

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“Evaluación Estructural Mediante Ensayos Destructivos Y No
Destructivos Del Puente Vehicular Reque (Km 773+000) Tipo Reticulado
Del Distrito De Chiclayo, Provincia De Lambayeque 2018”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Bach. Christopher Augusto Fernández Mayta

ASESOR:

Ing. Orlando Ángel Ayala Mauricio

Reg. CIP N.º 195625

Huacho - Perú

2018

TESIS

“Evaluación Estructural Mediante Ensayos Destructivos Y No Destructivos Del Puente Vehicular Reque (Km 773+000) Tipo Reticulado Del Distrito De Chiclayo, Provincia De Lambayeque 2018”

NOTA DEL AUTOR

Bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Christopher Augusto Fernández Mayta, realizó el proyecto de tesis con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil; la investigación fue desarrollada y financiada económicamente por el autor; se menciona el respectivo conocimiento a los autores que forman parte de esta tesis, agradecimiento, dedicación y asesoría del Ing. Orlando Ángel Ayala Mauricio para elaborar el proyecto de tesis.

Bach. Christopher Augusto Fernández Mayta

JURADOS Y ASESOR DE TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y
NO DESTRUCTIVOS DEL PUENTE VEHICULAR REQUE (KM 773+000)
TIPO RETICULADO DEL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE
LAMBAYEQUE 2018”**

DR. MAXIMO TOMAS SALCEDO MEZA.

Reg. CIP N° 15140

PRESIDENTE

M(o) JAIME IMAN MENDOZA

Reg. CIP N° 108834

SECRETARIO

M(o) RONALD FERNANDO RODRIGUEZ ESPINOZA

Reg. CIP N° 95579

VOCAL

ING. AYALA MAURICIO ORLANDO ANGEL

Reg. CIP N° 195625

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios

Por darme paciencia y fortaleza en mi familia, para poder cumplir mis metas, por bendecirme día a día llenando mi vida de muchas felicidades y brindarme salud.

A mis abuelos

Para mi abuela Vicenta Herrera quien es ejemplo de abnegación y mi abuelo Evaristo Meza quien es ejemplo de rectitud, ambos con un gran corazón y aconsejándome desde muy pequeño.

A mi madre

A mi madre Patricia Mayta Jiménez por ser una excelente madre y estar conmigo en los momentos más memorables de mi vida y darme la felicidad de compartir a su lado.

A mi casa de estudios la UNJFSC

Por albergarme durante estos cinco años académicos y brindarme los alcances por medio de sus docentes, que a su vocación de enseñanza me brindaron mucha información y me incentivaron a la investigación.

Bach. Christopher Augusto Fernández Mayta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por esta nueva oportunidad de seguir creciendo en vida profesional con salud y paz.

Agradecer la participación del Ing. Orlando Angel Ayala Mauricio por su apoyo en continuar con las investigaciones y con las nuevas tendencias en evaluación de puentes.

A mis abuelos Evaristo y Vicenta, por ser grandes gestores y pilares de mi desarrollo personal y profesional.

A mi madre Patricia Mayta Jiménez, por cada día que me regala a su lado, es mi bendición infinita, siempre inculcándome los valores y las ganas de seguir con mis sueños.

A mis hermanos menores Ángel, Jhunion y Jonathan, por motivarme a llevar mis conocimientos reflejados en un trabajo que ayude a mi formación profesional y brindando el ejemplo de persistir y cumplir con todo lo que nos trazamos.

A todas las personas involucradas por impulsarme en continuar la realización de este proyecto de tesis y aconsejarme.

Bach. Christopher Augusto Fernández Mayta

RESUMEN

La presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS DEL PUENTE VEHICULAR REQUE (KM 773+000) TIPO RETICULADO DEL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE 2018”**, desarrolla los criterios de evaluación para los elementos estructurales que conforman a los puentes (zapatas, vigas, estribos, pilares, superficie de rodadura), para determinar las condiciones en la que se encuentra la estructura diseñada.

El puente a evaluar se encuentra ubicado al norte del país, en la ciudad de Lambayeque, carretera Panamericana Norte dentro del tramo de la Concesionaria Vial de Sol S.A (Covisol), empresa comprometida con los mantenimiento periódico y rutinario, y de mantener los niveles de servicio óptimo para el uso de la carretera.

La evaluación estructural de los puentes se realiza mediante los ensayos, para poder determinar el grado de serviciabilidad, para ello se realizan los ensayos destructivos y no destructivos, extraer las muestras para luego ser llevados a laboratorio y poder determinar las características físico químicas de los materiales.

Palabras Claves; ensayos, destructivos, no destructivos, concreto, Pavimento, Berma.

SUMMARY

The present investigation entitled: "STRUCTURAL EVALUATION THROUGH DESTRUCTIVE AND NON-DESTRUCTIVE TRIALS OF THE VEHICULAR BRIDGE REQUE (KM 773 + 000) RETICULATED TYPE OF THE DISTRICT OF CHICLAYO, PROVINCE OF LAMBAYEQUE 2018", develops the evaluation criteria for the structural elements that make up the bridges (footings, beams, abutments, pillars, rolling surface), to determine the conditions in which the designed structure is located.

The bridge to be evaluated is located in the north of the country, in the city of Lambayeque, Panamericana Norte highway within the section of the Concessionaire Vial de Sol SA (Covisol), a company committed to periodic and routine maintenance, and to maintain the levels of optimal service for the use of the road.

The structural evaluation of the bridges is carried out through the tests, in order to determine the degree of serviceability, for which destructive and non-destructive tests are carried out, extract the samples and then be taken to the laboratory to determine the physical and chemical characteristics of the materials. .

Keywords; essays, destructive, non-destructive, concrete, pavement, Berma.

ÍNDICE GENERAL

NOTA DEL AUTOR	ii
JURADOS Y ASESOR DE TESIS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1. 15	
1.1. 18	
1.1.1. 18	
1.1.2. 19	
1.2. 19	
1.2.1. 19	
1.2.2. 19	
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2. 20	
2.1. 20	
2.2. 22	
2.3. 24	
2.3.1. 24	
2.3.2. 26	
2.3.3. 28	
2.3.4. 33	
2.3.5. 34	
2.3.5.1. 34	
2.3.6. 36	
2.3.6.1. 37	
2.3.6.2. 37	
2.3.7. 38	
2.3.7.1. 38	
2.3.8. 39	
2.3.8.1. 39	
2.3.8.2. 41	

2.4.	41
2.4.1.	41
2.4.2.	42
2.4.3.	43
2.4.4.	43
2.4.4.1.	43
2.4.4.2.	44
2.4.4.3.	45
2.4.4.4.	45
2.4.4.5.	46
2.4.4.6.	47
2.4.4.7.	47
2.4.4.8.	48
2.5.	48
2.5.1.	48
2.5.2.	49
2.5.3.	49
2.5.4.	49
2.5.5.	49
2.5.6.	49
2.5.7.	50
2.5.8.	50
2.5.9.	50
2.5.10.	50
2.5.11.	50
2.5.12.	51
2.5.13.	51
2.5.14.	51
2.5.15.	51
2.5.16.	52
2.5.17.	52
2.5.18.	52
2.5.19.	52

CAPÍTULO III

53

METODOLOGÍA

53

3.	53
3.1.	53
3.2.	54
3.3.	54
3.4.	54
3.5.	54

3.6.	55	
3.6.1.	55	
3.6.2.	56	
3.6.3.	57	
CAPÍTULO IV		58
RESULTADOS		58
4.	58	
4.1.	59	
4.2.	59	
4.2.1.	59	
4.3.	60	
4.3.1.	60	
4.3.2.	61	
4.3.3.	61	
4.3.4.	61	
4.3.5.	62	
4.3.6.	63	
4.3.7.	64	
4.3.8.	65	
4.3.9.	66	
4.3.10.	67	
4.3.10.1.	67	
4.3.10.2.	68	
4.3.10.3.	69	
4.3.11.	70	
4.3.12.	70	
4.4.	71	
4.4.1.	71	
4.4.2.	72	
4.5.	74	
4.5.1.	74	
4.5.2.	74	
4.5.3.	75	
4.5.4.	77	
4.5.5.	78	
4.5.6.	78	
CAPÍTULO V		79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		79
5.	79	
CAPÍTULO VI		83
FUENTES		83

6. 84

6.1. 84

6.2. 85

6.3. 85

ANEXOS

85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Colapso del Puente del Puente Reque Junio 1998	8
Figura 2: Colapso del Puente del Puente Reque Junio 1998	8
Figura 3: Vista aérea del Colapso del Puente Reque, Junio 1998.	9
Figura 4:: Helicóptero que traslado a los viajeros el día del colapso del puente	9
Figura 5: Pasó de peatones en lancha (luego del Colapso del Baden)	9
Figura 6: Paso de peatones a través de un waro.	10
Figura 7: Martillo de Rebote (Esclerómetro)..	22
Figura 8: Martillo de Rebote (Esclerómetro).	23
Figura 9: Equipo para medición de espesores de recubrimiento.	25
Figura 10: Localizacion de la Armadura.	24
Figura 11: Localizacion de la Armadura.	25
Figura 12: Principio de Medicion .	27
Figura 13: Rangos de Mediciones y precision .	27
Figura 14: Resolucion de Diametros .	28
Figura 15: Taladro de Nucleos.	29
Figura 16: Prensa de Compresion .	35
Figura 17: Equipo para medir el espesor de Plancha	40
Figura 18: Equipo para medir el espesor de Pintura	40
Figura 19: Cronograma de actividades	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tolerancias de edad de ensayos de los especímenes	36
Tabla 2: Estados Límites y Factores de Carga	45
Tabla 3: Factores de condición según la norma (AASHTO LRFR,2011)	45
Tabla 4: Presupuesto	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia	122
---------------------------------	-----

INTRODUCCIÓN

Los puentes son estructuras que nos permite intercomunicar una ciudad con respecto a otra, dichas estructuras pueden ser de distintos materiales de acuerdo al diseño propuesto por el proyectista y de acuerdo a los parámetros de diseño. Sin embargo, los puentes post construcción deberán tener una inspección periódica para evaluar su comportamiento estructural con el transcurrir del tiempo, dichas evaluaciones se deberán dar para cada elemento estructural (superestructura y subestructura), respectivamente y así poder determinar el grado de serviciabilidad. Para ello existen métodos y ensayos de evaluación para las estructuras pudiendo ser ensayos no destructivos ó ensayos destructivos, dicho ensayos se realizarán previa inspección visual y de acuerdo a las inspecciones llenar las fichas para determinar el siguiente paso a realizar pudiendo ser una intervención superficial o una intervención destructiva. Estas intervenciones realizadas se dan para poder prevenir fallas y/o posible colapso de las estructuras.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Descripción de la realidad problemática

La panamericana norte en varios tramos se encuentran concesionada con la finalidad de dar una mejor serviciabilidad a los usuarios que hacen uso de esta vía de comunicación terrestre. El Puente Reque ubicado en Lambayeque tramo concesionado por (Autopista Del Sol), a lo largo de este tramo existente cerca de 20 puentes principales que unen los departamentos de Lambayeque y La Libertad, estos puentes en su mayoría deberían de tener una intervención para mejorar sus condiciones de servicio debido a que con el transcurrir del tiempo y máximas avenidas de flujos de agua en temporada de lluvia. Provocan que las estructuras puedan tener peligro de colapso o reducción de sus longitudes en ancho y altura reducidos por acumulación de residuos y problemas de arenamiento, socavación, entre otras.

Ante el fenómeno del niño en marzo de 1998, el Puente Reque colapso debido a fuertes lluvias que se presentaron en consecuencia se produjeron un alto nivel de caudal para el cual este puente no estaba diseñado por ende colapso.

Una vez colapsado el puente dificulto el tránsito vehicular y peatonal en la panamericana norte generando el aislamiento entre los distritos cercanos.



Figura 1 – Colapso del Puente Reque, Junio 1998



Figura 2 – Colapso del Puente Reque, Junio 1998



Figura 3 – Vista aérea del Colapso del Puente Reque, Junio 1998



Figura 4 – Helicóptero que traslado a los viajeros el día del colapso del puente



Figura 5 – Pasó de peatones en lancha (luego del Colapso del Badén)



Figura 6 – Paso de peatones a través de un waro (Foto: Augusto Martínez)

PUENTE PROVISIONAL

Una vez que termino el fenómeno del niño y ante la necesidad de restablecer en forma normal las comunicaciones se procedió a construir un badén al mismo tiempo que se empezaba con la construcción y el armado del puente provisional sin embargo y sin razón aparente no fue concluido, hasta que, con la llegada de las lluvias de la temporada de verano y la destrucción del badén, se hizo imperiosa la culminación del puente provisional, procediéndose días después al lanzamiento y culminación del puente.

El puente provisional de Reque está ubicado sobre el río del mismo nombre y sobre todo el mismo eje del anterior puente colapsado, que era de tres tramos,

el actual puente provisional está construido por dos tramos de 50.00m con base a estructuras reticuladas con tablero metálico y unidos por un pilar central.

SUBESTRUCTURA Y APOYOS DEL PUENTE PROVISIONAL

La subestructura está constituida por los estribos del anterior puente, a los cuales se les modifico las cajuelas para las nuevas estructuras: y de un pilar intermedio nuevo cimentado sobre pilotes; la zapata es del tipo circular, se optó por esta forma debido a las características del cauce, fue construida mediante el empleo de un caisson de concreto armado, ya que su nivel de desplante se encuentra a 4.00m profundidad con respecto al terreno natural.

Los apoyos extremos son los apoyos fijos y los apoyos centrales, con una junta, son móviles.

REFORZAMIENTO DEL PUENTE REQUE PROVISIONAL

En febrero del 2000, la empresa italiana Lotti, realizó similares trabajos (reforzamiento del pilar central), por la que el estado pago S/ 2'755,179.00 de soles.

Posteriormente según estudios efectuados por Provias nacional, se ha considerado que el puente provisional puede ser transformado en un puente definitivo en base a ampliaciones y reforzamientos.

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Problema general

¿En qué medida la evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos pueden identificar los problemas actuales del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque?

1.1.2. Problema específico

¿En qué condiciones estructurales se encuentran los estribos y pilares del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque?

¿En qué condiciones estructurales se encuentran las vigas de concreto del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque?

¿En qué condiciones se encuentran las estructuras metálicas del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Realizar la evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos para identificar los problemas actuales del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.

1.2.2. Objetivos específicos

Realizar la evaluación estructural de los estribos y pilares del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.

Realizar la evaluación estructural de las vigas de concreto del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.

Realizar la evaluación de las estructuras metálicas del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Antecedentes de la investigación

2.1. Antecedentes nacionales

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones propone la Directiva N°01-2006-MTC/14, Guía para la Inspección de Puentes, aprobada mediante Resolución Directoral No 012-2006-MTC de fecha 14 de Marzo del 2016, esta Guía es muy importante en la cual proporciona pautas para realizar la inspección apropiada de los componentes de los puentes. En ella también nos indica las características que deben tener los profesionales para realizar las inspecciones e incluye también el tipo de material conveniente para hacer una evaluación adecuada con el fin de evaluar y controlar los daños y/o fallas que estos vayan teniendo con el paso del tiempo, las cuales se irán contrastando con un formato que nos servirá para la toma de datos. La guía que nos ofrecen es un importante aporte para la evaluación de los puentes, explica punto por punto las partes a considerar, y los daños que pueden sufrir las diferentes componentes de la estructura, propone también una tabla de calificación por puntajes, para así considerar el estado crítico o no crítico del puente (MTC 2006).

En su programa de conferencias PROVIAS NACIONAL presenta a su expositor Ing. Walter Zecenarro, quien elabora un documento llamado balance de la gestión y administración de puentes en la red vial nacional, y hace referencia a las gestiones realizadas en las diferentes instituciones nacionales, y nos menciona: Hasta antes del 2003 los trabajos de la ex - Dirección de Puentes del MTC se orientaban a la construcción de puentes nuevos, a la atención de emergencias, o de ser el caso a rehabilitaciones de manera reactiva. La mínima implementación de una política sistematizada y permanente de atención de puentes.

A fines del año 1998 se había elaborado el Estudio General de Puentes cuyas

recomendaciones se aplicaron muy discretamente por la Dirección de Puentes, hasta su desaparición a fines del año 2001. El producto se desactualizó. Entre otros, nos hace ver la falta de dirección en las instituciones representativas de nuestro país, lo cual conlleva al abandono de los puentes una vez terminada su construcción, nos presenta unas gráficas en las cuales podemos observar las pérdidas estructurales de los diferentes puentes con respecto al tiempo. Nos hace notar que en la actualidad se vienen implementando programas de gestión así como incremento en el presupuesto destinado para el mantenimiento de puentes, pero que aún es insuficiente, más aún el avance que se viene teniendo nos da expectativas positivas y se espera que con el transcurrir del tiempo poco a poco se dedique más interés a la conservación de estas estructuras tan importantes y necesarias (MTC 2011).

Tesis Magistral Pontificia Universidad Católica del Perú, evalúa las obras de infraestructura vial dañados por el Fenómeno del Niño 1987-1998, teniendo un especial cuidado en los puentes de la Red Vial Norte y concluye diciendo que la mayoría de los puentes colapsados con apoyos intermedios se debieron a la socavación a los efectos del incremento de caudal, que ocasionaron el mecanismos locales de vortis de Estela y vortis de Herradura, ocasionando erosión y socavamiento de la cimentación, produciendo en algunos casos el asentamiento del pilar y la inestabilidad ante la sobre presión del cauce de los ríos (Mosqueira 2011).

Evaluación de 40 puentes ubicados en la red vial Cajamarca - Jaen, elaborando así un informe sobre las fallas estructurales encontradas en cada uno de los puentes los cuales fueron analizados exhaustivamente para conocer su situación actual y determinar si su daño es crítico o leve, y a la vez propone soluciones de mantenimiento de los mismos que sirven de anexo entre estas ciudades (Mosqueira 2007). Así mismo nos dice: Que estos puentes se llegaron a clasificar dentro de Cuadro de Condición Global del Puente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Su aporte a la región Cajamarca es primordial, ya que la evaluación

permite a las autoridades pertinentes tener en cuenta el estado de los puentes y así priorizar su reparación según su deterioro y mitigar, aminorar o eliminar el riesgo que representa para las personas y transporte incluyendo la pérdida económica que involucraría de no tomarse en cuenta este proyecto.

En la tesis Puente Carrozable vía de Evitamiento Norte sobre el Río Chonta- Baños del Inca, plantea una vía de acceso alternativa y adecuada entre la Urb. Hurtado Miller y Tartar Chico- Baños del Inca (Pérez y Sáenz 2008).

Este estudio se dio con el fin de dar una solución para los pobladores de esta parte de la ciudad que tienen la dificultad de acceso al centro del distrito.

En la tesis Puente Viejo sobre el Río Chotano, ubicado en la carretera Cochabamba - Sillangate; obra de gran importancia puesto que permite que la mencionada vía no se vea interrumpida por la crecida del río que en épocas de lluvia llega hasta la plataforma de madera existente (Aiarcón2010). Dicho estudio nace a solicitud de la población afectada con la interrupción de la carretera, quienes manifiestan necesaria la construcción de un nuevo puente por estar deteriorado el puente de madera existente. El Costo total del Proyecto del nuevo puente asciende a S/ 422, 356.14 (Cuatrocientos Veintidós Mil Trescientos Cincuenta y Seis con 14/100 Nuevos Soles)

2.2. Antecedentes internacionales

En el mundo se vienen realizando una serie de trabajos de evaluación de puentes con objetivos de reparación y con la finalidad expresa de evitar daños materiales y pérdidas de vidas humanas; y mitigar gasto público innecesario. A continuación mencionare algunos trabajos:

Metodología de evaluación estructural de puente metálico por técnicas de fiabilidad estructural. El método empleado mediante técnicas de fiabilidad estructural presenta la posibilidad de proyectar seguridad del puente; lo que implica ser un método preventivo con una gran ventaja sobre el código

colombiano de diseño sísmico de puentes (Muñoz 2002).

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible (Fiórez 2004). También nos dice, la infraestructura de un país y su desarrollo constituyen la plataforma más importante para su crecimiento económico. En este contexto la infraestructura que permite la comunicación por vía terrestre, se ha convertido en un elemento de gran trascendencia de integración

nacional, al permitir el desplazamiento de su población a lo largo del territorio nacional y al poner en contacto a productores, distribuidores y consumidores para hacer realidad la actividad económica.

En esto podemos encontrar la gran importancia de la función de los puentes no sólo en nuestro país sino en todo el mundo, ya que nos permite acortar distancias y facilitar el tránsito de las personas y vehículos, ofreciendo así soluciones de desarrollo para cada región o ciudad. En el documento también podemos encontrar algunos conceptos básicos de puentes, definiciones, tipos de puentes, sus componentes, las solicitaciones de carga, etc., incluso nos habla de algunos programas de conservación de puentes carreteros los cuales podemos tomar en cuenta para la aplicación en nuestro país y especialmente en el puente en estudio.

Su tesis es un aporte ingenieril muy significativo para los estudiantes, profesionales o instituciones involucradas en el mantenimiento de puentes ya que sirve como referencia al momento de realizar una evaluación de estas estructuras para determinar sus posibles fallas estructurales, en ella evalúa diferentes puentes de México los cuales no recibían mantenimiento adecuado y propone soluciones de reparación y reforzamiento para cada una de las partes comprometidas de los puentes, con fines de prevenir su deterioro y futuro colapso.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Inspección especial en puentes

Las Inspecciones Especiales, a diferencia del resto, no se realizan sistemáticamente o con carácter periódico, sino que surgen, generalmente, como consecuencia de los daños detectados en la inspección principal o, excepcionalmente, como consecuencia de una situación singular (como por ejemplo impactos de vehículos, daños por riadas o cualquier otro desastre natural, etc.) necesariamente implican la presencia de técnicos y equipos especiales. (España,2012)

Es la etapa del diagnóstico del puente es una investigación y evaluación detallada, mediante ensayos **semi destructivos y no destructivos** de los daños detectados en los elementos del puente a través de las inspecciones visuales. Consiste en auscultaciones profundas de la estructura que incluyen ensayos especializados en campo y en laboratorio, recomendados por la inspección principal cuando el encargado no está seguro de la causa de los daños encontrados. Este tipo de inspección permite determinar la clase de daño presente en los diferentes componentes de los puentes, su extensión y su causa. Se sugiere para una inspección especial las siguientes etapas para su ejecución.

A. Planeación primaria

- Información existente, Planos, Memoria de cálculos.

B. Planeación detallada

- Selección de métodos de prueba, Números de ensayos, Pruebas complementarias.

C. Ejecución de ensayos

- Realizado de acuerdo con el plan, sin dar opinión de resultados hasta que sean evaluados en detalle en laboratorio y/o oficina.

D. Evaluación del daño, causas y extensión

- Debe ser realizada por ingenieros experimentados con alto conocimiento de los mecanismos de daño y los métodos de ensayos. Después de terminados los ensayos, se hace una nueva inspección principal, con el objeto de actualizar la base de datos.

