENERAL	
		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
		FOTO 1.	
		FOTO 2.	
		FOTO 3.	
		FOTO 4.	
		FOTO 5.	
		FOTO 6.	
		FOTO 7.	
		FOTO 8.	
Datos generales:		No. de vanos: 7	
		Longitud total: 155.0 m	
		Ancho total tablero: 9.0 m	
		Área: 1395 m ²	
		Gálibo: 7.3 m	
		Intervenciones: No	
Medio ambiente:		Clima: Cálido semihúmedo.	
		Temperatura: 26°C	
		Humedad (%): 76	
		Precipitación (mm/año): 4008	
		Escorrentia (mm/año): 2885	
Aplicación Patológica:		Preventiva X	
		Curativa X	
		Geriátrica X	
		Forense	
		Detalle en Estribo E1, costado Puerto López.	
		Detalle sobre eje P2, Costado sur.	
		Pila del Eje P4.	
		Columnas 1 y 2 del Eje P5.	
		Viga 1 entre ejes P1-P2, cara costado norte.	
		Estribo E2, del costado Puerto Gaitán.	
		Viga cabezal eje P2, costado aguas abajo.	
		Superficie de rodadura.	
		LESIONES OBSERVADAS / SINTOMATOLOGÍA	
		BIOLOGICA: Organismos animales. Nido de avispas.	
		BIOLOGICA: Organismos vegetales. En voladizos del tablero y vigas hay presencia de hongos de superficie, causando daños mecánicos y alteraciones químicas.	
		QUIMICA: Eflorescencias. Cristalización de sales solubles sobre la pila de la estructura, ocasionando manchas hacia la parte superior de la pila, color blanquecino y rosado.	
		MECANICA: Erosiones. Abrasión e impacto con desprendimiento del concreto hacia la parte baja de las columnas, en la cara que queda aguas arriba del cauce.	
		MECANICA: Grietas longitudinales sobre viga estructural	
		FISICA: Erosiones por acción atmosférica.	
		FISICA: Suciedad por depósito.	
		FISICA: Suciedad por depósito.	
		POSIBLES CAUSAS DE LAS LESIONES	
		ORGANISMOS ANIMALES: Falta de mantenimiento y limpieza. Se puede generar deterioro del concreto.	
		ORGANISMOS VEGETALES: Falta de mantenimiento y limpieza. Se genera deterioro del concreto. Debido a la concentración de humedad en la zona se generan de hongos.	
		EFLORESCENCIAS: Superficies con infiltraciones de agua o material poroso con alto contenido de sales solubles. Los daños en las juntas permiten las infiltraciones que afectan las pilas.	
		MECANICA: Las erosiones y desprendimiento del concreto son por el efecto splash sobre las columnas, que no tienen una protección que soporte la abrasión del concreto por el efecto dinámico del agua.	
		MECANICA: Las grietas son producidas por esfuerzos cortantes sobre el concreto, atribuidos al incremento del tráfico y las cargas de los vehículos.	
		EROSION: Por acción del viento y variación del nivel del cauce se ha producido pérdida del terreno hacia ese costado.	
		SUCIEDAD POR DEPÓSITO: Debido al depósito de partículas contaminantes sobre la superficie de los elementos, que se acumulan y afectan la estética y los materiales. Falta mantenimiento rutinario.	
		SUCIEDAD POR DEPÓSITO: Por el depósito de partículas contaminantes como tierra y polvo sobre la superficie de rodadura, que se acumulan y afectan los materiales. Falta de mantenimiento periódico.	
		PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	
		Retiro del nido de avispas.	
		Limpieza con chorro de agua. Aplicación de pintura de protección para durabilidad del concreto. Hacer mantenimiento rutinario para evitar su aparición.	
		Eliminar filtraciones de agua por juntas de dilatación, reemplazando por dispositivos de juntas que sean estancas. Limpieza con chorro de agua. Aplicación de pintura de protección para durabilidad del concreto.	
		Retirar concreto dañado. Limpiar superficie. Aplicar inhibidor de corrosión en el acero de refuerzo. Reparar el concreto dañado y aumentar la sección para proteger los elementos. Aplicar pintura de protección del concreto.	
		Realizar evaluación de cargas del elemento y planear reforzamiento del elemento. Inyectar las fisuras para sellarlas.	
		Realizar protección del talud con pedraplen y hacer seguimiento periódico.	
		Limpieza con chorro de agua. Aplicación de pintura de protección para durabilidad del concreto. Hacer mantenimiento rutinario para evitar su aparición.	
		Hacer revisión y mantenimiento rutinario para evitar su acumulación sobre la superficie.	


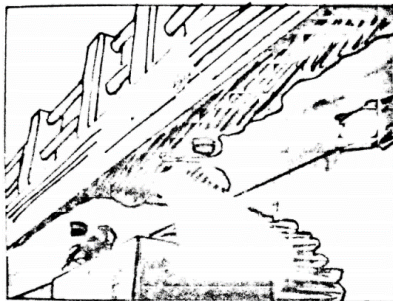

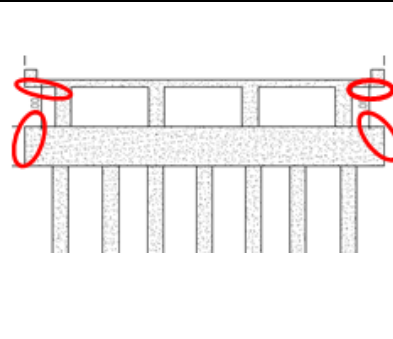
Anexo 5. Fichas de las lesiones.



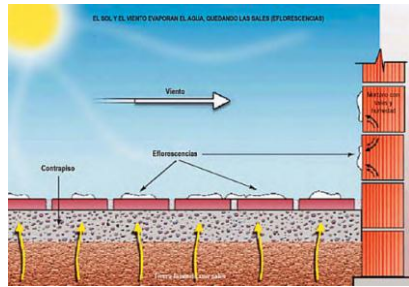
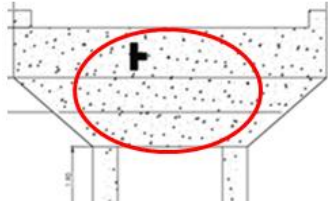
A continuación se presentan las Fichas de las lesiones más representativas.


