



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis Sísmico de Edificio con Aisladores LRB en el Pabellón D de la  
Universidad César Vallejo sede Lima Este en San Juan de Lurigancho, 2018

**TÉISIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Jean Carlo Maquera Romoacca

**ASESOR:**

Dra. María Ysabel García Álvarez

Mgr. Luis Humberto Diaz Huiza

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural




LIMA – PERU  
2018

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : <b>107-PP-FR-02.02</b>
		Revisión : <b>01</b>
		Fecha : <b>23-03-2018</b>
		Página : <b>1 de 2</b>

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Jean Carlo Maguera Romances** cuyo título es: **Análisis sísmico de edificio con aisladores LRB en el pabellón D de la Universidad César Vallejo sede Lima Este en San Juan de Lurigancho, 2018**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **17 (número) Diecisiete (letras).**

Lima, San Juan de Lurigancho 17 de julio del 2018

 ----- <b>PRESIDENTE</b> <i>Don</i>	 ----- <b>SECRETARIO</b> <i>Don</i>
 ----- <b>VOCAL</b>	

 Elaboró	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 Aprobó	 Vicerrectorado de Investigación
--	---	--------	--	---	--

### **Dedicatoria**

Dedico este Desarrollo de proyecto de tesis, primeramente, a Dios y a mi familia por brindarme su apoyo y confianza, ya que son el motor que me impulsa para poder seguir a delante.

### **Agradecimiento**

Agradecer en primer lugar a Dios, por darme la fortaleza y el coraje para continuar, a mis padres por ser el apoyo incondicional y estar siempre de mi lado sin importar las circunstancias y a mi asesor el Mg. Luis Diaz Huiza, por su apoyo diario para sacar a delante el proyecto.

### **Declaratoria de Autenticidad**

Yo Jean Carlo Maquera Romoacca con DNI N.º 46847325 y a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que presento en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de julio del 2018



---

Jean Carlo Maquera Romoacca  
DNI: 46847325

## **Presentación**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis Sísmico de Edificio con aisladores LRB en el pabellón D de la Universidad César Vallejo Lima – Este en San Juan de Lurigancho, 2018”, cuyo objetivo fue Desarrollar con el programa ETABS el análisis sísmico con aisladores LRB del pabellón D de la universidad Cesar Vallejos, y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica diferentes marcos teóricos, así como también algunos conceptos relacionados a nuestro tema, explicando sustancialmente los pasos a seguir para la realización de la misma; en el segundo capítulo se muestra conceptos teóricos y formulas, detallando el procedimiento para el diseño de los aisladores; también se explican los parámetros que se deben tomar en cuenta según los reglamentos E-030 y ASCE, en el tercer capítulo se detalla los resultados obtenidos, del análisis sísmico: las derivas, fuerzas Cortantes, Desplazamientos, comparación de la respuestas con el análisis modal espectral y el tiempo historia. En el cuarto capítulo se discute los resultados obtenidos del análisis sísmico con aisladores LRB. En el quinto capítulo se presenta en base a todo el estudio realizado nuestras conclusiones, demostrando que los aisladores LRB reducen el daño de la estructura producido los sismos máximos considerados. En el sexto capítulo se detalla las recomendaciones pertinentes basándose en toda la metodología de estudio e investigación en la que pudimos apreciar paso a paso nuestras ventajas y desventajas de a lo largo del presente proyecto.



---

Maquera Romoacca Jean Carlo

## **Resumen**

Los sistemas de aislamiento son dispositivos que se colocan en la interfaz de la superestructura y la subestructura; la finalidad es de reducir las sollicitaciones sísmicas.; mejorando su respuesta ante los sismos de gran intensidad; permitiendo su total operatividad durante y después del terremoto.

Existen varios tipos de aisladores de base en el mercado, actualmente los elastómeros con núcleo de plomo son los de mayor demanda para edificaciones importantes por su alta capacidad de flexibilidad y amortiguamiento, permitiendo al caucho absorber y al núcleo de plomo disipar la energía de los terremotos.

La presente tesis de título “Análisis Sísmico de Edificio con Aisladores LRB en el Pabellón D de la Universidad César Vallejo Sede Lima Este en San Juan de Lurigancho, 2018” se enfoca en el objetivo de desarrollar modelos de análisis sísmico del edificio con aisladores LRB para el pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo; con la finalidad de comprender mejor los métodos de análisis sísmicos, aplicado al estudio de aisladores sísmicos. La base teórica se sustenta con las normas E-030 para la verificación de los métodos de análisis Estático y dinámico (Modal espectral y Tiempo Historia) tanto para la estructura convencional y con sistemas de aislamiento LRB en la base; y la norma ASCE – 2016, nos servirá para diseñar el tamaño de los aisladores LRB.