E. Estrategias de solución

- Basadas en los resultados de las pruebas y el análisis realizado en oficina, se sugieren los siguientes tipos de propuestas:
- Reparación completa
- Reparación provisional
- Ninguna obra, esperando una reconstrucción mayor o reemplazo total.
- Debe incluir el año óptimo de reparación, la situación del tráfico, el costo estimado de reparación y el costo del mantenimiento.

A continuación, se presentan los distintos ensayos por realizarse al momento de evaluar un puente, esto se ajustará de acuerdo a los requerimientos de cada uno de ellos.

Los ensayos **NO DESTRUCTIVOS**:

- Ensayo de Esclerometría o prueba de índice de rebote
- Ensayo de detección recubrimiento y espaciamiento de refuerzo

Los ensayos **DESTRUCTIVOS**:

- Extracción de núcleos perforados.
- Ensayo de tracción y elongación del acero
- Ensayo de Ultrasonidos para obtención de los espesores en elementos metálicos
- Ensayo de prueba de adherencia de pintura

- Contenidos de cloruros, sales y sulfatos
- Medición de espesor de pintura
- Ensayo de tensión

2.3.2. Ensayo de esclerometría para determinar el índice de rebote del concreto (MTC E-725).

Objetivo y Definición

El objetivo es realizar el ensayo no destructivo en una zona determinada por la inspección visual, cada elemento estructural deberá realizarse dicho ensayo para determinar con el número de rebote la resistencia a la compresión del concreto ya endurecido.

Este ensayo es aplicado para conocer la uniformidad de la resistencia del concreto in situ. Este ensayo nos permitirá evaluar de manera directa si existiera un concreto pobre, concreto resistente o concreto deteriorado.

Material y Equipos.

Martillo de rebote: Consistente en un martillo de acero, con resorte de carga, que al ser liberado impacta sobre un émbolo de acero en contacto con la superficie del hormigón (concreto). La distancia de rebote del martillo de acero, luego del impacto, es medida sobre una escala lineal adherida al marco del instrumento.



Figura 7 – Martillo de Rebote (Esclerómetro)

Piedra abrasiva: Con el uso de esta piedra se limará en la superficie de contacto para eliminar algún material superficial y no dificulte el ensayo.

Yunque de ensayo: Aproximadamente de 150 mm (6 pulgadas) de diámetro por 150 mm (6 pulgadas) de altura del cilindro, fabricado en acero, con área de impacto de una dureza Brinell de 500 kg/mm² o Rockwell de 52 C. Provisto de una guía para centrar el martillo de rebote sobre el área de impacto y mantenerlo perpendicular a la superficie.

Procedimiento.

Sostener el instrumento firmemente para que el émbolo esté perpendicular a la superficie de ensayo. Gradualmente empujar el instrumento hacia la superficie de ensayo hasta que el martillo impacte. Después del impacto, mantener presionado el instrumento y, si es necesario, oprimir el botón situado al costado del instrumento para trabar el émbolo en su posición retraída. Leer el número del rebote en la escala y registrarlo, aproximándolo al entero. Tomar diez lecturas de cada área de ensayo. Los ensayos de impacto estarán separados por más de 25 mm (1 pulgada). Examinar la impresión hecha sobre la superficie después del impacto, y si el impacto aplasta o destroza la superficie (hueca con aire), anular la lectura y tomar otra lectura.

Normatividad de referencia

MTC E -725: Manual de Ensayo de Materiales EM-2016

ASTM C 805:1997: Standard Test Method for rebound number of hardened concrete.

NTP 339.181:2001: HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido esclerómetro.

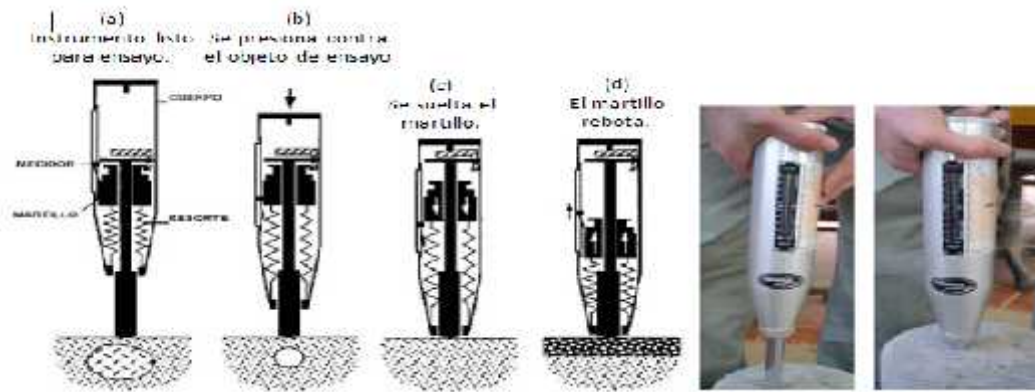


Figura 8 – Martillo de Rebote (Esclerómetro)

2.3.3. Ensayo de localización del refuerzo y espesor del recubrimiento de los aceros.

Objetivo y Finalidad

El objetivo de esta prueba es definir la ubicación del acero embebida en el concreto y determinar el espesor de recubrimiento al cual está ubicado el refuerzo. La localización del acero de refuerzo y la determinación del espesor de recubrimiento se realizó en diez diferentes sitios, en un área de 1m x 1m en dos direcciones.

El recubrimiento, estructuralmente, se refiere al espesor de concreto medido desde la superficie más externa de la armadura principal hasta la cara externa del elemento. El espesor de concreto libre desde la superficie de la armadura más externa hasta la cara del elemento se define como Capa de Protección.

Equipos

Medidor de cobertura y evaluación de barras tipo Prometer 6, utilizadas para la medición exacta y para la detección de la ubicación de las barras utilizando el principio de corriente de remolino de inducción de impulso como método de medición.



Figura 9 – Equipo para medición de espesores de recubrimiento y localización de acero. scanner

Procedimiento

Información preliminar. - antes de iniciar la actividad de campo se debe disponer de los planos definitivos de la estructura a estudiar, donde se indique con precisión la ubicación de la armadura, los diámetros de las barras y el espesor del recubrimiento. También es necesario conocer la posición y características de otros elementos metálicos embebidos en el concreto

Localización de la armadura. - se procede a localizar la armadura realizando un barrido lento con el escáner del pacómetro en sentido perpendicular a la dirección. Tentativa de la armadura, de manera que el eje central del escáner sea paralelo a la armadura y para indicar que se encuentra exactamente por encima de la barra el aparato emite un pitido (pacómetro digital).



Figura 10 – Localización de Armadura



Figura 11 – Localización de Armadura

Determinación de la profundidad de la armadura. - se determinará el recubrimiento o la capa de protección, según la armadura involucrada. Para cualquiera de los casos es importante tener en cuenta la precisión del aparato y el alcance de las ondas conocidas como corrientes de Eddy o pulso-inducción ya que para el caso del profometer 5 de la marca proceq en la presentación de su modelo scanlong se limita a sus parámetros de tomar mediciones en dos modos uno corto y uno largo: su modo corto el equipo tiene un alcance para detectar el acero a una profundidad de 70 mm

$\pm 2\text{mm}$ y en su modo largo el alcance se amplía hasta una profundidad de $180\text{ mm} \pm 4\text{mm}$, Además de contar con la posibilidad de obtener el diámetro de la barra de acero limitándose a solo medir diámetros de $1\frac{1}{2}$ ". El sensor debe posicionarse sobre la barra elegida en los tramos que no interfieran otros aceros para concentrar la respuesta magnética solo en la barra en la que se desea determinar su profundidad

Principio de medición.

La tecnología de inducción de impulsos electromagnéticos para detectar barras. Las bobinas de la sonda se cargan periódicamente mediante impulsos de corriente, lo que genera un campo magnético. En la superficie de cualquier material conductor de corriente eléctrica dentro del campo magnético se producen corrientes de remolino. Dichas corrientes inducen un campo magnético en sentido opuesto. El cambio de voltaje resultante puede utilizarse para la medición

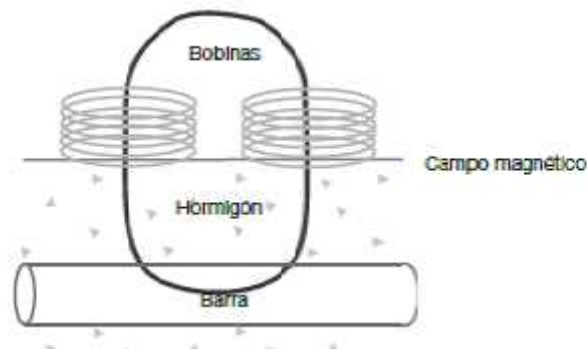


Figura 12 - Principio de Medición (fuente: Profometer 6).

Rango de Medición.

El rango de medición depende del tamaño de barra. La precisión esperada de la medición de cobertura se indica en el grafico más abajo. Está en conformidad con BS1881 parte 204, para barra única con suficiente distancia entre barras.

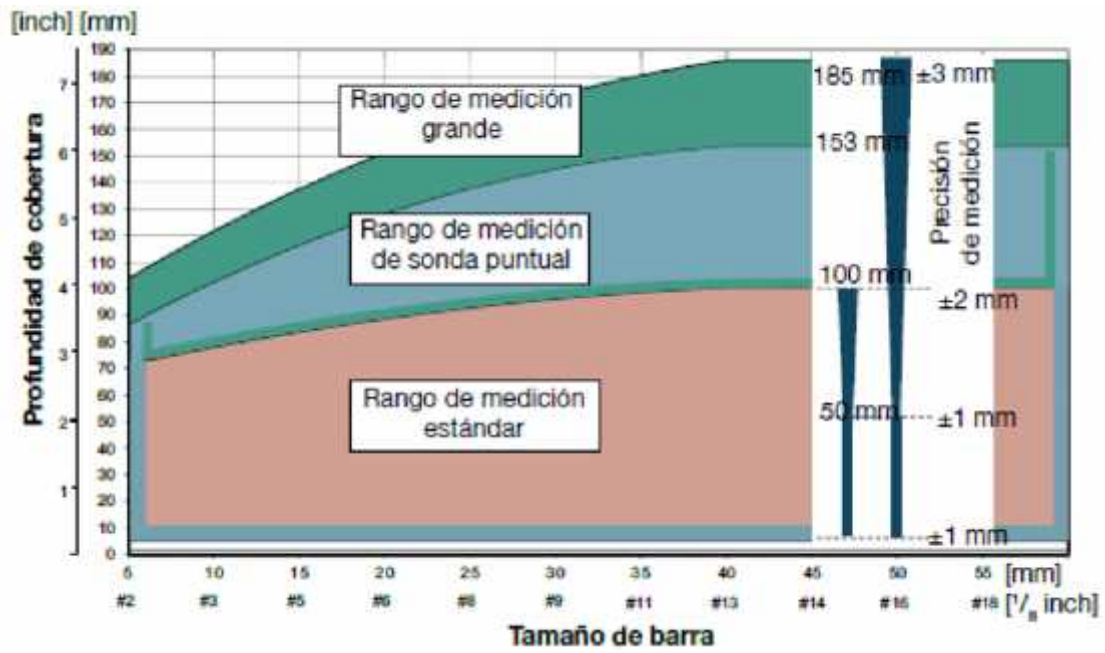


Figura 13 - Rangos de medición y precisión (fuente: Profometer 6).

Resolución.

Existe una distancia mínima entre barras en función de la profundidad de cobertura y el diámetro de barra. Será imposible distinguir entre barras individuales fuera de estos límites.

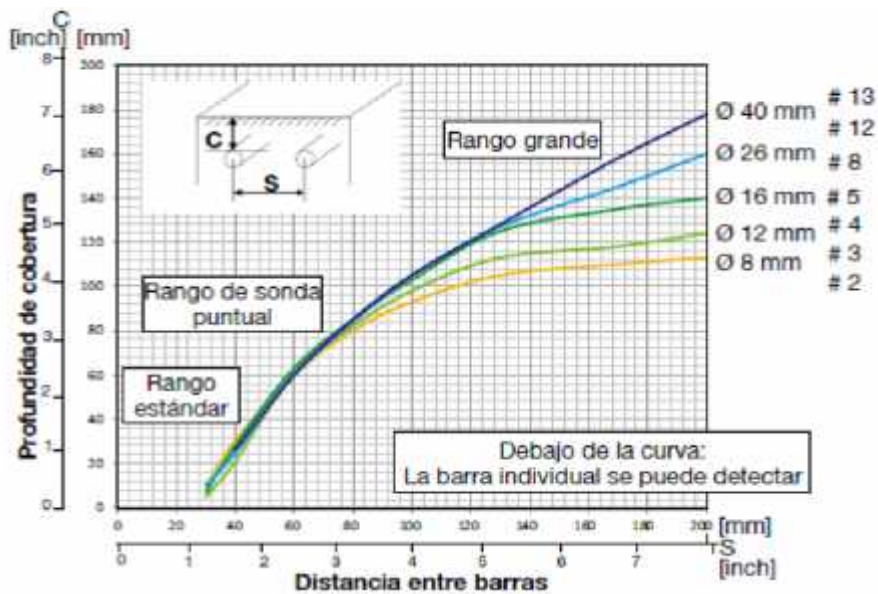


Figura 14 - Resolución de diámetros (Fuente: Profometer 6).

2.3.4. Extracción de núcleos perforado (extracción de diamantina)- MTC (E-707)

Objetivo y definición

El objetivo fundamental de extraer los núcleos perforado es para determinar su resistencia a la compresión, para ello se tiene que evaluar en qué lugar de cada elemento estructural se puede realizar la extracción.



Figura 15 - Taladro de núcleos.

Muestra.

Para extraer la muestra, primero se deberá realizar un trazado previo en los puntos de extracción de muestra. Para ello primero se trabajará con el escáner e identificar los aceros y tratar que la muestra a extraer sea solo concreto y no tengan acero de refuerzo, debido a que, si se contara con el acero en dicha muestra, la resistencia a la compresión aumentaría.

Normatividad de referencia

MTC E -707: Manual de Ensayo de Materiales EM-2016

NTP 339.059 HORMIGÓN (CONCRETO). Método para la obtención y ensayos de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto).

ASTM C 42 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

AASHTO T 24 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

2.3.5. Pruebas mecánicas en concreto armado

2.3.5.1. Resistencia a la compresión núcleos extraídos

Objetivo y Finalidad

El objetivo fundamental es llevar las muestras extraídas a laboratorio para colocar los especímenes en la prensa y poder determinar su resistencia a la compresión.

Los resultados obtenidos nos servirán para analizar e interpretar en que condiciones estructurales se encuentran los elementos estructurales.

Equipo y Materiales

Máquina de Ensayo – La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad descritas dentro de los parámetros técnicos.

Diseño – La máquina debe operar eléctricamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques. Si sólo tiene

una velocidad de carga, deberá estar provista de medios suplementarios para cargar a una velocidad apropiada para la verificación. Estos medios suplementarios de carga se pueden operar manualmente o por medio de motor.

La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen.



Figura 16 - Prensa de compresión.

Procedimiento.

El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.

Las muestras se deben mantener húmeda utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.

Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación.

Tabla N°1
Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ó 2,2%

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales EM2016.

Normatividad de referencia

MTC E -707: Manual de Ensayo de Materiales EM-2016

NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

2.3.6. Ensayos de sales sulfatos y cloruros en el concreto

2.3.6.1. Contenido de sulfatos

Objetivo y definición

Por lo general, suelos orgánicos como turbas, suelos arcillosos o con agua freática, contiene sulfatos entre los que se destacan el sulfato de amonio, el sulfato de calcio, el sulfato de magnesio y el sulfato de sodio, que son unos de los más agresivos. Se encuentran también sulfatos en agua de mar, en microorganismos, en abonos artificiales, en estiércol, y sulfatos provenientes de origen industrial como laboratorios (agua doméstica e industriales).

La formación de los sulfatos es mayor en las capas superiores del terreno. El contenido de sulfatos de las aguas freáticas depende no solo de la cantidad de piritas, yeso y materia orgánica, sino de los siguientes factores: Aireación del terreno, Velocidad de corriente de agua freática y Posibilidad de evaporación

Equipos y procedimiento.

Para determinar el contenido de sulfatos se recomienda emplear las normas ASTM C1012, ACI C201. Para esto se puede emplear el equipo, con el cual se puede realizar el ensayo "blended cements" se hace con mortero de 20MPa expuesto a 50 g-l de Na₂SO₄.

Criterio de evaluación.

Los límites del contenido de sulfato basados en la norma ACI C201-2R. Dichos límites también se presentan en la NSR-10 en el capítulo de durabilidad y se basan en la norma NTC 397.

Normatividad de referencia

ASTM D-516.

2.3.6.2. Contenido de cloruros

Objetivo y definición:

Consiste en la evaluación de la concentración de los cloruros totales o libres en la masa del concreto a diferentes niveles de profundidad, lo cual permite el cálculo aparente del cloruro hacia el interior y con ello la penetración del mismo con el tiempo. Los cloruros libres, los solubles en agua, representan un riesgo para el acero de refuerzo cuando alcanzan niveles críticos, produciendo corrosión en él acero; por su parte, el cloruro enlazado, que corresponde al aluminato tricálcico, sumado con el libre conforma el cloruro total (Muñoz, 2011).

Uno de los problemas que puede afectar la durabilidad del concreto, es el contenido de sales que se puede originar a partir de, agua de mezcla, agua contenida en los agregados, agua para curado, condiciones adyacentes a la estructura (áreas costeras).

Equipos y procedimiento

Existe La prueba rápida de cloruros, fácil y practica de realizar, que lleva a estimar la cantidad de cloruros presentes en el concreto. Para ello se toma una porción de concreto pulverizando y se mezcla con líquido extractor de cloruros, el procedimiento dura aproximadamente 5 minutos.

Tanto las mediciones de la prueba rápida de cloruros como el contenido libre de cloruros son limitadas, porque la muestra de concreto se disuelve en un ácido que libera una gran cantidad de cloruros. Una evaluación del contenido de cloruros libres solo se puede hacer mediante la realización de mediciones de agua destilada en el lugar del ácido.

Normatividad de referencia

ASTM D-512.

2.3.7. Pruebas sobre acero de refuerzo o acero estructural

2.3.7.1. Ensayo de tensión de barras corrugadas

Objetivo y Finalidad

El objetivo es analizar el comportamiento de los materiales metálicos al ser sometidos a un esfuerzo de tensión uniaxial, reconocer y determinar de manera práctica las distintas propiedades mecánicas de los materiales sometidos a esfuerzos de tensión o tracción, reconocer y apreciar los estados zona elástica y zona plástica de los metales, observar y reconocer las posibles diferencias que presentan los diversos materiales en cuanto a ductilidad y fragilidad.

Medición de la probeta

Antes de comenzar a realizar los ensayos de tensión se deben tomar las respectivas medidas dimensionales de las probetas. Este procedimiento de medición es efectuado con un gran cuidado y debe implementarse la correcta utilización del Calibrador "pie de rey", y la regla un instrumento de medición de vital importancia para tomar el valor de nuestros datos.

Para



tomar las medidas de nuestras probetas utilizaremos las unidades del sistema métrico internacional (SI) expresando dichas medidas en milímetros (mm). Es muy importante ser bastante cuidadosos en la toma de estas medidas ya que después de someter las probetas a los ensayos de tensión se van a ser unas comparaciones finales, tanto en la longitud de la probeta como el diámetro de la misma.

2.3.8. Pruebas sobre plancha de acero estructural

2.3.8.1. Ensayo de ultrasonido, medidor de espesor de acero estructural.

Objetivo y Finalidad

Consiste en la determinación del espesor remanente de perfiles de acero que contienen puentes tipo como: armaduras, vigas de acero de tableros mixtos entre otros.

Equipos y procedimientos.

Las especificaciones sobre el procedimiento y los equipos se pueden verificar empleando la norma ASTM E797/E797M. Existen equipos digitales transductores que, mediante las ondas ultrasónicas, determinan el espesor de elementos metálicos entre 0.5mm y 200mm con un error de más o menos el 2%. Para superficies accidentales o corroídas, es necesario pulir

la superficie en el sitio donde se vaya a realizar la prueba, es un ensayo muy útil para la medición del efecto de la corrosión sobre miembros metálicos importantes.



Figura 17 - Equipo para medir espesor de planchas de acero estructural.

2.3.8.2. Medidor de espesor de pintura

Objetivo y Finalidad

Consiste en la verificación del espesor de pintura de los componentes de acero de los puentes tales como: elementos con armaduras, vigas, arriostramientos, entre otros.

Equipos y procedimientos.

Existen diversos equipos para medir el espesor de pinturas o recubrimientos, mediante el principio de la incidencia entre una superficie electromagnética y una metálica. Con estas mediciones se certifican los espesores de la capa de pintura o recubrimientos necesarios para la protección de la estructura el procedimiento de este ensayo se puede realizar basándose en la norma **ASTM D1400**.



Figura 18 - Medición de espesor de pintura en estructura metálica.

2.4. Metodología de evaluación de la capacidad de carga y resistencia (LRFR).

2.4.1. Definición del LRFR.

El concepto general tras el procedimiento LRFR para evaluar la capacidad de carga viva peatonal de puentes consiste en el cálculo de un factor de capacidad de carga viva peatonal, denominada de aquí en adelante como

el factor de capacidad (RF), y definido de la siguiente manera (Álvarez et al, 2014).

Este factor relaciona la capacidad estructural reducida por el efecto de la carga muerta con el efecto que produce la carga viva peatonal sobre el elemento analizado (denominador).

$$RF = \frac{\text{Capacidad} - \text{Efecto de la carga muerta}}{\text{Efecto de la carga viva}}$$

(numerador)

Un factor de capacidad mayor o igual a uno ($FC \geq 1.0$) es satisfactorio ya que significa que la capacidad estructural del elemento reducida por el efecto de la carga muerta es mayor al efecto generado por la carga viva peatonal analizada por lo que su resistencia es satisfactoria, mientras que un factor de capacidad menor a uno ($FC < 1.0$) implica que el elemento analizado no posee la capacidad necesaria para soportar la carga viva peatonal evaluada (Álvarez et al, 2014).

2.4.2. Ventajas de la metodología LRFR

La principal ventaja de la metodología LRFR consiste en que el factor de capacidad obtenido se puede utilizar como herramienta para la toma de decisiones sobre la posible rehabilitación o clausura de la estructura (Álvarez et al, 2014).

Otra ventaja es que la metodología LRFR permite el uso de los factores de distribución de la carga viva incluidos en AASHTO LRFD (siempre y cuando se cumplan los requisitos mínimos establecidos para su aplicación), lo que hace mucho más sencillo el análisis estructural para las diferentes cargas vivas a evaluar (Álvarez et al, 2014).

Además, toma en cuenta la redundancia de la superestructura y el deterioro que tiene el elemento analizado en el momento de la evaluación, mediante la

aplicación de un factor de condición el cual modifica la resistencia de los elementos según su deterioro.

2.4.3. Desventajas de la metodología LRFR.

La desventaja del análisis simplificado es la imposibilidad de utilizar los factores de distribución de la carga viva para analizar puentes no convencionales tales como puentes móviles, puentes curvos, puentes suspendidos y puentes atirantados. Para estos puentes complejos se deben utilizar modelos estructurales elaborados siguiendo el concepto ya descrito que involucra la estimación del Factor de Capacidad.

