



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

**Simulación de la influencia de aisladores sísmicos en el comportamiento  
estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Horna Aredo, Eddy Frankz (ORCID: 0000-0002-9026-4899)

Fababa Mori, Roy Jimmy (ORCID: 0000-0003-4000-2409)

**ASESOR:**

Ing. Ruiz Vásquez, Santiago Andrés (ORCID: 0000-0001-7510-5702)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**TARAPOTO – PERÚ**

## **Dedicatoria**

### **A Dios.**

Por brindarnos la vida e iluminar nuestra formación para lograr nuestros objetivos, además de su infinito amor y bondad.

### **A nuestros padres.**

Por su apoyado en todo momento, por sus consejos, sus motivaciones y sus valores que nos ha permitido ser personas de bien, pero sobre todo, por su inmenso amor.

*Eddy y Roy*

## **Agradecimiento**

Queremos agradecer muy cordialmente y afectuosamente a todos nuestros docentes que contribuyeron en nuestra formación académico profesional, de manera especial a nuestro asesor el Ing. Santiago Ruiz Vásquez y a la Dra. Mabel Contreras Julián por su gran apoyo desinteresadamente para terminar esta investigación.

A nuestros compañeros y amigos con quienes compartimos las aulas durante estos años de carrera.

**Los autores**

## **Página del jurado**

## **Página del jurado**

## Declaratoria de autenticidad

**Eddy Frankz Horna Aredo**, identificado con DNI N° 18216331 y **Roy Jimmy Fababa Mori** N° 44661071 autores de la investigación titulada: “**Simulación de la influencia de aisladores sísmicos en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco, 2019**”.

### **Declaramos bajo juramento que:**

La tesis es de nuestra autoría.

Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.

La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Cesar Vallejo.

Tarapoto, 20 de julio del 2019

.....  
Eddy Frankz Horna Aredo

DNI N° 18216331

.....  
Roy Jimmy Fababa Mori

DNI N° 44661071

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice .....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen .....	xi
Abstract.....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>17</b>
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	17
2.2 Operacionalización de variables .....	17
2.3 Población, muestra y muestreo .....	18
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	18
2.5 Procedimiento.....	19
2.6 Métodos de análisis de datos .....	19
2.7 Aspectos éticos.....	19
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>IV DISCUSIÓN.....</b>	<b>58</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
Matriz de consistencia.....	63
Instrumento de recolección de datos .....	65
Validación de Instrumentos .....	66
Autorización donde se ejecuto la investigación .....	72
Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	73
Resultado final de programa turnitin de la tesis .....	74
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....	75
Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....	76

## Índice de tablas

Tabla 1: Cargas Transitorias y permanentes consideradas en el proyecto .....	55
Tabla 2: Coeficientes de cargas permanentes para el estudio .....	6
Tabla 3: Combinación de cargas consideradas para esta investigación.....	6
Tabla 4: Características de estados limites.....	7
Tabla 5: Esquema de operacionalización de variables .....	18
Tabla 6: Matriz morfológica de diseño .....	20
Tabla 7: Rutas de Prototipo .....	21
Tabla 8: Evaluación económica de prototipos.....	21
Tabla 9: Evaluación técnica de prototipos .....	22
Tabla 10: Materiales empleados en el cálculo estructural .....	28
Tabla 11: Dimensiones de varillas de acero .....	29
Tabla 12: Densidad de materiales empleados en las cargas.....	30
Tabla 13: Factor de presencia múltiple .....	31
Tabla 14: Valores de constantes $V_0$ y $Z_0$ .....	34
Tabla 15: Valores de C y $Z_0$ .....	36
Tabla 16: Presiones básicas, $P_B$ correspondientes a $V_B=160$ km/h.....	36
Tabla 17: Coeficiente de sitio para $F_{pga}$ y $F_a$ .....	38
Tabla 18: Coeficiente de sitio para $F_v$ .....	38
Tabla 19: Tipos de suelos y perfiles .....	39
Tabla 20: Resultados obtenidos para los apoyos de neoprenos.....	44
Tabla 21: Características mecánicas de aislador sísmico.....	48
Tabla 22: Resultados obtenidos para los apoyos Aisladores sísmicos.....	49
Tabla 23: Datos obtenidos para esfuerzo cortante $V_2$ .....	51
Tabla 24: Datos obtenidos para esfuerzo axial.....	52
Tabla 25: Datos obtenidos para momento flector $M_3$ .....	52
Tabla 26: Datos obtenidos para Torsión .....	52
Tabla 27: Porcentaje de reducción de esfuerzo cortante $V_2$ .....	53
Tabla 28: Porcentaje de reducción de esfuerzo axial.....	54
Tabla 29: Porcentaje de reducción de momento flector.....	55
Tabla 30: Porcentaje de reducción de torsión.....	56
Tabla 31: Porcentaje global de reducción .....	57



## Índice de figuras

Figura 1. Aisladores elastóméricos con núcleo de plomo LRB .....	4
Figura 2. Esquemas de momento flector actuante. ....	10
Figura 3. Torsión en cilindros circulares.....	10
Figura 4. Esfuerzo axial sobre una sección .....	11
Figura 5. Representación de Desplazamientos .....	11
Figura 6. Ubicación Satelital Google Maps y mapa político del Perú.....	12
Figura 7. Elevación longitudinal de diseño de Puente Pachitea – Puerto Inca – Huánuco..	13
Figura 8.: Vista inferior en diseño de Puente Pachitea – Puerto Inca – Huánuco .....	13
Figura 9. Grafica lineal valorativa de prototipo en aspecto técnico económico .....	23
Figura 10. Vista general de geometría de Puente Pachitea .....	24
Figura 11. Geometría de cimentación de Puente Pachitea .....	24
Figura 12. Detalle de secciones de Puente Pachitea .....	26
Figura 13. Sección transversal de Puente Pachitea.....	27
Figura 14. Esquema de camión de diseño .....	32
Figura 15. Esquema de tándem de diseño .....	33
Figura 16. Esquema de sobrecarga de carril de diseño .....	33
Figura 17. Mapa eólico del Perú.....	35
Figura 18. Mapa de isoaceleraciones espectrales periodo 0s .....	39
Figura 19. Mapa de isoaceleraciones espectrales periodo 1s .....	40
Figura 20. Mapa de isoaceleraciones espectrales periodo 0.2s .....	40
Figura 21. Espectro de diseño para Puente Pachitea.....	41
Figura 22. Dimensiones de apoyo de neopreno existente .....	42
Figura 23. Ingreso de datos de neopreno a CSIBRIDGE.....	43
Figura 24. Diagrama de respuesta a la cortante en la envolvente de Evento extremo I .....	45
Figura 25. Diagrama de esfuerzo cortante en estado límite de Evento extremo I.....	45
Figura 26. Diagrama de respuesta al momento flector en la envolvente de Resistencia I...46	
Figura 27. Diagrama de momento flector en estado límite de Resistencia I.....	46
Figura 28. Desplazamiento longitudinal por acción sísmica SX.....	47
Figura 29. Reacciones en los puntos de apoyo en estado límite de Evento extremo I .....	47
Figura 30. Ingreso de datos para aislador sísmico en CSIBRIDGE. ....	48

Figura 31. Diagrama de respuesta a cortante en la envolvente de Resistencia III .....	49
Figura 32. Diagrama de esfuerzo cortante en estado límite de Resistencia III .....	50
Figura 33. Diagrama de respuesta al momento flector en la envolvente de Resistencia III .....	50
Figura 34. Diagrama de momento flector en estado límite de Resistencia III .....	51
Figura 35. Representación del esfuerzo cortante en los dispositivos de apoyo .....	53
Figura 36. Representación del esfuerzo axial en los dispositivos de apoyo .....	54
Figura 37. Representación del momento flector en los dispositivos de apoyo .....	55
Figura 38. Representación de Torsión en los dispositivos de apoyo .....	56

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo demostrar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el comportamiento estructural de un puente ante un evento sísmico, utilizando el Software CSIBRIDGE y con la ayuda de la normativa ASHTO LRFD 2014, se realizó esta investigación teniendo en cuenta dos etapas, la primera consiste en la simulación del puente con apoyos de neoprenos zunchados convencionales que actualmente se encuentran en servicio, obteniendo una base de datos referenciales que fueron comparados con los obtenidos en la segunda etapa, donde se simuló la estructura con aisladores sísmicos de núcleo de plomo LRB, los cuales fueron determinados por su carga axial y desplazamiento, así mismo, este trabajo se realizó utilizando los estados límites de carga según la AASHTO como son Resistencia (I, III y V), Evento extremo I y Servicios I, pudiéndose comprobar una disminución considerable de esfuerzos en estudio como son: esfuerzos cortantes, momento flector, torsión y esfuerzo axial, por tal sentido, se pudo demostrar que el comportamiento estructural mejora con aisladores sísmicos a comparación con los apoyos de neoprenos zunchados convencionales, por tal motivo, se recomienda a los diseñadores incorporar este sistema de aislamiento en sus próximos proyectos estructurales. Debemos tener en cuenta que un puente es de vital importancia y ante un evento sísmico debe ser la última estructura en fallar, ya que sirve para llevar ayuda a un pueblo determinado tras un desastre natural.

Palabras claves: Simulación, aisladores sísmicos, comportamiento estructural.

## **Abstract**

The objective of the present investigation was to demonstrate that the simulation of seismic insulators influences the structural behavior of a bridge before a seismic event, using the Software CSIBRIDGE and with the help of the ASHTO LRFD 2014 regulation, this research was carried out taking into account two stages, the first one consists in the simulation of the bridge with supports of conventional weave neoprene that are currently in service, obtaining a reference database that were compared with those obtained in the second stage, where the structure was simulated with core seismic isolators. LRB lead, which were determined by their axial load and displacement, likewise, this work was carried out using the load limit states according to AASHTO such as Resistance (I, III and V), Extreme Event I and Services I, being able to check a considerable decrease in efforts under study such as: shear stress, bending moment, torsion and axial effort, for that reason, it was possible to demonstrate that the structural behavior improves with seismic insulators compared to the supports of conventional weave neoprene, for this reason, it is recommended to the designers to incorporate this insulation system in their next structural projects. We must bear in mind that a bridge is of vital importance and before a seismic event it must be the last structure to fail, since it serves to take aid to a determined town after a natural disaster.

Keywords: Simulation, seismic isolators, structural behavior.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú se han reportado movimientos telúricos cada vez más frecuentes, las consecuencias han sido registradas en daños estructurales de consideración, es así que la necesidad de la ingeniería es proponer tecnologías necesarias para minimizar pérdidas, tanto humanas como económicas, mejorando el comportamiento estructural y preparándolas para mayores solicitaciones sísmicas.

A lo largo de los años, se construyen puentes carrózales de diversos tipos como mixto acero-hormigón armado y de solo hormigón armado cuyas fundaciones o infraestructura se ejecuta “in situ” los estribos y/o pilotes, la superestructura está formada por vigas metálicas o de concreto aunadas a una losa de hormigón que une el conjunto y sobre ella la carpeta asfáltica. Estas vigas están simplemente apoyadas sobre neoprenos, por lo cual, ante la eventualidad de un terremoto se origina un movimiento horizontal en ambas direcciones entre la cimentación y la superestructura. Los puentes son estructuras de vital importancia para interconectar al país, es así, que, en el año 2016, se construyó el puente Pachitea que forma parte de la ruta Puerto Inca, la cual une al pueblo Puerto Inca y al pueblo de Puerto Súngaro que son separadas por el río Pachitea. El puente Pachitea tiene 360m de longitud en total, con 6000 toneladas de acero y concreto y una inversión de 110 millones de soles, viene siendo uno de los logros de la ingeniería que mayor impacto ha generado en la red de transporte terrestre. Por tal sentido, si el puente sufre un daño serio por un evento sísmico, impedirá brindar la ayuda y desarrollo necesario a los pueblos y ciudades que conforman esta red vial, teniendo en cuenta que en los últimos años se ha incrementado los movimientos sísmicos, y se ha evidenciado que la estructura de los puentes es vulnerable ante este fenómeno.

Por tal razón, el propósito de esta investigación consiste en la creación de un modelo matemático del puente en mención, para determinar cuál de los sistemas estructurales tiene mejor comportamiento ante un evento sísmico, es decir, realizar un comparativo entre la forma tradicional (apoyos de neopreno) y la implementación de aisladores sísmicos

Sobre estas dos variables de estudio, se han realizado investigaciones de diferentes autores. Tal es el caso de LEON, Laura. (2016). En su investigación titulada: *Disipadores y aisladores sísmicos, modelo de puente vehicular con disipador y sin disipador de energía, comparación de la respuesta sísmica*. (Tesis para obtener al título de Ingeniero Civil). Universidad Católica de Colombia. Llegó a las siguientes conclusiones: Es notorio que, al implementar un sistema de disipación de energía al puente simulado, se observó una reducción en sus fuerzas y desplazamientos, teniendo como resultado una estructura más estable durante el análisis modal ante un evento sísmico. Confirmando, por tanto, el uso de estos elementos disminuye los tiempos entre oscilaciones. VILLAVICENCIO, Erik. (2015). En su investigación: *Análisis sísmico estructural comparativo para edificios con aisladores de base tipo elastoméricos y friccionantes, para los diferentes tipos de suelos del ecuador*. (Tesis para optar el grado de magíster en estructuras). Escuela Politécnica Nacional. Llegó a las determinar lo siguiente: Para trabajar con aisladores sísmicos LRB y de fricción FPS se debe usar un análisis de iteración teniendo en cuenta que para los LRB debemos considerar espesores de láminas de acero delgadas ya que aumentando la altura del disipador aumenta el pandeo y para los aisladores de fricción debemos tener en cuenta un coeficiente bajo en fricción para disminuir las fuerzas tangenciales. También, PÉREZ, Naxalia. Y VÁSQUEZ, María. (2016). En su investigación que tiene como título *Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado*. (Trabajo Investigativo para obtener el Título de Ingeniera Civil). Universidad centroamericana de Nicaragua. Llegó a las siguientes conclusiones: Los aisladores de tipo LRB son muy buenos minimizando las fuerzas sísmicas en edificaciones comparando con las convencionales reduciendo hasta en un 92% para fuerzas cortantes y 92% para aceleraciones, demostrando así niveles de confiabilidad, protecciones sísmicas y sus costos no son muy elevados.

REYNA, Alisson. (2017). En su proyecto denominado: *Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura*. (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad César Vallejo. Concluyó que: Se puede observar que las columnas reducen sus esfuerzos axiales hasta en un 50% y en otros las vigas

en 30%, pero debemos tener en cuenta una intermitencia de niveles originados por el sismo que aumentan los parámetros de recolección de datos. Asimismo, DELGADO, Ronal. (2017). En su trabajo de investigación: *Comparación técnico económico entre el uso de aisladores elastóméricos y placas de concreto armado en una edificación de 8 pisos*, (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad César Vallejo. Concluyó que: Se pudo comprobar que los desplazamientos en el eje X disminuyen considerablemente a comparación de una construcción aislada a una convencional disminuyendo en ese eje de 11cm a 2.2 cm lo que implica decir que existe un 85.5% de reducción. También CARRILLO, Cecilia (2017). En su trabajo de investigación titulado: *Análisis comparativo de diferentes aisladores sísmicos para edificaciones esenciales con fines de reducción de daños — Hospital de llave, Puno 2017*. (Tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil). Universidad César Vallejo. Concluyó que: Se demostró que en la edificación en estudio los aisladores de base sísmica mejoraron el diseño sismorresistente utilizando la norma NPT E030 de diseño sismorresistente. PLASENCIA, Juan. y CUEVA, Edward (2015), es su investigación titulada: *Análisis sísmico comparativo teniendo en cuenta cimentación convencional y aisladores sísmicos aplicado al edificio de laboratorios especializados de la escuela de ingeniería en energía de la UNS*. (Tesis para optar al título de ingeniero civil). Universidad Nacional del Santa. Concluyeron que: Se aisló la edificación y se pudo comprobar una buena respuesta estructural por encima de una edificación convencional donde se observó que la cortante basal disminuye en el eje X hasta en 43.4% y en el eje transversal 44.3%, esto implica poder disminuir las secciones de los elementos estructurales que trabajan al corte hasta en un 52%, además se pudo comprobar que las vibraciones y aceleraciones también reducen y varían estas últimas entre pisos de  $1,14\text{m/s}^2$  hasta  $1,22\text{m/s}^2$

Existen diferentes teorías que hablan sobre los **aisladores de base sísmica**, quienes son dispositivos cuya función principal es absorber las vibraciones sísmicas; es decir, independiza a la estructura de las fuerzas originadas por desplazamientos del suelo. Estos aisladores se dividen en **aisladores elastóméricos con núcleo de plomo LRB**, conocidos como (Lead Rubber Bearings), conformados por acero y caucho alternados uno tras otro, estos se unen con la vulcanización sobre un núcleo de

plomo que tiene forma cilíndrica. Cuando está sometido a esfuerzos, el núcleo de plomo absorbe la energía sísmica, gracias a las fuerzas de deformación se logra una disipación de hasta un 30% que representa el doble en comparación con los aisladores de elastómero de amortiguación alta (Serie SI). Entonces gracias a esto se logra reducir el desplazamiento del eje horizontal debido a la buena capacidad de absorción, esto teniendo un aislamiento con una rigidez muy similar, pero con poca disipación. En su mayoría estos presentan un diseño circular, aunque pueden diseñarse en forma cuadrada, en ambos casos pueden tener uno o más núcleos.

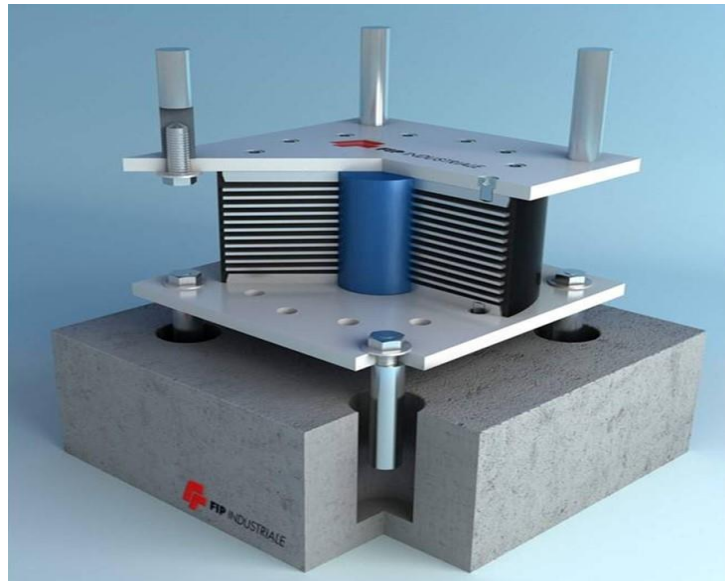


Figura 1: Modelo de Aislador con núcleo de plomo tipo LRB

*Fuente: Catalogo FIP Industriales*

Se debe tener en cuenta las **generalidades de la norma AASHTO LRFD 2014: Cargas y combinaciones**, se presenta la denominación de las cargas permanentes, transitorias que vamos a considerar en el presente estudio:



Tabla 1:

*Cargas Transitorias y permanentes consideradas en el proyecto*

---

<b>Cargas transitorias</b>	
BR	Carga por frenado de vehículo
EQ	Carga por sismo
FR	Fuerza de frenado
LL	Carga vehicular
LS	Carga viva
PL	Carga peatonal
WL	Carga de viento en sobrecargas
WS	Carga de viento sobre la estructura

---

<b>Cargas permanentes</b>	
DD	fuerza de bajada debida a la fricción
DC	carga muerta de la estructura y apegos no estructurales
DW	carga muerta de superficies de desgaste y servicios públicos
EH	carga de presión del suelo horizontal

---

*Fuente: Datos obtenidos de AASHTO LRFD 2014*

A continuación, se muestran los diferentes tipos de cargas abreviados como lo establece la ASHTO y las combinaciones posibles que la norma nos indica hacer para él diseño, brindando a cada valor de carga un factor o constante de multiplicación, con ella realizaremos las combinaciones respectivas para sus estados límites que usaremos en esta investigación.

Tabla 2:

*Coefficientes de cargas permanentes para el estudio*

Tipos de cargas	Factores de carga		
	Máx.	Mín.	
DC: Elementos y accesorios	1.25	0.9	
DC: Solo Resistencia IV	1.5	0.9	
DD: Fricción negativa	Pilas, un método de Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, λ método	1.05	0.3
	Ejes perforados, método Oneil y Reese (1999)	1.25	0.35
DW: Superficies de desgaste y servicios P.	1.5	0.65	
EH: Reacciones horizontales del suelo			
Activo	1.5	0.9	
Pasivo	1.35	0.9	
AEP para muros embebidos	1.35	N/A	
ES: Sobrecarga del suelo	1.5	0.75	

*Fuente: Norma AASHTO LRFD 2014*

Tabla 3:

*Combinación de cargas consideradas para esta investigación.*

Combinación de cargas	DD	DC	DW	EH	EV	LL	ES	IM	EL	CE	PS	BR	CR	PL	Usar solo por una vez																	
															SH	LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV				
Estado limite	SH	LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV																		
RESISTENCIA I		1.8	01	-	-	01	0.50	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Resistencia III		-	01	1.4	-	01	0.50	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V		1.3	01	0.4	01	01	0.50	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Evento extremo I			01	-	-	01	-	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Servicio I		01	01	01	0.3	01	01	1	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Fuente: Norma AASHTO LRFD 2014*

Tabla 4:

*Características de estados límites*

<b>Estados límites</b>		
<b>Resistencia</b>	Resistencia I	Combinaciones básicas estándar vehicular del puente sin viento.
	Resistencia III	Combinaciones con el puente a la velocidad del viento mayor a 90 km/h.
	Resistencia V	Combinaciones con el uso normal vehicular de la estructura con viento de 90 km/h de vel.
<b>Evento extremo</b>	Evento extremo I	Combinaciones con acciones sísmicas, el factor $\gamma_{EQ}$ , será determinado en base a proyectos específicos.
<b>Servicio</b>	Servicio I	Combinaciones de uso normal con viento de 90Km/h y las cargas tomadas a sus valores nominales.