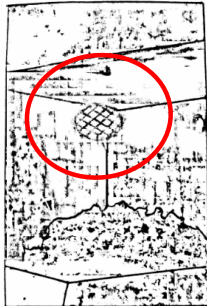
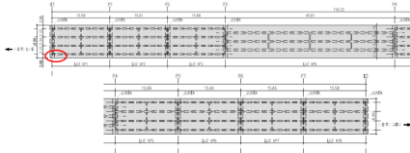
(Fuente: Propia)


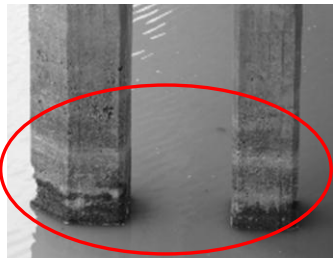
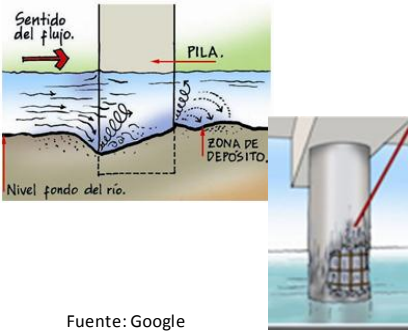
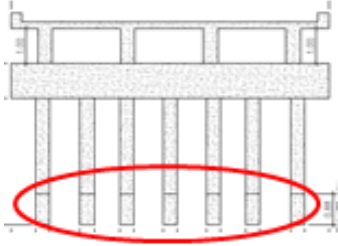
LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física	x	Fecha:
	Mecánica		
	Química		21/09/2018
	Biológica		
	Primaria	x	
	Secundaria		
Elemento afectado:	Zona cerca a estribo		
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Erosión atmosférica			
La erosión atmosférica se relaciona con la pérdida de material superficial, acabado exterior o elemento constructivo, resultado de la acción de agentes atmosféricos o de medio ambiente sobre una estructura.			
Localización			
Estribo E2, costado Puerto Gaitán, Puente sobre el río bajo Menegua, Meta			
			
Fotografía		Diagrama	
 <p>Fuente: Google</p>			
Esquema		Localización	
Descripción			
Erosión en suelo cercano al estribo E2, por acción del viento y variaciones del nivel del cauce.			
Seguimiento recomendado			
Seguimiento de los niveles de condiciones atmosféricas (velocidad de viento, niveles de cauce, nivel de precipitaciones). Seguimiento a frecuencia de fenómenos atmosféricos en la zona.			


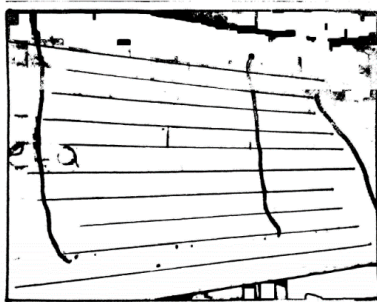
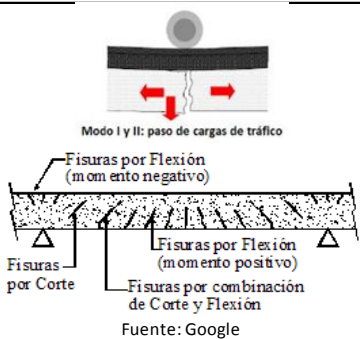

LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física	x	Fecha:
	Mecánica		
	Química		21/09/2018
	Biológica		
	Primaria	x	
	Secundaria		
Elemento afectado:	Vigas cabezal y borde lateral del tablero		
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Suciedad por deposito.			
Las suciedades por deposito consisten en la colocación de partículas contaminantes sobre la superficie de las estructuras que con el tiempo se van a acumulando llegando a afectar no solo la estética de la estructura sino también los materiales que la componen.			
Localización			
Viga cabezal eje P2, costado aguas abajo, Puente Bajo Menegua.			
			
Fotografía		Diagrama	
<p>FACHADA SECA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gravedad • Atracción electrostática • Atracción molecular  <p>Fuente: Google</p>			
Esquema		Localización	
Descripción			
Acumulación de suciedad sobre la superficie de concreto de la viga cabezal debido a partículas contaminantes del medio ambiente, como polvo y tierra.			
Seguimiento recomendado			
Revisión periódica de la acumulación de suciedad debido a partículas contaminantes. Clasificación de los tipos de material de deposito. Chequeo afectación física sobre la estructura por el deposito de material.			

LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física		Fecha:
	Mecánica		
	Química		21/09/2018
	Biológica	X	
	Primaria	X	
	Secundaria		
Elemento afectado:	Losas, vigas cabezal, cara lateral tablero		
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Organismos vegetales: Hongos, moho, musgo			
La vegetación situada sobre una estructura puede generar deterioro del concreto como consecuencia de la asimilación de compuestos del propio material o por la excreción de productos agresivos (metabolitos ácidos) que causan la disolución de la pasta de cemento.			
Localización			
Eje P2, costado sur, Puente Bajo Menegua.			
			
Fotografía		Diagrama	
			
Esquema		Localización	
Descripción			
Sobre los voladizos del tablero y en las vigas hay presencia de hongos de superficie, que pueden causar daños mecánicos por acción de las hifas que penetran la infraestructura del concreto, y alteraciones químicas debidas al desprendimiento de ácidos orgánicos e inorgánicos y otras sustancias químicas que producen.			
Seguimiento recomendado			
Limpieza y mantenimiento periódico del concreto para controlar la aparición y crecimiento de hongos y moho.			

LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física		Fecha:
	Mecánica		
	Química		21/09/2018
	Biológica	X	
	Primaria	X	
	Secundaria		
Elemento afectado:			
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Eflorescencias.			
La eflorescencia es la migración de una sal a la superficie de un material poroso, donde forma un recubrimiento. Ocurre cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar, hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí, éste depósito mineral.			
Localización			
Pila del eje P4. Puente Bajo Menegua.			
			