Otra desventaja es que la metodología evalúa solamente los estados límite de resistencia, servicio y fatiga, dejando por fuera otros posibles casos como las combinaciones de evento extremo que podrían regir el diseño en ciertos elementos del puente.

2.4.4. Sobrecarga viva de diseño y verificación

2.4.4.1. Sobrecarga según especificación AASHTO estándar (diseño original).

La sobrecarga utilizada en el diseño original fue la correspondiente a la Norma FRANCESA denominada C30, la cual corresponde a un camión de 60 toneladas dispuesto como se muestra en la siguiente figura.

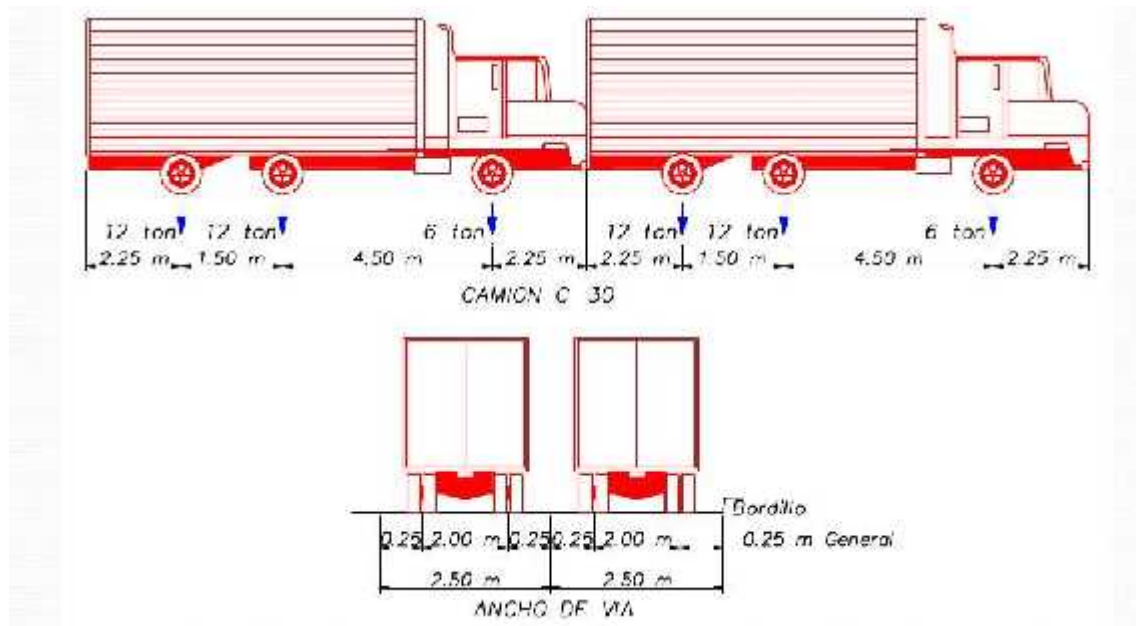


Figura 19 - Sobre carga de diseño original NORMA FRANCESA (C-30).

2.4.4.2. Sobrecarga según especificaciones AASHTO LRFD/MTC (Verificación)

La verificación estructural se realizó para la sobrecarga vehicular vigente la denominada HL-93 de las especificaciones AASHTO LRFD que es coincidente con la sobrecarga del Manual de Diseño de Puentes del MTC 2003. De acuerdo a la metodología de evaluación LRFR se evaluará el factor de relación RF que determinará las acciones a seguir para el reemplazo, rehabilitación y/o mantenimiento de los elementos del puente. La sobrecarga vehicular HL-93, en sus dos subsistemas, se presenta a continuación.

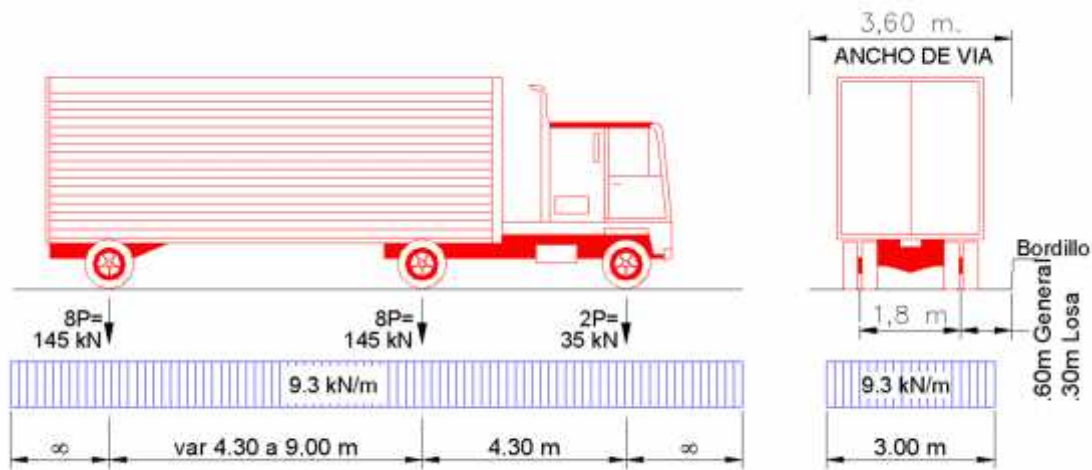


Figura 20 - HL-93 K Camión de verificación por carga de carril

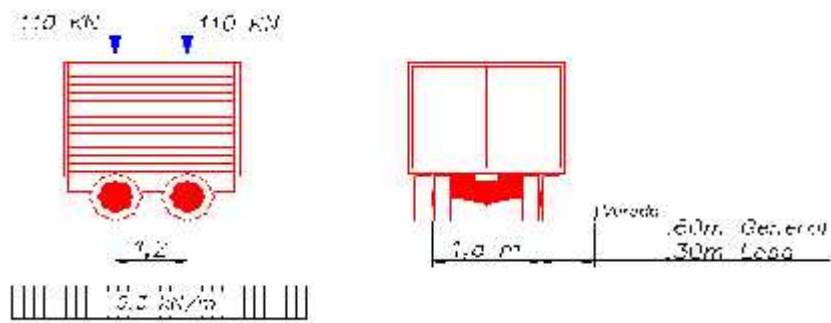


Figura 21 - HL-93 M, Tándem de diseño

2.4.4.3. Principio y filosofía del método analítico LRFR.

El AASHTO LRFR, (2011) definen el diseño y evaluación son similares en el enfoque general; no obstante difieren en aspectos importantes como:

Diseño: Existe gran incertidumbre respecto a la CARGA en función de la vida útil del puente nuevo.

Evaluación: Existe gran incertidumbre respecto a la RESISTENCIA; sobre todo en el caso de puentes existentes con pérdida de su capacidad resistente.

2.4.4.4. Ecuación general del LRFR

$$RF = \frac{C - \gamma_{DC} DC - \gamma_{DW} DW \pm \gamma_E P}{(\gamma_L)(LL + IM)} \quad (5.16)$$

Para el estado límite de resistencia: $C = \phi_C \phi_S \phi_R$ (5.17)

$$\phi_C \phi_S \geq 0.85$$

Donde se aplicará el siguiente límite: (5.18)

Para el estado límite de servicio $C = f_R$ (5.19)

Dónde:

- RF : Factor de Clasificación
- C : Capacidad
- DC : Efecto de Carga Muerta
- DW : Efecto de Carga-Muerta debido a Capa de Rodadura
- P : Cargas Permanente diferente a la carga muerta
- LL: Efecto de Carga-Viva
- IM: Carga Dinámica Asignada
- dc : Factor de Carga LRFD para Componente Estructural
- DW :Factor de Carga LRFD para Capa de Rodadura
- p:Factor de Carga LRFD para Carga Permanente = 1.0
- L:Factor de Carga Viva
- C :Factor de Condición
- S :Factor de sistema
- :Factor de Resistencia

2.4.4.5. Estados límites y factores de carga

Es el estado limite primario para la clasificación de fueras y cargas, además estos atienden los criterios para el estado límite de fatiga, conforme a lo estipulado en el manual, estos estados limites resumidos en la siguiente tabla.

Tabla N°2

Estados límites y factores de carga por distribución de cargas (AASHTO LRFR, 2011)

Tipo de puente	Estado Límite	DC	DW	Carga de diseño	
				Inventario	Operacional
				LL	LL
Acero	Resistencia I	1.25	1.50	1.75	1.35
	Resistencia II	1.25	1.5		
	Servicio II	1	1	1.3	1
	Fatiga	0	0	0.75	
Concreto Armado	Resistencia I	1.25	1.5	1.75	1.35
	Resistencia II	1.25	1.5		
	Servicio I	1	1		
Concreto Pretensado	Resistencia I	1.25	1.5	1.75	1.35
	Resistencia II	1.25	1.5		
	Servicio III	1	1	0.8	
	Servicio I	1	1		

Madera	Resistencia I	1.25	1.5	1.75	1.35
	Resistencia II	1.25	1.5		

Servicio I: 0.9 Fy

Factor DW en resistencia 1.25 cuando espesor se midió.

Fatiga se verifica con LRFD camión de fatiga Art. 6 A.6.4.1

2.4.4.6. Factor de condición C

El empleo del factor de condición como se presenta en la tabla siguiente, puede ser considerado opcional basado en la práctica de agentes de carga

Tabla N°3.

Factor condición del según estado actual del elemento (AASHTO LRFR, 2011)

Condición Estructural de puente	c
Bueno o Satisfactorio	1,00
Aceptable	0,95
Pobre	0,85

2.4.4.7. Factor de sistema S

Los factores sistema son aplicados a la resistencia nominal para reflejar el nivel de redundancia del sistema de superestructura completo. Los puentes que son menos redundantes tendrán sus capacidades de miembro factorizada, y por lo que tendrán la posición inferior

Tabla N.ª 4.

Factor Sistema (s) por efectos axiales (AASHTO LRFR, 2011)

Tipo de superestructura	s
Miembros Soldados en puentes Mixto/Reticulado/Arco	0.85
Miembros Remachados en puentes Mixto/Reticulado/Arco	0.90

Miembros rotulados en puentes Reticulados	0.90
Puentes de tres vigas compuestas con espaciamiento 6 ft	0.85
Puentes de cuatro vigas compuestas con espaciamiento \leq 4 ft	0.95
Otros puentes de viga compuesta y puentes losa	1
Viga transversal con espaciamiento mayor 12 ft y viga longitudinal no continuo.	0.85
Subsistema de Viga Longitudinal Redundante entre Viga Transversal	1

2.4.4.8. Criterio de evaluación basada en el AASHTO LRFR

Los criterios para la evaluación de los puentes según “The Manual for Bridge Evaluation” se tiene las siguientes clasificaciones por carga y resistencia.

Tabla N°5

Criterio de evaluación del puente por factor carga y resistencia (RF)

RF	Evaluación de Resistencia
< 0.6	Condición Crítica , Acción de reemplazo de la estructura o Demolición de la estructura.
De 0.6 a 1.0	Condición estable , Acción de reforzamiento de estructura o mantenimiento preventivo de rehabilitación.
> 1.0	Condición Optima , Estructura estable acción de mantenimiento rutinario.

Como se puede apreciar los valores de RF se deben aplicar para todos los elementos de la superestructura y determinar según el clasificador de resistencia, con las que se puede concluir si el elemento o la estructura requieren Cambio o reemplazo, mantenimiento de rehabilitación o mantenimiento rutinario.

2.5. Definiciones conceptuales

2.5.1. Puente

Se llama así a la estructura compuestas por elementos estructurales (superestructura y subestructura), cuya finalidad esta dar continuidad a las vías de comunicación ante posibles obstáculos.

2.5.2. Superestructura

La superestructura está conformada por vigas longitudinales vigas transversales, tablero y/o superficie de rodadura, veredas. En la superestructura se incide directamente las cargas las cuales serán transferidas hacia la subestructura a través de los apoyos.

2.5.3. Tablero

Se llama así a la superficie en contacto con las ruedas, el tablero es aquella losa de concreto armado que soportara todas las cargas para luego transferir a las vigas.

2.5.4. Estructura portante

Las estructuras portantes son aquellas que están diseñadas para soportar cargas y forman parte del análisis estructural, todo los esfuerzos y cargas son trasladadas hacia los estribos o pilares y posterior a ello a la cimentación.

2.5.5. Accesorios de puentes

Los accesorios para los puentes son complementarios para dar una mejor seguridad a las estructuras y peatones, se usó de barreras, barandas metálicas o de concreto, cables y señales de seguridad.

2.5.6. Sección transversal

Es el ancho de una sección con un corte perpendicular al eje de la vía, donde se delimita el ancho de la calzada, bermas, veredas, cuentas.

2.5.7. Ancho de vía (CALZADA)

El ancho de la vía es la parte pavimentada para el uso de uno o más carriles según su diseño.

2.5.8. Berma

Una berma es la porción contigua al carril que sirve de apoyo a los vehículos que se estacionan por emergencias. Su ancho varía desde un mínimo de 0.60 m en carreteras rurales menores, siendo preferible 1.8 a 2.4 m, hasta al menos 3.0 m, y preferentemente 3.6 m, en carreteras mayores. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que anchos superiores a 3.0 m predisponen a su uso no autorizado como vía de tráfico.

2.5.9. Veredas

Utilizadas con fines de flujo peatonal o mantenimiento. Están separadas de la calzada adyacente mediante un cordón barrera, una barrera (baranda para tráfico vehicular) o una baranda combinada. El ancho mínimo de las veredas es 0.75 m.

2.5.10. Barandas

Las barandas son instaladas paralelo a los ejes longitudinal de la vía como parte de la protección para los peatones. La altura mínima es de 1.10, las barandas serán consideradas y permitida para una velocidad máxima de diseño de 70 km/h para una velocidad mayor se tendrá que realizar el calculo para una barrera de concreto armado.

2.5.11. Barreras de concreto (o barandas para tráfico vehicular).

Las barreras de concreto serán diseñadas para velocidades mayores a 80 km/h, el objetivo fundamental del uso de las barreras es de mantener y corregir la dirección de desplazamiento de los vehículos desviados por alguna mala

maniobra del conducto. Con el uso de las barreras se podrá brindar la seguridad a los peatones, ciclistas.

2.5.12. Pavimento

Los pavimentos están clasificados como pavimento rígido o pavimento flexible. De acuerdo al cálculo y diseño de tráfico se recomendará que tipo de pavimento se deberá considerar.

2.5.13. Losa de transición

Son losas de transición con la vía o carretera, apoyadas en el terraplén de acceso. Se diseñan con un espesor mínimo de 0.20 m.

2.5.14. Drenaje

Son aquellos ductos colocados paralelos al eje longitudinal del puente con la finalidad de drenar la superficie de rodadura. En la sección transversal la pendiente será de 2% como mínimo..

2.5.15. Galibo

Los gálidos horizontal y vertical para puentes urbanos serán el ancho y la altura necesarios para el paso del tráfico vehicular. El gálibo vertical no será menor que 5.00 m. En zonas rurales, el gálibo vertical sobre autopistas principales será al menos de 5.50 m. En zonas altamente desarrolladas puede reducirse, previa justificación técnica. Los gálidos especificados pueden ser incrementados si el asentamiento pre calculado de la superestructura excede los 2.5 cm.

En puentes sobre cursos de agua, se debe considerar como mínimo una altura libre de 1.50 m a 2.50 m sobre el nivel máximo de las aguas. Los puentes construidos sobre vías navegables deben considerar los gálidos de navegación de esas vías; a falta de información precisa, el gálibo

horizontal podrá ser, por lo menos, dos veces el ancho máximo de las embarcaciones, más un metro.

2.5.16. Juntas de dilatación

La junta de dilatación permite que la estructura de concreto se pueda dilatar (contracción o expansión) debido a las altas y bajas temperaturas.

2.5.17. Pilar

Elemento estructural que sirve de apoyo centrales e intermedio y reciben las cargas de la superestructura para luego transmitir al cimiento.

2.5.18. Estribo

Son los elementos estructurales que sirven de soporte a la superestructura cuya ubicación es a los extremos del puente (inicio y fin). Los estribos forman parte de la subestructura, transmiten las cargas hacia la cimentación.

2.5.19. Fundaciones

Se encuentran bajo el terreno de la superficie son encargados de transmitir toda la carga al suelo, al absorber dicha carga el suelo se contrae dando origen a los asentamientos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

La tesis explica ensayos experimentales, criterios asumidos de diseños realizados, asimismo calculo estructurales de evaluación con la normativa vigente por el MTC para puentes, inspección y evaluación. Se realiza la descripción paso a paso de todos los ensayos realizados para poder determinar el nivel de servicio del puente evaluado.

3.2. Enfoque

De acuerdo al tipo de investigación esta vendría hacer una investigación cuantitativa, que nos permite comprobar mediante los resultados tomados en campo y a su vez evaluado en laboratorio.

3.3. Nivel de investigación

Es, experimental y no experimental, porque nos permite comprobar los resultados mediante las fórmulas y normas establecidas para este tipo de estructuras.

3.4. Población y muestra

Conociendo los puntos a tocar en este proyecto, la población y muestra de esta investigación está comprendida en el puente vehicular Reque (km 773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.

3.5. Operacionalización de variables e indicadores

Las variables que identifican la presente investigación son las siguientes:

Tabla 25: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE

DIMENSIONES

INDICADORES

Variable Independiente EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	TIPOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	ESTUDIO DE ESTRIBOS.
	ENSAYOS DESTRUCTIVOS. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.	ESTUDIO DE PILARES.
Variable Dependiente PUENTE RETICULADO	FORMAS DE ELEMENTOS RETICULADOS:	ESTUDIO DE VIGAS DE CONCRETO.
	PRATT HOWE WARREN POLONCEAU	ESTUDIO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En primer lugar, se deberá mapear el lugar de trabajo y evaluar los puntos estratégicos para la recolección de datos. Ver los tiempos de máxima demanda diaria de vehículos y la carga que transportan, llenar las fichas de cada uno de los elementos a evaluar y hacer un registro fotográfico de las áreas evaluada. Marcar y realizar las pruebas correspondientes pudiendo ser destructivas o no destructivas.

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Análisis Documental

En esta técnica hacemos una revisión de los documentos empleados, que ya tiene una investigación con sustentación, donde podemos notar que ya es

una recolección secundaria de datos las cuales nos ayudan a ser más concreta nuestra investigación. El pueden resumir estos trabajos mediante fichas de registro.

Análisis de Consulta Directa:

Esta técnica nos habilita la información de forma primaria, en la consulta y búsqueda de respuesta a las dudas que fueron apareciendo, agradezco al Ingeniero Orlando Ayala Mauricio, por su disposición en absolver las dudas conjuntamente.

3.6.2. Descripción de los instrumentos de recolección de datos

Como fuentes de documentación escrita como virtual.

Revisión Documental:

Esta es una lista de la información documental con la que más se trabajó:

Diseño de Puentes Libro con AASHTO-LRFD 2010 de Arturo Rodriguez Serquen

Libro Roberto Morales Morales. Diciembre 2000 – “Diseño en Concreto Armado” sobre Dinámica Estructural.

Libro Genner Villarreal Castro / Dr. Ricardo Oviedo Sarmiento. Abril 2016 – “Diseño

Manual de Análisis y diseño Puentes CSI Bridge

Manual de Análisis y diseño Puentes SAP 2000

Manual de Análisis y diseño usando el programa Etabs 16.02.

Guía de Inspección de Puentes MTC – 2006

Elaboración del Informe Final:

Se llevó a cabo la realización de todo el informe que conlleva a esta realización de tesis.

Instrumentos de Ingeniería:

Se tuvo en empleo todos estos recursos que dan credibilidad de una correcta utilización de las herramientas que hoy la tecnología nos facilita.

Etabs 16.02

Sap 2000

CSI Bridge

AutoCAD 2017

MATLAB

Calculadora Científica.

Microsoft Excel

3.6.3. Técnicas para el procesamiento de la información

El objetivo de la metodología es determinar el grado de conservación de la estructura cuantificando en un valor de 0 a 100, denominado INDICES DE ESTADO, para ello se evalúan 03 aspectos de la estructura y cada uno de ellos nos aporta un índice:

Aspecto Normativo. Evalúa el cumplimiento de la norma vigente, aspectos geométricos, cargas considerables, métodos de cálculo, elementos de seguridad, etc. Se cuantifica mediante un Índice de Normativa. %
Ponderación: 20%

Aspecto estructural. Evalúa los daños que sufren cada elemento estructural y su estado de conservación atendiendo a criterios de extensión, gravedad, evolución e importancia del elemento. Se cuantifica mediante un Índice de Daños. % Ponderación: 60%

Aspecto Hidráulico. Evalúa las condiciones hidráulicas en las que se encuentra a estructura, tales como el estado del cauce, se cuantifica mediante un Índice Hidráulico. % Ponderación 20%

Se establece la siguiente escala:

0 - 50: Estructura en **CATEGORÍA 1** (Sujeta a Evaluación Superficial), que puede conllevar la realización de ensayos y un Proyecto de Reparación y mejora de elementos. En este caso se adjuntarían las recomendaciones.

51 - 75: estructura en **CATEGORÍA 2** (Sujeta a Evaluación en Profundidad), en la que, por medio de trabajos de campo más exhaustivos mediante una Inspección Especial, se logre determinar y precisar las mejoras que necesita la misma para seguir funcionando sin riesgos para la seguridad.

76 - 100: Estructura en **CATEGORÍA 3** (Estructura fuera de rango), situación que implica Demolición y Reemplazo por una nueva estructura con objeto de garantizar la seguridad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4. Resultados

Los recursos que se han podido emplear a lo largo de toda esta investigación, los nombraremos continuación

4.1. Diagnostico situacional del puente requere

El Puente vehicular de este informe consiste en una estructura metálica tipo Warren de tablero inferior simplemente apoyada de tres tramos, cuya luz principal es 153.95m entre ejes de apoyos, 0.21m peralte de losa. La configuración estática se muestra en el esquema siguiente:

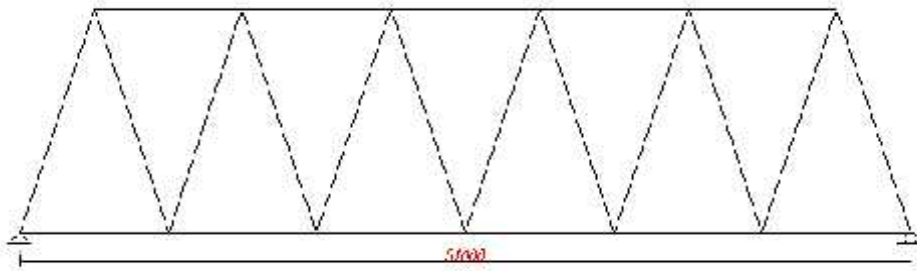


Figura 22 - Configuración Estática de 01 tramo

4.2. Superestructura

La inspección visual arroja como resultado principal una idea del estado general de conservación de la parte de la estructura accesible. Se describe a continuación la información recabada de dicha inspección, atendiendo a los componentes más importantes del puente.

4.2.1. Elemento losa de concreto armado

La losa constituye un mecanismo resistente que transmite las cargas a los elementos principales del puente, se encuentra en regular estado de conservación, se observa fisuras resanadas y eflorescencia del concreto.