*Fuente: Datos obtenidos de la normativa AASHTO LRFD 2014*

En cuanto al **estado límite de servicio**, se consideró como una restricción ya que produce deterioro en la estructura es decir una pérdida de funcionalidad, este deterioro se representa en deformaciones y fisuras; sin embargo, no presenta un riesgo de corto plazo. El **estado límite de fatiga y fractura**, es un grupo de restricciones de esfuerzos originados por el camión de diseño, en un determinado número de repeticiones. El **estado límite de resistencia**, se encarga de garantizar la estabilidad y resistencias locales y globales frente a las cargas constantes a las que serán aplicadas al puente durante todo su tiempo de vida útil. El **estado límite de evento extremo**, se encarga de garantizar la resistencia de la estructura de un puente durante fenómenos sísmicos, fenómenos fluviales, golpes causados por embarcaciones y otros tipos de acontecimientos.

En cuanto a la **ductilidad** se entiende como la capacidad de conducir la energía, en el caso de los puentes, estos para asegurar el performance y evitar deformaciones o fisuras frente a los estados límites de evento extremo y de resistencia antes de la falla, se deben especificar sus dimensiones, así como utilizar dispositivos disipadores de energía. *Por lo mencionado se entiende que para el estado límite de resistencia:*

$\eta_D \geq 1.05$  para componentes y conexiones no conductibles.  $\eta_D = 1.00$  para diseños y detalles convencionales cumpliendo con estas especificaciones.

$\eta_D \geq 0,95$  para componentes y conexiones adicionales para mejorar la ductilidad

El Resto estados límite se tomará el valor de:  $\eta_D = 1.00$ . Para garantizar la ductilidad, se tiene la opción de especificar un mínimo valor en cuanto al factor de ductilidad.

Para obtener la capacidad de ductilidad se aplica la siguiente fórmula:

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Donde:

$\Delta u$ : deformación última

$\Delta y$ : deformación en el límite elástico

Esta dimensión también se puede obtener a través de ensayos de escala natural o escalas grandes; también se pueden utilizar modelos analíticos para un sistema estructural.

Del **criterio por deflexión**, se deben considerar algunos criterios como: Para el caso de plataformas de acero reticulados y livianos de concreto, estos se deben diseñar teniendo en cuenta los estados de límites, considerando los efectos de deformación excesiva y la deflexión causada por la carga. A continuación, se especifica los criterios para tableros: L.800, sin tránsito de peatones. L.1000, con tránsito de peatones limitado. L.1200, con tránsito considerable de peatones. Donde L: Dimensión de tramo. Al analizar desplazamientos máximos, se debe seleccionar el número de vías a cargar, con la intención de ir consiguiendo un efecto diferencial cada vez mayor. Se utilizará la sobrecarga en combinación servicio I. Para la sobrecarga viva se considera como se especifica en la deflexión: Un solo camión en estudio y se analiza con el 25% del camión y sobrecarga de diseño. Además, existen otros criterios a tener en cuenta en construcciones a base de concreto, a base de aluminio y a base de acero, estos criterios de límites de reflexión a considerar en cargas: L.800, por vehículos; L.800, por vehículos y peatones; L.300, por vehículos en voladizo; L.375, por vehículos y peatones en voladizo. En construcciones a base de madera se cuenta con otros criterios de límites de deflexión en cargas: L.425, por vehículos y peatones y por vehículos sobre paneles de madera y tablonos deflexión max. 2,5 mm.

En cuanto a la **deformación estructural** es la magnitud que se usa para medir la contracción y/o compresión o elongación y/o tracción, que experimenta un material de un determinado elemento como respuesta a los siguientes factores: El resultado de aplicar una fuerza externa a un elemento (deformación mecánica), la aplicación de

calor o frío a un elemento (deformación térmica) y las fuerzas internas originada por proceso de fundición, forjado y soldadura (deformación residual). La deformación se mide para determinar el nivel de tensión (esfuerzo) de un material; por medio de un análisis de tensiones. El valor absoluto y la dirección de la tensión mecánica se determinan a partir de la deformación medida y propiedades conocidas del material (constante elástica y coeficiente de Poisson). Los cálculos para determinar la deformación se basan en la ley de Hooke, ya que aquí se determina una relación directa entre la deformación  $\varepsilon$  [m/m] y el esfuerzo  $\sigma$  [N/mm<sup>2</sup>] que experimenta un determinado material. La proporcionalidad sería la constante elástica o módulo de Young E [N/mm<sup>2</sup>].

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad (\text{Ec. 1.4})$$

El elemento al estar sometido a una fuerza de carga, esta se deforma y con el todo el elemento que la componen. En la mayoría de los casos las deformaciones son casi imposibles de percibir las, para encontrarlas se deben medir con la ayuda de instrumentos. El deterioro de la estructura y la de sus elementos estructurales a causa de una reacción del estado físico originada Cuando una deformación retorna a su posición de origen, ya sea por el cese de la fuerza que lo deformó, se llama deformación elástica; es decir sus partículas regresan a una posición de origen. Los elementos estructurales pueden tener un comportamiento plástico o elástico. Las deformaciones no son netamente elásticas ni permanentes, todo elemento deformado, cuando se termina la fuerza que lo deforma esta vuelve a su estado original; y si se aplica una fuerza pequeña a un elemento con poca capacidad de elasticidad la deformación se llega a anular. En este sentido un elemento es de comportamiento elástico cuando no se percibe su deformación. (MORALES, 1997). Respecto al **momento flector** M ejerce fuerza sobre las secciones de un elemento se afirma que está siendo sometido a flexión; cuando se da esta flexión la cortante T y las fuerzas del axial N son nulas en todo el elemento. Cuando las secciones de un elemento son sometidas a una fuerza flector variable y un esfuerzo constante se genera una flexión simple sobre el elemento estructural. Cuando el momento flector y una fuerza axial actúa sobre una sección de la estructura entonces se genera una flexión compuesta; y si a esto actúan un momento flector y un momento torsor entonces la sección está siendo sometida a una flexo-torsión. Por ejemplo, en la imagen siguiente, la viga de la figura a está sometido a flexión pura en toda su longitud, mientras que el de la figura

b tiene parte de su longitud en flexión pura y parte en flexión simple, así mismo, la figura c tiene su parte central sometida a flexión pura, mientras entre los extremos de los apoyos y las cargas están sometidas a flexión simple, de hecho, esta es una de las maneras utilizadas en la práctica para conseguir materializar una situación de flexión pura. (CERVERA y BLANCO, 2003).

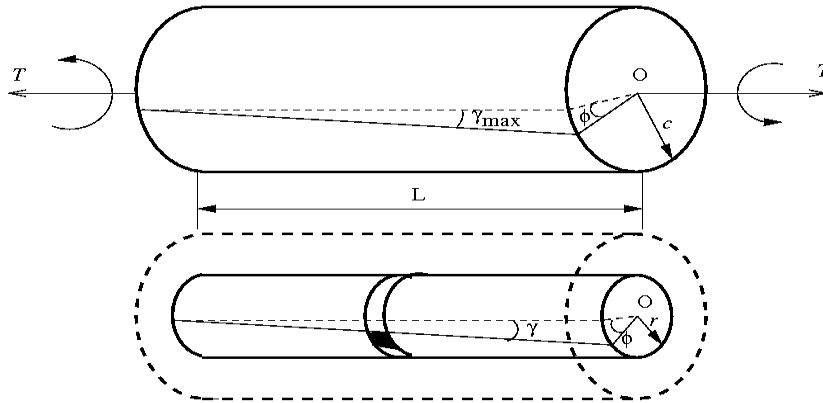


Figura 2: Esquemas de momento flector actuante.

Fuente: *Dinámica Estructural - Anil K. Chopra*

La **torsión** se presenta cuando se aplica una fuerza al eje longitudinal, este eje predomina sobre otras, y se encuentran en diversas situaciones. Presenta un estudio muy complejo, ya que sobre la sección transversal actúan dos fuerzas (fenómenos): las tensiones tangenciales tanto transversales como paralelas, estas fuerzas no distribuyen la energía en la simetría circular, es aquí donde los alabeos evitan que sean planas las secciones transversales.

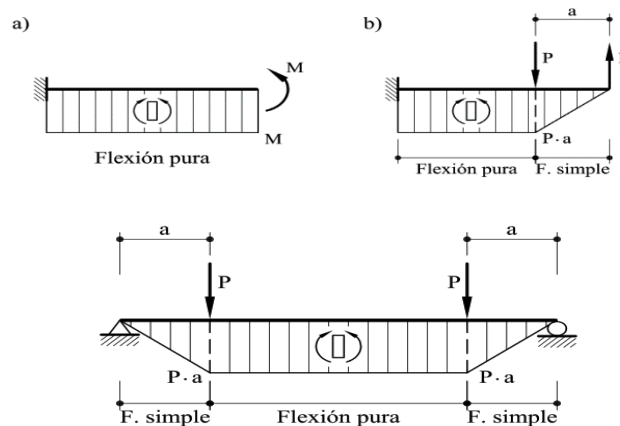


Figura 3: Torsión en cilindros circulares

Fuente: *Resistencia de Materiales - Miguel Cervera*

En esfuerzo axial, cuando un cuerpo experimenta fuerzas normales en sus secciones y en su centro de gravedad esto genera una tracción, llamada esfuerzos axiales. (CERVERA y BLANCO, 2002). El esfuerzo axial o axil conocido como esfuerzo resultante de la tensión perpendicular, es decir esfuerzos normales a la parte transversal de un plano mecánico. La sollicitación del esfuerzo axil la conforman las tensiones paralelas asociadas a la tensión normal.

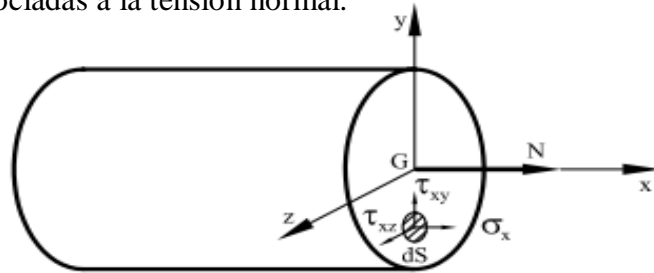


Figura 4: Esfuerzo axial sobre una sección

Fuente: *Mecánica de materiales – Fitzgerald*

La fuerza de desplazamiento se presenta a través de:

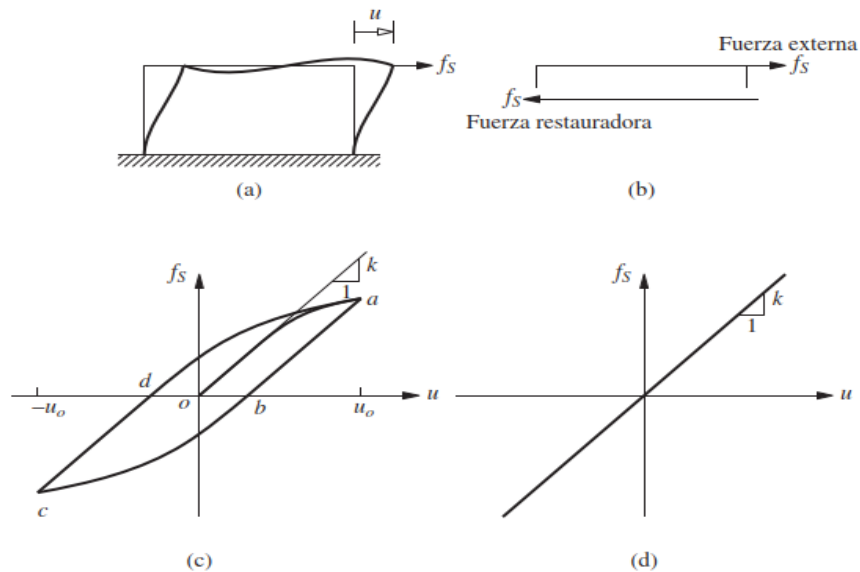


Figura 5: Representación de Desplazamientos

Fuente: *Dinámica Estructural - Anil K. Chopra*

En la figura 5 se puede observar que en la imagen (a) actúa una fuerza de tipo externa estática  $f_s$  con una excitación de tipo dinámica ejercida hacia la derecha, esto genera que la fuerza interna que es opuesta al desplazamiento (derecha) ( $u$ ) sea igual a la fuerza  $f_s$ . En la imagen (b) se busca determinar la relación entre las dos fuerzas (fuerza

$f_s$  y fuerza de desplazamiento  $u$ ) estas fuerzas son las responsables de las deformaciones estructurales cuando ocurren movimientos de oscilación. Cuando las deformaciones son pequeñas esta fuerza sería lineal, caso contrario no serían lineales tal como se observa en la imagen (c).

El software **CSIBRIDGE**, integra en un modelo geométrico de un puente las capacidades de dimensionamiento, de modelado y análisis para responder las consultas de los ingenieros. Este software permite realizar todas estas actividades con mucha facilidad de manera rápida y oportuna, esto hace del software muy versátil y el más productivo hoy en día. Una de las características de este software es que permite trabajar geometrías complejas de puentes con los diversos tipos de cargas y varios tipos de análisis. Para el modelado se necesita especificar los parámetros de los elementos que conforman la estructura, el software está estandarizado con los términos comunes entre los ingenieros de puentes. CSIBRIDGE permite realizar un rápido y eficaz análisis del dimensionamiento de refuerzo de la estructura de los puentes, ya sean de hormigón y acero. A través del moldeado por parámetros se puede modelar hasta puentes complejos, controlando todo el proceso de dimensionamiento.

El **puente Pachitea** está ubicado en el departamento de Huánuco entre Puerto Inca y Puerto Súngaro, es el segundo puente más largo del Perú, con 360m de longitud, de tipo carrozable de doble vía, con un peso combinado entre acero y concreto de 6000 toneladas aproximadamente.

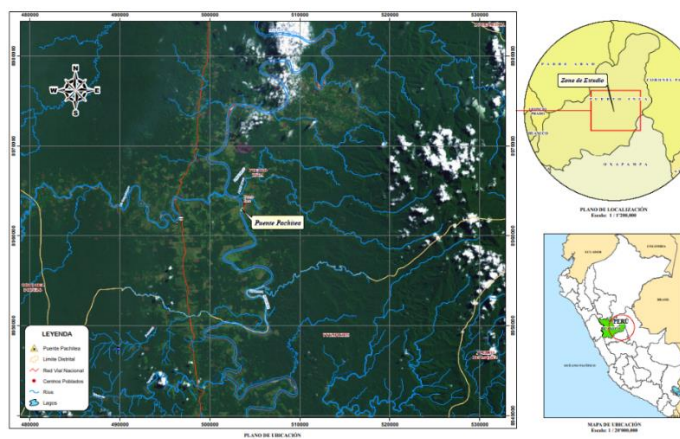


Figura 6: Ubicación Satelital Google Maps y mapa político del Perú

Fuente: Google Maps



Según el GRUPO DIGANMA (2017), manifestó que cuenta con cimentación profunda (Pilotaje) y base de pilonos y estribos. Estos pilonos son elaborados de concreto ciclópeo y llegan hasta el nivel inferior de la plataforma, hasta aquí se describen las partes que son elaborados en base a concreto armado; sin embargo, la otra parte de esta superestructura está compuesto de acero al carbono.



Figura 7: Elevación longitudinal de diseño de Puente Pachitea – Puerto Inca – Huánuco

*Fuente: MTC Provias Nacional*

Constituido por una losa de 14.25 m de ancho 356 m de longitud, de estructura atirantada extradadoso, sujetos por ocho tirantes de acero rígido con una sección tronco piramidal, que descansa en viga cajón, dos de estas vigas soportan el vano principal de 180 m de luz. Los tramos laterales de 90 metros de luz están sujetos por tirantes unidos a los pilonos de 27 metros de altura sobre el tablero, hasta su coronación quedando unidos a los tirantes, formando un diseño piramidal.



Figura 8: Vista inferior en diseño de Puente Pachitea – Puerto Inca – Huánuco

*Fuente: MTC Provias Nacional*

Los cordones laterales longitudinales, son de viga cajón de 3.5 m alto, 1.3 m de ancho y ambas tienen un diseño con inclinación hacia el interior, unidos a los tirantes metálicos y también unidos por medio de las vigas transversales con una separación a cada 4 m, la sección variable puede ir de 0.82 m a 1 m. El ala inferior tiene un ancho de 400 mm salvo en vigas transversales sobre pilonos y estribos, en donde las alas pueden presentar un ancho que va desde los 1170 mm superior y 600 mm inferior. Sobre esta plataforma metálica descansa la placa colaborante que son unidas por conectores de corte y estos son cubiertos con el vaciado del concreto. El vaciado tiene un espesor constante de 0.25 m en la zona de calzada, y 0.4 m en los 2.2 m laterales, que lo conforman las calzadas y a la zona de protección. En la estructura se colocan estribos externos y estas son cerradas con diseño de que contienen la caída de la tierra. La rodadura del tablero tiene un ancho de 7.20 m, además presentan 2 veredas que tienen un ancho de 1.60 m. Los apoyos del puente cuentan con un sistema convencional de neopreno con dureza 60 shores A3, horizontalmente en su interior con planchas de acero de 225 MPa, estos se anclaron a los estribos utilizando pernos de 40 mm de diámetro. Las placas metálicas externas del apoyo con 355 MPa como límite elástico. Las juntas de dilatación están fabricadas por perfiles angulares y planchas de acero empotrado a los extremos de la losa, selladas con elastómero de dureza shore A50 para funcionamiento en servicios. Los drenajes a lo largo del tablero, son de tubos de fierro galvanizado con diámetro de 80 mm y 300 mm de largo.

Sobre nuestra investigación se ha **formulado problemas**. Como **problema general**: ¿De qué manera influye la simulación de aisladores sísmicos en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco 2019? Como específicos: ¿Cómo influye la simulación de aisladores sísmicos en el esfuerzo cortante comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco 2019? ¿De qué manera la simulación de aisladores sísmicos influye en el momento flector del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco 2019? ¿Qué influencia produce la simulación de aisladores sísmicos en la torsión del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco 2019? ¿Cómo influye la simulación de aisladores sísmicos en el esfuerzo axial del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco 2019? Al respecto, la investigación se justifica de diferentes tipos: **Justificación teórica**, este trabajo tuvo como propósito aportar al conocimiento existente sobre el uso de aisladores sísmicos

en puentes, en tal sentido se desea simular la acción del sismo en puente Pachitea y realizar un modelo matemático para hacer un comparativo del comportamiento estructural en base al puente con apoyos de neopreno (método convencional), cuyos resultados de este estudio podrá sistematizarse en una propuesta para ser incorporado en los nuevos diseños estructurales en puentes a futuro. **Justificación práctica**, existe la necesidad de mejorar el comportamiento estructural ante un evento sísmico, se desea proponer estrategias de diseño e implementación que ayuden a minimizar el efecto sísmico sobre las estructuras del puente. **Justificación ambiental**, un puente, como el Puente Pachitea, es considerado de gran envergadura debido al atractivo turístico de la zona, que se ve apoyado sobre la riqueza natural y promueve la económica del sector, es por ello que hemos tomado en cuenta analizar un modelo del mismo para minimizar los daños que puedan ser causados por alguna ocurrencia sísmica con la intención a futuro de preservar el tiempo de vida de la estructura. **Justificación social**, el puente Pachitea, permite ofrecer un servicio de acceso con estándar de calidad a los pobladores de la zona, regiones aledañas, turistas nacionales y extranjeros, brindando transportarse de un extremo a otro debido contribuyendo al desarrollo económico de los sectores doméstico, comercial e industrial, es por eso que se realiza esta investigación buscando alternativas de diseño sismorresistente para la mejora del comportamiento estructural ante un evento sísmico. **Justificación metodológica**, esta investigación es realizada a través de un modelo simulado del Puente Pachitea y servirá como referencia a ingenieros proyectistas y calculistas en el área de diseño de Puentes vehiculares que busquen mejorar el comportamiento estructural de sus estructuras ante un evento sísmico.