Fotografía		Diagrama	
			
Esquema		Localización	
Descripción			
Sales cristalizadas sobre pila con manchas por secciones a lo alto de la estructura. Color blanquecino y rosado.			
Seguimiento			
Inspección humedad sobre la pila, ya sea interna o externa. Chequeo compuestos de las eflorescencias, podrían contener oxido lo que nos indica que hay afectación del acero de refuerzo.			

LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física		Fecha:
	Mecánica		
	Química		21/09/2018
	Biológica	X	
	Primaria	X	
	Secundaria		
Elemento afectado:	Vigas, estribo		
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Organismos animales: Nido de avispas			
Se pueden encontrar nidos de avispas, abejas, aves. Estos pueden afectar la durabilidad del concreto, especialmente por las heces de las aves. También representan un riesgo para las personas que habitan o pasan cerca en el caso de las avispas o abejas.			
Localización			
Estribo E1, costado Puerto López del puente Bajo Menegua.			
			
Fotografía		Diagrama	
Esquema			
Localización		Localización	
Descripción			
Nido de avispas contra la estructura del estribo del puente. Sugiere un peligro para los transeúntes, además puede ocasionar deterioro del concreto.			
Seguimiento recomendado			
Revisión periódica de los elementos para identificar posibles nidos de avispas, abejas o similar y pedir a los bomberos que los retiren.			

LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física		Fecha:
	Mecánica	x	
	Química		21/09/2018
	Biológica		
	Primaria	x	
	Secundaria		
Elemento afectado:	Columnas		
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Erosión mecánica			
La erosión mecánica puede tener dos formas de actuar dependiendo de su intensidad y temporalidad: la abrasión (o proceso erosivo lento) y el impacto (o golpe de forma rápida); va sujeta a las condiciones del ambiente viento, humedad, temperatura.			
Localización			
Columnas 1 y 2 del Eje P5.			
			
Fotografía		Diagrama	
 <p>Fuente: Google</p>			
Esquema		Localización	
Descripción			
Erosión mecánica sobre columnas por diferentes factores mecánicos y ambientales sobre el elemento, como el cambio de nivel en el cauce del río y la humedad de la zona. También debido al arrastre de material que ocasiona abrasión e impactos.			
Seguimiento recomendado			
Seguimiento cauce del río con el fin de definir el nivel de abrasión de la estructura. Chequeo pérdida de sección de las columnas y verificación del recubrimiento del acero de refuerzo.			

LESIÓN DIRECTA			
Tipo de lesión	Física		Fecha:
	Mecánica	x	
	Química		21/09/2018
	Biológica		
	Primaria	x	
	Secundaria		
Elemento afectado:	Vigas		
Defecto y/o daño:	Contraído		
Causa: Grietas por carga			
Estas patologías se producen a partir de sobre esfuerzos en los elementos estructurales que las generan, ya sea transversal o longitudinalmente al elemento; las grietas por carga pueden aparecer por cargas axiales, verticales, cortantes o momentos en los nudos.			
Localización			
Viga 1 entre ejes P1-P2. Puente Bajo Menegua			
			
Fotografía		Diagrama	
 <p style="text-align: center;">Fuente: Google</p>			
Esquema		Localización	
Descripción			
Grietas por cortante, tienen inclinación diagonal sobre la cara de esta y están concentradas hacia los apoyos.			
Seguimiento recomendado			
Medidas continuas de grietas / fisuras con fisuometro. Determinación de deformación a partir de topografía (si las fisuras aparecen por flexión en las vigas).			

Anexo 6. Presupuesto de alternativas.

(Fuente: Propia)

Alternativa 1. Recalce de las vigas de concreto reforzado.

Alternativa 1. Recalce de 20 vigas de concreto reforzado

ITEM	CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	SUB-TOTAL
Cap 1	Intervención estructura existente					\$ 709,934,500
1.01	ESTRUCTURA EXISTENTE	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.	M3	\$ 142,800	15	\$ 2,156,280
1.02	ESTRUCTURA EXISTENTE	IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRR-1.	M2	\$ 1,481	1312	\$ 1,943,072
1.03	ESTRUCTURA EXISTENTE	MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC-19 espesor 5.5 cm	M3	\$ 599,284	72	\$ 43,148,448
1.04	ESTRUCTURA EXISTENTE	IMPERMEABILIZACIÓN DE TABLERO DE CONCRETO	M2	\$ 29,000	1312	\$ 38,048,000
1.05	ESTRUCTURA EXISTENTE	CAMBIO JUNTA ELASTOMÉRICA	ML	\$ 2,700,000	82	\$ 221,400,000
1.06	ESTRUCTURA EXISTENTE	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN TIPO SIKAFERROGARD-903 O EQUIVALENTE.	M2	\$ 17,000	18	\$ 306,000
1.07	ESTRUCTURA EXISTENTE	CAMBIO DE LOS APOYOS DE NEOPRENO.	VANO	\$ 41,000,000	7	\$ 287,000,000
1.08	ESTRUCTURA EXISTENTE	REPARACIÓN DE CONCRETO CON MORTERO (INCLUYE TRATAMIENTO REFUERZO EXPUESTO Y CONCRETO DEGRADADO)	M2	\$ 800,000	18	\$ 14,400,000
1.09	ESTRUCTURA EXISTENTE	SELLADO DE FISURAS MEDIANTE INYECCIÓN DE RESINA EPÓXICA.	ML	\$ 253,000	56	\$ 14,168,000
1.10	ESTRUCTURA EXISTENTE	TUBERIA PVC DE 4" PARA DRENAJES DE TABLERO	ML	\$ 45,000	48	\$ 2,160,000
1.11	ESTRUCTURA EXISTENTE	LAVADO DE ESTRUCTURA EN CONCRETO CON HIDROLAVADO.	M2	\$ 14,100	1827	\$ 25,760,700
1.12	ESTRUCTURA EXISTENTE	IMPERMEABILIZACIÓN INFERIOR DE SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO	M2	\$ 38,600	1540	\$ 59,444,000
Cap 2	Obra nueva: Recalce de vigas					\$ 353,418,000
2.01	RECALCE VIGAS	CONCRETO DE $F_c = 28$ MPa CLASE C.	M3	\$ 1,100,000	183	\$ 201,300,000
2.02	RECALCE VIGAS	ACERO DE REFUERZO DE $F_y = 420$ MPa.	KG	\$ 4,500	17900	\$ 80,550,000
2.03	RECALCE VIGAS	ANCLAJE EPÓXICO DE ACERO DE 1/2".	UND	\$ 16,800	4260	\$ 71,568,000
Cap 3	Obra nueva: Barreras vehiculares					\$ 74,040,000
3.01	BARRERAS VEHICULARES	DEMOLICIÓN DE CONCRETO REFORZADO.	M3	\$ 250,000	14	\$ 3,500,000
3.02	BARRERAS VEHICULARES	ACERO DE REFUERZO DE $F_y = 420$ MPa.	KG	\$ 4,200	7200	\$ 30,240,000
3.03	BARRERAS VEHICULARES	CONCRETO DE $F_c = 25$ MPa CLASE D.	M3	\$ 650,000	62	\$ 40,300,000
Cap 4	Obra nueva: Otros					\$ 12,600,000
4.01	OTROS	APOYOS DE NEOPRENO DUREZA 60.	UND	\$ 450,000	28	\$ 12,600,000
VALOR TOTAL ALTERNATIVA 1						\$ 1,149,992,500
					AREA (m2)	1405
					VALOR/m2	\$ 818.500