Figura 23 - Vista del Puente Reque

4.3. Subestructura

4.3.1. Elemento estribo

El puente se encuentra apoyado sobre estribos y pilares de concreto armado, éstos se encuentran en regular estado, presenta problemas de eflorescencia y pequeñas fisuras en la parte de la pantalla.



Figura 24 - Vista del Puente Reque – Estribo Derecho

4.3.2. Elemento pilar N.º 01

Se aprecia eflorescencia del concreto y con problemas de socavación.



Figura 25 - Vista del Puente Reque – Pilar N.º 01

4.3.3. Ensayo no destructivo, índice de rebote (MTC E-725)

Como para la verificación de la evaluación estructural del Puente Reque se requiere conocer la resistencia del concreto actual, que además complementa la inspección visual y con el objeto de conocer las propiedades mecánicas del material que componen los elementos como son la losa, estribos y pilares de concreto armado.

Para el ensayo de índice de Rebote se utilizó un Esclerómetro modelo HT225. A continuación, se observan los resultados de las pruebas para cada elemento, estos son sustentados mediante un certificado que se muestra en el Anexo 02.

4.3.4. Elemento estribo izquierdo de concreto armado ensayo índice de rebote

Tabla N°6

Resultados Índice De Rebote Elemento Estribo Izquierdo de Concreto

Ni ENSAYO	ÍNDICE DE REBOTE $f'c$ (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO $F'c$ (Kg/cm ²)	RELACIÓN $F'c/f'c$	OBSERVACIÓN
P1	245	210	0.86	ACEPTABLE
P2	232	210	0.90	ACEPTABLE
P3	245	210	0.86	ACEPTABLE

P4	245	210	0.86	ACEPTABLE
P5	232	210	0.90	ACEPTABLE
P6	245	210	0.86	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

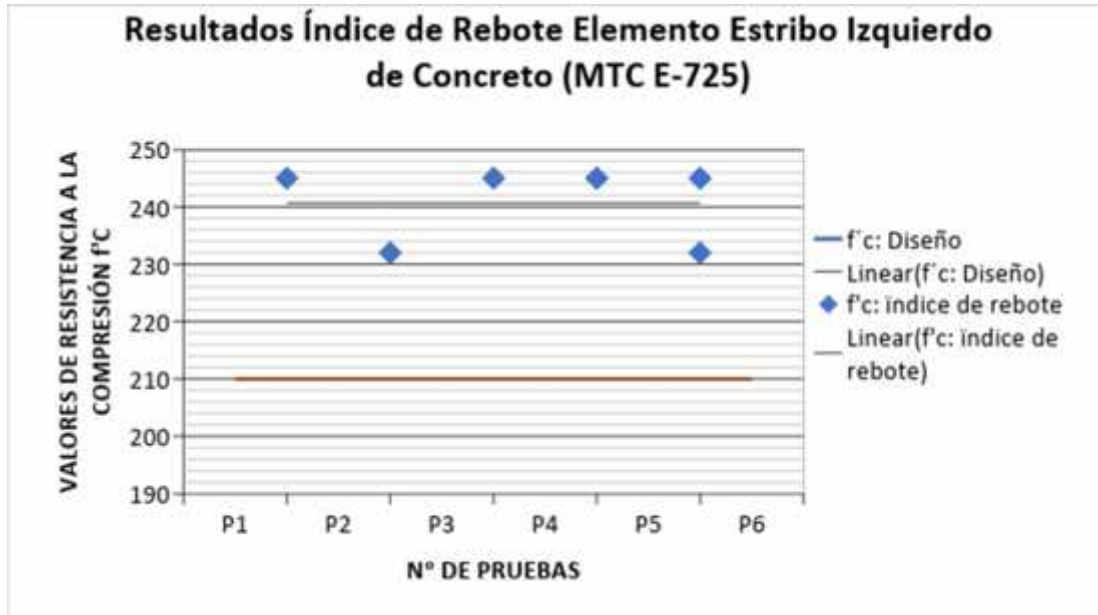


Figura 26: Resultados índice de rebote para el elemento Estribo Izquierdo de Concreto

4.3.5. Elemento de estribo derecho de concreto armado ensayo índice de rebote

Tabla N°7

Resultados Índice De Rebote Elemento Estribo Derecho De Concreto

Ni ENSAYO	ÍNDICE DE REBOTE f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	305	210	0.69	ACEPTABLE
P2	336	210	0.62	ACEPTABLE
P3	336	210	0.62	ACEPTABLE
P4	352	210	0.60	ACEPTABLE
P5	352	210	0.60	ACEPTABLE
P6	321	210	0.65	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

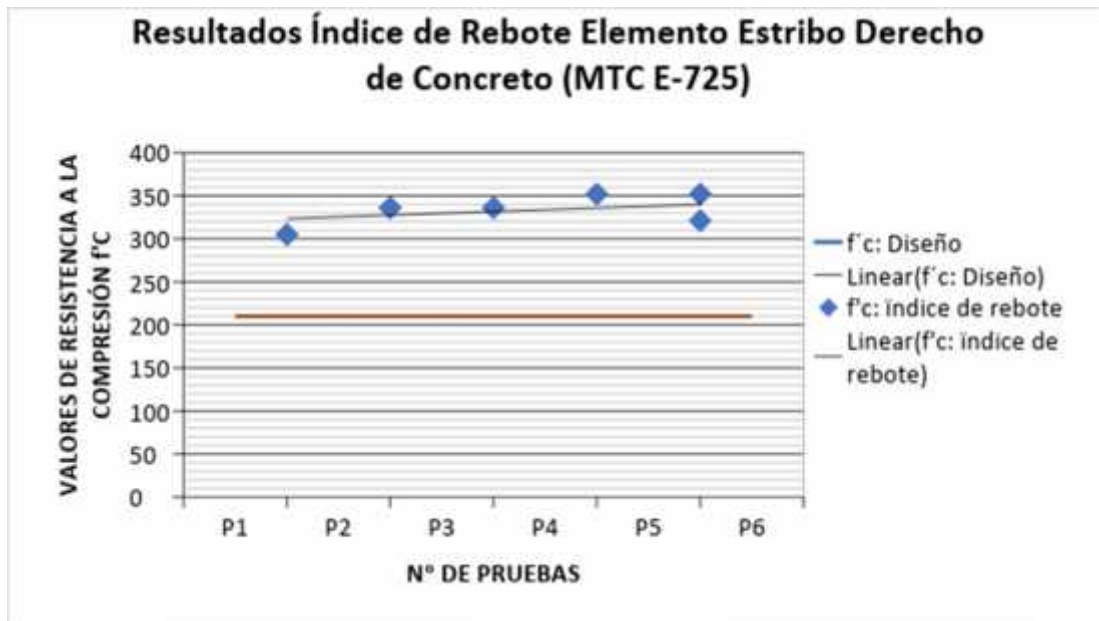


Figura 27: Resultados índice de rebote para el elemento Estribo Derecho de Concreto Armado

4.3.6. Elemento pilar N.º 01 - Lado anterior de concreto armado ensayo índice de rebote

Tabla N°8

Resultados Índice De Rebote Elemento Pilar N° 01 - Lado Anterior de Concreto

Ni ENSAYO	ÍNDICE DE REBOTE f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	259	210	0.81	ACEPTABLE
P2	305	210	0.69	ACEPTABLE
P3	324	210	0.65	ACEPTABLE
P4	324	210	0.65	ACEPTABLE
P5	259	210	0.81	ACEPTABLE
P6	259	210	0.81	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

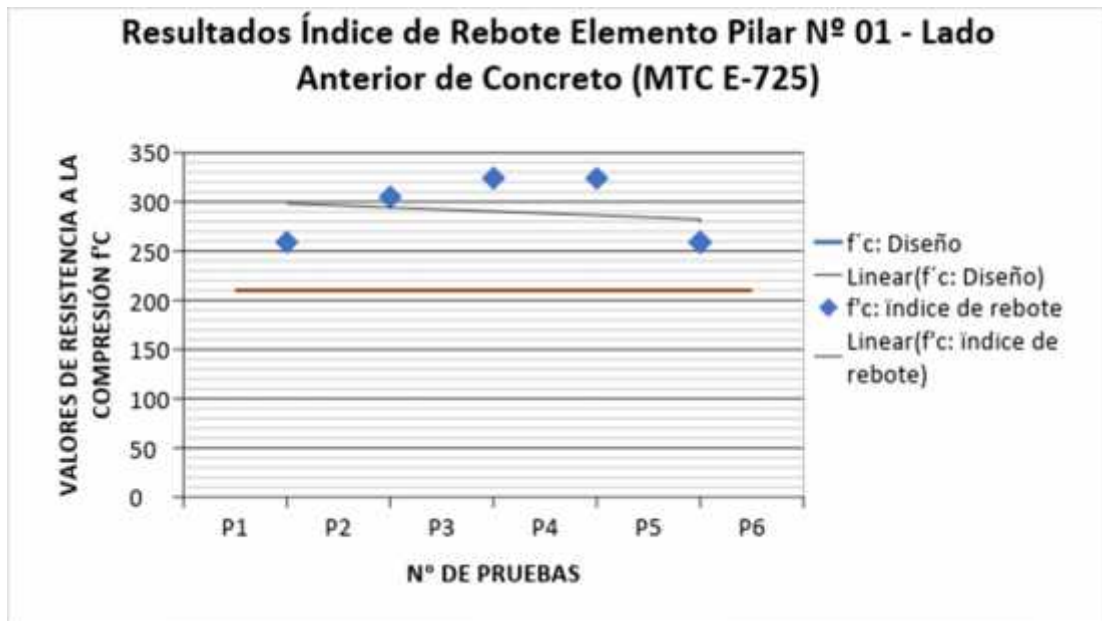


Figura 28: Resultados índice de rebote para el elemento Pilar N.º 01 - Lado Anterior de Concreto Armado.

4.3.7. Elemento pilar N.º 01 - Lado posterior de concreto armado ensayo índice de rebote

Tabla N°9

Resultados Índice De Rebote Elemento Pilar N° 01 - Lado Posterior de Concreto

Ni ENSAYO	ÍNDICE DE REBOTE f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	259	210	0.81	ACEPTABLE
P2	273	210	0.77	ACEPTABLE
P3	273	210	0.77	ACEPTABLE
P4	259	210	0.81	ACEPTABLE
P5	245	210	0.86	ACEPTABLE
P6	289	210	0.73	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

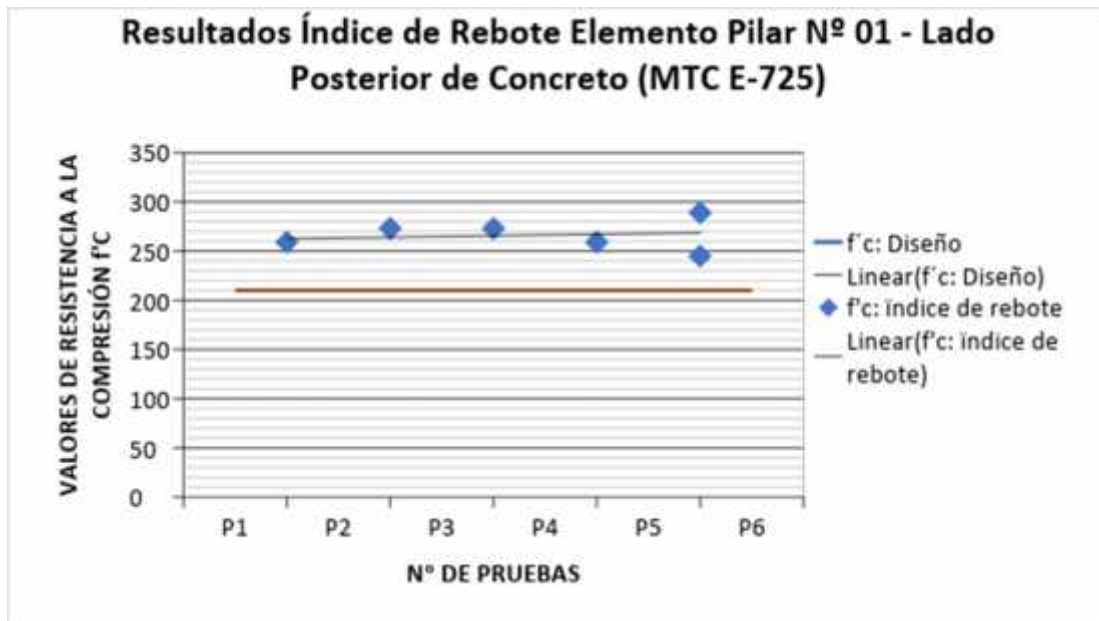


Figura 29: Resultados índice de rebote para el elemento Pilar N.º 01 - Lado Posterior de Concreto Armado.

4.3.8. Elemento pilar N.º 02 - Lado anterior de concreto armado ensayo índice de rebote

Tabla N°10

Resultados Índice De Rebote Elemento Pilar N° 02 - Lado Anterior de Concreto

Ni ENSAYO	ÍNDICE DE REBOTE f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	408	210	0.51	ACEPTABLE
P2	380	210	0.55	ACEPTABLE
P3	289	210	0.73	ACEPTABLE
P4	259	210	0.81	ACEPTABLE
P5	273	210	0.77	ACEPTABLE
P6	289	210	0.73	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

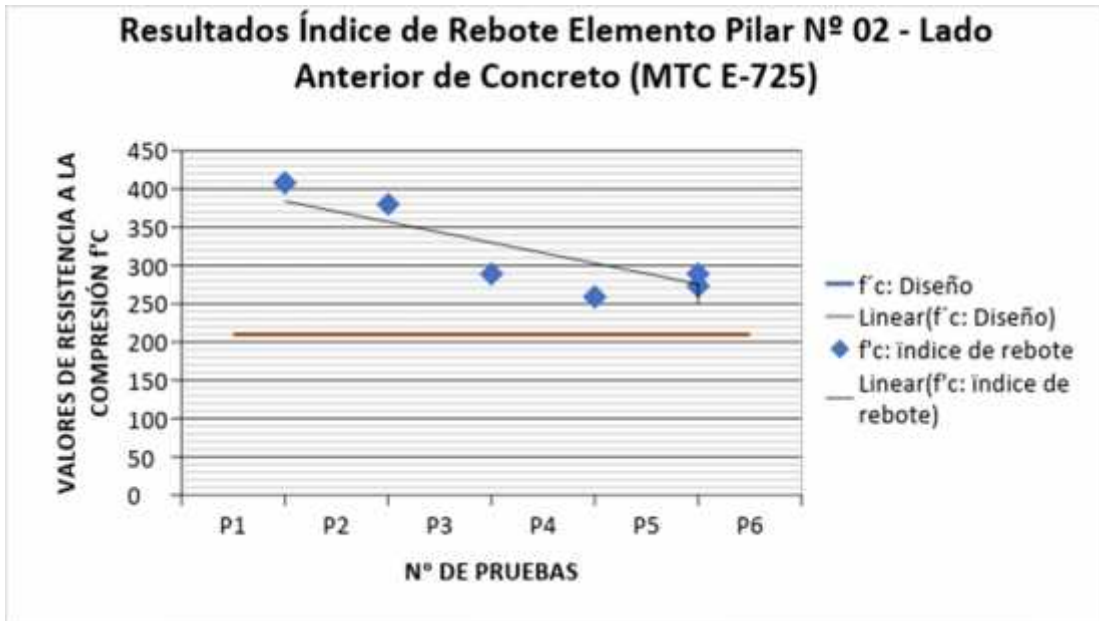


Figura 30: Resultados índice de rebote para el elemento Pilar N.º 02 - Lado Anterior de Concreto Armado.

4.3.9. Elemento pilar N.º 02 - Lado posterior de concreto armado ensayo índice de rebote

Tabla N°11

Resultados Índice De Rebote Elemento Pilar N° 02 - Lado Posterior de Concreto

Ni ENSAYO	ÍNDICE DE REBOTE f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	336	210	0.62	ACEPTABLE
P2	321	210	0.65	ACEPTABLE
P3	336	210	0.62	ACEPTABLE
P4	273	210	0.77	ACEPTABLE
P5	289	210	0.73	ACEPTABLE
P6	232	210	0.90	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

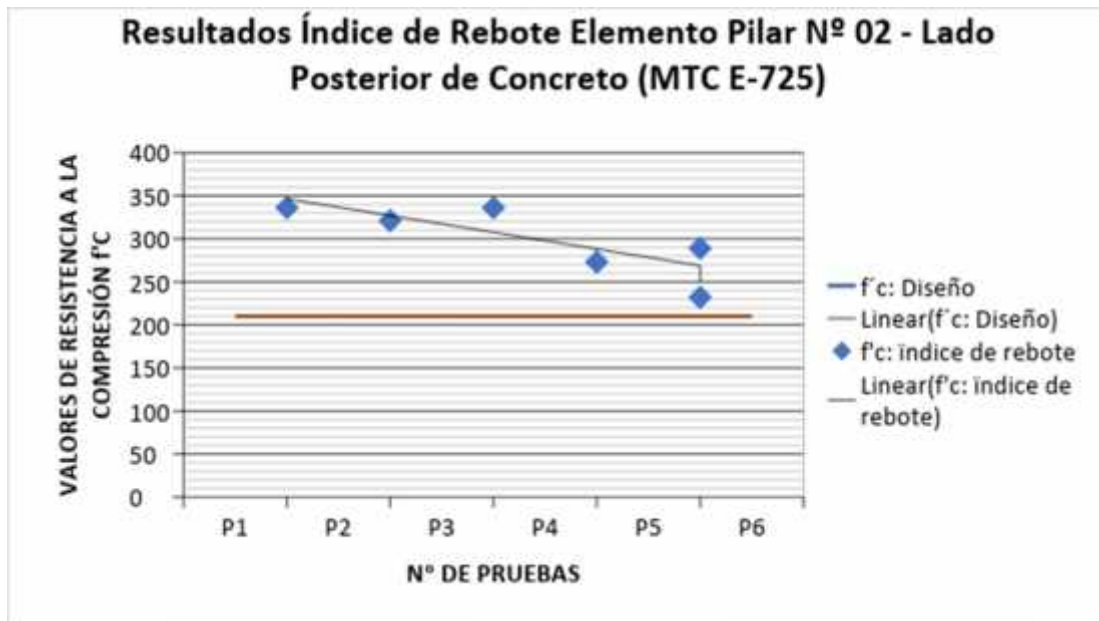


Figura 31: Resultados índice de rebote para el elemento Pilar N.º 02 - Lado Posterior de Concreto Armado.

4.3.10. Ensayo destructivo, toma de núcleos (MTC E-707)

Como para la verificación de la evaluación estructural del Puente Reque se requiere conocer la resistencia del concreto actual, que además complementa la inspección visual y con el objeto de conocer las propiedades mecánicas del material que componen los elementos como son la losa, muro intermedio y estribos de concreto armado.

Para el ensayo de toma de núcleos a continuación se observan los resultados de las pruebas para cada elemento, estos son sustentados mediante un certificado que se muestra.

4.3.10.1. Elemento estribo derecho de concreto armado ensayo toma de núcleos

Tabla N°12
Resultados Toma de Núcleos Elemento Estribo Derecho

Ni ENSAYO	CÓDIGO DE MUESTRA	TOMA DE NÚCLEO f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	ED-T-1	269.2	210	0.78	ACEPTABLE
P2	ED-T-2	508.3	210	0.41	ACEPTABLE
P3	ED-T-3	322.1	210	0.65	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

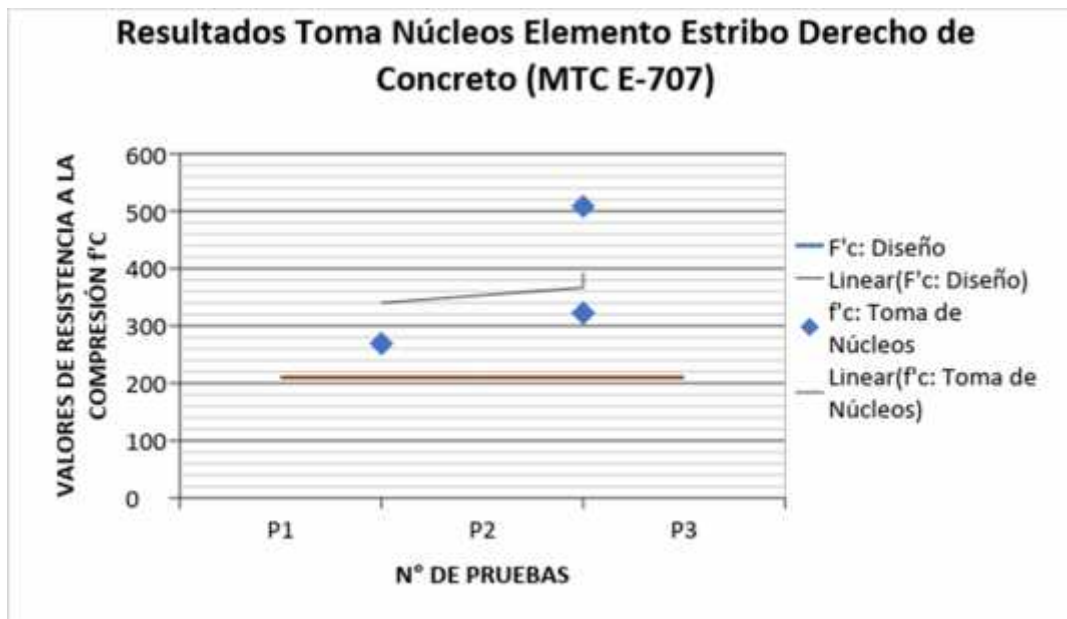


Figura 32: Resultados Toma de Núcleos Elemento Estribo Derecho

4.3.10.2. Elemento losa de concreto ensayo toma de núcleos

Tabla N°13

Resultados Toma de Núcleos Elemento Losa de Concreto

Ni ENSAYO	CÓDIGO DE MUESTRA	TOMA DE NÚCLEO f'_c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'_c (Kg/cm ²)	RELACIÓN F'_c/f'_c	OBSERVACIÓN
P1	L-T-1	227	280	1.23	POBRE
P2	L-T-2	293.5	280	0.95	ACEPTABLE
P3	L-T-3	286	280	0.98	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