Esta investigación tuvo como **hipótesis general**, La simulación de aisladores sísmicos influye en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco 2019. Como **hipótesis específicas** se tuvo: La simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo cortante del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019; la simulación de aisladores sísmicos influye en el momento flector del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019; la simulación de aisladores sísmicos influye en la torsión del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019; la simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo axial del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019. Además, como **objetivo**

**general** se planteó: Demostrar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019. Como **objetivos específicos**: Evidenciar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo cortante del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019; demostrar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el momento flector del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019; evidenciar que la simulación de aisladores sísmicos influye en la torsión del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019 y evidenciar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo axial del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y diseño de investigación

El diseño que se utilizó fue el pre experimental, con un solo grupo de pre-prueba y pos-prueba

$$G: O_1 X O_2$$

**Dónde:**

**G :** Grupo o muestra.

**O<sub>1</sub>:** Observaciones en pre-prueba del comportamiento estructural

**X:** Variable independiente, aisladores sísmicos

**O<sub>2</sub>:** Resultados obtenidos de la pos-prueba.

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA (2014) manifestó que el diseño pre experimental es: “Trata en gestionar una inducción o método a un grupo y posteriormente usar la comprobación de una o más variables para no perder de vista cuál es el nivel del conjunto en estas” (p. 141).

### 2.2 Operacionalización de variables

**Variables**

- **Variable independiente**

Aisladores sísmicos

- **Variable dependiente**

El comportamiento estructural

## Operacionalización de variables

Tabla 5:

*Esquema de operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Independiente:</b> Aisladores sísmicos	Son dispositivos de control pasivo que sirven para aislar e independizar las fuerzas sísmicas con una estructura.	Estos dispositivos permiten mejorar las respuestas sísmicas en las estructuras, aislando el movimiento del suelo con respecto a las estructuras.	• Aisladores sísmicos	Carga Axial  Desplazamiento	De Razón
<b>Dependiente:</b> El comportamiento estructural	Es el estudio o análisis que se hace a una estructura como resultado de aplicar fuerzas externas.	Es el análisis que se realiza a las estructuras con la ayuda de un software, para determinar los efectos de fuerzas externas simuladas.	• Esfuerzo cortante  • Momento flector  • Torsión  • Esfuerzo axial	Magnitud en [KN/m <sup>2</sup> ]  Magnitud en [KN.m]  Magnitud en [KN.m]  Magnitud en [KN/m <sup>2</sup> ]	De Razón

*Fuente: elaboración propia*

### 2.3 Población, muestra y muestreo

La población y muestra es de caso único, estuvo constituida por la unidad muestral del puente Pachitea, Puerto inca – Huánuco.

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

#### Técnicas

Se aplicará la observación porque se obtendrá datos mediante la percepción intencionada y selectiva

### **Instrumentos de recolección de datos**

Se empleó el software CSIBRIDGE para modelar y simular el puente, utilizando el método de cálculo MEF (Método de elementos finitos).

El registro de datos, se utilizó para poder verificar los resultados de las variables.

### **Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Para la validación se aplicó la validez de contenido con el juicio de expertos que fueron tres: dos de la especialidad y un metodólogo.

## **2.5 Procedimiento**

El estudio se realizó en dos etapas, la primera consta de realizar la simulación con los apoyos de neopreno zunchados convencionales que están actualmente en servicio y que servirá como base referencial para la comparación con la segunda etapa que fue con Aisladores sísmicos del tipo LRB

## **2.6 Métodos de análisis de datos**

El método que se utilizó fue el deductivo, cuantitativo y descriptivo. Además, se utilizó la estadística para procesar la información y obtener los resultados del registro de información. Finalmente, para la prueba de hipótesis se empleó la estadística inferencial.

## **2.7 Aspectos éticos**

Este estudio estuvo trabajado en base a las normas y precisiones de establecidos por la Universidad César Vallejo, por ende, referente a la citación de los autores será de acuerdo a las normas ISO 690-2. Esto garantizará el cumplimiento de las normas y políticas establecidas de la investigación.

### III. RESULTADOS

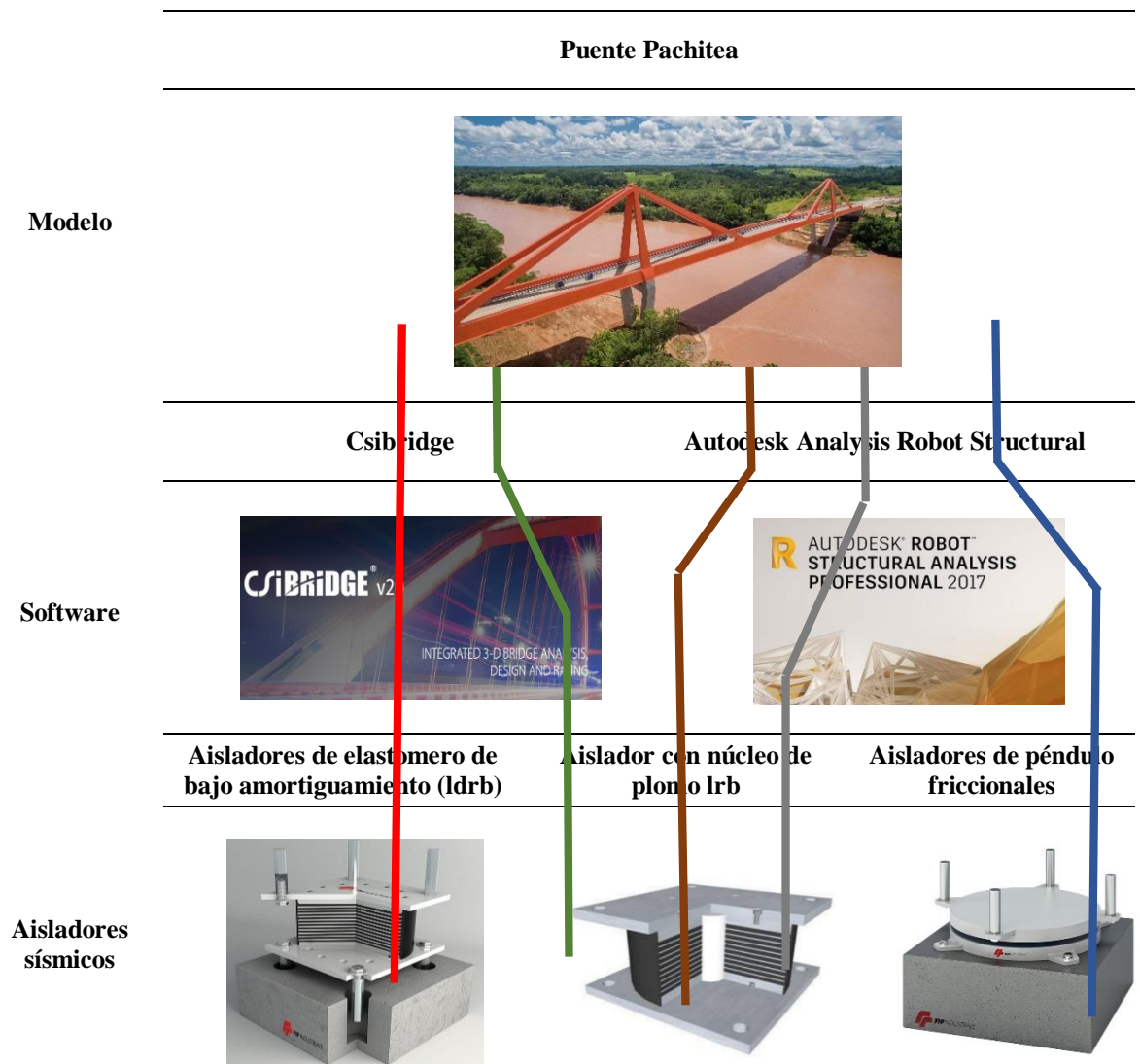
#### 3.1. Diseño del modelo

##### 3.1.1. Concepción del Diseño

##### 3.1.1.1. Matriz morfológica

Tabla 6:

*Matriz morfológica de diseño*



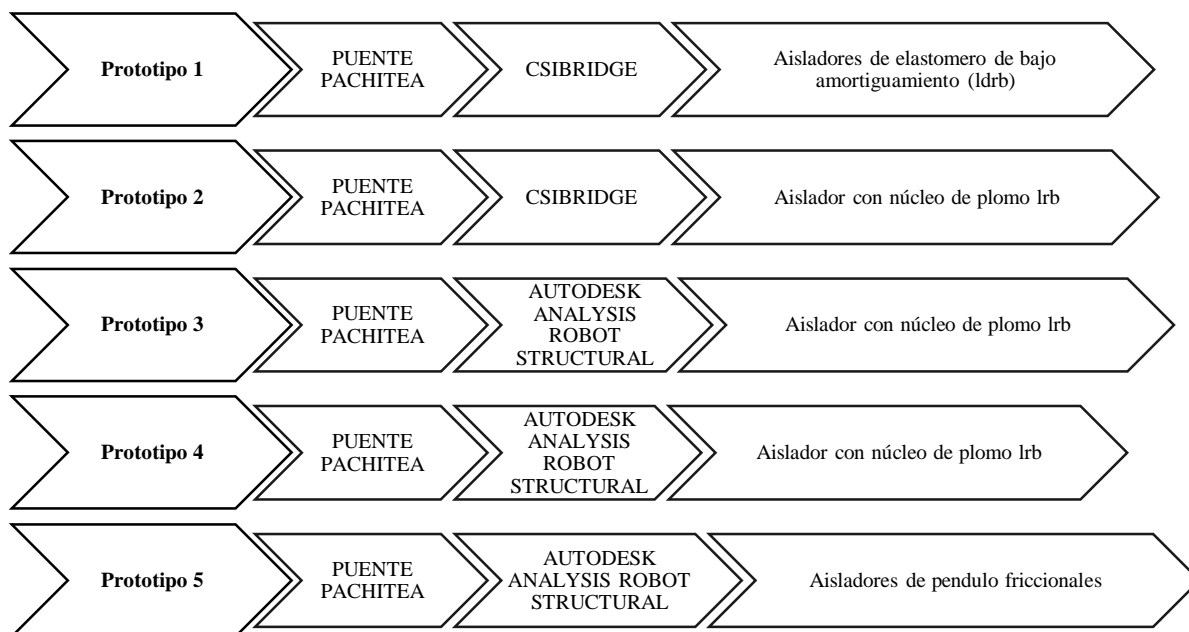
Fuente: Elaboración propia



### 3.1.1.2. Prototipo

De la tabla 6, se obtiene 5 prototipos de diseño a seguir, los cuales serán evaluados en sus aspectos técnico – económico.

Tabla 7:  
*Rutas de Prototipo*



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.3. Selección de alternativa óptima

Evaluación de prototipos según el aspecto económico

Tabla 8:  
*Evaluación económica de prototipos*

0 = (costoso), 1 = (medio), 2 = (barato)

Nº	Factor económico	Importancia "i"	S1	S2	S3	S4	S5
		%	P	P	P	P	P
1	Costo de material	45	1	1	1	1	1
2	Costo de fabricación	30	1	2	1	1	0
3	Coste de montaje	25	2	2	1	2	1
	Total	100	1.33	1.67	1.00	1.33	0.67
	$PT = (\sum p_i x(\%)i) / 100$						
	Puntaje Unitario		0.67	0.83	0.50	0.67	0.33
	$PU = (PT) / 2$						

Fuente: Elaboración propia

## Evaluación de prototipos según el aspecto técnico

Tabla 9

*Evaluación técnica de prototipos*

*Escala de valores según VDI 2225 con puntaje “P” DE 0 a 3*

*0=(No satisface), 1=(Aceptable a las justas), 2= (suficiente), 3=(Bien)*

Variantes del concepto		Importancia “i”	S1	S2	S3	S4	S5
N°	Criterios de evaluación	%	p	p	p	p	p
1	Función	15.00	3	3	3	3	3
2	Geometría	5.00	2	3	2	2	2
3	Cinemática	7.00	3	3	3	3	2
4	Cinética	8.00	2	2	2	2	2
5	Fuerza	6.00	3	3	3	3	3
6	Energía	6.00	3	3	3	3	3
7	Materiales	6.00	3	3	2	3	3
8	Seguridad	7.00	3	3	2	3	2
9	Ergonomía	7.00	2	2	2	2	2
10	Fabricación	11.00	2	3	3	3	3
11	Montaje	8.00	2	3	2	3	2
12	Transporte	4.00	2	3	2	3	2
13	Mantenimiento	10.00	2	3	2	3	1
Puntaje Total		100	2.46	2.85	2.38	2.77	2.31
PT=Σpix(%i)/100							
<i>Puntaje Unitario</i>			0.82	0.95	0.79	0.92	0.77
<i>PU=PT/3</i>							

*Fuente: Elaboración propia*

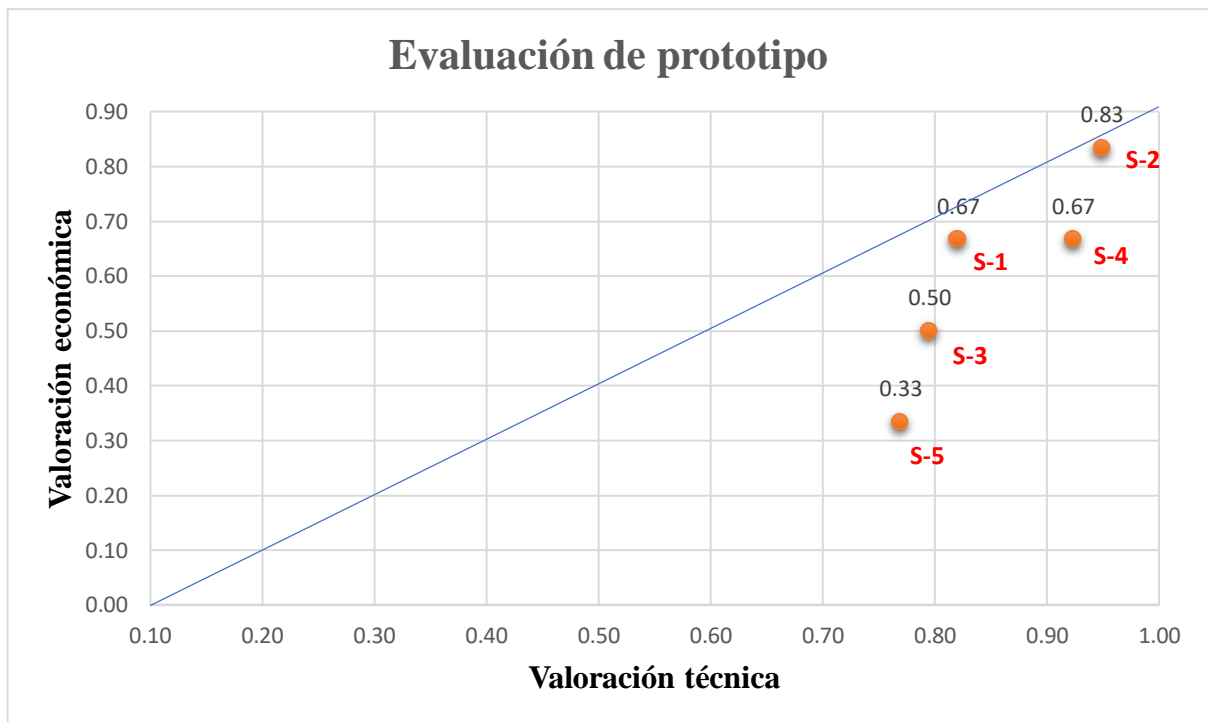


Figura 9: Gráfica lineal valorativa de prototipo en aspecto técnico económico

*Fuente: Elaboración propia*

### **Interpretación:**

Observamos en la figura 9, los 5 prototipos evaluados en los aspectos técnico económico, podemos ver que el valor S-2, se encuentra más cercano de la línea de solución ideal, por tanto, se procederá a desarrollar el proyecto con esta ruta antes mencionada.