Alternativa 2. Reforzamiento de las vigas con postensado exterior.

Alternativa 2. Reforzamiento de vigas con postensado exterior V0.0

ITEM	CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	SUB-TOTAL
Cap 1	Intervención estructura existente					\$ 744,543,220
1.01	ESTRUCTURA EXISTENTE	IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRR-1.	M2	\$ 1,481	1312	\$ 1,943,072
1.02	ESTRUCTURA EXISTENTE	MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC-19 espesor 5.5 cm	M3	\$ 599,284	72	\$ 43,148,448
1.03	ESTRUCTURA EXISTENTE	IMPERMEABILIZACIÓN DE TABLERO DE CONCRETO	M2	\$ 29,000	1312	\$ 38,048,000
1.04	ESTRUCTURA EXISTENTE	CAMBIO JUNTA ELASTOMÉRICA	ML	\$ 2,700,000	82	\$ 221,400,000
1.05	ESTRUCTURA EXISTENTE	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN TIPO SIKAFERROGARD-903 O EQUIVALENTE.	M2	\$ 17,000	63	\$ 1,071,000
1.06	ESTRUCTURA EXISTENTE	CAMBIO DE LOS APOYOS DE NEOPRENO.	VANO	\$ 41,000,000	7	\$ 287,000,000
1.07	ESTRUCTURA EXISTENTE	REPARACIÓN DE CONCRETO CON MORTERO (INCLUYE TRATAMIENTO REFUERZO EXPUESTO Y CONCRETO DEGRADADO)	M2	\$ 800,000	63	\$ 50,400,000
1.08	ESTRUCTURA EXISTENTE	SELLADO DE FISURAS MEDIANTE INYECCIÓN DE RESINA EPÓXICA.	ML	\$ 253,000	56	\$ 14,168,000
1.09	ESTRUCTURA EXISTENTE	TUBERIA PVC DE 4" PARA DRENAJES DE TABLERO	ML	\$ 45,000	48	\$ 2,160,000
1.10	ESTRUCTURA EXISTENTE	LAVADO DE ESTRUCTURA EN CONCRETO CON HIDROLAVADO.	M2	\$ 14,100	1827	\$ 25,760,700
1.11	ESTRUCTURA EXISTENTE	IMPERMEABILIZACIÓN INFERIOR DE SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO	M2	\$ 38,600	1540	\$ 59,444,000
Cap 2	Obra nueva: Postensado exterior en vigas					\$ 218,830,000
2.01	POSTENSADO EXTERIOR EN VIGAS	ACERO PRESFUERZO PARA REFORZAMIENTO EXTERNO. fpu=1860 Mpa	KG	\$ 12,500	4500	\$ 56,250,000
2.02	POSTENSADO EXTERIOR EN VIGAS	ACERO ESTRUCTURAL A36	KG	\$ 8,200	14500	\$ 118,900,000
2.03	POSTENSADO EXTERIOR EN VIGAS	ANCLAJE EPÓXICO DE ACERO DE 6/8".	UND	\$ 32,500	1344	\$ 43,680,000
Cap 3	Obra nueva: Barreras vehiculares					\$ 74,040,000
3.01	BARRERAS VEHICULARES	DEMOLICIÓN DE CONCRETO REFORZADO.	M3	\$ 250,000	14	\$ 3,500,000
3.02	BARRERAS VEHICULARES	ACERO DE REFUERZO DE Fy=420 MPa.	KG	\$ 4,200	7200	\$ 30,240,000
3.03	BARRERAS VEHICULARES	CONCRETO DE Fc= 25 MPa CLASE D.	M3	\$ 650,000	62	\$ 40,300,000
Cap 4	Obra nueva: Otros					\$ 12,600,000
4.01	OTROS	APOYOS DE NEOPRENO DUREZA 60.	UND	\$ 450,000	28	\$ 12,600,000

VALOR TOTAL ALTERNATIVA 2 \$ 1,050,013,220

AREA (m2)	1405
VALOR/m2	\$ 747,340

De la alternativa 3 no se saca presupuesto porque el concreto no cumple con la resistencia mínima para usar fibras de carbono.

Anexo 7. Fichas de productos recomendados para el paciente.