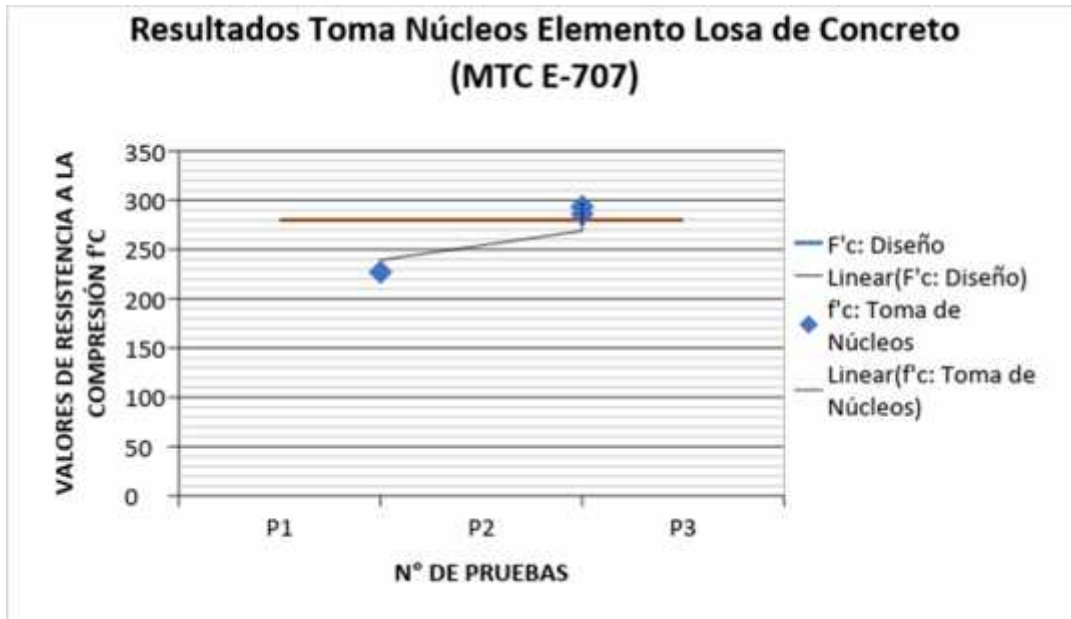


Figura 33: Resultados Toma de Núcleos Elemento Losa de Concreto

4.3.10.3. Elemento pilar N.º 01 de concreto ensayo toma de núcleos

Tabla N°14

Resultados Toma de Núcleos Elemento Pilar N° 01 de Concreto

Ni ENSAYO	CÓDIGO DE MUESTRA	TOMA DE NÚCLEO f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO F'c (Kg/cm2)	RELACIÓN F'c/f'c	OBSERVACIÓN
P1	P1-T-1	428.2	210	0.49	ACEPTABLE
P2	P1-T-2	561.9	210	0.37	ACEPTABLE
P3	P1-T-3	260.5	210	0.81	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración Propia

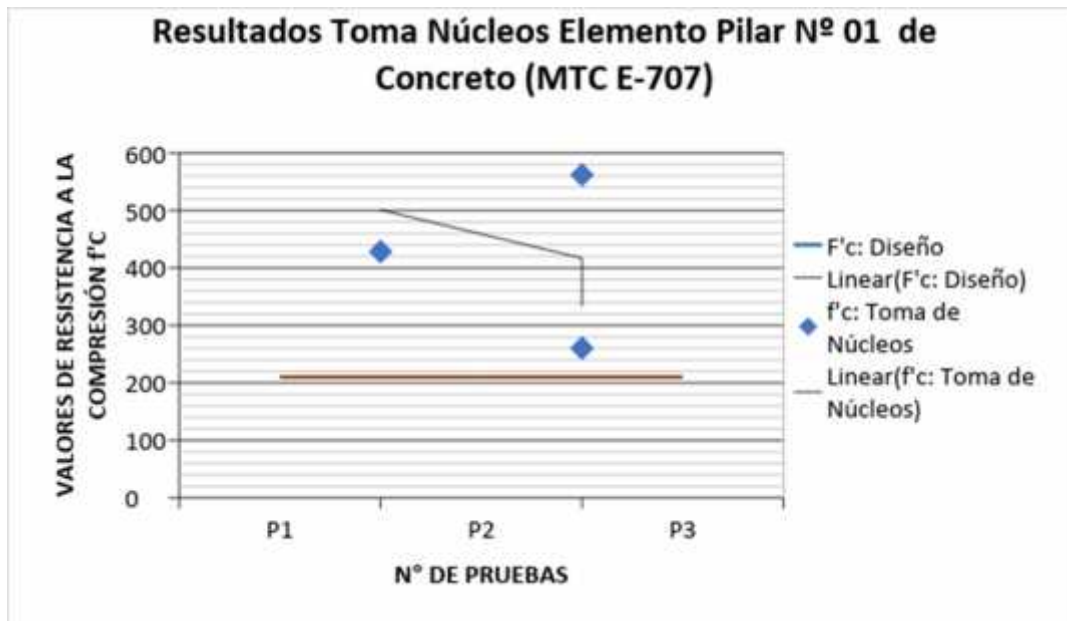


Figura 34: Resultados Toma de Núcleos Elemento Pilar N.º 01 de Concreto

4.3.11. Correlación entre índice de rebote y toma de núcleos.

4.3.12. correlación entre índice de rebote y toma de núcleos elemento PILAR N.º 01

Tabla N°15

Resultados Correlación Toma de Núcleos vs Índice de Rebote; Elemento Pilar N° 01

Ni	ÍNDICE DE REBOTE f'c (Kg/cm2)	TOMA DE NÚCLEO f'c (Kg/cm2)	DISEÑO f'c (Kg/cm2)	AVALORES PROYECTADOS F'c (Y=-0.2824X +609.49)	ERROR ENTRE RESULTADOS F'c/f'c (%)	OBSERVACIONES
1	259	428.2	210.0	210.23	51%	POBRE
2	305	561.9	210.0	1.23	100%	POBRE
3	324	260.5	210.0	472.38	81%	POBRE
	X=	416.87	210.0	227.94	45%	POBRE

Fuente: Elaboración Propia

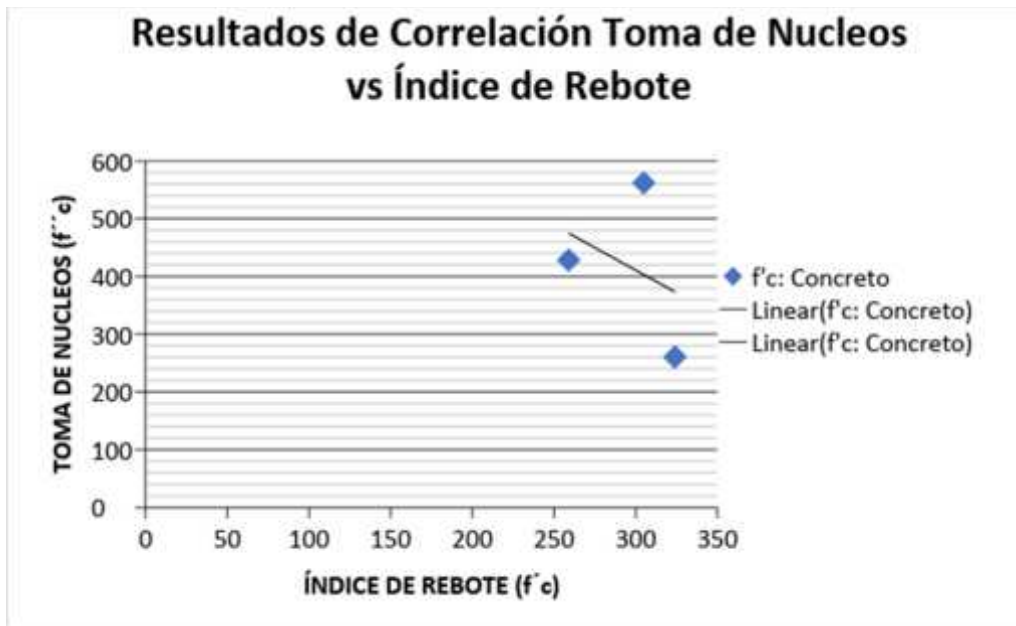


Figura 35: Resultados Correlación Toma de Núcleos vs Índice de Rebote; Elemento Pilar N° 01

4.4. Evaluación por durabilidad de los materiales

4.4.1. Exposición de los materiales a los sulfatos (aci 318-05).

El concreto está expuesto a concentraciones perjudiciales de sulfatos, procedentes del suelo y el agua, debe fabricarse con cementos resistentes a los sulfatos. En la Tabla 9.1 se enumeran los tipos apropiados de cemento, la máxima relación agua-material cementante y la mínima resistencia a la compresión especificada para diversas condiciones de exposición. Al seleccionar un cemento para resistir sulfatos, la principal consideración es su contenido de aluminato tricálcico (C3A).

Tabla N° 16

Requisitos Para Concretos Expuestos a Soluciones que Contienen Sulfatos

Exposición a sulfatos	Sulfato acuoso soluble (SO ₄) en suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Concreto de peso normal, relación máxima agua-material cementante en peso*	Concreto de peso normal y ligero, f'c mínimo, MPa*
Insignificante	0.00 ≤ SO ₄ < 0.10	0 ≤ SO ₄ < 150	—	—	—
Moderada†	0.10 ≤ SO ₄ < 0.20	150 ≤ SO ₄ < 1 500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	28
Severa	0.20 ≤ SO ₄ < 2.00	1 500 ≤ SO ₄ < 10 000	V	0.45	31
Muy severa	SO ₄ > 2.00	SO ₄ > 10 000	V más puzolana‡	0.45	31

Fuente: ACI 318-05

Para obtener el contenido de sulfatos en el concreto se aplicó el método de ensayo usado ASTM D516 para evaluar la resistencia a los sulfatos de los elementos, en la Tabla 9.2 se muestran los resultados de los ensayos en laboratorio.

Tabla N°17

Contenido de %Sulfatos en Elementos de Concreto

ELEMENTO	MUESTRA	SULFATOS (%)	OBSERVACIÓN
LOSA	L-R-1	1.42	NO CUMPLE
LOSA	L-R-2	1.18	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-1	0.51	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-2	0.71	NO CUMPLE
PILAR	P1-R-1	0.04	SI CUMPLE
PILAR	P1-R-2	1.60	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

se aprecian los resultados del contenido de %sulfatos en los elementos de concreto armado, donde los valores máximos permisibles para condiciones de exposición es 0.50% para la superestructura y para condiciones moderadas se tiene como límite 0.4%, donde se determina que el elemento losa, estribo y pilar el contenido de sulfatos son mayores a los permisibles por lo que dichos elementos No Cumplen con los requisitos máximos permisibles.

4.4.2. Protección del refuerzo contra la corrosión (aci 318-05).

Información adicional sobre los efectos de los cloruros en la corrosión del acero de refuerzo aparece en "Guide to Durable Concrete" del Comité ACI 2014.10 y en "Corrosion of Metals in Concrete" del comité ACI 2224.11. Los procedimientos de ensayo deben ajustarse a los dados en ASTM C1218. Puede obtenerse una evaluación inicial ensayando los componentes individuales del concreto respecto a su contenido total de iones de cloruro. Cuando el contenido total de iones cloruro, calculado a partir de la dosificación del concreto, excede los valores permitidos en la Tabla 9.2, puede ser necesario ensayar muestras de concreto endurecido respecto al contenido de iones cloruro, acuosolubles, como se describe en la guía ACI 201. Parte del total de iones cloruro presentes en los componentes, o bien es insoluble, o reacciona con el cemento durante la hidratación y se vuelve insoluble, según los procedimientos de ensayo descritos en ASTM C1218.

Tabla N°18

Contenido Máximo de iones cloruro para la Protección contra la Corrosión del Refuerzo

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro (Cl^-) solubles en agua en el concreto, porcentaje en peso de cemento
Concreto preesforzado	0.06
Concreto reforzado que en servicio estará expuesto a cloruros	0.15
Concreto reforzado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1.00
Otras construcciones de concreto reforzado	0.30

Fuente: ACI 318-05

Tabla N°19

Contenido de %Cloruros en Elementos de Concreto

ELEMENTO	MUESTRA	CLORUROS %	OBSERVACIÓN
LOSA	L-R-1	0.63	NO CUMPLE
LOSA	L-R-2	0.61	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-1	0.22	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-2	0.32	NO CUMPLE
PILAR	P1-R-1	0.01	SI CUMPLE
PILAR	P1-R-2	0.55	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

se aprecian los resultados del contenido de %Cloruros en los elementos de concreto armado, donde los valores máximos permisibles es 0.15%, donde se determina que el elemento estribo, losa y pilar, el contenido de cloruros es mayores a los permisibles por lo que dichos elementos *No Cumplen* con los requisitos máximos permisibles de protección contra la corrosión.

4.5. Evaluación por factor carga y factor resistencia metodología AASHTO LRFR

4.5.1. Descripción de la estructura.

El Puente Reque, consiste en una estructura metálica tipo Warren de tablero inferior, simplemente apoyada de tres tramos, cuya luz principal es 153.95m, 0.21m peralte de losa. La configuración estática se muestra en el esquema siguiente:

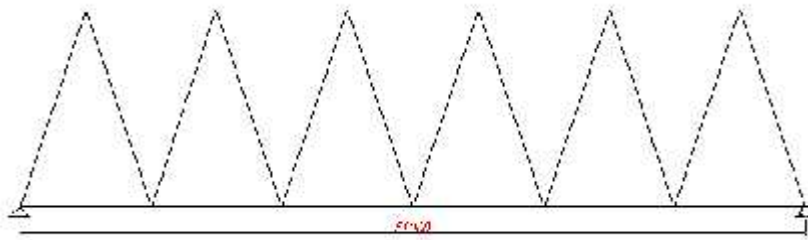


Figura 36: Configuración Estática del Puente Reque

4.5.2. Modelo numérico de la estructura

El modelo numérico de la estructura y el análisis estructural se realiza con la ayuda del software comercial CSI Bridge V.16, como se muestra en la siguiente figura:

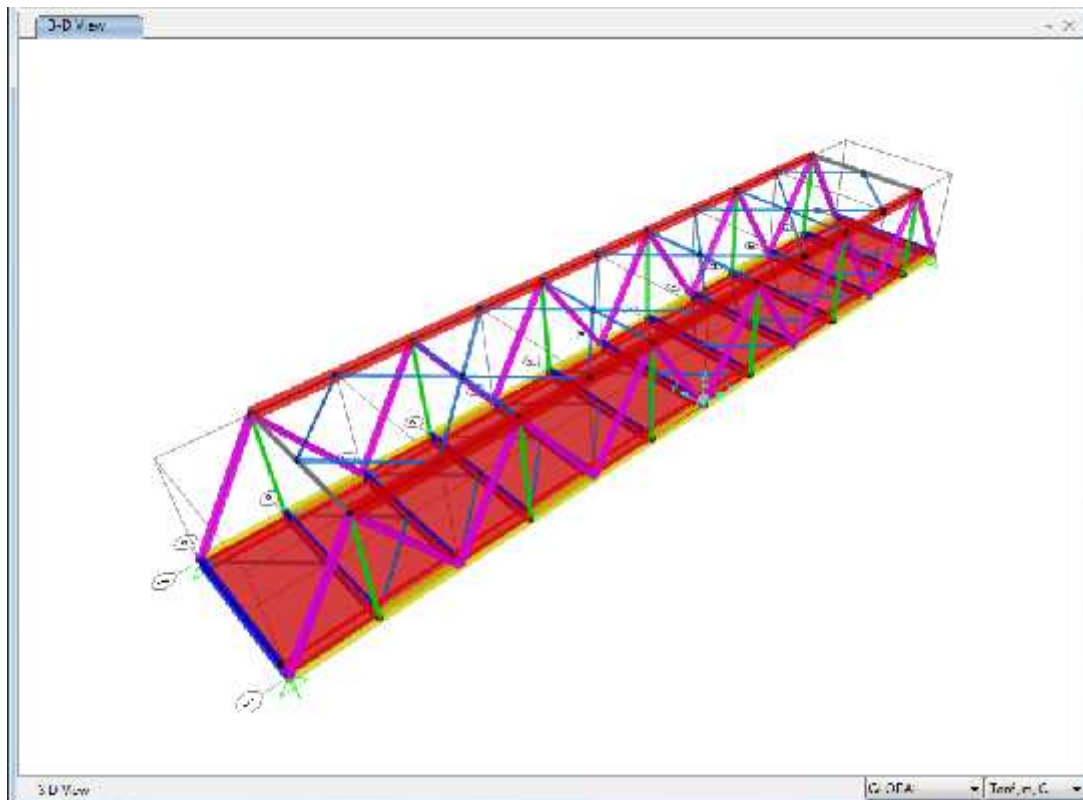


Figura 37: Modelo Numérico del Puente Reque

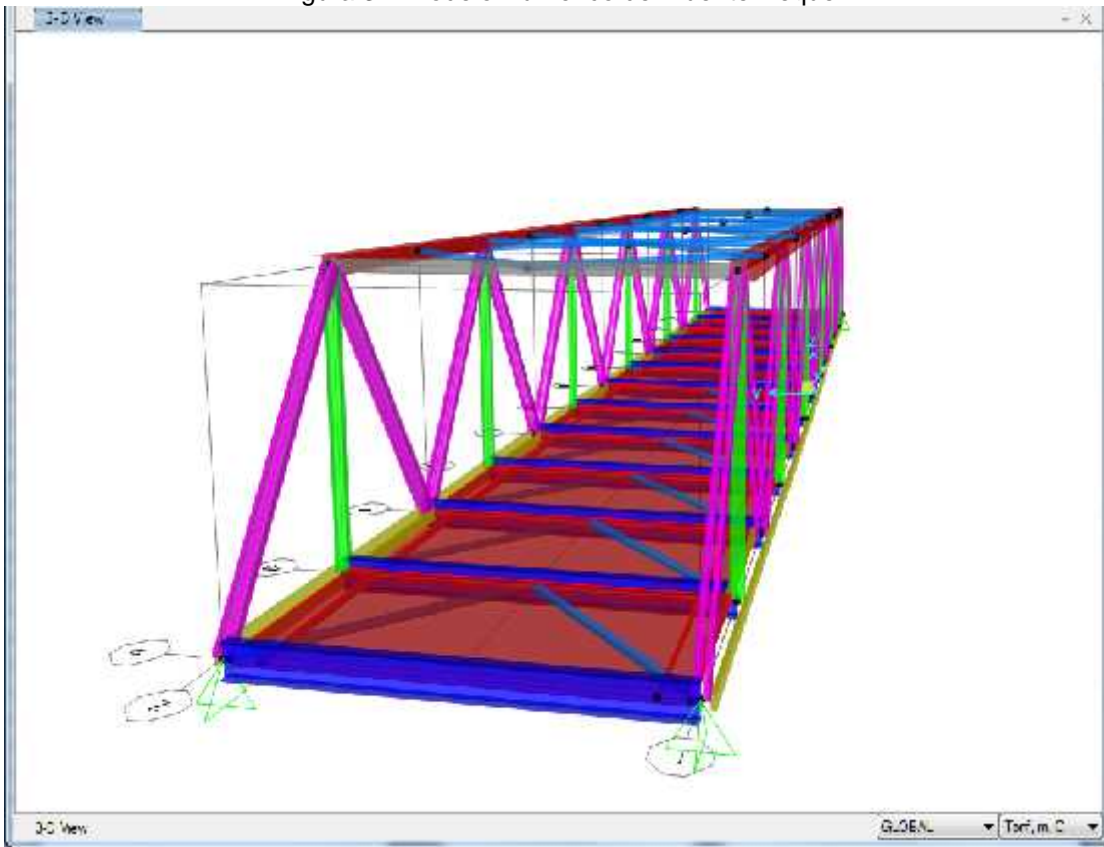


Figura 38: Modelo Numérico del Puente Reque

4.5.3. Análisis por sobrecarga de diseño original aashto estándar

La sobrecarga utilizada en el diseño original fue la correspondiente a la Norma FRANCESA, denominada C-30, la cual corresponde a un camión de 60 toneladas dispuesto como se muestra en la siguiente figura.

4.5.4. Análisis por sobrecarga de verificación aashto lrfd (hl-93)

La verificación estructural se realizó para la sobrecarga vehicular vigente la denominada HL-93 de las especificaciones AASHTO LRFD que es coincidente con la sobrecarga del Manual de Diseño de Puentes del MTC 2003. De acuerdo a la metodología de evaluación LRFR se evaluará el factor de relación RF que determinará las acciones a seguir para el reemplazo, rehabilitación y/o mantenimiento de los elementos del puente. La sobrecarga vehicular HL-93, en sus dos subsistemas, se presenta a continuación

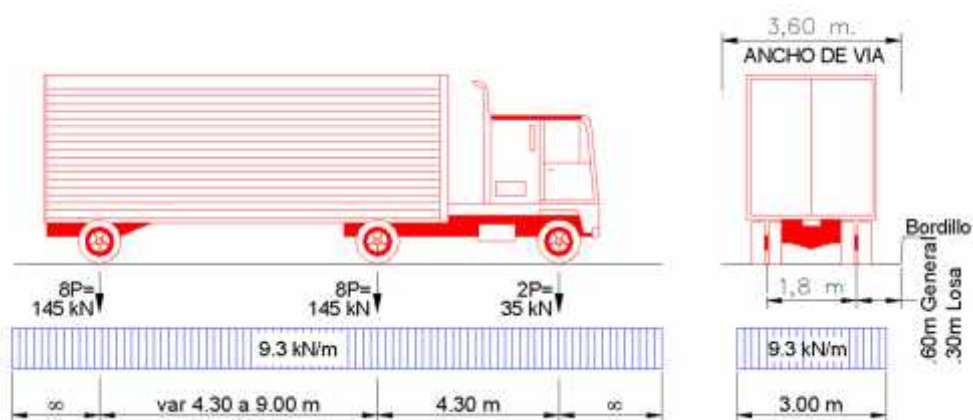


Figura 41: Camión de Diseño por Carga HL-93 K. (Fuente: AASHTO-LRFD)

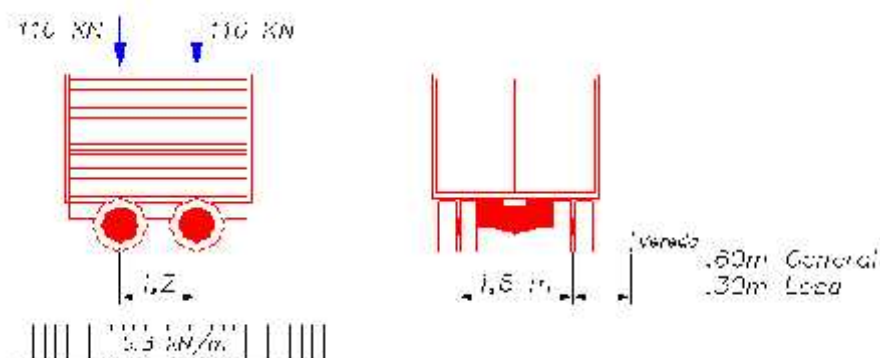


Figura 42: Tandem de diseño HL-93 M (Fuente: AASHTO-LRFD)

Realizando el análisis estructural en el puente con la sobrecarga vehicular HL93 de las especificaciones AASHTO LRFD obtenemos las fuerzas internas actuantes para las cargas clasificadas DC, DW y CAMION HL93 las cuales se presentan a continuación. El AASHTO LRFD 3.6.2.2-1 indica que el efecto dinámico es $I=33\%$. En la tabla 11.2 se muestran los resultados de los Momentos Máximos sin factorar.