### 3.1.2. Cálculo y selección de componentes

#### 3.1.2.1. Geometría

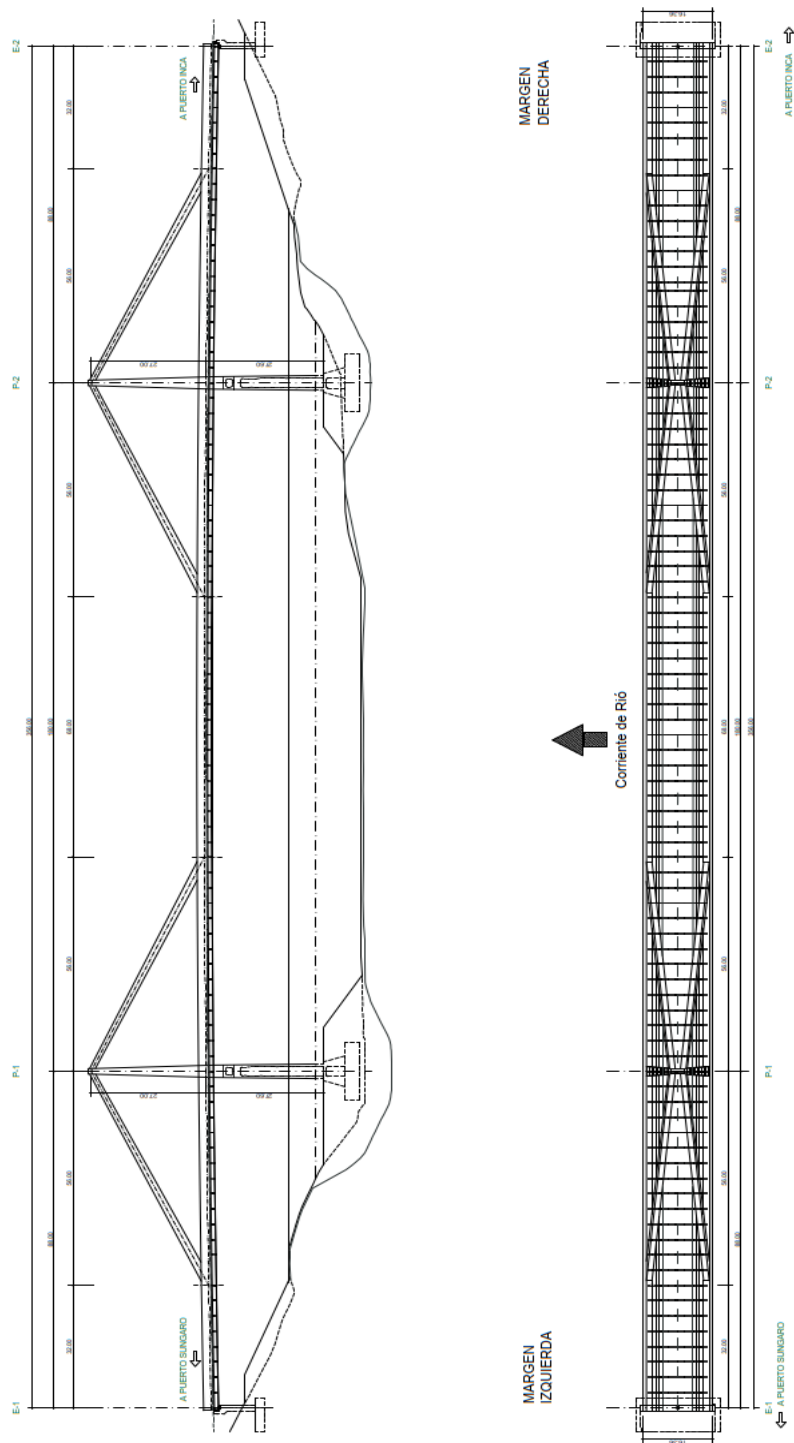


Figura 10: Vista general de geometría de Puente Pachitea

Fuente: Elaboración propia a través de información del MTC

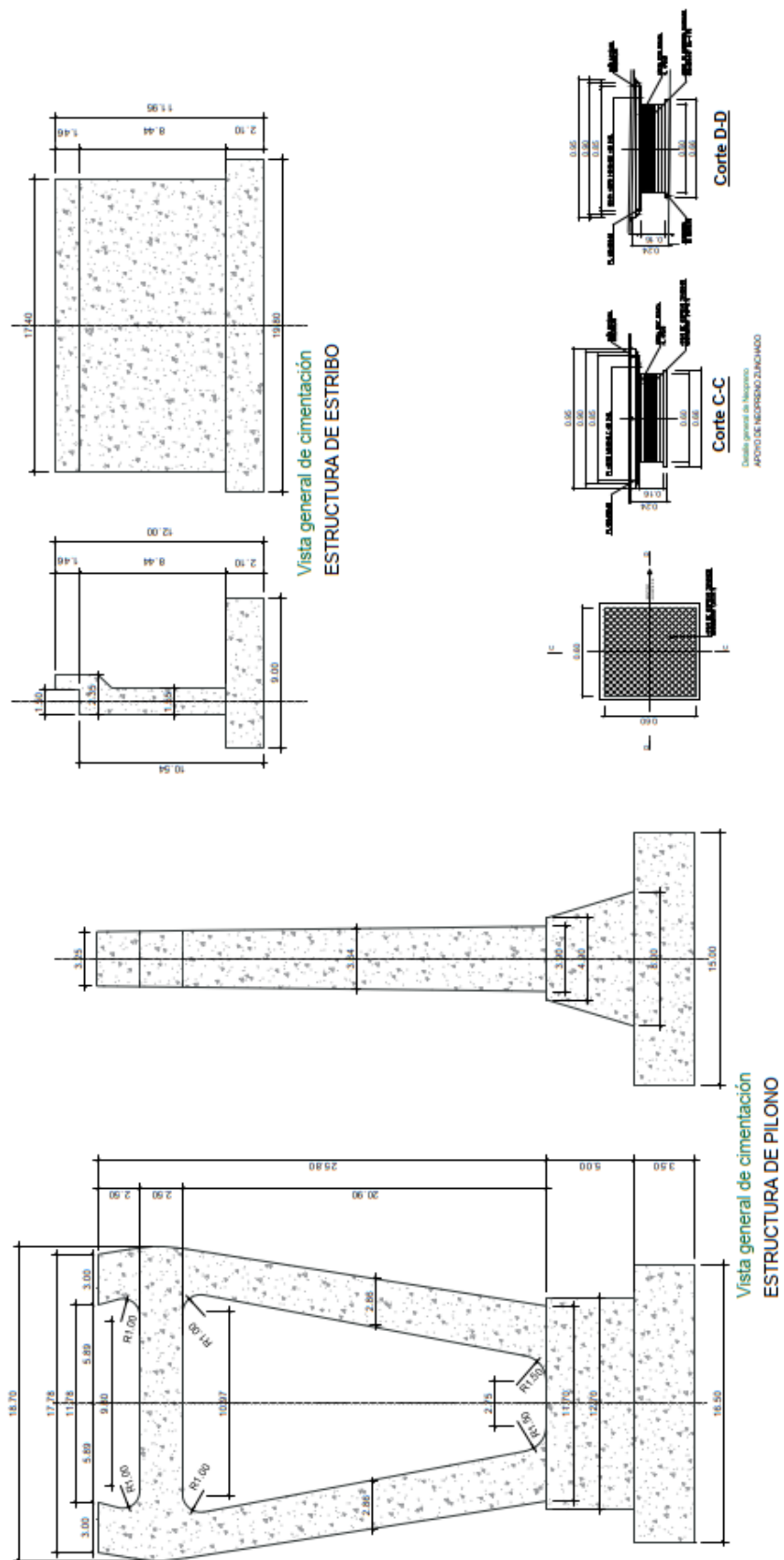


Figura 11: Geometría de cimentación de puente Pachitea

Fuente: Elaboración propia a través de información del MTC

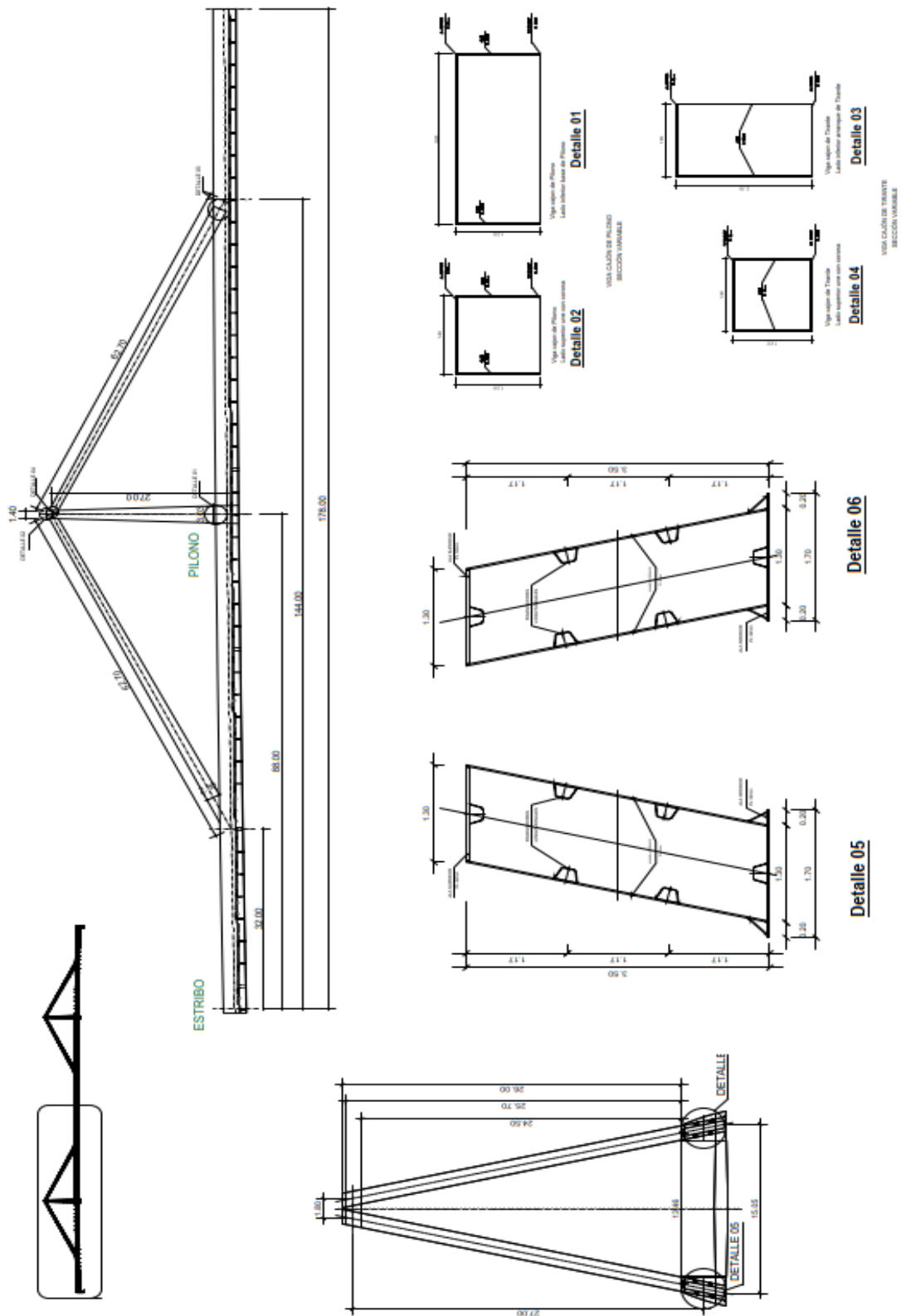


Figura 12: Detalle de secciones de Puente Pachitea

Fuente: Elaboración propia a través de información del MTC

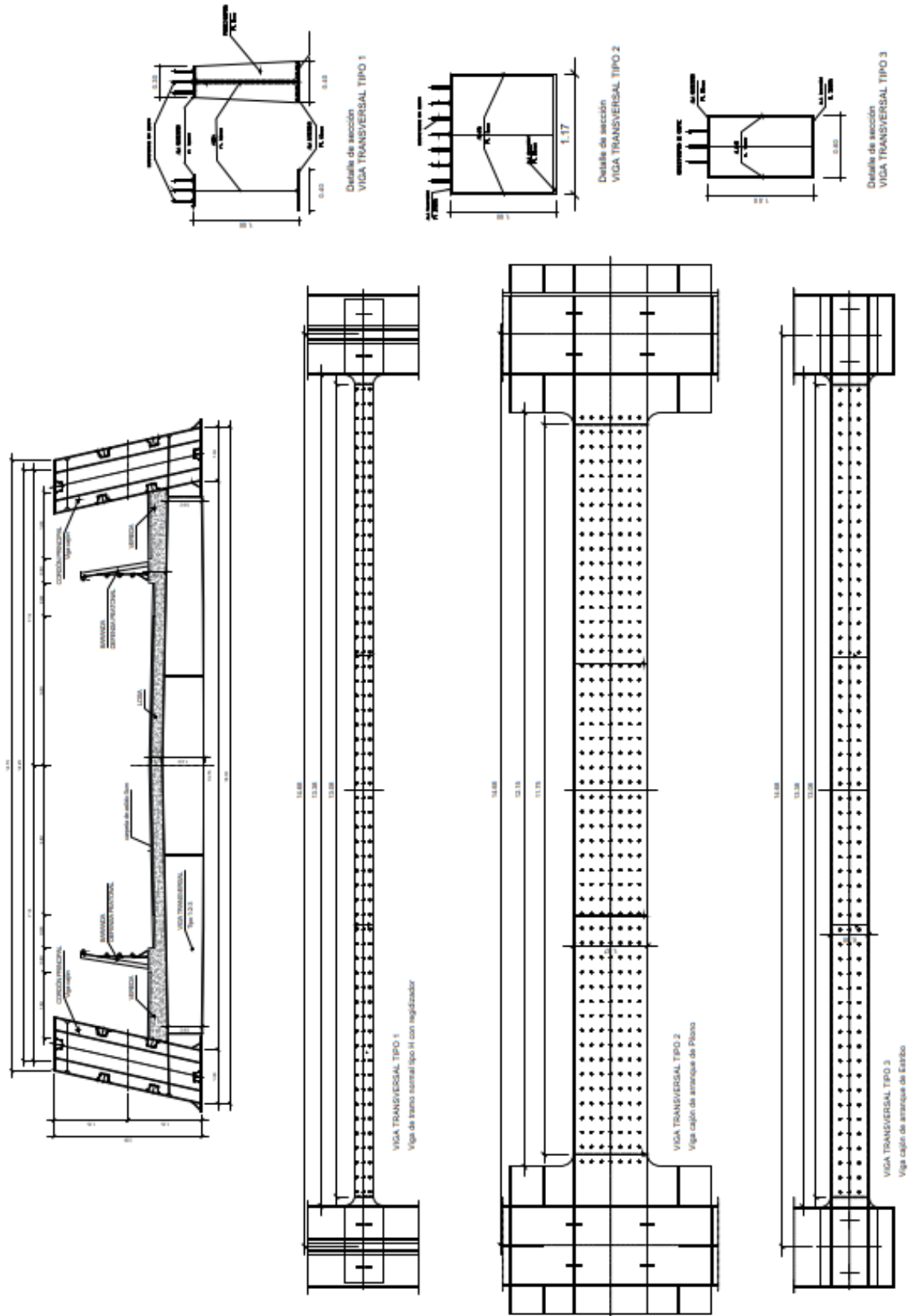


Figura 13: Sección transversal de Puente Pachitea

Fuente: Elaboración propia a través de información del MTC

### 3.1.2.2. Normativa

El presente proyecto está apoyado en las siguientes normas:

- AASHTO LRFD 2014 7ma edición
- AASHTO / ANSI / AWS D1.5 Bridge Welding Code
- Manual de puente MTC diciembre 2018
- Norma técnica E 030 Diseño sismorresistente

### 3.1.2.3. Materiales

Para el cálculo de este proyecto se considera lo siguientes materiales:

Tabla 10:

*Materiales empleados en el cálculo estructural*

<b>Componente</b>	<b>Acero de refuerzo</b>	<b>Concreto</b>
Estribo	fy=4200 kg/cm2	24.5 MPa (245 Kg/cm <sup>2</sup> )
Pilones	fy=4200 kg/cm2	35 MPa (350 Kg/cm <sup>2</sup> )
Losa y veredas	fy=4200 kg/cm2	28 MPa (280 Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Componente</b>	<b>Acero estructural</b>	
Pilones	ASTM A709 Gr50	
Cajón metálico	ASTM A709 Gr50	
Viga transversal	ASTM A709 Gr50	
Electrodos	AWS E 7018	
Conectores de corte o STUB	ASTM A-36	

*Fuente: MTC Provias Nacional*



Tabla 11:

*Dimensiones de varillas de acero*

Barra N.º	Diámetro de barra		Sección mm <sup>2</sup>	Perímetro mm	Peso nominal Kg/m
	Pulg	mm			
2	1/4"	6.35	28	18.8	0.22
3	3/8"	9.52	71	29.9	0.56
4	1/2"	12.7	129	39.9	0.994
5	5/8"	15.9	199	49.9	1.552
6	3/4"	19.1	284	59.8	2.235
7	7/8"	22.2	388	69.8	3.045
8	1"	25.4	510	79.8	3.973
9	1 1/8"	28.5	641	89.74	5.033
10	1 1/4"	32.6	819	101.3	6.404
11	1 3/8"	35.8	1006	112.5	7.907

*Fuente: Catalogo Aceros Arequipa ASTM 706 Gr60*

### 3.1.2.4. Cargas

#### DC Carga muerta de la estructura y apegos no estructurales

Se especifica las densidades de los materiales empleados para integración de cargas en la siguiente tabla extraído de la Norma AASHTO LRFD 2014

Tabla 12:

*Densidad de materiales empleados en las cargas*

<b>Material</b>		<b>Unidad Kg/m3</b>
Aleaciones de acero		2800.0
Superficie de desgaste bituminosas		2250.0
	Ligero	1775.0
	Arena ligera	1925.0
Concreto	Peso normal con $f'c \leq 5.0$ Ksi ( $f'c \leq 35$ MPa)	2320.0
	Peso normal con $5.0 < f'c \leq 15.0$ Ksi ( $35 < f'c \leq 105$ MPa)	$2240 + 2.29 f'c$
Arena suelta, limo o grava		1600.0
Arcilla sueva		1600.0
Grava laminada macadán o lastre		2250.0
Acero		7850.0
Mampostería de piedra		2725.0
Madera	Dura	960.0
	Suave	800.0
Agua	Dulce	1000.0
	Salada	1025.0
Item		Masa por unidad de longitud
Rieles de tránsito, amarres y ataduras por vía		0.300

Fuente: Norma AASHTO LRFD 2014

**DW Carga muerta de superficies de desgaste y servicios públicos**

**Carga de asfalto:**

La carpeta asfáltica tiene como espesor de 5cm y su densidad ya conocida en la tabla anterior, se procede a calcular el valor de la carga

$$0.05\text{m} \times 2250 \text{ kg/m}^3 = 112.5 \text{ Kg/m}^2$$

**Carga de acera o vereda:**

La acera tiene un espesor de 15cm de concreto de esta manera se determina la carga:

$$0.15\text{m} \times 2320\text{kg/m}^3 = 348 \text{ Kg/m}^2$$

### Carga defensa peatonal

Esta carga está conformada por guardavías metálicas tipo IV, a lo largo de los bordes de la vía estimando un peso x metro lineal de 95 Kg/m.

### BR fuerza de frenado vehicular

Longitud de puente  $L=356\text{m}$ , el  $BR_{sl}$  se considera el mayor valor:

- 25% de camión de diseño  
 $BR_{sl} = 0.25 (14.52\text{t} + 14.52\text{t} + 3.63\text{t}) = 8.16\text{t}$
- 25% de tándem de diseño  
 $BR_{sl} = 0.25 (11.34\text{t} + 11.34\text{t}) = 5.67\text{t}$
- 5% de camión de diseño de sobrecarga  
 $BR_{sl} = 0.05 (14.52\text{t} + 14.52\text{t} + 3.63\text{t} + 0.968 \times 356) = 18.86\text{t}$
- 5% de tandem de diseño de sobrecarga  
 $BR_{sl} = 0.05 (11.34\text{t} + 11.34\text{t} + 0.968 \times 356) = 18.36\text{t}$

El mayor  $BR_{sl} = 18.86\text{t}$

$$BR = BR_{sl} \times (\# \text{carriles}) \times (\text{FPM})$$

$$BR = 18.86 \times 2 \times 1 = 37.72 \text{ t}$$

Tabla 13:

*Factor de presencia múltiple*

vías o carriles	Factor múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

*Fuente: Norma AASHTO LRFD 2014*

### LS Sobrecarga viva

La normativa AASHTO LRFD, estipula que el ancho del diseño de carriles debe considerarse de 12.0 pies (360 cm), el número de diseño de los carriles deben determinarse tomando el valor de la relación  $w/12$ , ( $w/360$ ) donde  $w$  es el ancho de la calzada en pies (cm), entre barreras y/o bordillos.

$$\#carril = \frac{w}{360} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$$\#carril = \frac{w}{360} = \frac{880 \text{ cm}}{360 \text{ cm}} = 2.44 \cong 2 \text{ carriles}$$

## LL Sobrecarga vehicular

La norma AASHTO LRFD 2014, especifica como carga designada HL-93, que consiste de una combinación de:

- Camión de diseño
- Tándem de diseño
- Carga distribuida de diseño

### Camión de diseño

Los cargas y distancias entre ejes y ruedas para este camión de diseño deben considerarse como se indica en la Figura 14, el espaciado entre los dos ejes de 32.0-kip será variado entre 14.0 pies y 30.0 pies (4.27m a 9.14m), para producir efectos de fuerza extrema.

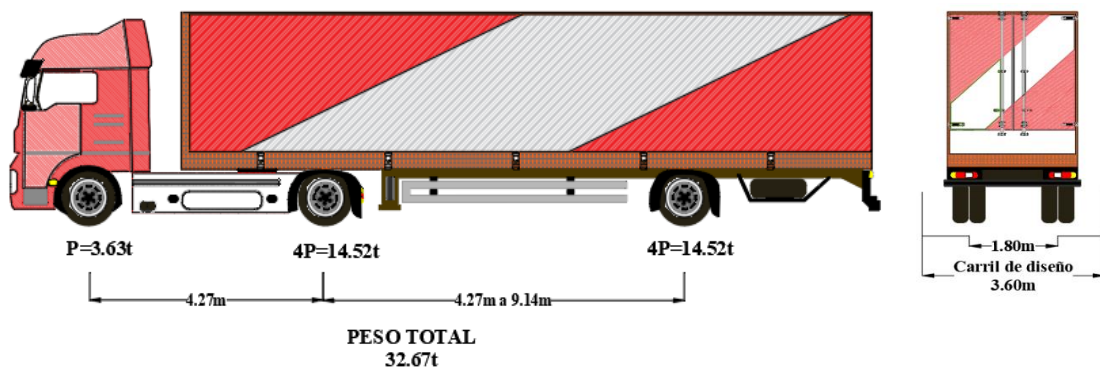


Figura 14: Esquema de camión de diseño

Fuente: Datos obtenidos de Norma AASHTO LRFD 2014

## Tándem de diseño

Considera dos ejes de 25kips (11.34t) a 4 pies (1.22m) y la distancia de cada rueda en dirección transversal será de 6 pies (1.80m).

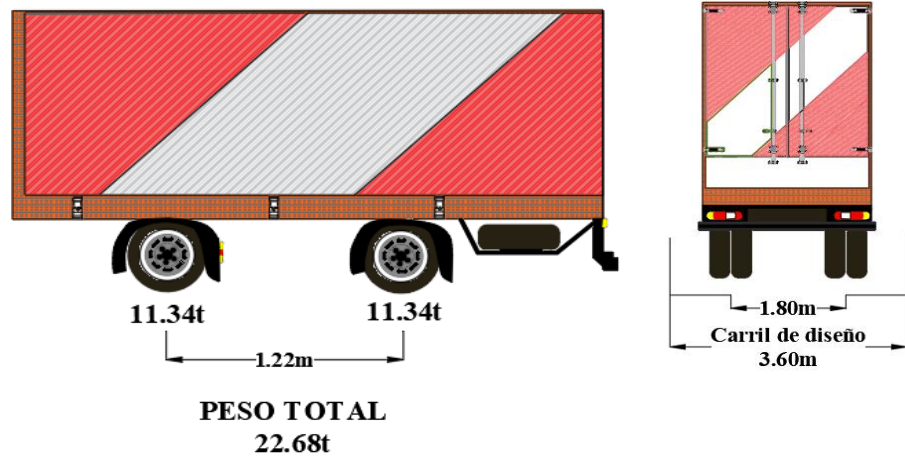


Figura 15: Esquema de tándem de diseño

*Fuente: Datos obtenidos de Norma AASHTO LRFD 2014*

## Carga de carril de diseño

Esta carga distribuida tiene un valor de 0,64 klf. (968kgf/m) en la dirección longitudinal y transversalmente está distribuida sobre un ancho de 10.0 pies (3.0m).

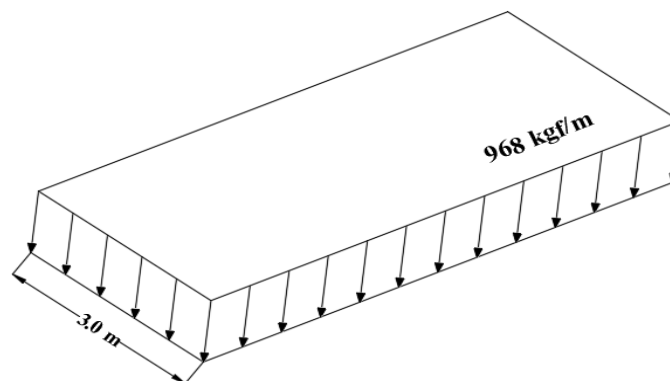


Figura 16: Esquema de sobrecarga de carril de diseño

*Fuente: Datos obtenidos de Norma AASHTO LRFD 2014*

**PL Sobrecarga peatonal**

Según norma AASHTO LRFD, dimensiona esta carga en 367.1 Kg/m<sup>2</sup>

**WS carga del viento en la estructura**

**Carga de viento Horizontal**

Las especificaciones de AASHTO LRFD considera  $V_B = 100$  mph (160.9 km/h).

Para Puentes a más de 30.0 ft (10m), se debe obtener la velocidad de diseño del viento  $V_{DZ}$

$$V_{DZ} = 2.5 V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

$V_{DZ}$ : vel. de diseño del viento en km/h a la altura Z

$V_{10}$ : vel. de diseño del viento km/h a 10.0 m de altura

$V_0$ : vel. del viento de 160.9km/h

Z: altura de la estructura donde se calcula la carga de viento, mayor a 10m

$V_0$ : vel. de fricción en km/h tomado como indica la tabla

$Z_0$ : longitud de fricción en el barlovento

Tabla 14:

*Valores de constantes  $V_0$  y  $Z_0$*

Condición	Terreno despejado	Área Sub-urbana	Área urbana
	Área Sub-urbana		
$V_0$	8.20 mph	10.90 mph	12.00 mph
$Z_0$	0.23 ft	3.28 ft	8.20 ft

*Fuente: Manual de Puentes MTC 2018*

Consideramos terreno abierto área suburbana los valores convertidos serian para  $V_0 = 13.2$  km/h y  $Z_0 = 70.1$ mm

$V_{10} = 55$ km/h, se obtiene de la figura 17, como se observa a continuación.