(Fuente: Sika)

HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

Sika FerroGard-903

(Antes Inhibidor de Corrosión WB)

DESCRIPCIÓN	Sika FerroGard-903 es un líquido transparente, incoloro e inhibidor pasivador de corrosión del concreto reforzado, aplicado en forma de impregnación acuosa. Penetra en el concreto por difusión líquida y de vapor hasta formar una capa de protección sobre el acero de refuerzo. Producto que evita la formación temporal de óxido ("flash-rust") durante el proceso de preparación de superficies con chorro abrasivo húmedo.
USOS	Como protección preventiva contra la corrosión de estructuras de concreto reforzado aéreas o enterradas. Como repasivador de la armadura en concreto carbonatado sano. Como inhibidor de la corrosión en concretos donde han penetrado los cloruros pero la corrosión no ha tenido lugar o es incipiente. Durante la rehabilitación o el mantenimiento de estructuras de concreto reforzadas, como tratamiento de pasivación del acero de refuerzo que está en proceso de corrosión o susceptible de corroerse, en zonas que no presentan defectos visibles en el concreto. Se puede usar para protección de: - Puentes, túneles y viaductos. - Muros de contención, pasos a nivel. - Instalaciones Industriales y edificaciones. - Muelles y estructuras en ambientes marinos. Como inhibidor en proceso de preparación de superficies metálicas cuando se realizan con chorro abrasivo húmedo Debido a sus propiedades protectoras, el Sika FerroGard-903 es especialmente apropiado para extender la vida útil del concreto de fachadas, arquitectónicamente valiosas e importantes.
VENTAJAS	Base acuosa Inhibe la acción de los cloruros incluidos en el concreto siempre y cuando el contenido de éstos sea menor del 1% del peso del cemento. No cambia el aspecto ni la textura del concreto. No altera la capacidad de difusión del vapor de agua. Aumenta económicamente la vida útil de estructuras de concreto reforzadas. Aplicación sencilla, económica y libre de solventes. Inhibe la corrosión de superficies metálicas preparadas con chorro húmedo por un lapso de 24 horas. Compatible con Imprimantes Epóxicos (Óxido de Hierro 137008, Fosfato de Cinc 137057, Rico en Cinc 133750, Autoimprimante Serie 100, Autoimprimante Serie 200, Epoxifenólico Serie 45, Epoxifenólico Serie 400, Epoxifenólico Serie 400NF. Producto 100% biodegradable y amigable con el medio ambiente.
MODO DE EMPLEO	Preparación de la superficie: 1.- Superficies de Concreto La superficie debe estar seca, limpia, libre de polvo, mugre, aceite, grasa, eflorescencias, recubrimientos viejos y demás contaminantes que interfieran con la

penetración del producto. Las zonas deterioradas o fisuradas deben repararse antes de aplicar el producto, siguiendo el procedimiento de rehabilitación de estructuras.

Método de limpieza:

Realizar limpieza con chorro de arena o cualquier otro medio que garantice la sanidad del soporte.

Retirar el polvo que queda después de la limpieza. Si se utiliza aire, se debe garantizar que esté libre de grasas que puedan contaminar la superficie. Inmediatamente aplicar el producto en el número de capas recomendado.

Inhibidor de corrosión tipo impregnación **Sika FerroGard-903**.

La cantidad de capas depende de la absorción del sustrato. Normalmente se requieren entre 3 y 4 capas. Aplicar la capa siguiente cuando la anterior está por lo menos seca al tacto (aprox. 45 minutos a 23°C y 50% de humedad relativa).

Cuando la humedad relativa sea mayor al 50%, el tiempo entre capas puede incrementarse hasta 3 horas aproximadamente. La humedad del concreto debe ser menor del 75% para permitir la difusión líquida y de vapor del **Sika FerroGard-903**.

Aplicación:

Sika FerroGard-903 viene listo para usar y no debe ser diluido. El producto debe aplicarse hasta la saturación del concreto con brocha, rodillo, aspersión o equipo de aplicación manual de baja presión.

Las superficies de concreto tratadas con **Sika FerroGard-903** deben ser lavadas exhaustivamente con agua limpia dos horas después de aplicada la última capa del producto.

Para las áreas tratadas con **Sika FerroGard-903** que van a ser protegidas con recubrimientos o revestimientos, debe tenerse en cuenta el siguiente procedimiento:

- Una vez haya secado la última capa de **Sika FerroGard-903**, remover los residuos del producto de la superficie, lavando con agua a alta presión (3000 psi) o chorro de arena (Brush off).
- Dejar secar o no la superficie dependiendo del tipo de recubrimiento a aplicar.
- Aplicar sobre la superficie saturada **SikaColor C** o **SikaColor 55 SW**.
- Aplicar sobre la superficie seca **Sikaguard-62/63N/64/65** de acuerdo con lo que este especificado.

En caso que se requieran realizar reparaciones con morteros cementosos sobre superficies tratadas con **Sika FerroGard-903**, se debe emplear **Sikadur-32 Primer** como puente de adherencia.

Consumo:

0,4 a 0,5 kg/m². La cantidad mínima aplicada no debe ser inferior a 0,4 kg/m²

2. Superficies Metálicas

Adicionar el producto al agua que se va a utilizar en el proceso de chorreado húmedo en la proporción del 2% en volumen. Esta mezcla DEBE realizarse en recipientes plásticos con el fin de evitar oxidación en contacto con envases metálicos.

DATOS TÉCNICOS

Reportes de ensayos:

- Mott MacDonald, Ref 26063/001 Rev A, Abril 1996
- Wolfseher & Partner, Investigación de Materiales Tecnológicos. Reporte No. 96.344.11 y Reporte No. 98.115.11

Color: Líquido transparente

Densidad(ASTM D1475): 1,15 kg/l ± 0,03 kg/l

Viscosidad(ASTM D562): 25 cP a 20°C

pH: 11 ± 1

Límites: Temp. de aplicación (ambiente y del sustrato):

Mínimo: + 5°C, Máximo: + 40°C

PRECAUCIONES

1. Superficie de concreto:

No se debe aplicar **Sika FerroGard-903** si se pronostica lluvia. Si ha llovido, dejar secar la superficie durante seis (6) horas.