Tabla N°21

Elemento	Fuerza Axial (t)		
	DC	DW	LL + IM
Brida superior	186.63	20.56	163.75
Brida inferior	191.36	20.98	166.62
Diagonal	96.16	10.61	87.26
Montante	9.58	1.24	31.64

4.5.5. Verificación por factor carga y factor resistencia

Cálculo a nivel de Factor Resistencia "RF" de acuerdo a AASHTO LRFR Los factores utilizados serán los siguientes.

$$RF = \frac{C - \gamma_{DC} DC - \gamma_{DW} DW \pm \gamma_P P}{(\gamma_L)(LL + IM)}$$

DC : 1.25 Factor de carga LRFD para el peso de los componentes estructurales

DW : 1.50 Factor de carga LRFD para el peso de la superficie de desgaste

LL+IM (inventario) : 1.75 Factor de Carga Viva Inventario

LL+IM (operación) : 1.35 Factor de Carga Viva Operación

P : 1 Factor de carga LRFD para las cargas permanentes diferentes al peso propio

$$RF = 0.85$$

Tabla N°22

Elemento	INSPECCION	OPERACIONAL
Brida superior	0.99	1.28
Brida inferior	0.97	1.25
Diagonal	1.00	1.30
Montante	0.57	0.74

4.5.6. Criterio de evaluación aashto lrfr

Los criterios para la evaluación de los puentes según "The Manual for Bridge Evaluation" se tiene las siguientes clasificaciones por carga y resistencia.

Tabla N°23

Criterio de evaluación del puente por factor carga (RF)

RF	Evaluación de Resistencia
< 0.6	Condición Crítica , Acción de reemplazo de la estructura o Demolición de la estructura.
De 0.6 a 1.0	Condición estable , Acción de reforzamiento de estructura o mantenimiento preventivo de rehabilitación.
> 1.0	Condición Óptima , Estructura estable acción de mantenimiento rutinario.

De los criterios de evaluación del LRFR el elemento evaluado se encuentra en **CONDICIÓN ESTABLE**.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y recomendaciones

En este informe se presentaron los resultados de una Inspección Especial al puente Reque, el mismo que se trata de un puente metálico tipo Warren simplemente apoyada de tres tramos de tablero inferior, que cruza el río Chancay.

Se recopiló información procedente de evaluaciones e intervenciones anteriores los cuales fueron como punto de partida para los procedimientos a seguir, según estudio realizado el 2010 por la empresa Euroconsult, éste concluye como valoración final que el puente se ubica como **Categoría 2**, lo que define que el puente requiere de una inspección especial detallada para ver la condición y el procedimiento a realizar.

La inspección especial se llevó a cabo a través de un relevamiento ocular y ensayos no destructivos y ensayos destructivos, orientados a conocer las propiedades calidad y durabilidad de los materiales. Los resultados de estos ensayos se muestran a continuación:

De la evaluación de la calidad de los materiales se tiene lo siguiente:

Los Ensayos de Índice de Rebote se realizaron en los diferentes elementos del puente utilizando un Esclerómetro modelo HT225, para conocer la resistencia a la compresión de los elementos de concreto. Según resultados mostrados, muestran en todos los casos que el $f'c_{(\text{esclerómetro})} > F'c_{(\text{diseño})}$ por lo que éstos valores son aceptables.

Los Ensayos de Tomas de Núcleos se realizaron en los diferentes elementos de concretos componentes del puente utilizando un equipo para Toma de Núcleos en Concreto, estos se llevaron al laboratorio para luego ser ensayados mediante procedimientos de resistencia a la compresión. Los resultados que $f'c_{(\text{toma de núcleos})} > F'c_{(\text{diseño})}$ para la losa, muro intermedio y estribo izquierdo.

Para la aceptación de los dos ensayos y la calidad del concreto descritos anteriormente se realizó una correlación del resultado en entre el Índice de Rebote y la Toma de Núcleos cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla N°23

Resultados Correlación Toma de Núcleos vs Índice de Rebote; Elemento Pilar N° 01

N°	ÍNDICE DE REBOTE $f'c$ (Kg/cm ²)	TOMA DE NÚCLEO $f'c$ (Kg/cm ²)	DISEÑO $f'c$ (Kg/cm ²)	AVALORES PROYECTADOS $F'c$ ($Y=-0.2824X+609.49$)	ERROR ENTRE RESULTADOS $F'c/f'c$ (%)	OBSERVACIONES
1	259	428.2	210.0	210.23	51%	POBRE

2	305	561.9	210.0	1.23	100%	POBRE
3	324	260.5	210.0	472.38	81%	POBRE
	X=	416.87	210.0	227.94	45%	POBRE

Fuente: Elaboración Propia

De la evaluación de la durabilidad de los materiales se tiene lo siguiente:

Se realizaron ensayos del contenido de Sulfatos para los diferentes elementos de concreto, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N°24

Contenido de %Sulfatos en Elementos de Concreto

ELEMENTO	MUESTRA	SULFATOS (%)	OBSERVACIÓN
LOSA	L-R-1	1.42	NO CUMPLE
LOSA	L-R-2	1.18	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-1	0.51	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-2	0.71	NO CUMPLE
PILAR	P1-R-1	0.04	SI CUMPLE
PILAR	P1-R-2	1.60	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron ensayos del contenido de Cloruros para protección contra la corrosión del acero de refuerzo a los diferentes elementos de concreto, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N°25

Contenido de %Cloruros en Elementos de Concreto

ELEMENTO	MUESTRA	CLORUROS %	OBSERVACIÓN
LOSA	L-R-1	0.63	NO CUMPLE
LOSA	L-R-2	0.61	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-1	0.22	NO CUMPLE
ESTRIBO	ED-R-2	0.32	NO CUMPLE
PILAR	P1-R-1	0.01	SI CUMPLE

PILAR	P1-R-2	0.55	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

se aprecian los resultados del contenido de %sulfatos en los elementos de concreto armado, donde los valores máximos permisibles para condiciones de exposición es 0.50% para la superestructura y para condiciones moderadas se tiene como límite 0.4%, donde se determina que el elemento losa, estribo derecho y pilar, el contenido de sulfatos es mayores a los permisibles por lo que dichos elementos **No Cumplen** con los requisitos máximos permisibles.

se aprecian los resultados del contenido de %Cloruros en los elementos de concreto armado, donde los valores máximos permisibles es 0.15%, donde se determina que el elemento losa, estribo derecho y pilar, el contenido de sulfatos es mayores a los permisibles por lo que dichos elementos **No Cumplen** con los requisitos máximos permisibles de protección contra la corrosión.

De la evaluación estructural por factor carga y factor resistencia se tiene lo siguiente:

Con la evaluación estructural por sobrecargas vigente y la carga de diseño original estándar y aplicado al modelo numérico del puente sometido a condiciones de carga como peso propio, losa de concreto, asfalto y sobrecarga se tiene un factor de verificación de la condición estructural a nivel de Inspección **RF \approx 1.00**, según la escala de verificación la condición del puente es **ESTABLE**, por lo que requiere de un **mantenimiento preventivo de rehabilitación**.

CONCLUSIÓN FINAL:

El Puente Reque, Km 773+000 No cumple con los parámetros de Condición y Serviciabilidad exigidos por la Concesión.

La ubicación del puente está referida a las progresivas de la actual Panamericana.

El Puente Reque según los resultados de las evaluaciones realizadas se encuentra en una condición **ESTABLE**, dado que los elementos que lo conforman **Si Cumplen** con los requisitos de Ductilidad y Resistencia; en cuanto a Durabilidad los elementos de concreto **No cumplen**.

Finalmente se concluye que el puente debe tener un Mantenimiento Preventivo de Rehabilitación.

CAPÍTULO VI

FUENTES

6. Fuentes de información

6.1. Fuentes bibliográfica

Diseño de Puentes Libro con AASHTO-LRFD 2010 de Arturo Rodríguez Serquen

Libro Roberto Morales Morales. Diciembre 2000 – “Diseño en Concreto Armado” sobre Dinámica Estructural.

Libro Genner Villarreal Castro / Dr. Ricardo Oviedo Sarmiento. Abril 2016 – “Diseño

Manual de Análisis y diseño Puentes CSI Bridge

Manual de Análisis y diseño Puentes SAP 2000

Manual de Análisis y diseño usando el programa Etabs 16.02.

Guía de Inspección de Puentes MTC – 2006

6.2. Fuentes hemerográficas

Guía de Inspección de Puentes MTC – 2006

6.3. Fuentes documentales

Texto Guía de Ingeniería Sísmica-Felipe Ramiro Saavedra

Reglamento Nacional de Edificaciones E. 030 “Diseño Sismorresistente”. Lima: Sencico.

F.- Reglamento Nacional de Edificaciones E. 060 “Concreto Armado”. Lima: Sencico.

G.- Reglamento Nacional de Edificaciones E. 050 “Suelos y Cimentaciones”. Lima: Sencico.

Catalogo Taylor Device.Pdf

Seismic Protection with FVD

MTC E -707: Manual de Ensayo de Materiales EM-2016

NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ANEXOS

ENSAYO INDICE DE REBOTE

ESTRIBO IZQUIERDO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque	Tipología	: Reticulado
Dep. Político	: Lambayeque	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Vial	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.65"S
Provincia	: Chiclayo	Longitud	: 79°49'33.17"W
Distrito	: Reque	Poblado	: Reque
Fecha	: 31/05/2018	Código	: 017
Kilometraje	: Km 773+000	Ruta Nacional	: PE-1N

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ÍNDICE REBOTE (ASTM C 805)

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Estribo izquierdo	CÓDIGO DEL EQUIPO	: MODELO HT26
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	:	CERT. CALIBRACIÓN	:

ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	Estribo izquierdo

Esferometría N° 1	
Numero de Rebote	Lectura de Rebote
Rebote N° 01	32
Rebote N° 02	34
Rebote N° 03	34
Rebote N° 04	34
Rebote N° 05	32
Rebote N° 06	34
Rebote N° 07	32
Rebote N° 08	34
Rebote N° 09	34
Rebote N° 10	32
Promedio	33
Cantidad de Rebotes Descartados	0
Condicion de ensayo	CUMPLE
Índice de Rebote	33
Resistencia a la Compresión Aproximada (kg/cm²) *	245



OBSERVACIONES:

- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.
- (*) Datos proporcionado por el solicitante.
- La resistencia a la compresión de la estructura de concreto fue calculado con la tabla que el equipo presenta.

ESTRIBO DERECHO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque	Tipología	: Reticulado
Dep. Político	: Lambayeque	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Vial	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.65"S
Provincia	: Chiclayo	Longitud	: 79°49'33.17"W
Distrito	: Reque	Poblado	: Reque
Fecha	: 31/05/2018	Código	: 017
Kilometraje	: Km 773+000	Ruta Nacional	: PE-1N

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ÍNDICE REBOTE (ASTM C 805)

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Estribo Derecho	CÓDIGO DE EQUIPO	: MODELO HT25
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	:	CERT. CALIBRACIÓN	:

ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	: Estribo Derecho

Esclerometría N° 31	
Numero de Rebote	Lectura de Rebote
Rebote N° 01	37
Rebote N° 02	36
Rebote N° 03	38
Rebote N° 04	39
Rebote N° 05	37
Rebote N° 06	39
Rebote N° 07	37
Rebote N° 08	39
Rebote N° 09	36
Rebote N° 10	36
Promedio	37
Cantidad de Rebotes Desartados	0
Condición de ensayo	CUMPLE
Índice de Rebote	37
Resistencia a la Compresión Aproximada (kg/cm²) *	305

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO



OBSERVACIONES:

- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.
- (*) Datos proporcionado por el solicitante.
- La resistencia a la compresión de la estructura de concreto fue calculada con la tabla que el equipo presenta

PILAR N°1 LADO ANTERIOR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque	Tipología	: Reticulado
Dep. Político	: Lambayeque	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Vial	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.65"S
Provincia	: Chiclayo	Longitud	: 79°49'33.17"W
Distrito	: Reque	Poblado	: Reque
Fecha	: 31/05/2018	Código	: 017
Kilometraje	: Km 773+000	Ruta Nacional	: PE-1N

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ÍNDICE REBOTE (ASTM C 805)

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Pilar #1 Lado Anterior	CÓDIGO DE EQUIPO	: MODELO HT25
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	:	CERT. CALIBRACIÓN	:

ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	: Pilar #1 Lado Anterior

Eclerometría N° 7	
Numero de Rebote	Lectura de Rebote
Rebote N° 01	30
Rebote N° 02	33
Rebote N° 03	35
Rebote N° 04	36
Rebote N° 05	30
Rebote N° 06	35
Rebote N° 07	36
Rebote N° 08	36
Rebote N° 09	35
Rebote N° 10	35
Promedio	34
Cantidad de Rebotes Descartados	0
Condición de ensayo	CUMPLE
Índice de Rebote	34
Resistencia a la Compresión Aproximada (kg/cm²) *	259



OBSERVACIONES:

- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.
- (*) Datos proporcionado por el solicitante.
- La resistencia a la compresión de la estructura de concreto fue calculada con la tabla que el equipo presenta

PILAR N°1 LADO POSTERIOR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque	Tipología	: Reticulado
Dep. Político	: Lambayeque	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Vial	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.65"S
Provincia	: Chiclayo	Longitud	: 79°49'33.17"W
Distrito	: Reque	Poblado	: Reque
Fecha	: 31/05/2018	Código	: 017
Kilometraje	: Km 773+000	Ruta Nacional	: PE-1N

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ÍNDICE REBOTE (ASTM C 805)

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Pilar #1 Lado Posterior	CÓDIGO DE EQUIPO	: MODELO HT25
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	:	CERT. CALIBRACIÓN	:

ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	: Pilar #1 Lado Posterior

Esclerometría N° 13	
Numero de Rebote	Lectura de Rebote
Rebote N° 01	33
Rebote N° 02	34
Rebote N° 03	36
Rebote N° 04	34
Rebote N° 05	36
Rebote N° 06	32
Rebote N° 07	33
Rebote N° 08	32
Rebote N° 09	32
Rebote N° 10	36
Promedio	34
Cantidad de Rebotes Desartados	0
Condición de ensayo	CUMPLE
Índice de Rebote	34
Resistencia a la Compresión Aproximada (kg/cm²) *	259

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO



OBSERVACIONES:

- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.
- (*) Datos proporcionado por el solicitante.
- La resistencia a la compresión de la estructura de concreto fue calculada con la tabla que el equipo presenta

PILAR N°2 LADO ANTERIOR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque	Tipología	: Reticulado
Dep. Político	: Lambayeque	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Vial	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.65"S
Provincia	: Chiclayo	Longitud	: 79°49'33.17"W
Distrito	: Reque	Poblado	: Reque
Fecha	: 31/05/2018	Código	: 017
Kilometraje	: Km 773+000	Ruta Nacional	: PE-1N

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ÍNDICE REBOTE (ASTM C 805)

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Pílar #2 Lado Anterior	CÓDIGO DEL EQUIPO	: MODELO HT225
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	:	CERT. CALIBRACIÓN	:

ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	: Pílar #2 Lado Anterior

Esclerometría N° 19	
Numero de Rebote	Lectura de Rebote
Rebote N° 01	42
Rebote N° 02	42
Rebote N° 03	44
Rebote N° 04	42
Rebote N° 05	45
Rebote N° 06	43
Rebote N° 07	43
Rebote N° 08	44
Rebote N° 09	45
Rebote N° 10	45
Promedio	44
Cantidad de Rebotes Descartados	0
Condición de ensayo	CUMPLE
Índice de Rebote	44
Resistencia a la Compresión Aproximada (kg/cm²) *	408



OBSERVACIONES:

- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.
- (*) Datos proporcionados por el solicitante.
- La resistencia a la compresión de la estructura de concreto fue calculada con la tabla que el equipo presenta

PILAR N°2 LADO POSTERIOR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

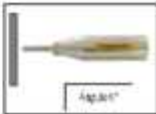
UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque	Tipología	: Reticulado
Dep. Político	: Lambayeque	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Vial	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.65"S
Provincia	: Chiclayo	Longitud	: 79°49'33.17"W
Distrito	: Reque	Poblado	: Reque
Fecha	: 31/05/2018	Código	: 017
Kilometraje	: Km 773+000	Ruta Nacional	: PE-1N

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ÍNDICE REBOTE (ASTM C 805)

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Pilar 2 Lado Posterior	CÓDIGO DEL EQUIPO	: MODELO HT25
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	:	CERT. CALIBRACIÓN	:

ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	Pilar 2 Lado Posterior

Eclerometría N° 30	
Numero de Rebote	Lectura de Rebote
Rebote N° 01	33
Rebote N° 02	30
Rebote N° 03	30
Rebote N° 04	33
Rebote N° 05	30
Rebote N° 06	32
Rebote N° 07	33
Rebote N° 08	34
Rebote N° 09	34
Rebote N° 10	33
Promedio	32
Cantidad de Rebotes Descartados	0
Condición de ensayo	CUMPLE
Índice de Rebote	32
Resistencia a la Compresión Aproximada (kg/cm ²) *	232



OBSERVACIONES:

- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.
- (*) Datos proporcionado por el solicitante.
- La resistencia a la compresión de la estructura de concreto fue calculada con la tabla que el equipo presenta

ENSAYO DE TOMA DE NUCLEOS

COMPRESION ZAPATA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS															
INFORME DE ENSAYO															
181577-70-LAB13-20180822-05															
Datos de la Muestra															
Descripción		: Testigos de Concreto								Ubicación				: ZAPATA	
Progresiva		: KM 773+000								Codigo				: PT-17	
Estructura		: Puente Requí Km. 773+000 (Categoría 2)								Fecha				: 27/08/2018	
TOMA DE NUCLEOS Y VIGAS EN CONCRETO ENDURECIDO															
CODIGO DE MUESTRA	Fecha de ensayo	Edad (dias)	Longitud Antes de Ensayo (cm)	Diametro (mm)	Area (cm ²)	Peso (g)	Peso Unitario (g/cm ³)	Carga de Rotura (N)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Relacion Dh	Factor de Esbeltez	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)	Tipo de Falla		
PT17	ZP1-T-1	27-08-18	No indica	8.65	4.362	15.1	289.54	2.205	42.58	287.5	1.98	1	287.5	Cans	
PT17	ZP1-T-2	27-08-18	No indica	8.658	4.340	14.8	296.5	2.014	56.95	302.4	1.99	1	302.4	Cans	
PT17	ZP1-T-3	27-08-18	No indica	8.625	4.381	14.9	293.6	2.285	88.25	402.1	1.98	1	402.1	Cans	

COMPRESION PILAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS															
INFORME DE ENSAYO															
181577-70-LAB13-20180822-01															
Datos de la Muestra															
Descripción		: Testigos de Concreto								Ubicación				: PLAR	
Progresiva		: KM 773+000								Codigo				: PT-17	
Estructura		: Puente Requí Km. 773+000 (Categoría 2)								Fecha				: 27/08/2018	
TOMA DE NUCLEOS Y VIGAS EN CONCRETO ENDURECIDO															
CODIGO DE MUESTRA	Fecha de ensayo	Edad (dias)	Longitud Antes de Ensayo (cm)	Diametro (mm)	Area (cm ²)	Peso (g)	Peso Unitario (g/cm ³)	Carga de Rotura (N)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Relacion Dh	Factor de Esbeltez	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)	Tipo de Falla		
PT17	PI-T-1	27-08-18	No indica	8.465	4.340	14.6	275.2	2.189	62.15	408.2	1.98	1	408.2	Cans	
PT17	PI-T-2	27-08-18	No indica	8.412	4.344	14.8	276.2	2.219	81.58	591.9	1.94	1	591.9	Cans	
PT17	PI-T-3	27-08-18	No indica	8.365	4.331	14.7	276.2	2.273	37.56	200.5	1.91	1	200.5	Cans	

COMPRESION LOZA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS														
INFORME DE ENSAYO														
181577-70-LAB13-20180822-02														
Datos de la Muestra														
Descripción	: Testigos de Concreto										Ubicación	: LOZA		
Progresiva	: KM 773+000										Código	: PT-17		
Estructura	: Puente Requí Km. 773+000 (Categoría 2)										Fecha	: 27/08/2018		
TOMA DE NUCLEOS Y VIGAS EN CONCRETO ENDURECIDO														
CODIGO DE MUESTRA	Fecha de ensayo	Edad (días)	Longitud Antes de Ensayo (cm)	Diametro (mm)	Area (cm ²)	Peso (g)	Peso Unitario (g/cm ³)	Carga de Ruptura (kN)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Relacion Dh	Factor de Esbeltez	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)	Tipo de Falla	
PT17	L-T1	27-08-18	No indica	8.784	4.507	85	305.9	2.177	35.62	227.0	1.95	1	227	Comp
PT17	L-T2	27-08-18	No indica	8.985	4.508	95.9	315.2	2.28	45.77	288.5	1.93	1	288.5	Comp
PT17	L-T3	27-08-18	No indica	8.895	4.510	85	325.4	2.286	44.88	286.0	1.97	1	286	Comp

COMPRESION ESTRIBO DERECHO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS														
INFORME DE ENSAYO														
181577-70-LAB13-20180822-03														
Datos de la Muestra														
Descripción	: Testigos de Concreto										Ubicación	: ESTRIBO DERECHO		
Progresiva	: KM 773+000										Código	: PT-17		
Estructura	: Puente Requí Km. 773+000 (Categoría 2)										Fecha	: 27/08/2018		
TOMA DE NUCLEOS Y VIGAS EN CONCRETO ENDURECIDO														
CODIGO DE MUESTRA	Fecha de ensayo	Edad (días)	Longitud Antes de Ensayo (cm)	Diametro (mm)	Area (cm ²)	Peso (g)	Peso Unitario (g/cm ³)	Carga de Ruptura (kN)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Relacion Dh	Factor de Esbeltez	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)	Tipo de Falla	
PT17	ED-T-1	27-08-18	No indica	8.812	4.530	85.1	315.5	2.231	42.51	289.2	1.95	1	289.2	Comp
PT17	ED-T-2	27-08-18	No indica	8.905	4.530	95.1	321.5	2.242	60.25	508.3	1.97	1	508.3	Comp
PT17	ED-T-3	27-08-18	No indica	8.880	4.511	85	315.2	2.224	50.54	322.1	1.98	1	322.1	Comp

COMPRESION ALERO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO
181577-70-LAB13-20180822-04

Datos de la Muestra

Descripción : Testigos de Concreto
Progresiva : KM 773+000
Estructura : Puente Requí. Km. 773+000 (Categoría 2)

Ubicación : ALERO
Código : PT-17
Fecha : 27.08.2018.

TOMA DE NUCLEOS Y VIGAS EN CONCRETO ENDURECIDO

CODIGO DE MUESTRA	Fecha de ensayo	Edad (días)	Longitud Antes de Ensayo (cm)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Peso (g)	Peso Unitario (g/cm ³)	Carga de Rotura (kN)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Redondeo	Factor de Esfuerzo	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)	Tipo de Falla	
PT17	ADAR-T1	27-08-18	No indica	8.788	4.502	15.9	299.69	2.142	68.95	442.2	1.95	1	442.2	Comp.
PT17	ADAR-T2	27-08-18	No indica	8.902	4.513	16	312.4	2.491	74.1	472.3	1.97	1	472.3	Comp.
PT17	ADAR-T3	27-08-18	No indica	8.905	4.516	16	316.0	2.200	79.21	504.8	1.99	1	504.8	Comp.