Figura 17: Mapa de velocidades de viento del Perú

Fuente: Norma Técnica Peruana E020

El manual diseño de puentes MTC, 2003 determina la velocidad de diseño  $V_{DZ}$  con la fórmula:

$$V_{DZ} = CV_{10} \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \geq V_{10} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde los valores de C y Z<sub>0</sub> pueden extraerse de la siguiente tabla:

Tabla 15:  
Valores de C y Z<sub>0</sub>

Condición	Pueblos abiertos	Suburbanos	Ciudades
C (km/h)	0.330	0.380	0.485
Z <sub>0</sub> (m)	0.070	0.300	0.800

Fuente: Manual de Diseño de Puentes MTC 2003

Por tanto, para determinar la velocidad de diseño V<sub>DZ</sub> tendremos:

$$C=0.330 \text{ km/h} \quad Z_0=0.07 \text{ m}$$

$$V_{10}=55 \text{ km/h} \quad Z=50\text{m}$$

Reemplazando en Ec. 3.2 obtendremos:

$$V_{DZ} = (0.330)(55) \ln\left(\frac{50}{0.07}\right) \geq V_{10}$$

$$V_{DZ} = 120.35 \frac{\text{km}}{\text{h}} \geq V_{10} = 55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Con la velocidad básica V<sub>B</sub> = 160.9km/h, se determinará la presión básica P<sub>B</sub> en la siguiente tabla:

Tabla 16:

Presiones básicas, P<sub>B</sub> correspondientes a V<sub>B</sub>=160 km/h

Componentes de la superestructura	Carga de barlovento MPA	Carga de sotavento MPA
Reticulados, columnas y arcos	0.0024	0.0012
Vigas	0.0024	NA
Grandes superficies planas	0.0019	NA

Fuente: Norma AASHTO LRFD 2014



La presión de Diseño para Barlovento será determinada con la siguiente manera:

$$P_D = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$P_D = 0.0024 \text{ MPa} \left( \frac{120.35 \text{ Km/h}}{160 \text{ Km/h}} \right)^2 = 137.7 \text{ kgf/m}^2$$

La presión de Diseño para Sotavento será determinada con la siguiente manera:

$$P_D = 0.0012 \text{ MPa} \left( \frac{120.35 \text{ Km/h}}{160 \text{ Km/h}} \right)^2 = 68.85 \text{ kgf/m}^2$$

### **Carga de viento vertical**

La norma AASHTO LRFD 2014, considera una carga de viento vertical de 0.020ksf (97.64 Kgf/m<sup>2</sup>) multiplicado por A y situada en A/4 del barlovento, donde A es el ancho del tablero.

$$W_{DV} = P_{DV} \times A \quad (\text{Ec. 3.5})$$

$$W_{DV} = 97.64 \text{ kgf/m}^2 \times 13.2 \text{ m}$$

$$W_{DV} = 1288.84 \text{ kgf/m}$$

### **EQ Carga sísmica**

El espectro de diseño se creará en base a mapas de isoaceleraciones espectrales obteniéndose los valores de:

- PGA en (0.0s) y Tr = 1000 años
- S<sub>s</sub> en (0.2s) y Tr = 1000 años
- S<sub>1</sub> en (1.0s) y Tr = 1000 años

También se debe tener en cuenta los coeficientes de sitio F<sub>pga</sub>, F<sub>a</sub> y F<sub>v</sub> y la estimación de los coeficientes de aceleración A<sub>s</sub>, S<sub>DS</sub> (0.2s) y S<sub>D1</sub> (1.0s) con las siguientes fórmulas:

$$A_s = (F_{pga})(PGA) \quad (\text{Ec. 3.6})$$

$$S_{DS} = (F_a)(S_s) \quad (\text{Ec. 3.7})$$

$$S_{D1} = (F_v)(S_1) \quad (\text{Ec. 3.8})$$

## Determinación de coeficientes de Sitio

Tabla 17:

*Coefficiente de sitio para  $F_{pga}$  y  $F_a$*

Clase de Sitio	Coef. para periodo corto de PGA y Aceleración Espectral				
	PGA ≤ 0.10	PGA = 0.20	PGA = 0.30	PGA = 0.40	PGA ≥ 0.50
	SS ≤ 0.25	SS = 0.50	SS = 0.75	SS = 1.00	SS ≥ 1.25
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.20	1.20	1.10	1.00	1.00
D	1.60	1.40	1.20	1.10	1.00
E	2.50	1.70	1.20	0.90	0.90
F	Se deben considerar investigaciones geotécnicas y análisis dinámicos específicos para la zona de estudio				

*Fuente: Manual de Puentes MTC 2018*

Tabla 18:

*Coefficiente de sitio para  $F_v$*

Clase del Sitio	Coef. de Aceleración Espectral para periodo a 1 segundo				
	S1 ≤ 0.10	S1 = 0.20	S1 = 0.30	S1 = 0.40	S1 ≥ 0.50
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Se deben considerar investigaciones geotécnicas y análisis dinámicos específicos para la zona de estudio				

*Fuente: Manual de Puentes MTC 2018*

Tabla 19:  
Tipos de suelos y perfiles

Clases de Sitio	Tipos de Suelos y Perfiles
A	Roca dura con medida de velocidad de onda de corte, $\tilde{N} > 5,000$ ft/s
B	Roca con $2,500$ ft/s $< 9Y99$ $< 5,000$ ft/s
C	Suelo muy denso y roca suelo $1,200$ ft/s $< V_s < 2,500$ ft/s, o con cualquiera $\tilde{N} > 50$
D	Suelo rígido con $600$ ft/s $< V_s < 1,200$ ft/s, o con cualquiera $15 < \tilde{N} < 50$
E	Perfil de suelo con $V_s < 600$ ft/s o con cualquiera $\tilde{N} < 15$ golpes/ ft o $S_u < 1.0$ ksf
F	Suelos que requieren evaluaciones específicas de sitio, tales como: Arcillas altamente orgánicas ( $H > 10$ ft de turba o arcilla altamente orgánica donde $H =$ espesor del suelo)

Fuente: Manual de Puentes MTC 2018

Para este caso de cálculo asumiremos el tipo de suelo D  
Determinación de los valores PGA (0s), SS (0.2s) y S1(1.0s) según mapa de isoaceleraciones espectrales del Perú.

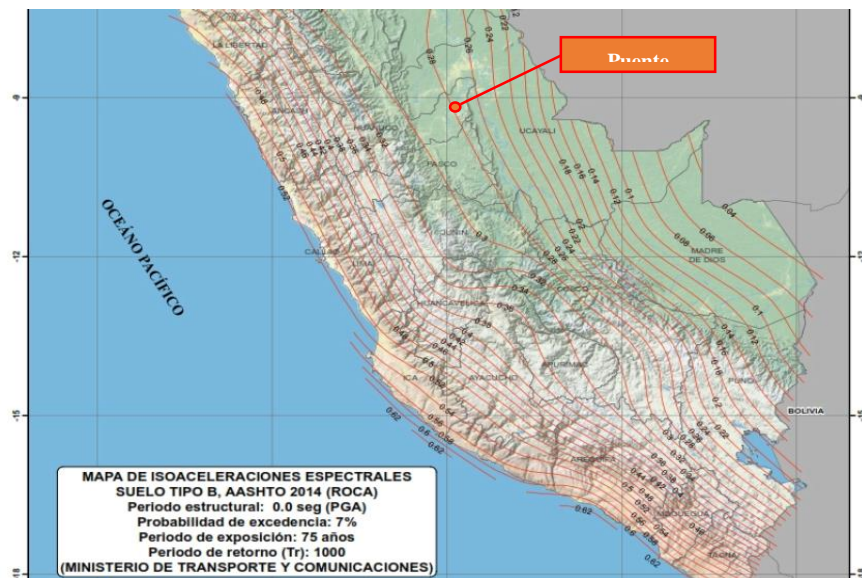


Figura 18: Mapa de isoaceleraciones espectrales periodo 0s

Fuente: Manual de Puentes MTC 2018

Se obtiene un valor de  $PGA=0.28g$

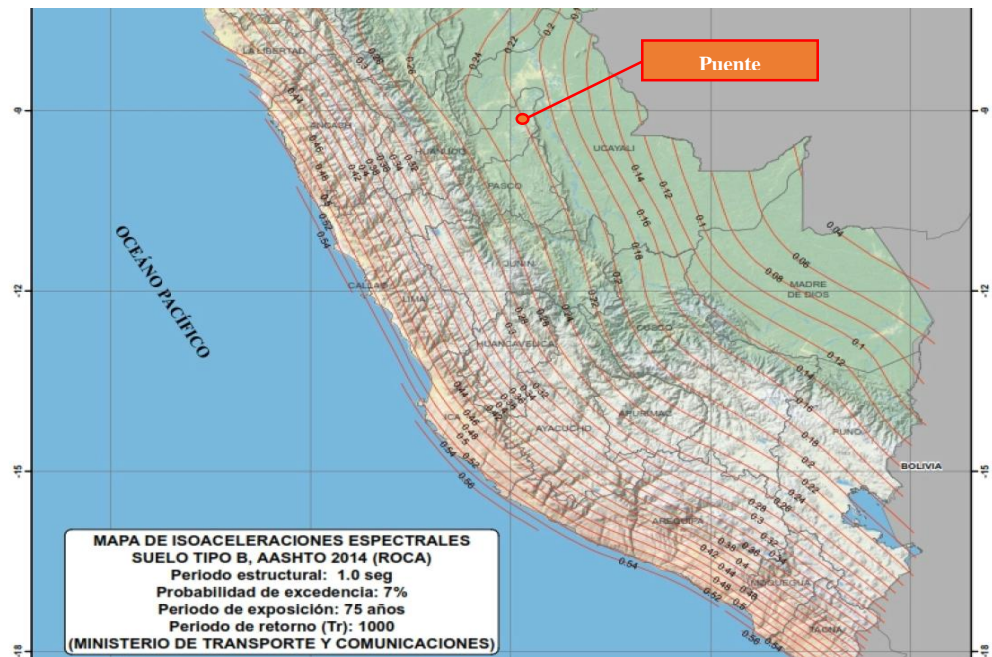


Figura 19: Mapa de isoaceleraciones espectrales periodo 1s

Fuente: Manual de Puentes MTC 2018

Se obtiene un valor de  $S_1=0.22g$

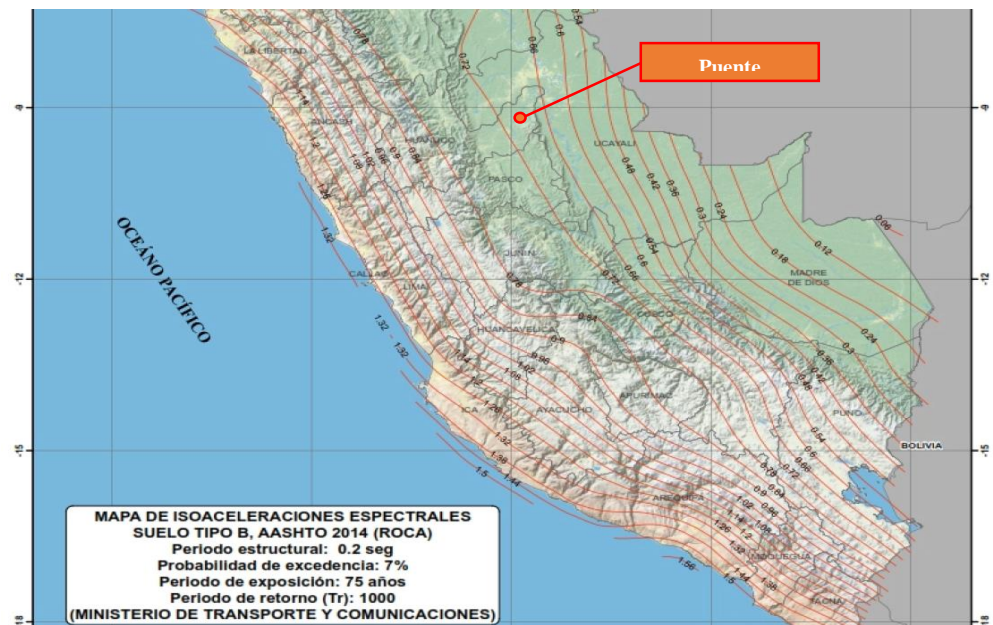


Figura 20: Mapa de isoaceleraciones espectrales periodo 0.2s

Fuente: Manual de Puentes MTC 2018

Se obtiene un valor de  $S_S=0.70g$

Tabulando linealmente los valores obtenidos de  $PGA=0.28g$ ,  $S_1=0.22g$  y  $S_S=0.70g$  en la tabla ### obtenemos:

- $F_{pga} = 1.24$
- $F_a = 1.24$
- $F_v = 1.96$

Reemplazando en las ecuaciones 3.6, 3.7 y 3.8 obtenemos:

- $A_s = (1.24) (0.28) = 0.3472$
- $S_{DS} = (1.24) (0.7) = 0.868$
- $S_{D1} = (1.96) (0.22) = 0.4312$

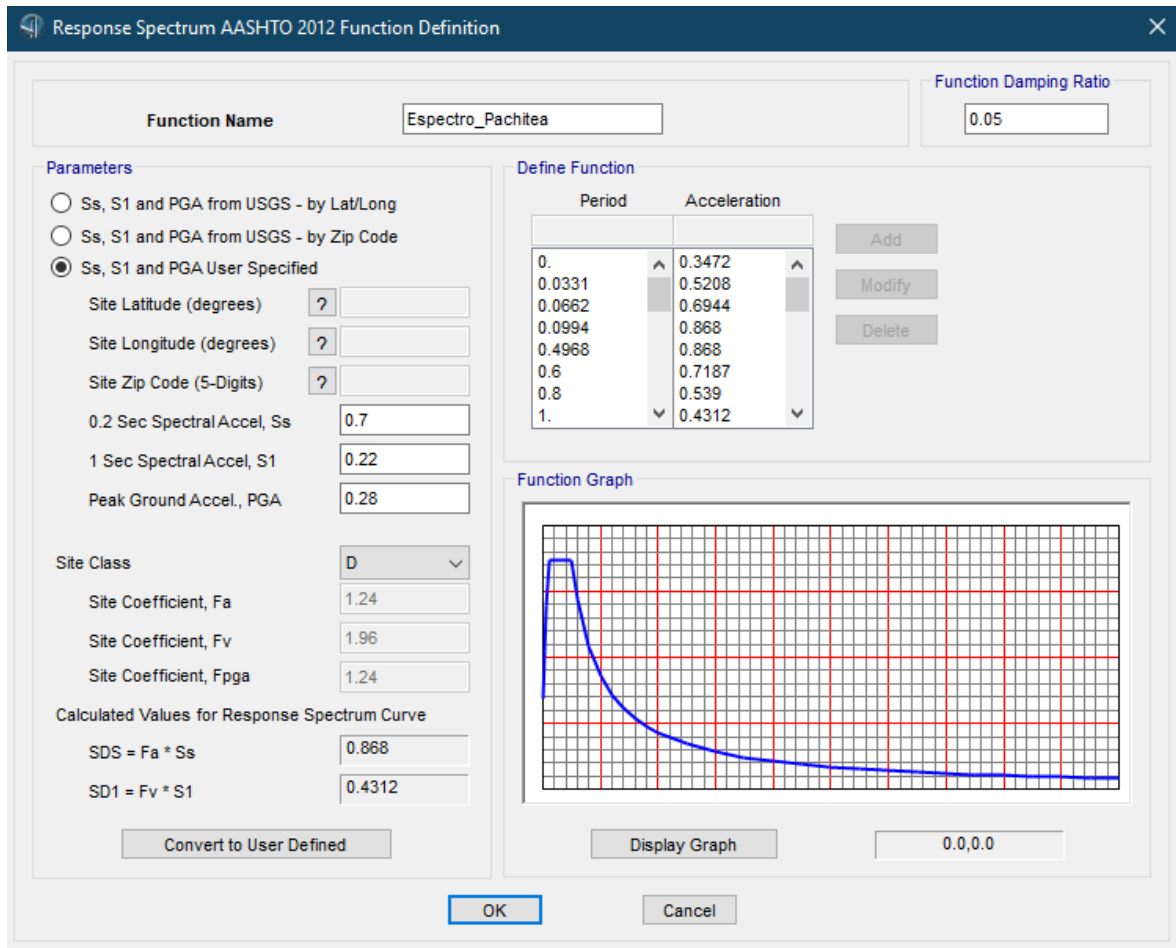


Figura 21: Espectro de diseño para Puente Pachitea

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.5. Apoyos de neopreno

Los apoyos de neopreno son dispositivos antisísmicos que están colocados actualmente en el puente, en un número de ocho unidades distribuidos dos en cada estribo y dos en cada pilono, para definirlos en CSIBRIDGE, se procederá a definir las direcciones y rotaciones libres y restringidas.

Eje X: eje longitudinal del puente (U1) se permite el desplazamiento a lo largo del eje del puente y R1 se limita.

Eje Y: eje transversal del puente (U2) se limita el desplazamiento con agujero chino (ojo chino), y R2 se permite rotar en dirección al eje de los estribos.

Eje Z: En este eje (U3), queda restringido su desplazamiento y su rotación R3.

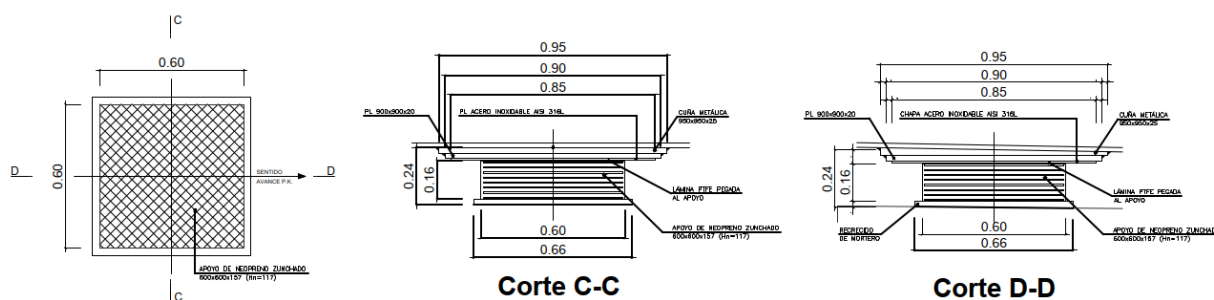


Figura 22: Dimensiones de apoyo de neopreno existente

Fuente: MTC Provias Nacional

Características mecánicas:

Dureza	$60 \pm 3$ ASTM D-2240
Resistencia a la tracción ASTM-412	$\geq 16$ N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento en rotura ASTM D-412	$\geq 425$ %
Módulo de elasticidad transversal G	$\geq 0,9 \pm 0,15$ N/mm <sup>2</sup>
Compresión remanente	$\leq 15$ %
Peso total	369.08 Kg
Resistencia a la temperatura 70 horas a 100°C	
Cambio de Dureza. Máximo.	15% ASTM D573

Cambio en resistencia a la tracción. Máx. 15% ASTM D573  
 Cambio en alargamiento último. Máx. -15% ASTM D573  
 Compresión Set después de 22 horas a 100°C. Máximo 35% ASTM D395

La lámina de PTFE tendrá las siguientes propiedades mecánicas:

Dureza 60 ± 3 ASTM D-2240

Coefficiente deflexión (según norma ASTM D 790):

- 2000 N/mm<sup>2</sup> a -80°C
- 350-650 N/mm<sup>2</sup> a 23°C
- 200N/mm<sup>2</sup> a 260°C

### Cálculo de la constante k de neopreno

Se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$K_{Neopreno} = \frac{G \times A \times L}{h} \quad (\text{Ec. 3.9})$$

$$K_{Neopreno} = \frac{9.17 \times 60 \times 60}{11.7}$$

$$K_{Neopreno} = 2821.53 \text{ kN/m} \cong 287.716 \text{ t/m}$$

Por tanto, los datos ingresados para definir el apoyo de neopreno e CSIBRIDGE sería como se indica:

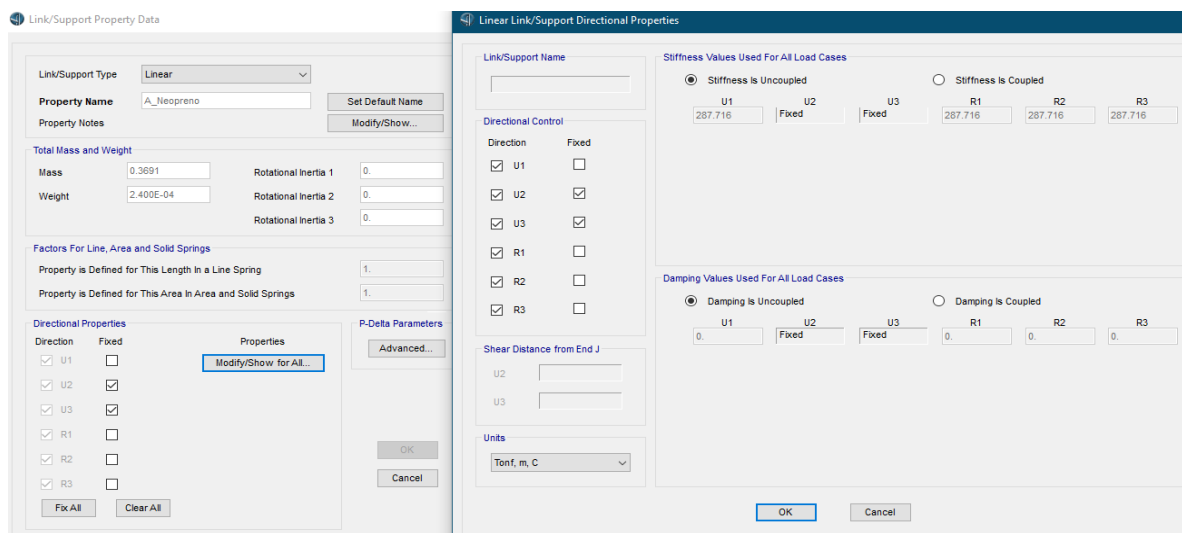


Figura 23: Ingreso de datos de neopreno a CSIBRIDGE.