	<p>No se debe emplear Sika FerroGard-903 si el contenido de cloruros a nivel del refuerzo es mayor al 1% del peso del cemento.</p> <p>Se deben reparar los daños visibles (grietas, descascamientos) antes de aplicar el producto, siguiendo el procedimiento de rehabilitación recomendado, (saneado, reforzamiento, reparación y protección).</p> <p>Dependiendo de las condiciones del sustrato, el Sika FerroGard-903 puede llevar a un leve oscurecimiento de la superficie.</p> <p>2. Superficie metálica:</p> <p>Se debe homogeneizar muy bien la mezcla del Sika FerroGard-903 y el agua a utilizar. Con imprimantes o recubrimientos diferentes a los recomendados, se sugiere realizar pruebas previas de compatibilidad.</p>
MEDIDAS DE SEGURIDAD	<p>Manténgase fuera del alcance de los niños. Emplear únicamente en áreas bien ventiladas. Emplear guantes y gafas de seguridad.</p> <p>Ecología: El producto es un leve contaminante acuoso, no tóxico. No desechar en corrientes de agua o al suelo.</p>
PRESENTACIÓN	<p>Cuñete 20 kg (Caneca de 5 galones) Tambor 200 kg</p>

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sikadur®-35 Hi-Mod LV

ADHESIVO EPÓXICO DE ALTO MÓDULO, ALTA RESISTENCIA Y BAJA VISCOSIDAD.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikadur®-35 Hi-Mod LV, es un adhesivo con base en resina epóxica, multiusos, de alta resistencia, baja viscosidad, insensible a la humedad, de dos componentes, 100% sólidos.

USOS

Sikadur®-35 Hi-Mod LV puede ser usado solamente por profesionales con experiencia.

- Inyección a presión en grietas de concreto estructural, mampostería, madera, etc.
- Relleno de anclaje de pernos, espigas, conectores, etc.
- Relleno de grietas por gravedad en concreto y mampostería.
- Como ligante en morteros epóxicos para parcheo y recubrimientos en morteros y superficies horizontales.
- Sellante de placas interiores, el cual las aísla del ataque del agua, de los cloruros y de químicos no tan fuertes y mejora la resistencia al desgaste.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Super Baja viscosidad (375 cps)
- Fácil de mezclar A:B=2:1 en volumen.
- Único adhesivo estructural de alta resistencia para superficies con poca capacidad de secado.
- Aprobado para contacto con agua potable.
- Poderoso adhesivo, de penetración profunda para grietas en concreto estructural.
- Adhesivo con rápido desarrollo de altas resistencias.
- Excelente resistencia química para sistemas de pisos.
- Aprobado por la USDA.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con los requerimientos de la norma ASTM C 881-90, tipo IV, grado 1.
Aprobación para contacto con agua potable de Water Quality Association según NSF/ANSI-61.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Unidad 3 kg
Color	Ambar Transparente
Vida en el recipiente	Tiempo de vida en el recipiente después de mezclado: Aproximadamente 25 minutos (masa de 60 gramos)
Condiciones de Almacenamiento	Almacenar en su envase original, bien cerrado en lugar fresco y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.
Viscosidad	Aprox. 375 cps (centipoises)

Resistencia a Compresión	Puro		
	A 5°C	A 23°C	A 32°C
4 horas	-	-	-
8 horas	-	1.2	22.1
16 horas	-	31.1	43.5
1 día	-	41.4	62.8
3 días	27.6	73.8	72.5
7 días	46.9	75.9	72.5
14 días	71.1	82.8	72.5
28 días	85.6	89.7	72.5
	Mortero Epóxico (1: 5)		
	A 5°C	A 23°C	A 32°C
4 horas	-	-	5.5
8 horas	-	-	28.3
16 horas	-	2.8	39.3
1 día	0.8	34.5	47.6
3 días	42.8	46.9	48.3
7 días	43.5	54.5	60.7
14 días	46.9	58.7	60.7
28 días	48.3	59.3	60.7
Módulo de Elasticidad a Compresión	Puro	Mortero Epóxico	(ASTM D-570)
7 días	2200 MPa	28 días — 5600 MPa	
Resistencia a Flexión	Puro	Mortero	(ASTM D-790)
	96,6 MPa	15,2 MPa	
14 días			
Módulo de Elasticidad a Flexión	Puro	Mortero	(ASTM D-790)
	2600 MPa	6500 MPa	
Resistencia a tensión	Puro	Mortero	(ASTM D-638)
	61.4 MPa	14 días 5.8 MPa	
7 días			
Módulo de Elasticidad a Tensión	Puro	Mortero	(ASTM D-638)
	2800 MPa	5200 MPa	
14 días			
Elongación a Rotura	Puro	Mortero	(ASTM D-638)
	5.4 %	0.3%	
Resistencia a la Adherencia a tensión	Resistencia de concreto endurecido a concreto endurecido		(AST
	2 días (curado en húmedo) 27,6 MPa		M C-
	4 días (curado en húmedo) 20,0 MPa		882)
	2 días (curado en seco) 19,3 MPa		
Resistencia a Cortante	Puro	Mortero	(ASTM D-732)
	35,2 MPa	15,9 MPa	
14 Días resistencia de corte			
Temperatura de deflexión térmica	Puro	Mortero	(ASTM D-648)
	51°C	54°C	
Absorción de Agua	(24 horas inmersión) 0.27 %		

Proporción de la Mezcla	Componente "A": Componente "B"=2:1 en volumen.		
Consumo	1,1 kg por litro de llenado.		
Vida de la mezcla	Aprox. 25 minutos (masa de 60 gramos)		
Tiempo de Espera / Repintabilidad	A 4°C	A 20°C	A 35°C
	(3-5 milipulgadas) Puro	14-16 horas	3 -3.5 horas 1.5-2 horas

INSTRUCCIONES DE APLICACION

PREPARACION DEL SUSTRATO

La superficie debe estar limpia y sana. Puede estar seca o húmeda, pero libre de empozamientos. Se debe remover el polvo, la lechada, la grasa, los componentes de curado, lo que este impregnado, las ceras, las partículas extrañas y los materiales desintegrados.

- En concreto: Limpie la superficie con chorro de arena a presión o utilice cualquier otro método mecánico aprobado.
- En acero: Limpie la superficie con chorro de arena a presión hasta lograr grado metal blanco.

MEZCLADO

Mezcle previamente cada componente: Proporcione 1 parte de componente "B" a 2 partes del componente "A" en volumen en un balde limpio. Mezcle de modo homogéneo durante 3 minutos con una espátula o con un taladro de bajas revoluciones (400-600 rpm), hasta que la mezcla revele un color uniforme. Mezcle únicamente la cantidad que piensa va a utilizar en la aplicación.