ENSAYO DE TRACCION DE REFUERZO

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : GMI S.A INGENIEROS CONSULTORES
 Obra : PROYECTO N° 181577 "EXPEDIENTE DE PUESTA A PUNTO TRUJILLO - PIURA"
 COVISOL
 Ubicación : TRUJILLO - PIURA
 Asunto : Ensayo de Tracción en Aceros
 Expediente N° : 16-3599
 Recibo N° : 52360
 Fecha de emisión : 05/09/2016

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 02 varillas de acero corrugado.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración CMC-037-2016

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 341.002:2011,
 Procedimiento interno AT-PR-10.

UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ACERO :

17 PUENTE REQUE Km.773+000

4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo :01/09/2016

MUESTRA	SECCIÓN TRANSVERSAL NOMINAL	ÁREA (mm ²)	CARGA LIMITE DE FLUENCIA (Kg)	TENSIÓN LIMITE DE FLUENCIA (Kg/mm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/mm ²)	DEFORMACIÓN (mm)	ELONGACIÓN FINAL (%)
ACERO DE ZAPATA	1"	510	22.300	43.7	37.268	73.1	27	13.5
ACERO DE LOSA	5/8"	192	10.100	50.8	16.236	81.6	30	16.0

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES
 Obra : PROYECTO N° 181577. "EXPEDIENTE DE PUESTA A PUNTO TRUJILLO - PIURA"
 COVISOL
 Ubicación : TRUJILLO - PIURA
 Asunto : Ensayo de Tracción en Aceros
 Expediente N° : 16-3600
 Recibo N° : 52361
 Fecha de emisión : 06/09/2016

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 02 planchas de acero ASTM A36 de 1/2", de las cuales se hicieron una probeta de cada de cada plancha.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración CMC-037-2016

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 341.002:2011
 Procedimiento interno AT-PR-10.

UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ACERO :

17 PUENTE REQUE Km. 773+00 (CATEGORÍA 2)

4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo : 06/09/2016

MUESTRA	SECCION TRANSVERSAL (mm)	AREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/mm ²)	Carga máxima (Kg)	Resistencia a la tracción (Kg/mm ²)	DEFORMACIÓN (mm)	Elongación final (%)
VIGA INFERIOR DERECHO	12.7 x 10.25	130.2	5.067	46.6	5067	46.6	17.7	34.8
VIGA INFERIOR IZQUIERDA	12.7 x 12.7	161.3	4.280	26.0	9.617	59.6	25.7	50.6

ENSAYO DE SCANER DE ARMADURA

SCANER ESTRIBO

ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS.

UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

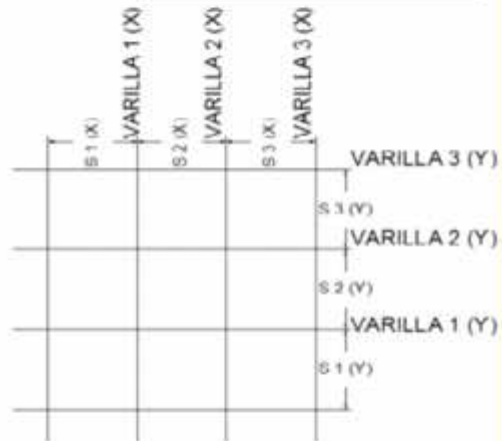
Nombre	: Puente Reque.	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Político	: Lambayeque	Latitud	: 6°51'14.66"S
Dep. Vial	: Lambayeque	Longitud	: 79°49'33.17"W
Provincia	: Chiclayo	Poblado	: Reque
Distrito	: Reque	Código	: 017
Fecha	: 16/08/2018	Ruta Nacional	: PE-1N
Kilometraje	: Km 773+000		

SCANNER - DETERMINACIÓN DE RECUBRIMIENTO, ESPACIAMIENTO Y DIAMETRO DE VARILLAS

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Estribo Derecho	CÓDIGO DEL EQUIPO	: HILTN-PS 200 S-S.N. 03518008
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	: Superficie Lisa	CERT. CALIBRACIÓN	:

TIPO DE EQUIPO:	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	EST RIBO DERECHO (ESCANNER # 2)



	VARILLA 1			VARILLA 2			VARILLA 3		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
R (mm)		40	59		71	88		57	85
S (mm)		90	120		100	130		120	140
Φ (mm)		13	16		13	16		13	16

- R: Recubrimiento de varillas.
- S: Espaciamiento de varillas.
- D: Diámetro de varillas.
- X: Dirección paralela al eje del puente.
- Y: Dirección paralela al flujo del agua.
- Z: Dirección paralela a la gravedad.

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado por personal tecnico de SHASKA
- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 28°C.

Referencia:

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO



SCANNER LOSA

ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS.

UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

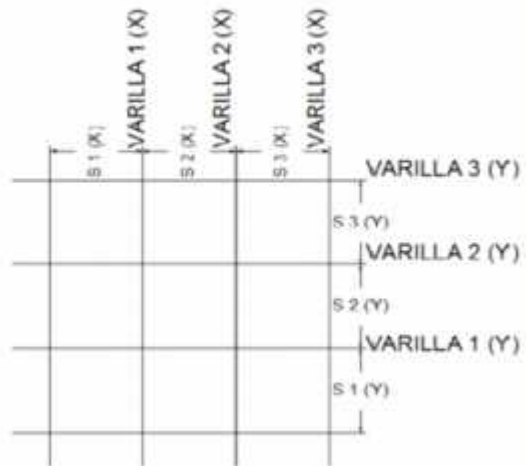
Nombre : Puente Reque.	Altitud : 22.85 msnm
Dep. Político : Lambayeque.	Latitud : 6°51'14.66"S
Dep. Vial : Lambayeque.	Longitud : 79°49'33.17"W
Provincia : Chiclayo.	Poblado : Reque.
Distrito : Reque.	Código : 017
Fecha : 16/08/2018	Ruta Nacional : PE-1N
Kilometraje : Km 773+000	

SCANNER - DETERMINACION DE RECUBRIMIENTO, ESPACIAMIENTO Y DIAMETRO DE VARILLAS

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA : Losa Superior	CÓDIGO DEL EQUIPO : HILTIN-PS 200 S - S.N. 03510038
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE : Superficie Lisa	CERT. CALIBRACIÓN :

TIPO DE EQUIPO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	LOSA SUPERIOR DERECHA (ESCANER # 6)



	VARILLA 1			VARILLA 2			VARILLA 3		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
R (mm)	97	89		92	82		70	83	
S (mm)	160	150		170	160		130	180	
Φ (mm)	13	13		13	13		13	13	

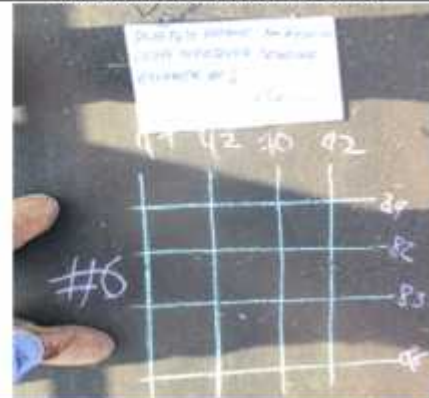
- R: Recubrimiento de varillas.
- S: Espaciamiento de varillas.
- D: Diámetro de varillas.
- X: Dirección paralela al eje del puente.
- Y: Dirección paralela al flujo del agua.
- Z: Dirección paralela a la gravedad.

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado por personal tecnico de SHASKA
- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.

Referencia:

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO



SCANNER PILAR

ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS.

UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO

Nombre	: Puente Reque.	Altitud	: 22.85 msnm
Dep. Político	: Lambayeque.	Latitud	: 6°51'14.65"S
Dep. Vial	: Lambayeque.	Longitud	: 79°49'33.17"W
Provincia	: Chiclayo.	Poblado	: Reque.
Distrito	: Reque.	Código	: 017
Fecha	: 16/08/2018	Ruta Nacional	: PE-1N
Kilometraje	: Km 773+000		

SCANNER - DETERMINACION DE RECUBRIMIENTO, ESPACIAMIENTO Y DIAMETRO DE VARILLAS

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	: Pila	CÓDIGO DEL EQUIPO	: HILTIN-PS 200 S- S.N. 03510008
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	: Superficie Lisa	CERT. CALIBRACIÓN	:

TIPO DE EQUIPO	
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO	PILAR #2 LATERAL AGUAS ABAJO (ESCANNER # 6)



	VARILLA 1			VARILLA 2			VARILLA 3			
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
R (mm)	49		98	98		98	63		63	68
S (mm)	120		150	140		190	200			160
Φ (mm)	13		16	13		16	13			16

- R: Recubrimiento de varillas.
- S: Espaciamiento de varillas.
- D: Diámetro de varillas.
- X: Dirección paralela al eje del puente.
- Y: Dirección paralela al flujo del agua.
- Z: Dirección paralela a la gravedad.

OBSERVACIONES:


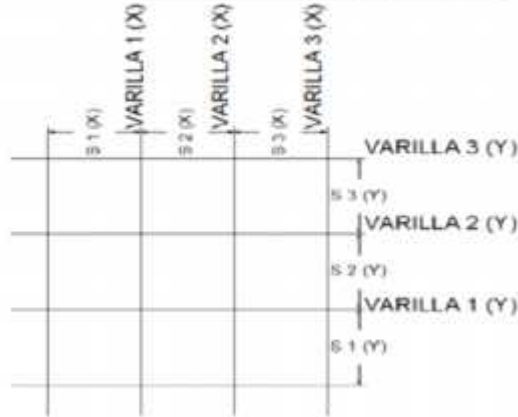

- Ensayo efectuado por personal técnico de SHASKA
- El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C.

Referencia:

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO



SCANNER ZAPATA

ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS.																																																				
UBICACIÓN DEL PUENTE INSPECCIONADO																																																				
Nombre	: Puente Reque.	Altitud	: 22.85 msnm																																																	
Dep. Político	: Lambayeque.	Latitud	: 6°51'14.65"S																																																	
Dep. Vial	: Lambayeque.	Longitud	: 79°49'33.17"W																																																	
Provincia	: Chiclayo.	Poblado	: Reque.																																																	
Distrito	: Reque.	Código	: 017																																																	
Fecha	: 16/08/2018	Ruta Nacional	: PE-1N																																																	
Kilometraje	: Km 773+000																																																			
SCANNER - DETERMINACION DE RECURBRIMIENTO, ESPACIAMIENTO Y DIAMETRO DE VARILLAS																																																				
REFERENCIAS DE LA PRUEBA																																																				
IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA	: Zapata	CÓDIGO DEL EQUIPO	: HILTI-PS 200 S - S.N. 03510008																																																	
CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	: Superficie Lisa	CERT. CALIBRACION	:																																																	
TIPO DE EQUIPO																																																				
IDENTIFICACION DEL ELEMENTO	ZAPATA DE ESTRIBO DERECHO (ESCANNER # 2)																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">VARILLA 1</th> <th colspan="3">VARILLA 2</th> <th colspan="3">VARILLA 3</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R (mm)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>S (mm)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Ø (mm)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>					VARILLA 1			VARILLA 2			VARILLA 3			X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	R (mm)										S (mm)										Ø (mm)									
	VARILLA 1				VARILLA 2			VARILLA 3																																												
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z																																											
R (mm)																																																				
S (mm)																																																				
Ø (mm)																																																				
<p>R: Recubrimiento de varillas. S: Espaciamiento de varillas. D: Diámetro de varillas. X: Dirección paralela al eje del puente. Y: Dirección paralela al flujo del agua. Z: Dirección paralela a la gravedad.</p> <p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo efectuado por personal técnico de SHASKA - El día del ensayo se registró en campo una temperatura ambiente de 20°C. - La zona del ensayo, se encontró enterrado. <p>Referencia:</p>																																																				
UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO																																																				
																																																				



ENSAYO DE SULFATOS Y CLORUROS

MUESTRA : DIAMANTINA
OBRA : Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
UBICACIÓN : PROYECTO N ° 181577. "EXPEDIENTE DE PUESTA A PUNTO
ENSAYO : TRIJILLO - PUURA" COVISOL
FECHA : PUENTE REQUE PT17 KM 773+000 (CATEGORIA 2)
FECHA : ANALISIS FISICOQUIMICO
FECHA : 29-09-16

REPORTE DE RESULTADOS

Muestra	Sulfatos %	Cloruros %	Sales %	Reactividad-Rc mili mol/L	Reactividad-Se mili mol/L
PI-R-1	0.04	0.01	0.06	94.05	32.71
PI-R-2	1.60	0.55	2.26	112.93	150.69
L-R-1	1.42	0.63	2.32	114.37	152.14
L-R-2	1.18	0.61	2.23	113.09	151.37
ED-R-1	0.51	0.22	0.89	112.15	140.91
ED-R-2	0.71	0.32	1.16	105.36	142.04
AD-AR-R-1	0.51	0.24	0.87	101.82	140.67
AD-AR-R-2	0.50	0.21	0.82	101.49	140.25
ZPI-R-1	0.69	0.33	1.22	106.81	142.50
ZPI-R-2	1.24	0.49	1.83	108.53	142.92
Método	ASTMD516	ASTMD512	MTCE219	ASTMC289	ASTMC289

ESPEORES

INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN DEL ELEMENTO		
ELEMENTO: PT-17 PUENTE REQUE UBICACION: Km 773+000 AREA: ---		MATERIAL: --- ZONA DE EVALUACION: ALMA ESPEOR NOMINAL: ---		
INFORMACIÓN DEL EQUIPO Y ENSAYO				
Marca de Equipo:	SIUI	Método Empleador:	Pulso - Eco to Eco	
Modelo / Serie:	CTS 59 /551311121019	Acoplante:	Carboximetil Celulosa	
Transductor:	SIUI	Bloque de calibración:	Carbon Steel 8300121000783011210014	
Modelo / Serie:	TG5-10L/9203260	Norma de Referencia:	ASTM E 797	
Frecuencia:	5 MHz			
MEDICION DE ESPEORES (mm) EN LAS ALMAS DE LA VIGA DEL PT-17 PUENTE REQUE				
MEDIDAS	VIGA SUPERIOR	VIGA DIAGONAL	VIGA VERTICAL	VIGA INFERIOR
LADO DERECHO	9.72	9.68	7.00	9.55
LADO IZQUIERDO	11.91	9.52	8.85	10.11
				
LADO DERECHO - VIGA VERTICAL		LADO DERECHO - VIGA DIAGONAL		

PINTURA

INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN DEL ELEMENTO		
ELEMENTO	PT-17 PUENTE REQUE	MATERIAL:	---	
UBICACIÓN	Km 773+000	ZONA DE EVALUACIÓN:	ALMA	
AREA	---	ESPESOR NOMINAL:	---	
INFORMACIÓN DEL ENSAYO				
Marca de Equipo:	ELCOMETER	Medidas	mm	<input type="checkbox"/>
			mils	<input checked="" type="checkbox"/>
Modelo:	456B		µm	<input type="checkbox"/>
			inch	<input type="checkbox"/>
Serie:	LF06417	Medición de Pintura	Pintura Base	<input type="checkbox"/>
			Pintura Intermedia	<input type="checkbox"/>
			Pintura Acabado	<input checked="" type="checkbox"/>
Alcance de escala	0 a 1200 mils	Norma de evaluación	ASTM G12	
Certificado de Calibración	CLL-594-2015			

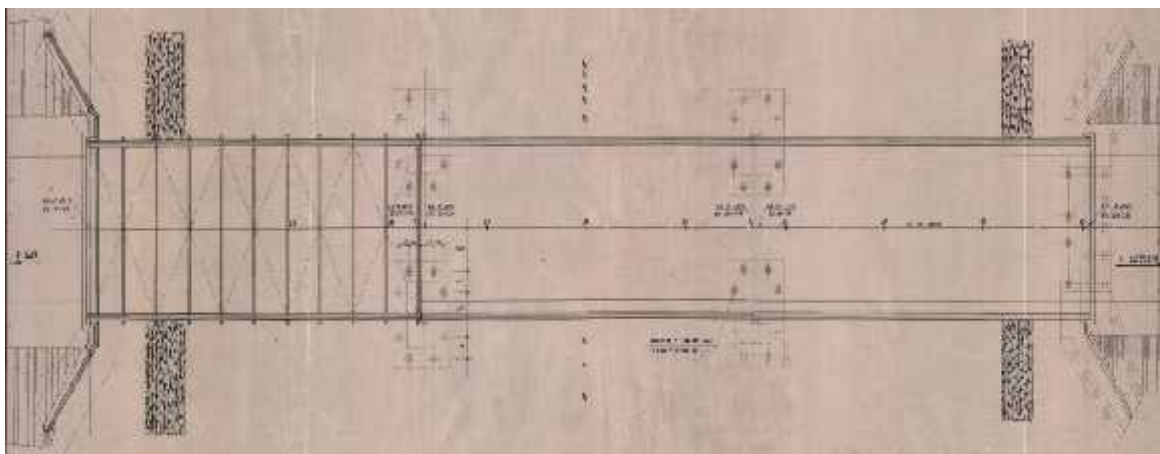
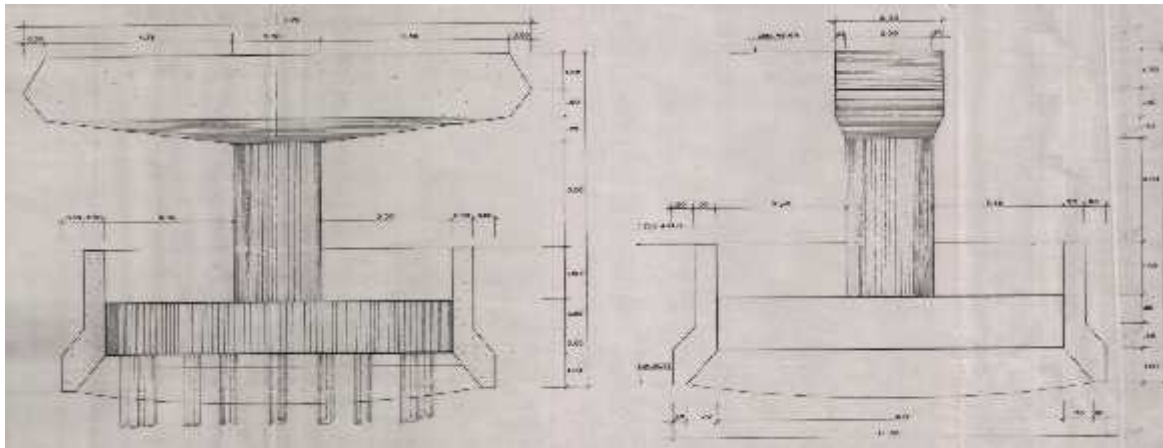
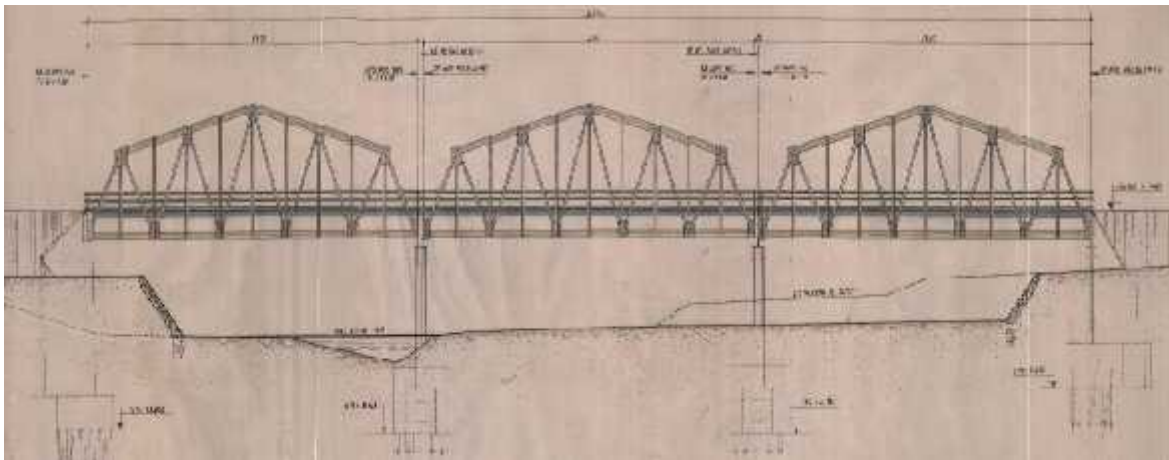
MEDICION DE ESPESOR DE PINTURA (mils) - PT-17 PUENTE REQUE										
ELEMENTO	LADO DERECHO					LADO IZQUIERDO				
	PUNTOS					PUNTOS				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
VIGA SUPERIOR	10.1	9.0	12.2	9.4	13.0	10.1	11.5	8.8	7.9	9.5
VIGA VERTICAL	9.9	8.4	13.0	10.6	13.1	10.1	8.9	11.6	11.2	9.2
VIGA DIAGONAL	12.0	10.1	10.4	5.9	12.4	8.7	7.8	9.3	13.4	9.0
VIGA INFERIOR	7.9	8.9	9.2	10.1	9.3	9.2	9.2	8.0	8.7	10.4

VERIFICACION ESTRUCTURAL

MÉTODO ANALÍTICO LRFR PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE LA ESTRUCTURA DEL "17-PUENTE REQUE KM 773+000"

Datos, Normas y Especificaciones		
REQUE KM		
PUENTE	773+000	
The Manual for Bridge Evaluation		AASHTO LRFR
Lt=	60.20	longitud total del puente
Nt =	1.00	Numero de tramos isostáticos
L1=	0.00	longitud del tramo simple 1
L2=	0.00	longitud del tramo simple 2
NL =	2	Nº de vías
W =	7.20 m	Ancho de calzada
Losa		
ts =	0.20 m	Espesor de losa
Muro New Jersey.		
bs=	0.00 m	Ancho
hs=	0.00 m	Altura
AC =	1999	Año de construccion
Elemento	Material	Condición
Losa	Concreto Armado	Parcialmente deteriorado
Vigas Principales		
Vigas Diafragma		
Pilares		
Estribos		
Superficie de rodadura	Asfalto	Parcialmente deteriorado
Sobrecarga Vehicular de Diseño Original:		HL-93
Especificación de Diseño Original		AASHTO LRFD
Sobrecarga Vehicular de la Verificación asumida		C-30