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

Se procedió a realizar el cálculo inicial con apoyos de neopreno, que servirá como base para comparar los resultados posteriores.

El comportamiento estructural del puente Pachitea será dimensionado en:

- Esfuerzo cortante
- Momento Flector
- Torsión
- Esfuerzo axial

Para ello se medirá en sus estados límites de:

- Resistencia I
- Resistencia III
- Resistencia V
- Evento Extremo I
- Servicio I

Se realizó la simulación con los datos ingresados al software y obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 20:

*Resultados obtenidos para los apoyos de neoprenos*

Apoyo neopreno	Esfuerzo Cortante V2		Esfuerzo axial		Momento Flector M3		Torsión	
	kN/m <sup>2</sup>		kN/m <sup>2</sup>		kN.m		kN.m	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
<b>Resistencia I</b>	413.3994	-423.667	1558.0367	-10244.670	261.8218	-587.8291	5812.859	-5858.61
<b>Resistencia III</b>	456.0615	-467.0448	1728.135	-10713.04	289.5732	-644.3162	6202.5386	-6241.93
<b>Resistencia V</b>	425.6919	-436.1649	1606.866	-10387.32	269.7709	-604.1881	5924.2603	-5962.48
<b>Evento Extremo I</b>	412.6246	-422.8874	1556.3135	-10178.44	261.6708	-586.1802	5812.3769	-5850.14
<b>Servicio I</b>	332.0229	-340.2631	1258.483	-8151.74	210.525	-471.1464	4661.7838	-4692.1

*Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE*



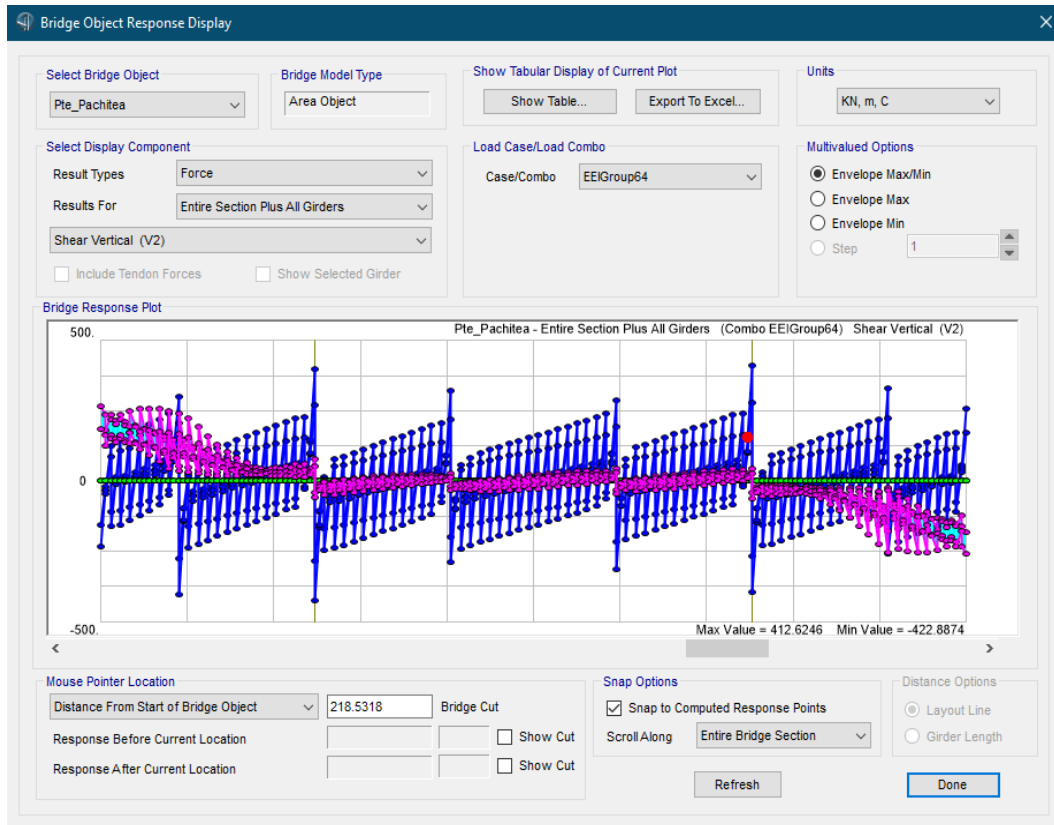


Figura 24: Respuesta a la cortante en la envolvente de evento extremo I

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

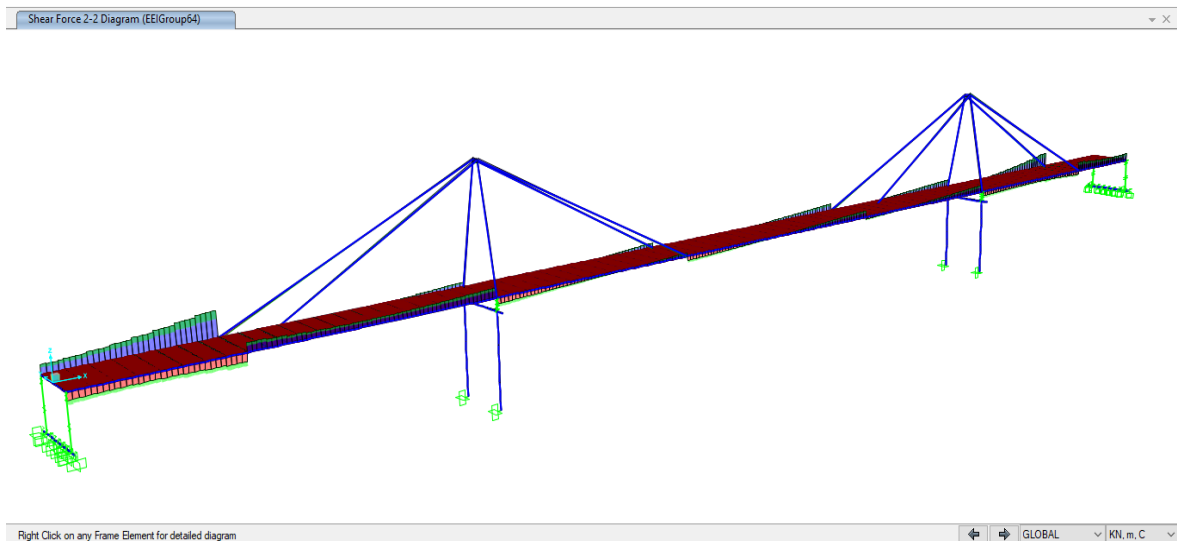


Figura 25: Esfuerzo cortante en estado límite de Evento extremo I

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

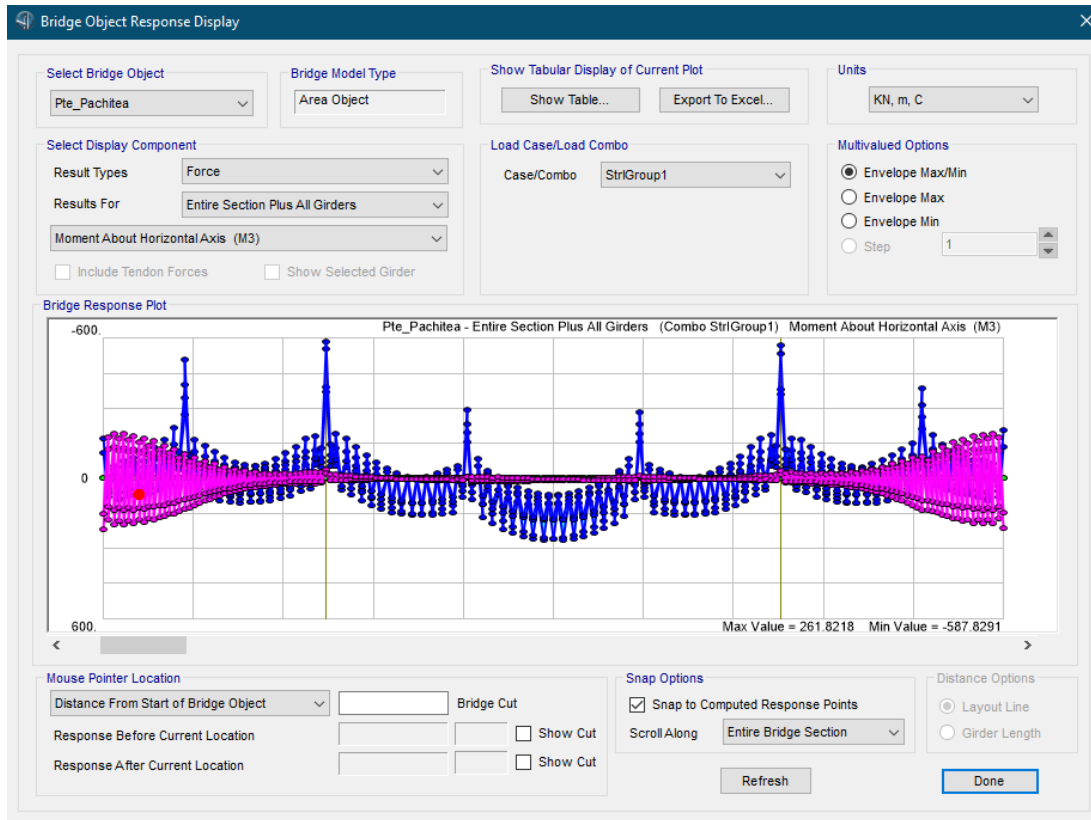


Figura 26: Respuesta de momento flector en la envolvente de Resistencia I

*Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE*

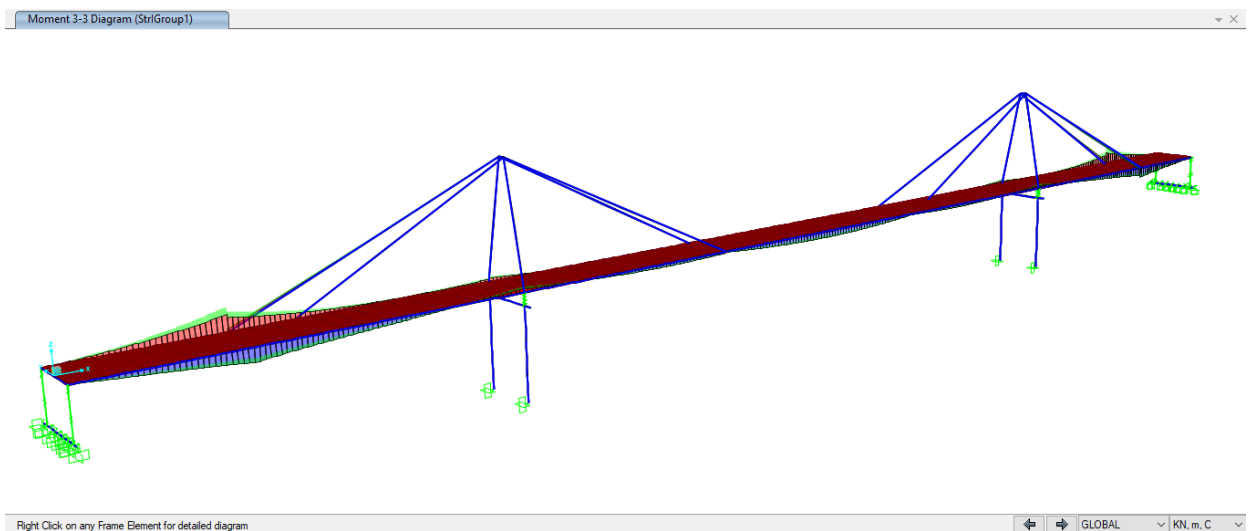


Figura 27: Momento flector en estado límite de Resistencia I

*Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE*

### 3.1.2.6. Aislador de energía sísmica

Podemos determinar la carga vertical máxima en la combinación de carga que incluyendo la acción sísmica (Evento extremo I) y el desplazamiento del eje longitudinal y transversal del puente sometido al caso de carga SX y SY, obteniendo los siguientes resultados:

Fuerza vertical máxima: 15103.828 kN

Desplazamiento máximo en eje longitudinal: 175.4 mm

Desplazamiento máximo en eje transversal: 122.7 mm

Nos permite optar por un dispositivo de aislador sísmico, con las siguientes características.

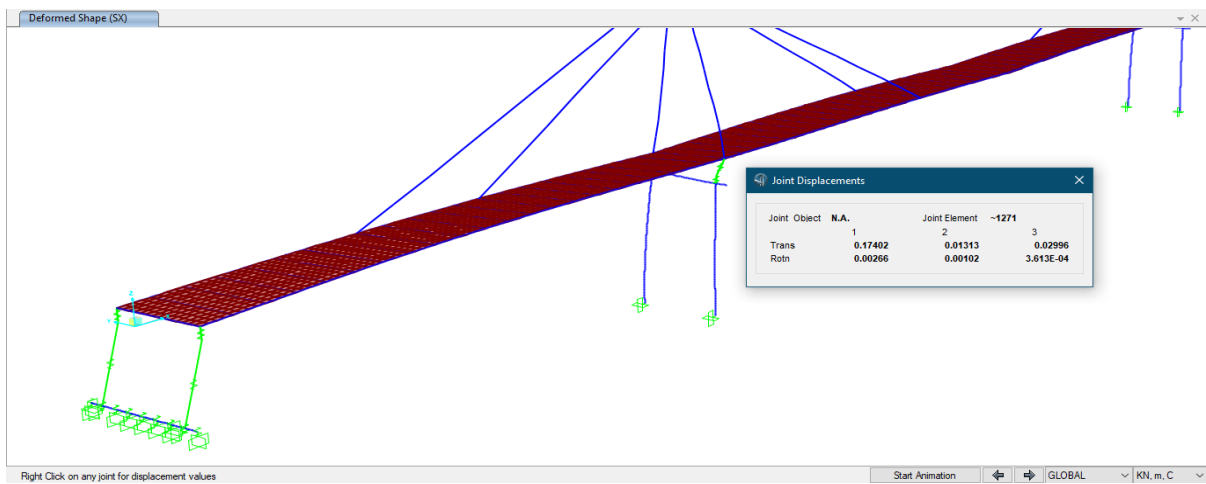


Figura 28: Desplazamiento longitudinal por acción sísmica SX

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

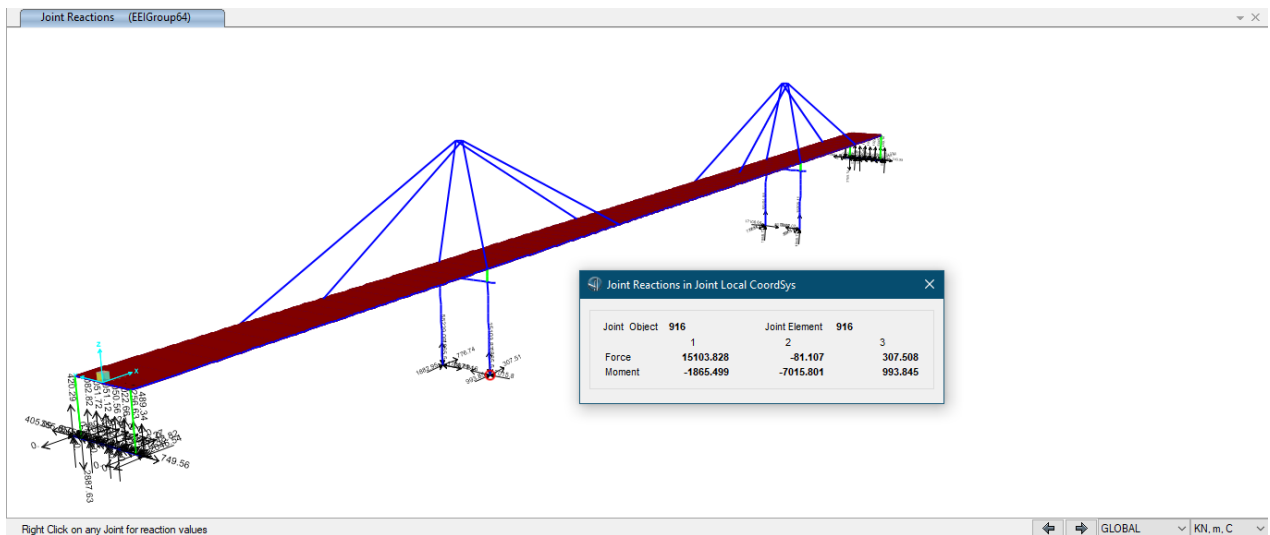


Figura 29: Reacciones en los puntos de apoyo en estado límite de Evento extremo I

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

Considerando los valores encontrados anteriormente, seleccionamos el aislador sísmico con núcleo de plomo de la serie LRB-SN con desplazamiento  $\pm 250$  mm (Lead Rubber Bearings), desarrollado por la empresa FIP INDUSTRIALE Leading technologies, como se muestra:

Tabla 21:  
*Características mecánicas de aislador sísmico*

<b>D</b>	<b>V</b>	<b>Ke</b>	$\xi_e$	<b>Kv</b>	<b>Kn</b>	<b>F1</b>	<b>Rr</b>
M	kN	kN/m	%	kN/mm	kN/m	kN	kN/m
0.25	18100	4100	23	3737	0.29	366	0.29

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

Donde:

- D: Desplazamiento
- V: Carga máxima vertical
- Ke: Rigidez efectiva H.
- $\xi_e$ : Coeficiente de amortiguamiento
- Kv: Rigidez efectiva V.
- Kn: Rigidez no lineal
- F1: Fluencia
- Rr: Radio de rigidez por fluencia

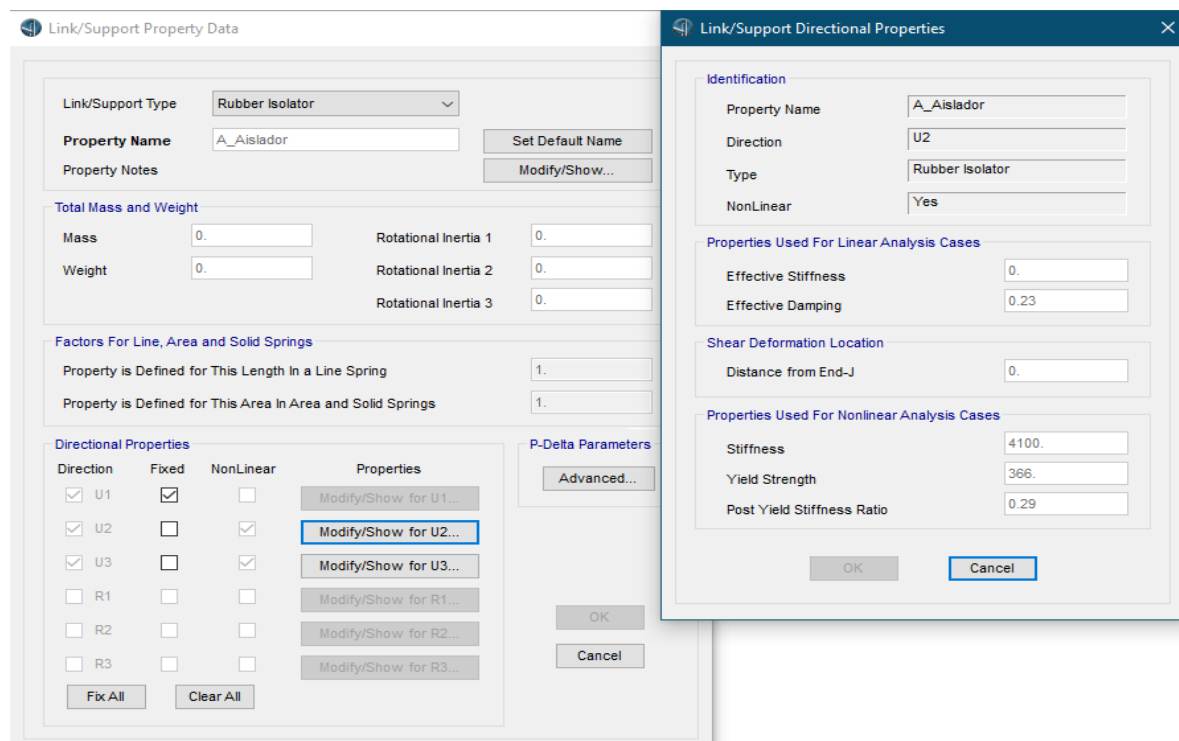


Figura 30: Ingreso de datos para aislador sísmico en CSIBRIDGE.