Modo de preparar un mortero epóxico: Lentamente adicione de 4 a 5 partes en volumen de un agregado seco en horno con 1 parte del producto Sikadur®-35 Hi-Mod LV ya mezclado. Siga mezclando hasta obtener una consistencia uniforme.

METODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Para relleno de grietas por gravedad:
Se debe vertir Sikadur®-35 Hi-Mod LV puro dentro de la grieta preparada en forma de V. Continúe colocando hasta rellenarla por completo. Selle la parte inferior de la placa antes de rellenarla, en caso de que las grietas se reflejen.

Para inyección de grietas a presión:
Utilice un equipo de inyección automático o un método manual. Coloque los inyectores adecuados en el sistema que va a utilizar. Selle las grietas con Sikadur Injection Gel o con Sikadur-31 Adhesivo ó Sikadur Panel. Cuando el sellante del adhesivo epóxico se haya curado, inyecte Sikadur®-35 Hi-Mod LV, con presión firme. Consulte al servicio técnico para obtener información adicional.

Para anclaje de pernos, espigas, conectores y sujetiones:

En anclajes el diámetro del hueco es mayor o igual a 1.5 veces el diámetro del perno o varilla, con espesor mínimo de la pega de 1.6 mm.

Para sellar placas:

Esparsa Sikadur®-35 Hi-Mod LV puro, sobre la placa. Deje que penetre. Retire el exceso de material con el fin de evitar la formación de una película en la superficie. Selle las placas interiores no enterradas únicamente.

Para un mortero epóxico:

Imprime la superficie preparada con Sikadur®-35 Hi-Mod LV puro. Coloque la mezcla epóxima ya preparada antes de que el imprimante se seque. Coloque la mezcla epóxima con la ayuda de llanas. Com pacte y nivele con vibrador o una llana. El pañete con Sikadur®-35 Hi-Mod LV es únicamente para uso interior.

LIMITACIONES

Temperatura mínima en el sustrato y en el ambiente: 4°C.

No diluir con solventes. Consulte al servicio técnico.

Solamente utilice agregados secados en horno.

Este mortero epóxico es para uso interior únicamente.

No se deben sellar placas exteriores de contrapiso.

La edad mínima del concreto debe ser de entre 21 y 28 días, dependiendo de las condiciones de curado o secado, para el mortero y para las placas impermeables.

Los sustratos porosos deben ser evaluados para verificar el índice de transmisión de vapor húmedo antes de la aplicación del producto.

No se debe utilizar para inyectar en grietas bajo presión hidrostática.

No se debe inyectar en grietas mayores a 6 mm. Consulte al servicio técnico.

No se debe aplicar soldadura a elementos metálicos pegados con el adhesivo epóxico ya que seguramente se sobrepasará la temperatura máxima admisible de servicio del adhesivo, con daños del mismo y falla en la pega. La temperatura ambiente durante la aplicación debe estar por lo menos 3°C sobre el punto de rocío.

La temperatura de servicio del sistema de pega debe estar por debajo de la temperatura de deflexión (HDT) del adhesivo.

HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

SikaColor®555 W

RECUBRIMIENTO ELÁSTICO, PROTECTOR Y DECORATIVO CON BASE EN RESINAS ACRÍLICAS QUE PERMITE EL PUENTE DE FISURAS EN EL CONCRETO.

DESCRIPCIÓN	El SikaColor 555 W es un recubrimiento acrílico con base en agua, mono-componente, impermeable, elástico, que permite el puente de microfisuras. Desarrollado especialmente para proteger el concreto y mortero de los agentes más agresivos de la contaminación del medio ambiente como son dióxido de carbono, dióxido de azufre y otros, los cuales al combinarse con el agua, (lluvia, de condensación, de lavado) reaccionan con los constituyentes alcalinos del cemento (hidróxido de calcio, cal y álcalis), formando carbonatos cálcicos y alcalinos, agua y sustancias ácidas que causan los fenómenos de carbonatación y disgregación.
USOS	<ul style="list-style-type: none"> • Para la protección y decoración de estructuras en concreto exteriores o en interiores, aún microfisuradas, tales como puentes, parqueaderos, edificios, industrias, etc. • En edificaciones u obras de infraestructura susceptibles a microfisurarse o que están sometidos a movimientos dinámicos como son, puentes, viaductos, túneles, etc. • Para la protección de sótanos y parqueaderos sometidos a la acción del dióxido de carbono. • Como recubrimiento final elástico de protección y decoración sobre sistemas de reparación. • Para proteger superficies de estructuras microfisuradas expuestas a ambientes agresivos. • Como acabado decorativo durable para obras nuevas o de repinte en general.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeable • Puentea microfisuras activas (con movimiento) hasta de 0.3 mm. • Puentea microfisuras pasivas (sin movimiento), hasta de 0.7 mm. • Mejora notablemente la apariencia de fachadas y otras superficies. • Protege sin perder la continuidad de la película en estructuras que tengan movimientos. • Alta resistencia a la carbonatación. • Es altamente resistente a cloruros y a otras sales solubles. • Resistente a los rayos ultravioleta. • No forma barrera de vapor y permite que la estructura respire. • Lavable. • Fácil aplicación con brocha, rodillo o equipo airless • Alta resistencia a la formación de hongos y moho. • Excelente resistencia a ambientes agresivos urbanos o industriales. • Alto cubrimiento por capa de aplicación. • Decorativo. Se presenta en una variada gama de colores. • Ecológico. Libre de solventes. • Las herramientas y equipos se lavan con agua.
MODO DE EMPLEO	<p>Preparación de la superficie La superficie debe estar preferiblemente seca, limpia, libre de lechadas, polvo, mugre, curadores y otros contaminantes que puedan interferir con la adherencia del recubrimiento.</p>