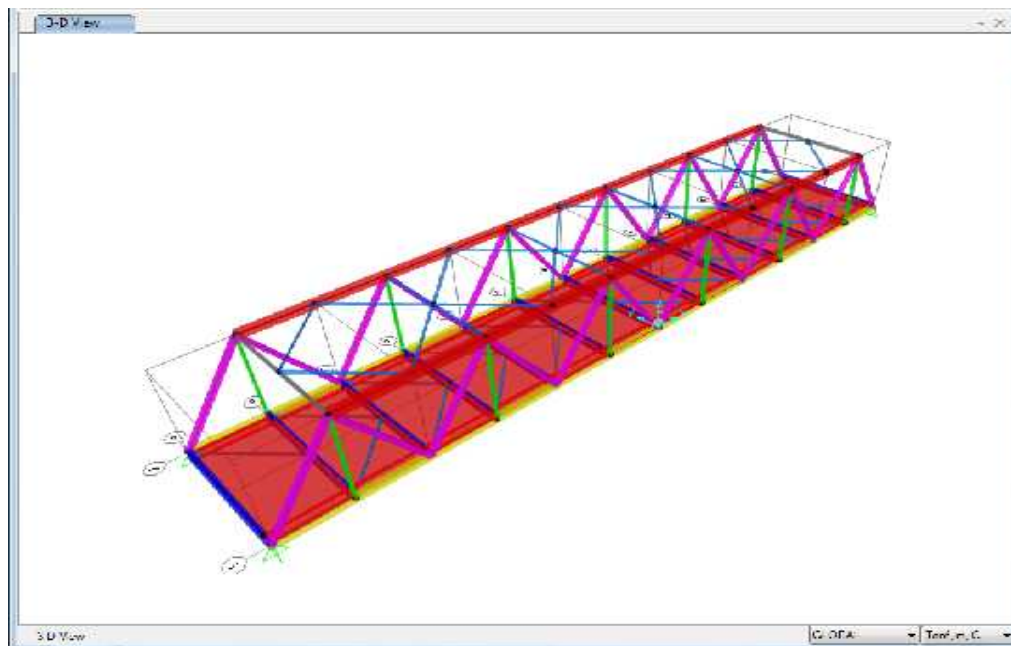
Geometría Superestructura

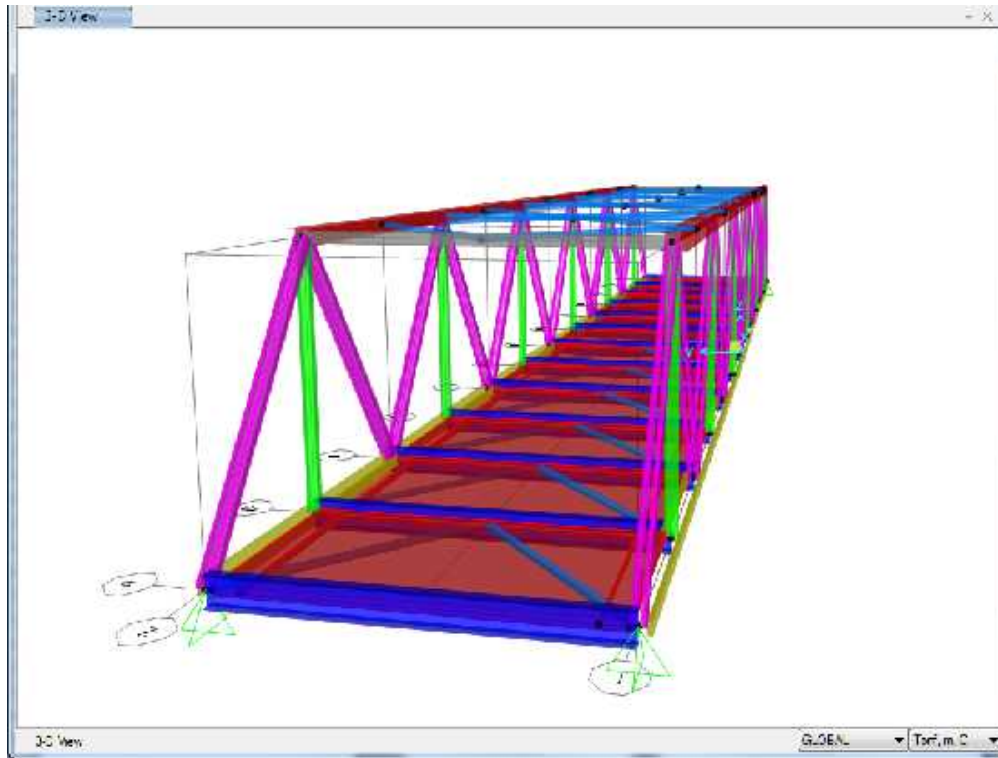


VISTA EN PLANTA

Modelo Empleado

El modelamiento de la estructura y el análisis estructural se han realizado con la ayuda del programa CSI Bridge 2016 V18.1.1





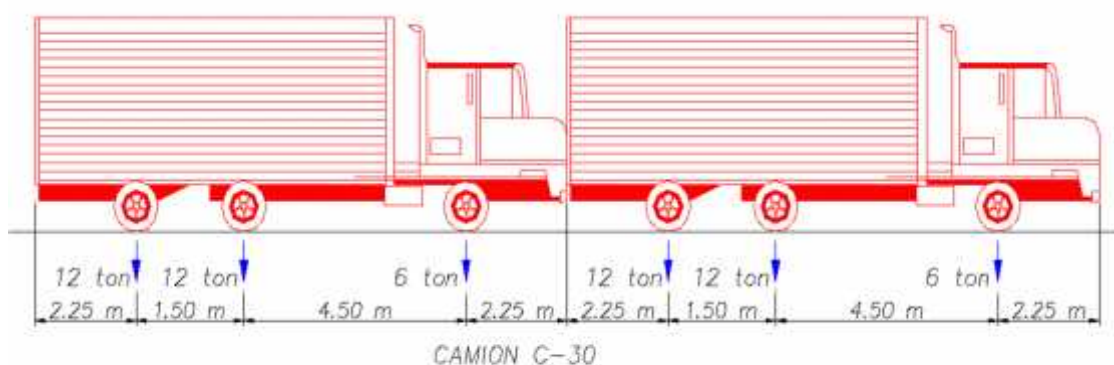
Modelo Tridimensional en CSI
Bridge

Combinaciones de Carga

Para la sobrecarga HS-20 y utilizando las combinaciones de cargas del AASHTO STANDARD	
$R1 = 1.3[(DC+DW)+5/3(LL+I)]$	Estado Limite de Resistencia 1
Para la sobrecarga HL-93 y utilizando las combinaciones de cargas del AASHTO LRFD	
$R1 = 1.25(DC+DW)+1.75(LL+IM)$	Estado Limite de Resistencia 1

Sobrecarga Vehicular de diseño original C-30

La sobrecarga utilizada en el diseño original fue la correspondiente a la Norma Francesa, la denominada C-30, la cual corresponde a dos camiones de 30 toneladas dispuesto como se



El AASHTO Estándar 3.8.2.1 indica que el efecto dinámico se define como sigue:

L=Luz del puente

(pies) = 197.51

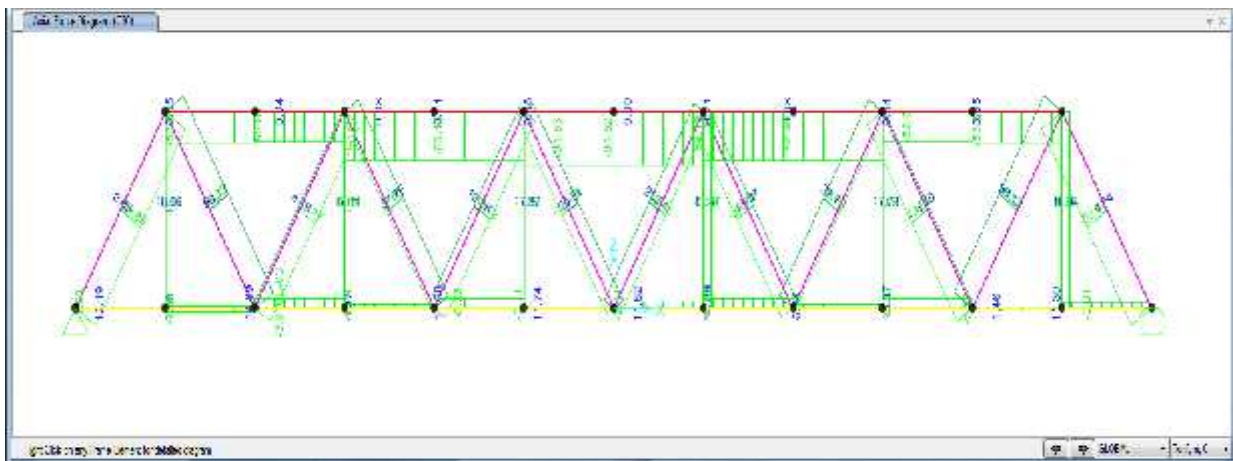
$I=50/(L+1$

$20)=$ 15.5%

$I=\min(I,30$

$\%)=$ 15.5%

I= coeficiente de impacto

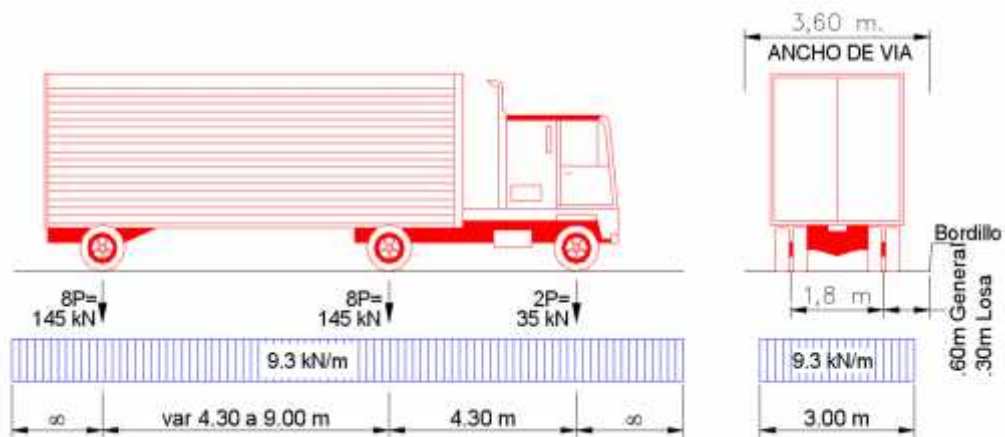


Elemento	Fuerza Axial (t)
Brida superior	560.61
Brida inferior	566.27
Diagonal	296.99
Montante	46.64

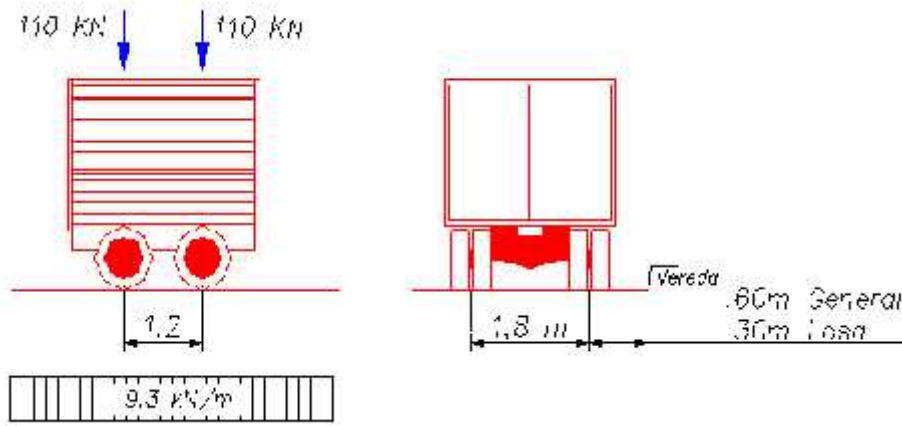
Sobrecarga Vehicular HL-93

La verificación estructural se realizó para la sobrecarga vehicular vigente la denominada HL-93 de las especificaciones AASHTO LRFD que es coincidente con la sobrecarga del Manual de Diseño de Puentes del MTC 2003. De acuerdo a la metodología de evaluación LRFR se evaluará el factor de relación RF que determinará las acciones a seguir para el reemplazo, rehabilitación y/o mantenimiento de los elementos del puente. La sobrecarga vehicular HL-93, en sus dos subsistemas, se presenta a continuación.

HL-93 K CAMION DE DISEÑO CON CARGA POR CARRIL



HL-93 M TANDEM DE DISEÑO



Realizando el análisis estructural en el puente con la sobrecarga vehicular HL93 de las especificaciones AASHTO LRFD obtenemos las fuerzas internas actuantes para las cargas clasificadas DC, DW y CAMION HL93 las cuales se presentan a continuación.

El AASHTO LRFD 3.6.2.2-1 indica que el efecto dinámico es $I=33\%$

Elemento	Fuerza Axial (t)		
	DC	DW	LL + IM
Brida superior	186.63	20.56	163.75
Brida inferior	191.36	20.98	166.62
Diagonal	96.16	10.61	87.26
Montante	9.58	1.24	31.64

Ecuación General de Capacidad de Carga

$$RF = \frac{C (\gamma_{DC})DC + (\gamma_{DW})DW + (\gamma_P)(P)}{(\gamma_T)LL + IM}$$

donde:

- RF= Relación
- γ_{DC} = Factor de carga LRFD para el peso de los componentes estructurales
- γ_{DW} = Factor de carga LRFD para el peso de la superficie de desgaste
- γ_P = Factor de carga LRFD para las cargas permanentes diferentes al peso propio
- γ_{LL} = Factor de carga LRFD para la carga viva
- C= Capacidad de una Sección Específica

- DC= Peso propio de los componentes estructurales
- DW= Peso de la superficie de desgaste
- P= Cargas Permanente diferente a la carga muerta
- LL= Efecto de la Carga Viva
- IM= Carga Dinámica Asignada

Factores de la Capacidad Resistente de la Estructura

Se debe cumplir que:

$$C = (\phi_c)(\phi_s)(\phi)R_n$$

$$(\Phi C) * (\Phi S) \geq 0.85$$

FACTOR DE CONDICION (C)

CONDICION ESTRUCTURAL	C
BUENO	1.00
REGULAR	0.95
MALO	0.85

FUENTE: LRFR-2011 (Item 6A.4.2.3 del Manual LRFR-2011)

FACTOR DE RESISTENCIA DE DISEÑO (n)

MOMENTO ULTIMO DE DISEÑO	Rn

FACTOR SISTEMA (S)

CONDICION ESTRUCTURAL	S
MIEMBROS SOLDADOS DE 2 VIG./RET./ARCO	0.9
MIEMBROS REMACHADOS DE 2 VIG./RET./ARCO	0.9
PUENTE RETICULADO DE MIEMBROS MULTIPLES	0.9
PUENTE DE 3 VIGAS ESPACIADAS a 1.80 m.	0.9
PUENTE DE 4 VIGAS ESPACIADAS ≤ 1.20 m.	1
TODOS LOS OTROS PUENTES DE VIGAS Y LOSA	1.0
VIGAS CON ESPACIAMIENTO > 3.60 m. y TRAMO SIMP. APOYADO	0.9
SISTEMA DE VIGAS LONGITUDINALES ENTRE VIGAS TRANSVERSALES	1.0
	0

FUENTE: LRFR-2011 (Item 6A.4.2.4-1 del Manual LRFR-2011)

Evaluación LRFR-Factor de Carga

Factores de la Capacidad Resistente de la Estructura

ØC.ØS	DC	DW	LL+IM Inventario	LL+IM Operativo

0.975	1.25	1.5	1.75	1.35
-------	------	-----	------	------

$$RF = \frac{C - (\gamma_{DC})DC - (\gamma_{DW})DW + (\gamma_P)(P)}{(\gamma_L)LL + M}$$

Elemento	INSPEC CION	OPERA CIONAL
Brida superior	0.99	1.28
Brida inferior	0.97	1.25
Diagonal	1.00	1.30
Montante	0.57	0.74

Resultados de la Evaluación

Con la Evaluación por Sobrecargas HL93 y la carga de diseño Original C-30 aplicando al modelo de análisis, sometido a condiciones se carga como pesos propios, losa de concreto, asfalto y Sobrecarga, empleando la Metodología de Evaluación de puentes LRFR-2011, cómo se puede apreciar los valores de RF para los principales elementos Estructurales varían entre 0.58 y 1.02 mostrando diversidad en el tratamiento de rehabilitación y/o mantenimiento. Las bridas Superiores e inferiores y diagonales se encuentran en buen estado estructural por lo que solo debería de realizarse labores de mantenimiento.

FICHAS SCAP

ESTUDIO PARA LA PUESTA A PUNTO DE 43 Puentes EXISTENTES EN LA AUTOPISTA DEL SOL, TRAMO II, CATEGORIA 2	Fecha: 15/08/2018
---	----------------------

TOMA DE DATOS DE LA INSPECCIÓN CONDICION GLOBAL DEL PUENTE

NOMBRE PUENTE : Reque TIPO PUENTE : Retenido Metálico de Tablero Inferior PROVINCIA : Lambayeque DISTRITO : Chiclayo TRAMO : Trujillo - Chiclayo	PROGRESIVA (Km) : Km 774+000 AÑO CONSTRUCCION : SOBRECARGA INDIC : LONGITUD TOTAL(m) : 153.80 CALZADA (m) : 7.20
--	--

CONDICION DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS										
NRD.	ELEMENTOS DESCRIPCIÓN	METRADO SUSTENTADO	UND	CALIFICACION % *						OBSERVACIONES
				5	4	3	2	1	0	
101	Losa Superior de concreto armado (Refuerzo longitudinal)	343.53	m3				20	80		Presencia de eflorescencia
114	Vigas Principales de Acero Estructural	36751.96	kg			5	35	60		Oxido, falta de limpieza
115	Vigas Secundarias de Acero	10800.97	kg			5	35	60		Oxido, falta de limpieza
160	Bndas superior e inferior, Montantes y Diagonales de Acero	208095.46	kg			5	35	60		Oxido de empalmes, falta de limpieza
202	Elevación Cuerpo del Estribo de Concreto Armado	178.67	m3			5	35	60		Presencia de eflorescencia
216	Zapata de Concreto armado para Estribos	293.70	m3			5	35	60		No se visualiza
205	Elevación Alas del Estribo de Concreto Armado	168.56	m3			5	35	60		Presencia de eflorescencia
241	Elevación de Pilares Concreto Armado	356.43	m3			5	35	60		Presencia de eflorescencia
301	Capa Asfalto	1107.36	m2			5	70	25		Buen estado
311	Vereda Concreto	163.18	m2				40	60		Buen estado
344	Junta de Expansión, Tipo Compresible / Expandible Sólido	33.60	ml				20	80		Falta de mantenimiento
353	Barandas de Acero	307.60	ml				20	80		Oxido, falta de limpieza
355	Guardarías	128.00	ml					20	80	Buen estado
401	Márgenes del río	2737.20	ml				20	80		Limpeza
402	Lecho del río	703.40	ml				20	80		Limpeza
501	Señalización	2.00	und				20	80		Falta pintura reflectante en accesos

	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES	ITEM	PARTE
CAUCE	En buenas condiciones.	Ninguna		
ESTRIBOS	Presencia de eflorescencia en ambos estribos.	Se recomienda realizar limpieza y sellado de la superficie con aditivos o epoxidos para prevenir deterioro.	605 606 614	Limpieza de superficie con agua Limpieza y sellado de grietas e Preparación y Placado de prote
ALEROS	Aleros de estribo izquierdo de la presencia de eflorescencia.	Se recomienda realizar limpieza y sellado de la superficie con aditivos o epoxidos para prevenir deterioro.	605 606 614	Limpieza de superficie con agua Limpieza y sellado de grietas e Preparación y Placado de prote
PLATAES	Presencia de eflorescencia en ambos plataes.	Se recomienda realizar limpieza y sellado de la superficie con aditivos o epoxidos para prevenir deterioro.	605 606 614	Limpieza de superficie con agua Limpieza y sellado de grietas e Preparación y Placado de prote
VIGAS	No aplica	Ninguna		
LUSA	Presencia de eflorescencia y grietas.	Se recomienda realizar limpieza y sellado de la superficie con aditivos o epoxidos para prevenir deterioro.	605 606 607	Limpieza de superficie con agua Limpieza y sellado de grietas e Reparación superficial de co
VEREDAS Y BARRANDAS	Baranda metálica en buen estado. Acceso de vereda no es adecuado para el tránsito peatonal. Marcas contra impacto estacionarios y marcas viales.	Se recomienda realizar limpieza y sellado de la superficie con aditivos o epoxidos para prevenir deterioro.	605 607 615	Limpieza de superficie con agua Reparación superficial de co Limpieza de baranda de pie
JUNTAS Y TUBOS DE DRENAJE	Se observa despreñamiento de junta de expansion y rotura lateral de concreto.	Remover junta dañada mediante procedimientos que asegure que no se produzcan daños a los concretos adyacentes y reemplazarlos.	609	Reemplazo de Juntas de dilata
ASFALTO	Hay ligero desgaste de marcas viales en general.	Se recomienda realizar limpieza y replacado para conservar visibilidad diurna y nocturna.	709	Mantenimiento de Marcas per
GUARDARILLOS	Algunos postes de guardarrail están deteriorados.	Ejecutar trabajos que deje limpios, visibles y correctamente alineados y fijos al terreno.	705	Conservación de guardarrail

Anexo 1: Matriz de Consistencia

EVALUACION ESTRUCTURAL MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS DEL PUENTE VEHICULAR REQUE (Km 773+000) TIPO RETICULADO DEL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE 2018

OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	MÉTODOS Y TÉCNICAS
<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Realizar la evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos para identificar los problemas actuales del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Con la Evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos se identifica los problemas actuales del puente vehicular Reque (km 773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Evaluación estructural</p>	<p>Tipo de Evaluación estructural</p> <p>Ensayos destructivos.</p> <p>Ensayos no</p>	<p>Estudio de estribos.</p> <p>Estudio de pilares.</p> <p>Estudio de vigas de concreto.</p> <p>Estudio de estructuras metálicas.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Explicativo causales</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puente vehicular Reque (km 773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque. <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puente vehicular Reque (km 773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.
<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Realizar el estudio estructural de los estribos y pilares del puente vehicular</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</p> <p>El estudio estructural de los estribos y pilares muestran resultados</p>				

<p>que (km773) tipo to de Chiclayo, Reque?</p> <p>estructurales se de concreto del que (km773) tipo to de Chiclayo, Reque?</p> <p>se encuentran las as del puente (km773) tipo to de Chiclayo, Reque?</p>	<p>Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p> <p>Realizar el estudio estructural de las vigas de concreto del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p> <p>Realizar el estudio de las estructuras metálicas del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p>	<p>óptimos del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p> <p>El estudio estructural de las vigas de concreto muestran resultados óptimos del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p> <p>El estudio de las estructuras metálicas muestran resultados óptimos del puente vehicular Reque (km773) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque.</p>	<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></p> <p>Puente reticulado</p>	<p>destructivos.</p> <p>Formas de Puentes reticulados:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Pratt •Howe •Warren •Polonceau 	<p>Estudio de estribos.</p> <p>Estudio de pilares.</p> <p>Estudio de vigas de concreto.</p> <p>Estudio de estructuras metálicas.</p>	<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Recopilación datos la Localidad</p> <p>Identificación del problema.</p> <p>Recopilación de bases teóricas</p> <p>Elaboración de la matriz de contenidos</p> <p>Elaboración del plan de tesis</p> <p>Revisión y aprobación del plan de tesis</p> <p>Realizar el estudio de suelo</p> <p>Determinar los parámetros de diseño</p> <p>Realizar el diseño del sistema estructural</p> <p>Realizar la evaluación del costo del sistema estructural</p> <p>Análisis de resultados del estudio</p> <p>Formulación de conclusiones</p> <p>Redacción del informe final</p> <p>Presentación del informe final</p> <p><u>TÉCNICAS</u></p> <p>Documental</p> <p>Observación</p> <p>Medición</p> <p><u>INSTRUMENTOS</u></p> <p>Guías de trabajo</p> <p>Documentos/materiales escritos</p> <p>Análisis de contenido: libros, revistas, reglamentos.</p>
---	---	--	--	---	--	---