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

Se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 22:

Resultados obtenidos para los apoyos Aisladores sísmicos

Aislador sísmico	Esfuerzo Cortante V2		Esfuerzo axial		Momento Flector M3		Torsión	
	kN/m <sup>2</sup>		kN/m <sup>2</sup>		kN.m		kN.m	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Resistencia I	388.2534	-385.575	899.6057	-10118.790	187.8154	-520.627	259.4032	-290.3998
Resistencia III	432.0926	-428.9901	978.8563	-10629.25	209.4051	-578.0355	299.5946	-355.8268
Resistencia V	400.7804	-397.9805	923.6838	-10271.11	194.0039	-537.0319	262.5651	-309.1023
Evento Extremo I	388.2421	-385.5665	888.8426	-10070.22	187.6652	-520.6081	259.3914	-290.3321
Servicio I	312.4821	-310.2772	720.1256	-8060.68	150.9125	-418.4291	204.4202	-242.6279

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

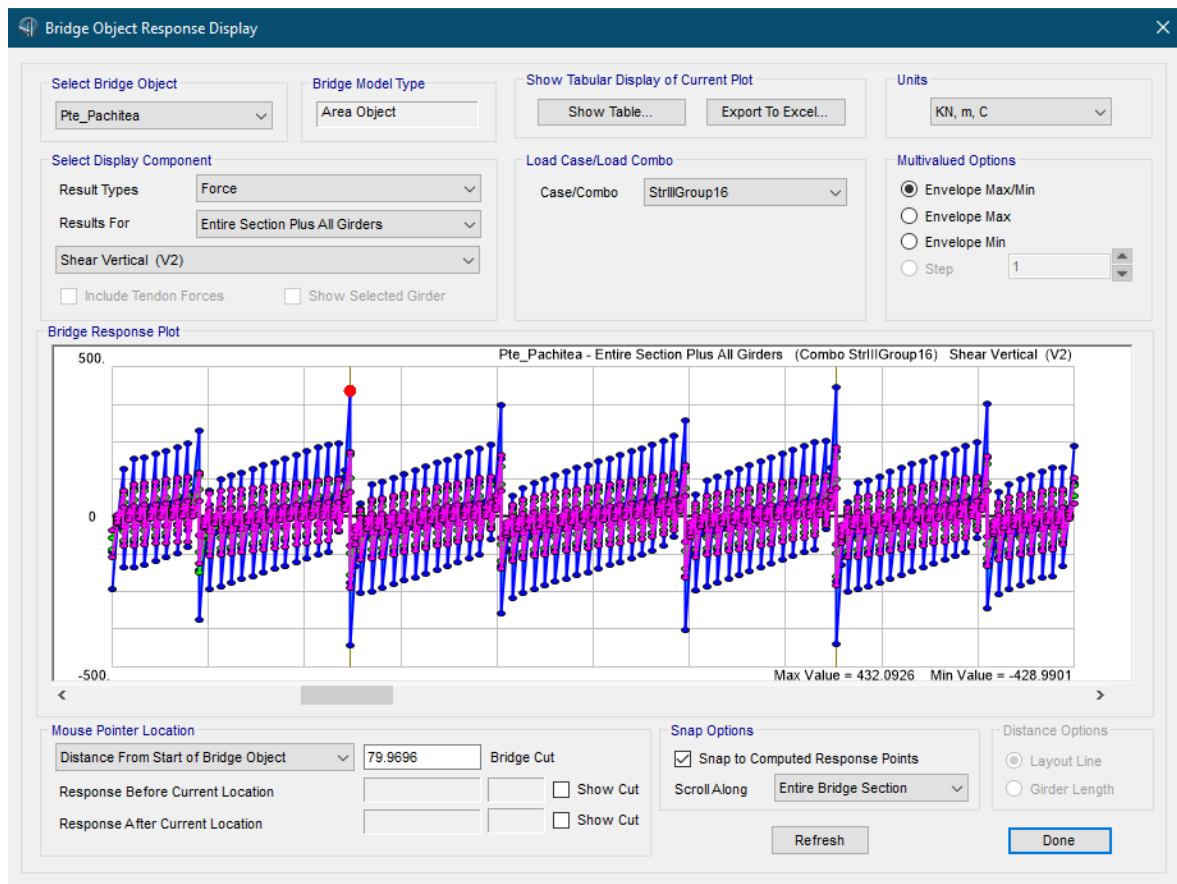


Figura 31. Respuesta a cortante en la envolvente de Resistencia III

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

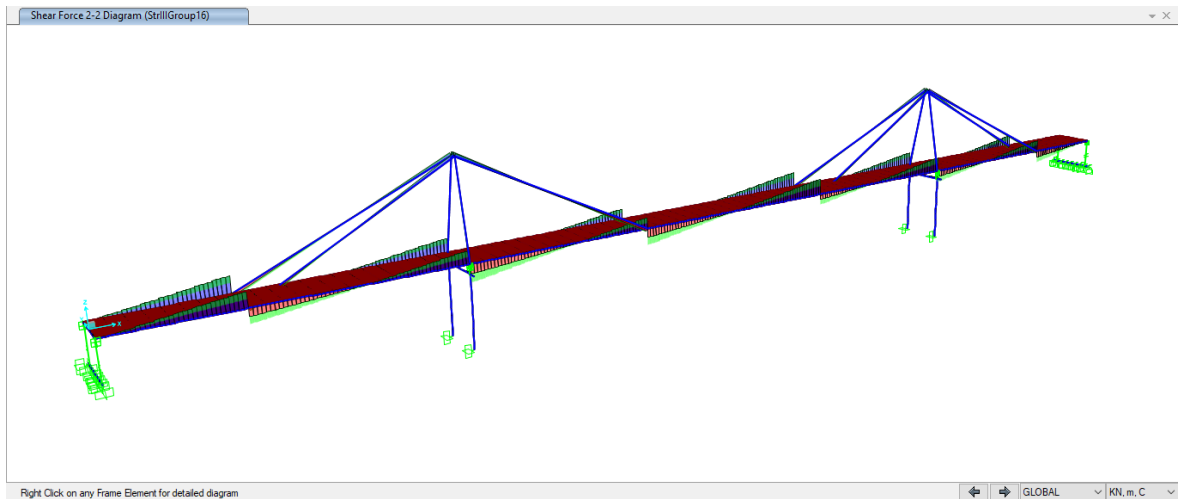


Figura 31: Esfuerzo cortante en estado límite de Resistencia III

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

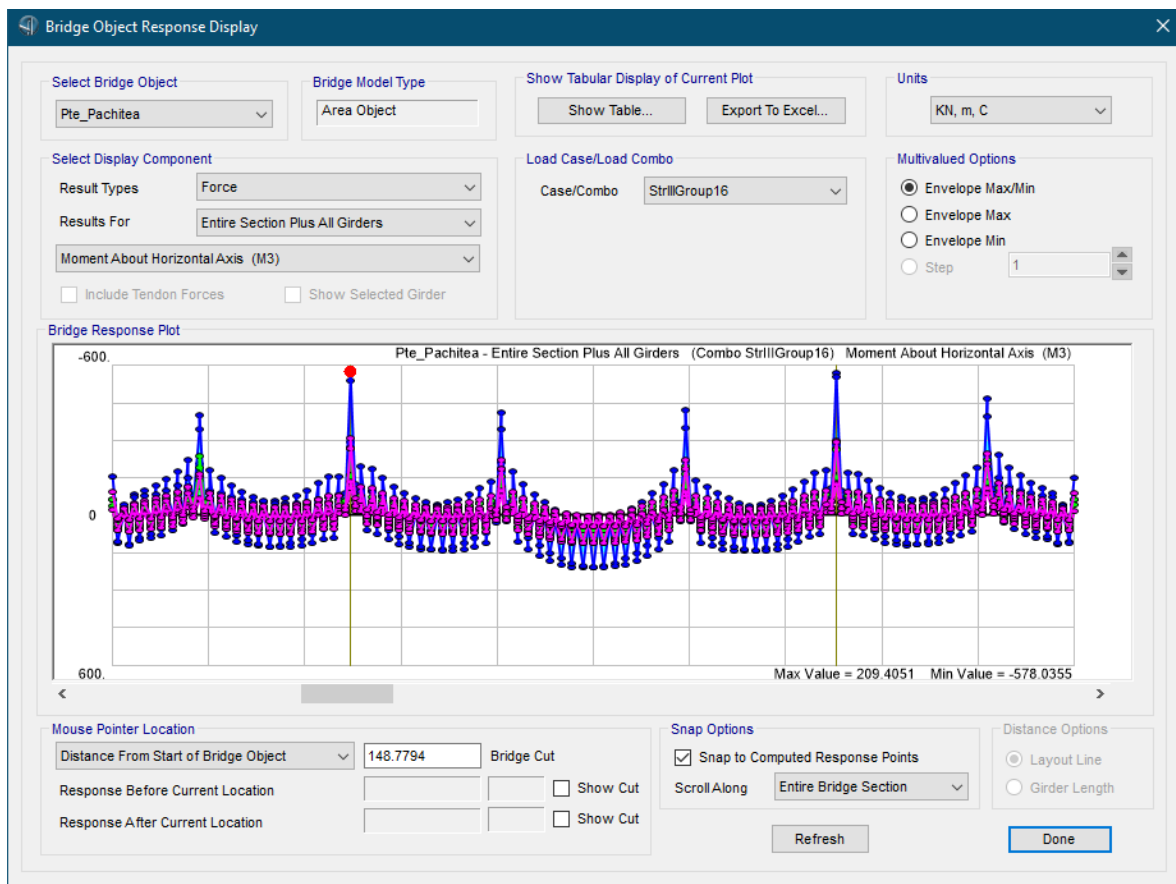


Figura 32: Respuesta al momento flector en la envolvente de Resistencia III

Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE

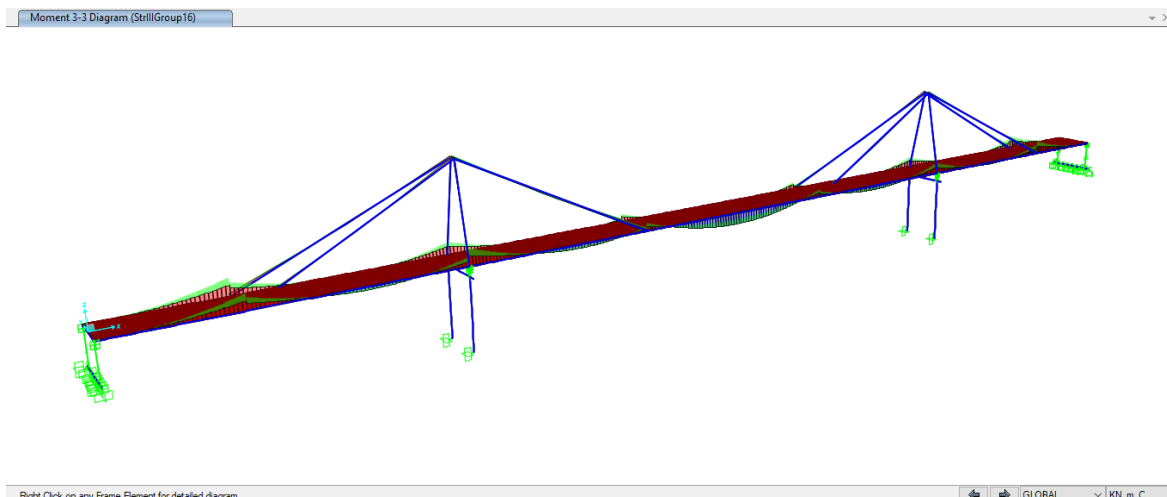


Figura 33: Momento flector en estado límite de Resistencia III

*Fuente: Elaboración propia en CSIBRIDGE*

### 3.2. Registro y análisis de datos

#### 3.2.1. Registro de Datos

La simulación estructural se realizó en dos fases, la primera consta de simular el comportamiento estructural del puente con apoyos neoprenos, y la segunda fase con aisladores sísmicos, evaluando la estructura en los casos de estado límites de Resistencia (I, III, V), Evento extremo I y Servicio I.

Los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 22:

*Datos obtenidos para Esfuerzo cortante V2*

Estado limite	Esfuerzo Cortante V2			
	kN/m2			
	Neoprenos		Aisladores	
	Max.	Min.	Max.	Min.
<b>Resistencia I</b>	413.3994	-423.667	388.2534	-385.575
<b>Resistencia III</b>	456.0615	-467.0448	432.0926	-428.9901
<b>Resistencia V</b>	425.6919	-436.1649	400.7804	-397.9805
<b>Evento Extremo I</b>	412.6246	-422.8874	388.2421	-385.5665
<b>Servicio I</b>	332.0229	-340.2631	312.4821	-310.2772

*Fuente; Elaboración Propia en CSIBRIDGE*

Tabla 23:

*Datos obtenidos para esfuerzo Axial*

Estado limite	Esfuerzo axial			
	kN/m <sup>2</sup>			
	Neoprenos		Aisladores	
	Max.	Min.	Max.	Min.
<b>Resistencia I</b>	1558.0367	-10244.670	899.6057	-10118.790
<b>Resistencia III</b>	1728.135	-10713.04	978.8563	-10629.25
<b>Resistencia V</b>	1606.866	-10387.32	923.6838	-10271.11
<b>Evento Extremo I</b>	1556.3135	-10178.44	888.8426	-10070.22
<b>Servicio I</b>	1258.483	-8151.74	720.1256	-8060.68

*Fuente; Elaboración Propia en CSIBRIDGE*

Tabla 25:

*Datos obtenidos para Momento flector M3*

*Fuente; Elaboración Propia en CSIBRIDGE*

Estado limite	Momento Flector M3			
	kN.m			
	Neoprenos		Aisladores	
	Max.	Min.	Max.	Min.
<b>Resistencia I</b>	261.8218	-587.8291	187.8154	-520.627
<b>Resistencia III</b>	289.5732	-644.3162	209.4051	-578.0355
<b>Resistencia V</b>	269.7709	-604.1881	194.0039	-537.0319
<b>Evento Extremo I</b>	261.6708	-586.1802	187.6652	-520.6081
<b>Servicio I</b>	210.525	-471.1464	150.9125	-418.4291

Tabla 24:

*Datos obtenidos para Torsión*

Estado limite	Torsión			
	kN.m			
	Neoprenos		Aisladores	
	Max.	Min.	Max.	Min.
<b>Resistencia I</b>	5812.859	-5858.61	259.4032	-290.3998
<b>Resistencia III</b>	6202.5386	-6241.93	299.5946	-355.8268
<b>Resistencia V</b>	5924.2603	-5962.48	262.5651	-309.1023
<b>Evento Extremo I</b>	5812.3769	-5850.14	259.3914	-290.3321
<b>Servicio I</b>	4661.7838	-4692.1	204.4202	-242.6279

*Fuente; Elaboración Propia en CSIBRIDGE*



### 3.2.2. Análisis de datos:

Tabla 25:  
Porcentaje de reducción de Esfuerzo Cortante V2

Estado limite	Etiqueta	Esfuerzo Cortante V2				Reducción
		kN/m2				
		Neoprenos		Aisladores		%
		Max.	Min.	Max.	Min.	
Resistencia I	R_I	413.40	-423.67	388.25	-385.58	6.08%
Resistencia III	R_III	456.06	-467.04	432.09	-428.99	5.26%
Resistencia V	R_V	425.69	-436.16	400.78	-397.98	5.85%
Evento Extremo I	EE_I	412.62	-422.89	388.24	-385.57	5.91%
Servicio I	S_I	332.02	-340.26	312.48	-310.28	5.89%
					<b>Reducción Promedio</b>	<b>5.80%</b>

Fuente: Elaboración propia

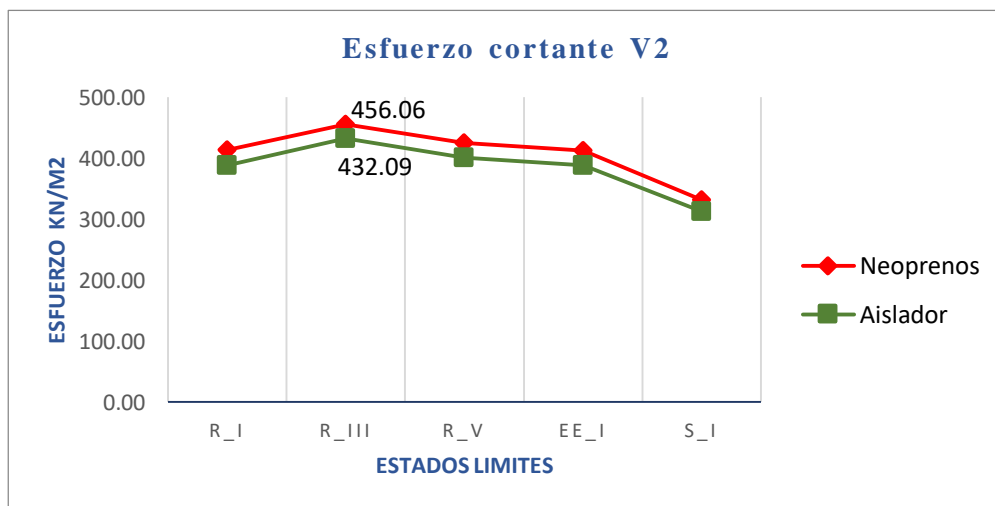


Figura 35: Representación del esfuerzo cortante en los dispositivos de apoyo

Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación:

Observamos que los valores de esfuerzos cortantes con aisladores sísmicos (línea verde), son menores que los encontrados con los apoyos de neoprenos zunchados convencionales (Línea roja) a modo de comparación observemos que en el estado límite de Resistencia III el valor más alto para neoprenos es 456.06 kN/m<sup>2</sup>, comparado con el valor del aislador que es 432.09 kN/m<sup>2</sup>, podemos ver una reducción de 23.97 kN/m<sup>2</sup>, que representa un 5.26% menor con respecto al valor de neopreno.

Tabla 28:  
Porcentaje de reducción de Esfuerzo Axial

Estado limite	Etiqueta	Esfuerzo axial				Reducción
		kN/m <sup>2</sup>				
		Neoprenos		Aisladores		%
		Max.	Min.	Max.	Min.	
Resistencia I	R_I	1558.04	-10244.67	899.61	-10118.79	42.26%
Resistencia III	R_III	1728.14	-10713.04	978.86	-10629.25	43.36%
Resistencia V	R_V	1606.87	-10387.32	923.68	-10271.11	42.52%
Evento Extremo I	EE_I	1556.31	-10178.44	888.84	-10070.22	42.89%
Servicio I	S_I	1258.48	-8151.74	720.13	-8060.68	42.78%
<b>Reducción Promedio</b>					<b>42.76%</b>	

Fuente: Elaboración propia

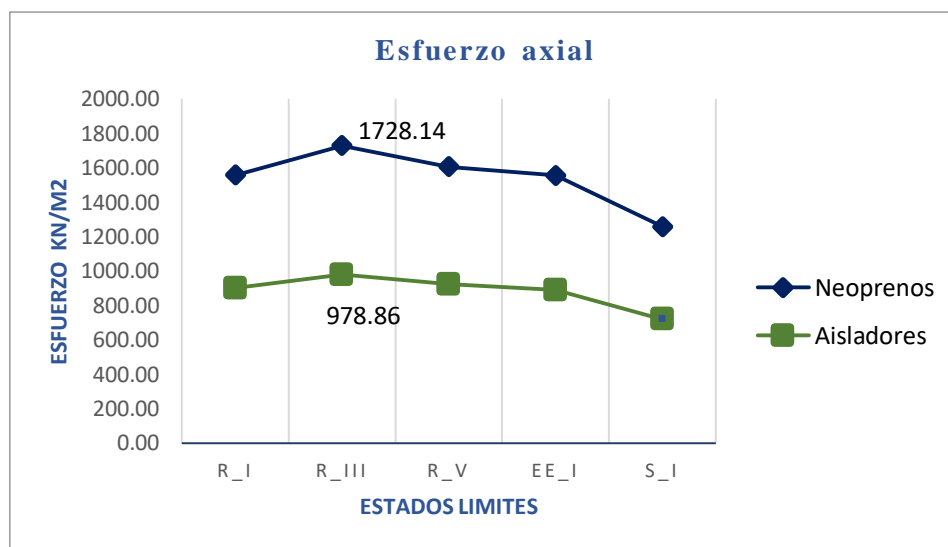


Figura 36: Representación del esfuerzo axial en los dispositivos de apoyo

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

Observando la gráfica se aprecia que los valores de esfuerzo axial con aisladores sísmicos (línea verde), son menores que los obtenidos con los apoyos de neoprenos zunchados convencionales (Línea azul), haciendo una comparación y tomando como base de referencia los valores de neoprenos, observemos que en el estado límite de Resistencia III el valor más alto es de 1728.14 kN/m<sup>2</sup>, comparado con el valor del aislador que es 978.86 kN/m<sup>2</sup>, indica una reducción de 749.28 kN/m<sup>2</sup>, que representa un 43.46% menor con respecto al valor tomado como base de estudio.