	<p>Método de limpieza Realizar limpieza mecánica con chorro abrasivo o con chorro de agua a presión (mayor de 1200 psi). Los hormigueros, fisuras o irregularidades del sustrato deben ser rellenados y nivelados con productos adecuados tales como morteros SikaTop Monocomponente o EpoCam.</p> <p>Aplicación del recubrimiento SikaColor 555 W viene listo para usar. Mezclar vigorosamente hasta obtener la completa homogeneidad del producto. Las superficies deben ser imprimadas usando SikaColor 555 W diluido en un 40 % en volumen con agua limpia para lograr un espesor de película húmeda de 1,5 a 2 mils. Después de 1 hora o cuando la primera capa esté seca al tacto, aplicar una capa de SikaColor 555 W sin diluir, en un espesor de película húmeda de 5 mils. Aplicar una tercera capa, mínimo cuando la capa anterior esté seca al tacto en un espesor de película húmeda de 5 mils. El espesor de película húmeda total del sistema debe ser mínimo de 12 mils. Consumo: Aprox. 0,45 kg /m² para un espesor de película total húmeda de 12 mils (305 micras).</p>																																						
DATOS TÉCNICOS	<table> <tr> <td>Color:</td> <td>Amplia gama de colores</td> </tr> <tr> <td>Densidad:</td> <td>1,34 kg/l ± 0,03 kg/l</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad:</td> <td>12000 - 15000 cP</td> </tr> <tr> <td>% sólidos en peso:</td> <td>62% ± 2%</td> </tr> <tr> <td>Resistente al paso de</td> <td>μ H₂O: 3.000μ CO₂: 880.000</td> </tr> <tr> <td>Espesor de capa de aire equivalente:</td> <td>S₂H₂O = 0,91 m S₂CO₂ = 268 m</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Propiedades de tensión según ASTM D412 MODIF:</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a tensión:</td> <td>335,5 psi</td> </tr> <tr> <td>Elongación al rompimiento:</td> <td>381,3 %</td> </tr> <tr> <td>Recuperación al 100%:</td> <td>83,3%</td> </tr> <tr> <td>Permeabilidad al vapor de agua ASTM E-96:</td> <td>16,4 perms</td> </tr> <tr> <td>Retención de blancura:</td> <td>95,4% expuesto al exterior por 30 días.</td> </tr> <tr> <td>Retención de color:</td> <td>95,7% expuesto al exterior por 30 días.</td> </tr> <tr> <td>Remoción de manchas (Hidrofobas e hidrófilas):</td> <td>Muy buena</td> </tr> <tr> <td>Resistencia al manchado, (tinta STD/rojo tixido):</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>Puenteo de microfisuras:</td> <td>Estáticas: 0.7 mm Dinámicas: 0.3 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Límites de aplicación</td> </tr> <tr> <td>Temp. mín. ambiente y del sustrato:</td> <td>5°C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">El concreto o mortero debe tener mínimo 14 días de edad.</td> </tr> </table>	Color:	Amplia gama de colores	Densidad:	1,34 kg/l ± 0,03 kg/l	Viscosidad:	12000 - 15000 cP	% sólidos en peso:	62% ± 2%	Resistente al paso de	μ H ₂ O: 3.000μ CO ₂ : 880.000	Espesor de capa de aire equivalente:	S ₂ H ₂ O = 0,91 m S ₂ CO ₂ = 268 m	Propiedades de tensión según ASTM D412 MODIF:		Resistencia a tensión:	335,5 psi	Elongación al rompimiento:	381,3 %	Recuperación al 100%:	83,3%	Permeabilidad al vapor de agua ASTM E-96:	16,4 perms	Retención de blancura:	95,4% expuesto al exterior por 30 días.	Retención de color:	95,7% expuesto al exterior por 30 días.	Remoción de manchas (Hidrofobas e hidrófilas):	Muy buena	Resistencia al manchado, (tinta STD/rojo tixido):	Excelente	Puenteo de microfisuras:	Estáticas: 0.7 mm Dinámicas: 0.3 mm	Límites de aplicación		Temp. mín. ambiente y del sustrato:	5°C	El concreto o mortero debe tener mínimo 14 días de edad.	
Color:	Amplia gama de colores																																						
Densidad:	1,34 kg/l ± 0,03 kg/l																																						
Viscosidad:	12000 - 15000 cP																																						
% sólidos en peso:	62% ± 2%																																						
Resistente al paso de	μ H ₂ O: 3.000μ CO ₂ : 880.000																																						
Espesor de capa de aire equivalente:	S ₂ H ₂ O = 0,91 m S ₂ CO ₂ = 268 m																																						
Propiedades de tensión según ASTM D412 MODIF:																																							
Resistencia a tensión:	335,5 psi																																						
Elongación al rompimiento:	381,3 %																																						
Recuperación al 100%:	83,3%																																						
Permeabilidad al vapor de agua ASTM E-96:	16,4 perms																																						
Retención de blancura:	95,4% expuesto al exterior por 30 días.																																						
Retención de color:	95,7% expuesto al exterior por 30 días.																																						
Remoción de manchas (Hidrofobas e hidrófilas):	Muy buena																																						
Resistencia al manchado, (tinta STD/rojo tixido):	Excelente																																						
Puenteo de microfisuras:	Estáticas: 0.7 mm Dinámicas: 0.3 mm																																						
Límites de aplicación																																							
Temp. mín. ambiente y del sustrato:	5°C																																						
El concreto o mortero debe tener mínimo 14 días de edad.																																							
PRECAUCIONES	<p>Mantener el empaque bien tapado y bajo techo. Adicionar agua únicamente para aplicar la capa de imprimación. Proteger la aplicación de la lluvia por lo menos 6 horas a 20°C. No debe usarse para superficies de tráfico permanente como pisos. Entre lote y lote puede haber diferencias de color. Solicite la cantidad total de SikaColor 555 W que vaya a requerir en su obra. Para la última capa verifique que todo el producto sea del mismo lote para garantizar homogeneidad en el color. No es recomendable como recubrimiento en ambientes saturados de humedad permanente como interiores de tanques.</p>																																						
MEDIDAS DE SEGURIDAD	<p>Usar guantes de caucho y gafas de seguridad para su manipulación. Consultar la hoja de seguridad del producto. En caso de contacto con los ojos, lavar abundantemente con agua y acudir lo más pronto posible al médico. Manténgase fuera del alcance de los niños.</p>																																						
PRESENTACION	<table> <tr> <td>Metálico</td> <td>5 kg</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>25 kg</td> </tr> </table>	Metálico	5 kg	Plástico	25 kg																																		
Metálico	5 kg																																						
Plástico	25 kg																																						