Tabla 29:

*Porcentaje de reducción de Momento flector*

Estado limite	Etiqueta	Momento Flector M3				Reducción
		kN.m				
		Neoprenos		Aisladores		%
		Max.	Min.	Max.	Min.	
Resistencia I	R_I	261.82	-587.83	187.82	-520.63	28.27%
Resistencia III	R_III	289.57	-644.32	209.41	-578.04	27.68%
Resistencia V	R_V	269.77	-604.19	194.00	-537.03	28.09%
Evento Extremo I	EE_I	261.67	-586.18	187.67	-520.61	28.28%
Servicio I	S_I	210.53	-471.15	150.91	-418.43	28.32%
<b>Reducción Promedio</b>						<b>28.13%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

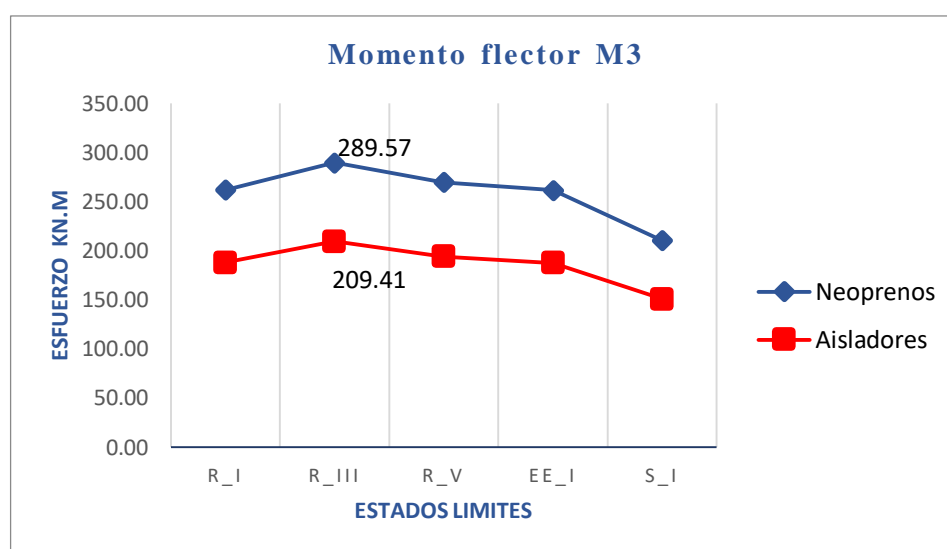


Figura 37: Representación del momento flector en los dispositivos de apoyo

*Fuente: Elaboración propia*

**Interpretación:**

Se observa los valores del momento flector con aisladores sísmicos (línea roja), son menores que los encontrados con los apoyos de neoprenos zunchados (Línea azul) , a modo de comparación observemos que en el estado límite de Resistencia III el valor más alto para neoprenos en 289.57 kN.m, comparado con el valor del aislador que es 209.41 kN.m, podemos ver una reducción de 80.16 kN.m, que representa un 27.68% menor con respecto al valor de neopreno Zunchado.

Tabla 30:

*Porcentaje de reducción de Torsión*

Estado limite	Etiqueta	Torsión				Reducción
		kN.m				
		Neoprenos		Aisladores		%
		Max.	Min.	Max.	Min.	
<b>Resistencia I</b>	<b>R_I</b>	5812.86	-5858.61	259.40	-290.40	95.54%
<b>Resistencia III</b>	<b>R_III</b>	6202.54	-6241.93	299.59	-355.83	95.17%
<b>Resistencia V</b>	<b>R_V</b>	5924.26	-5962.48	262.57	-309.10	95.57%
<b>Evento Extremo I</b>	<b>EE_I</b>	5812.38	-5850.14	259.39	-290.33	95.54%
<b>Servicio I</b>	<b>S_I</b>	4661.78	-4692.10	204.42	-242.63	95.61%
<b>Reducción Promedio</b>					<b>95.49%</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

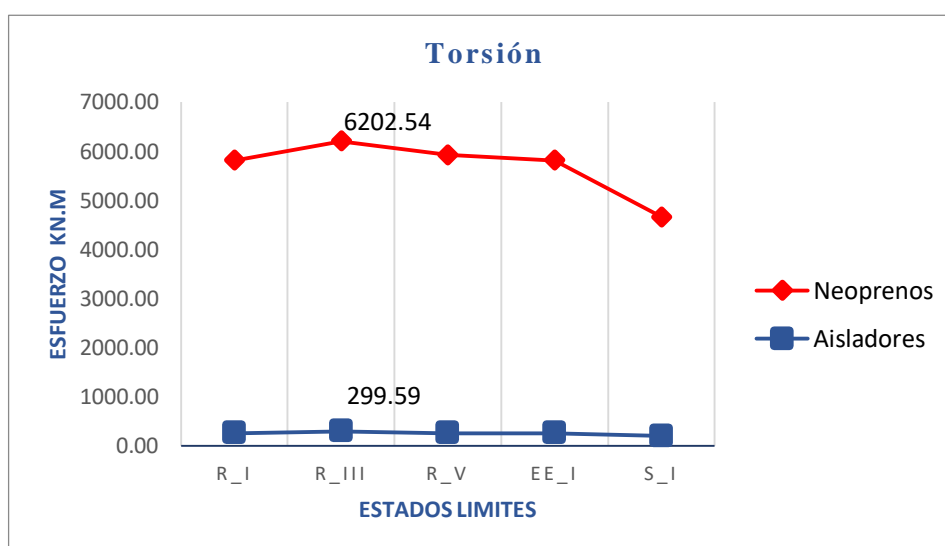


Figura 34: Representación de Torsión en los dispositivos de apoyo

*Fuente: Elaboración propia*

**Interpretación:**

En la gráfica observamos que los valores obtenidos en el cálculo para torsión con aisladores sísmicos (línea azul), son menores que los obtenidos con los apoyos de neoprenos zunchados (Línea roja) , haciendo una comparación y tomando como base de referencia los valores de neoprenos, observemos que en el estado límite de Resistencia III el valor más alto es de 6202.54 kN.m, comparado con el valor del aislador que es 299.59 kN.m, indica una reducción de 5902.95 kN.m, que representa un 95.17% menor con respecto al valor tomado como base de estudio.

### **Resumen global de reducción:**

Observando los resultados obtenidos podemos determinar un promedio global de todas las reducciones de esfuerzos en estudio, de tal forma que se puede generalizar que los aisladores con núcleo de plomo mejoraron el comportamiento estructural en un 43.04% como se indica a continuación:

Tabla 26:

*Porcentaje Global de reducción*

<b>Reducción Promedio Global</b>	
<b>Tipo de esfuerzo</b>	<b>% Global</b>
Esfuerzo Cortante V2	5.80%
Esfuerzo axial	42.76%
Momento Flector M3	28.13%
Torsión	95.49%
<b>Promedio de Reducción Global</b>	<b>43.04%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **IV. DISCUSIÓN**

Después de realizar la simulación de la estructura, podemos apreciar una mejor eficiencia en absorción de fuerzas sísmica, esto quiere decir que por medio de la investigación se comprueba una gran diferencia que existe entre los neoprenos convencionales zunchados y los aisladores de base sísmica, en cuanto a aislamiento de las fuerzas internas transferidas de la cimentación a la superestructura como son el esfuerzo cortante, el momento flector, la torsión, y el esfuerzo axial. Aumentando su vulnerabilidad de las estructuras ante un evento sísmico. En tal sentido, LEON (2016). Sostiene que, la implementación de un sistema de energía al puente, se obtuvo reducción en fuerza y desplazamiento durante el análisis sísmico espectral. Confirmando su disminución entre oscilaciones

Ante ello, VILLAVICENCIO (2015). Sostiene que para trabajar con aisladores sísmicos LRB y de fricción FPS se debe usar un análisis de iteración teniendo en cuenta que para los aisladores de núcleo de plomo debemos considerar espesores de láminas de acero delgadas ya que aumentando la altura del disipador aumenta el pandeo y para los aisladores de fricción debemos tener en cuenta un coeficiente bajo en fricción para disminuir las fuerzas tangenciales.

Pudimos comprobar también que las fuerzas axiales reducen su intensidad en un 42.76% empleando aisladores sísmicos así también lo comprobó REYNA, Alisson. (2017). Manifestó que se puede observar que las columnas reducen sus esfuerzos axiales hasta en un 50% y en otros las vigas en 30%, pero debemos tener en cuenta una intermitencia de niveles originados por el sismo que aumentan los parámetros de recolección de datos.

DELGADO, Ronal. (2017). Manifestó que se pudo comprobar que los desplazamientos en el eje X disminuyen considerablemente a comparación de una construcción aislada a una convencional disminuyendo en ese eje de 11cm a 2.2 cm lo que implica decir que existe un 85.5% de reducción. Así mismo, CARRILLO, Cecilia. (2017). Se demostró que en la edificación en estudio los aisladores de base sísmica mejoraron el diseño sismorresistente utilizando la norma NPT E030 de diseño sismorresistente.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1 Se comprobó que los aisladores sísmicos del tipo LRB, influyen considerablemente en el comportamiento estructural a través de la simulación de estructuras que se realizó con la ayuda del software CSIBRIDGE, sometiendo la estructura a un espectro de diseño sísmico y evaluando su comportamiento en los casos de estados límites según la AASHTO LRFD, como son de resistencia (I, III, V), evento extremo I y servicio I, donde se comprobó que el aislador sísmico con núcleo de plomo, absorbe la energía transmitida, de la fuerza sísmica a la estructura en algunos casos hasta en un 43% de reducción global.
- 5.2 Se evaluó el esfuerzo cortante en la estructura simulada y tomando como base los datos obtenidos con apoyos de neopreno se comparó a los de aisladores, observamos una reducción de 5% a 6%, demostrando que para este esfuerzo la diferencia de reducción es mínima.
- 5.3 Se evaluó el momento flector en la estructura sometida a las combinaciones de carga incluidos sismo, verificando que con aisladores sísmicos se puede reducir hasta un 28% de este esfuerzo, lo que indica que los aisladores aportan un mejor comportamiento estructural, absorben.
- 5.4 Se analizó la torsión en el comportamiento estructural, comparando los neoprenos con aisladores sísmicos del tipo LRB (Núcleo de plomo), obtenemos resultados muy favorables que disminuyen esta torsión hasta en un 95 % en sus estados límites de servicio, es decir, que la estructura se comporta más estable con estos dispositivos, ya que aísla los movimientos sísmicos desde la subestructura hacia la superestructura.
- 5.5 El esfuerzo axial se reduce hasta un 42 % a 43%, cuando la estructura es simulada con aisladores sísmicos de núcleo de plomo, obteniendo resultados favorables para el propósito de aislar la estructura de un evento sísmico.

## VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Se recomienda implementar en el diseño de puentes, un dispositivo de mayor absorción sísmica para aumentar la vulnerabilidad de estas estructuras, cuando son sometidos a eventos sísmicos, una buena alternativa sería, aisladores de base sísmica del tipo LRB (Lead Rubber Bearing), ya que, consigue disminuir estas fuerzas hasta en un 43%.
- 6.2 A través de los resultados obtenidos, se sugiere, tener en cuenta, dispositivos de mayor absorción sísmica como lo demuestra este estudio, ya que mejoraría el comportamiento estructural de los puentes ya sean metálicos y más aún en puentes de concreto, alargando los años de puesta en servicio, ya que cuando ocurre un desastre natural estas estructuras son de vital importancia ayudar a zonas afectadas.
- 6.3 Se debe tener en cuenta que las estructuras de puentes están sometidas a cargas sísmicas y es evidente que están diseñados para este tipo de movimiento, pero la ayuda de aisladores sísmicos que inicialmente fueron creados para edificaciones tiene buenos resultados en puentes es por ellos se recomienda realizar estudios para verificar como influye los Disipadores sísmicos en el comportamiento estructural de un puente.



## REFERENCIAS

- CERVERA, Miguel, BLANCO, Elena, *Mecánica de estructura*. (2da. ed.). España: Universidad Politécnica de Cataluña.2003. 327pp. ISBN: 84-8301-623-2
- CHOPRA, Anil. *Dinámica de estructuras*. (4ta. ed.). México: Pearson Educación de México, 2014. 756 pp. ISBN: 978-607-32-2239-6
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. (6ta. ed.). México: Mac Graw Hill, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- MORALES, Roberto. Deformaciones de las estructuras. Argentina: Universidad de Mendoza,1997. Recuperado de: <http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/RUM/article/view/107/127>
- REVISTA Perú. *Construye Lima*: febrero 2017, n.o 45. Recuperado de <https://www.peruconstruye.net/wp/archivos/EDICION%2045/PC45.pdf>
- RICO, Leocardio. CHIO, Gustavo. *Uso de aisladores de base en puentes de concreto simplemente apoyados*. Vol 16, N° 34, Colombia, 2012 108-109 pp.
- VASQUEZ, Walter. *Estudio comparativo del comportamiento estructural de una edificación con y sin disipadores de energía considerando el efecto de la interacción suelo-estructura* (Tesis para optar grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. 2017.
- VILLAREAL, Genner. *Edificaciones con Disipadores viscosos*. Perú.2016. 122 pp. ISBN: 978-612-00-2419-5.

# **ANEXOS**

### Matriz de consistencia

**Título:** “Simulación de la influencia de aisladores sísmicos en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco, 2019”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿De qué manera influye la simulación de aisladores sísmicos en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco 2019?</p> <p><b>Problema Específico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo influye la simulación de aisladores sísmicos en el esfuerzo cortante comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco 2019?</li> <li>• ¿De qué manera la simulación de aisladores sísmicos influye en el momento flector del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco 2019?</li> <li>• ¿Qué influencia produce la simulación de aisladores sísmicos en la torsión del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco 2019?</li> <li>• ¿Cómo influye la simulación de aisladores sísmicos en el esfuerzo axial del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco 2019?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Demostrar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Evidenciar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo cortante del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <p>Demostrar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el momento flector del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <p>Evidenciar que la simulación de aisladores sísmicos influye en la torsión del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidenciar que la simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo axial del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>¿La simulación de aisladores sísmicos influye en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco 2019?</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>La simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo cortante del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <p>La simulación de aisladores sísmicos influye en el momento flector del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <p>La simulación de aisladores sísmicos influye en la torsión del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p> <p>La simulación de aisladores sísmicos influye en el esfuerzo axial del comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca - Huánuco, 2019.</p>	<p><b>Técnicas</b></p> <p>Se aplicará la observación porque se obtendrá datos mediante la percepción intencionada y selectiva.</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>Se utilizará el software CSI BRIDGE para demostrar los resultados de lo que se pretende en la investigación. Además, se utilizará el registro de datos</p>

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES Y DIMENSIONES	
<p>El diseño que se utilizó fue el pre experimental, con un solo grupo de pre-prueba y pos-prueba</p> <p>G: O1 X O2</p> <p>Dónde:</p> <p>G : Grupo o muestra.</p> <p>O1: Observaciones en pre-prueba del comportamiento estructural</p> <p>X: Variable independiente, aisladores sísmicos</p> <p>O2: Resultados obtenidos de la pos-prueba.</p>	<p>La población y muestra es de caso único, estará constituido por la unidad muestral del puente Pachitea, Puerto inca – Huánuco.</p>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>
		Aisladores sísmicos	Fuerza axial
			Desplazamiento
		<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>
		El comportamiento estructural	Esfuerzo Cortante
			Momento flector
Torsión			
Esfuerzo axial			

### Instrumento de recolección de datos

Registro de datos 2 x 2

<b>Variable independiente: Aisladores sísmicos</b>		<b>Variable dependiente: El comportamiento estructural</b>				
<b>Aisladores sísmicos</b>		<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Esfuerzo Cortante</b>	<b>Momento flector</b>	<b>Torsión</b>	<b>Esfuerzo axial</b>
<b>Carga Axial en ULS</b>	<b>Desplazamiento</b>		<b>KN/m2</b>	<b>KN.m</b>	<b>KN.m</b>	<b>KN/m2</b>
Si (X1)	Si (X2)	X1xX2				
No (Y1)	No (Y2)	Y1xY2				

## Validación de Instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dra. Contreras Julián Rosa Mabel  
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo  
 Especialidad : Docente de Metodología  
 Instrumento de evaluación : Registro de datos  
 Autor (s) del instrumento (s) : Eddy Frankz Horna Aredo, Roy Jimmy Fababa Mori

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Aisladores sísmicos				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Aisladores sísmicos				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable Aisladores sísmicos					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						47

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es aplicable para la investigación

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Tarapoto, 18 de julio de 2019

**Dra. Rosa Mabel Contreras Julián**  
CPPe: 0324802

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**II. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Dra. Contreras Julián Rosa Mabel  
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo  
 Especialidad : Docente de Metodología  
 Instrumento de evaluación : Registro de datos  
 Autor (s) del instrumento (s) : Eddy Frankz Horna Aredo, Roy Jimmy Fababa Mori

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: el comportamiento estructural				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: el comportamiento estructural				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable el comportamiento estructural					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						47

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

*El instrumento es aplicable para la investigación*

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Tarapoto, 18 de julio de 2019

  
**Dra. Rosa Mabel Contreras Julián**  
 CPPe: 0324802

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**II. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Mg. Ing. Lozada Fustamante Carlos Edwin  
 Institución donde labora : Independiente  
 Especialidad : Ingeniería mecánica eléctrica  
 Instrumento de evaluación : Registro de datos  
 Autor (s) del instrumento (s) : Eddy Frankz Horna Aredo, Roy Jimmy Fababa Mori

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: el comportamiento estructural				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: el comportamiento estructural				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable el comportamiento estructural					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						47

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El instrumento es aplicable para la investigación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Tarapoto, 18 de julio de 2019



Carlos Edwin Lozada Fustamante  
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
 Reg. CIP 128294



**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**  
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Mg. Ing. Lozada Fustamante Carlos Edwin  
 Institución donde labora : Independiente  
 Especialidad : Ingeniería mecánica eléctrica  
 Instrumento de evaluación : Registro de datos  
 Autor (s) del instrumento (s) : Eddy Frankz Horna Aredo, Roy Jimmy Fababa Mori

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**
**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Aisladores sísmicos				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Aisladores sísmicos				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable Aisladores sísmicos					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						47


(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El instrumento es aplicable para la  
investigación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Tarapoto, 18 de julio de 2019

  
 Carlos Edwin Lozada Fustamante  
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
 Reg. CIP. 123294

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**II. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Dr. Rubio Luna Victoria Edward Freddy  
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo  
 Especialidad : Doctor en gestión Universitaria  
 Instrumento de evaluación : Registro de datos  
 Autor (s) del instrumento (s) : Eddy Frankz Horna Aredo, Roy Jimmy Fababa Mori

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: el comportamiento estructural				4	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: el comportamiento estructural					5
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				4	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				4	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				4	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					5
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable el comportamiento estructural					5
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				4	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 45

Tarapoto, 18 de julio de 2019



Edward F. Rubio Luna Victoria  
 ING. DE SISTEMAS  
 R. CIP. 116883

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Dr. Rubio Luna Victoria Edward Freddy  
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo  
 Especialidad : Doctor en gestión Universitaria  
 Instrumento de evaluación : Registro de datos  
 Autor (s) del instrumento (s) : Eddy Frankz Horna Aredo, Roy Jimmy Fababa Mori

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**
**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Aisladores sísmicos				4	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Aisladores sísmicos					5
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				4	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				4	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				4	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					5
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable Aisladores sísmicos					5
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				4	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**


---



---



---

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 45

Tarapoto, 18 de julio de 2019



Edward F. Rubio Luna Victoria  
 ING. DE SISTEMAS  
 R. CIP. 116883

## Autorización donde se ejecutó la investigación



Construcción  
Ingeniería  
Montaje  
Redes

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

### CONSTANCIA

El que suscribe: Representante legal de Servicios de Construcción en Mecánica Eléctrica, SERCOMEL SAC con RUC 20601385211 con domicilio legal en Jr. Leoncio Prado N° 1589 - Tarapoto.

#### HACE CONSTAR:

Los estudiantes **Roy Jimmy Fababa Mori** identificado con DNI N° 44661071 y **Eddy Frankz Horna Aredo**, identificado con DNI N° 18216331, realizaron la ejecución de su investigación de proyecto para su tesis titulada "**Simulación de la influencia de aisladores sísmicos en el comportamiento estructural del puente Pachitea, Puerto Inca – Huánuco, 2019**" en el área técnica de nuestra empresa entre el periodo del 01 de abril al 26 de julio del 2019

Se expide el presente CONSTANCIA, a solicitud de los interesados para los fines que estime conveniente.

Tarapoto, 20 de julio del 2019

Atentamente

SERCOMEL  
Eddy Fr. Horna Aredo  
GERENTE GENERAL

Eddy Fr. Horna Aredo  
Gerente General  
SERCOMEL SAC



(042) 531602  
#959903624 - #953533272  
Jr. Leoncio Prado N° 1589 - Tarapoto - San Martín  
contacto@sercomel.com.pe www.sercomel.com.pe