El edificio es comprendido de muros estructurales y pórticos, con 4 plantas de altura variable; está ubicado en zona IV del tipo de suelo intermedio (S2) y de categoría esencial. El resultado muestra que el edificio con sistemas de aislamiento LRB tiene un buen comportamiento ante sismos máximos considerados (MCE) y sus desplazamientos fuerzas cortantes se reducen considerablemente.

Palabras claves: Análisis Sísmico de Edificio, Aisladores LRB.

## **Abstract**

Isolation systems are devices that are placed at the interface of the super structure and the substructure; the purpose is to reduce seismic stresses.; improving its response to high intensity earthquakes; allowing its full operation during and after the earthquake.

There are several types of base insulators in the market, currently the lead-core elastomers are the most demanded for important buildings due to their high capacity of flexibility and damping, allowing the rubber to absorb and the lead core to dissipate the energy of the earthquakes.

The present thesis of title "Seismic Analysis of Building with LRB Insulators in Pavilion D of Cesar Vallejo University Lima East Headquarters in San Juan de Lurigancho, 2018" focuses on the objective of developing seismic analysis models of the building with LRB insulators for Pavilion D of Cesar Vallejo University; in order to better understand the methods of seismic analysis, applied to the study of seismic isolators. The theoretical basis is supported by the E-030 standards for the verification of the static and dynamic analysis methods (spectral modality and time history) both for the conventional structure and with LRB insulation systems in the base; and the standard ASCE - 2016, will help us to design the size of the LRB insulators.

The building is comprised of structural walls and porticos, with 4 floors of variable height; it is located in zone IV of the intermediate soil type (S2) and of the essential category. The result shows that the building with LRB insulation systems has a good performance against maximum earthquakes considered (MCE) and its shear forces are considerably reduced.

Keywords: Seismic Building Analysis, LRB Isolators.



## Índice General

Resumen .....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Realidad Problemática .....	2
1.2. Trabajos Previos .....	4
1.3. Teoría Relacionada al Tema .....	6
1.4. Características Estructurales del edificio .....	22
1.5. Formulación del problema .....	39
1.6. Justificación del estudio.....	39
1.7. Limitaciones .....	40
1.8. Hipótesis .....	41
1.9. Objetivos.....	41
II. MÉTODO .....	42
2.1. Diseño de investigación .....	43
2.2. Variable, operacionalización .....	44
2.3. Población y muestra.....	46
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad. ....	46
2.5. Validez y confiabilidad.....	48
2.6. Método de Análisis de Datos .....	49
2.7. Aspectos Éticos.....	49
III. RESULTADOS .....	50
3.1. Análisis Sísmico del edificio de Base Empotrada .....	51
3.2. Análisis Sísmico del Edificio con Base Aislada.....	57
IV. DISCUSIONES .....	90
V. CONCLUSION.....	93
VI. RECOMENDACIONES.....	95
VII. REFERENCIAS .....	97
VIII. ANEXOS .....	101

## Índice de Ecuaciones

Ecuacion 1. 1 Rigidez post fluencia .....	14
Ecuacion 1. 2 Resistencia caracteristica .....	14
Ecuacion 1. 3 Amortiguamiento efectivo .....	14
Ecuacion 1. 4 Desplazamiento de fluencia .....	14
Ecuacion 1. 5 Carga de pandeo .....	15
Ecuacion 1. 6 Carga critica.....	15
Ecuacion 1. 7 Factor de seguridad.....	15
Ecuacion 1. 8 Cortante estático .....	16
Ecuacion 1. 9 Fuerza por piso .....	16
Ecuacion 1. 10 Período fundamental.....	16
Ecuacion 1. 11 Período de vibración exacto.....	16
Ecuacion 1. 12 Aceleración espectral.....	17
Ecuacion 1. 13 Combinación modal.....	17
Ecuacion 1. 14 Torsión en planta .....	18
Ecuacion 1. 15 Cortante mínimo .....	18
Ecuacion 1. 16 Desplazamiento inelástico .....	18
Ecuacion 1. 17 Derivas de piso .....	19
Ecuacion 1. 18 Desplazamiento de diseño .....	19
Ecuacion 1. 19 Periodo efectivo de diseño.....	19
Ecuacion 1. 20 Cortante debajo del aislador .....	20
Ecuacion 1. 21 Cortante encima del aislador .....	20
Eucacion 1. 22 Desplazamiento Máximo .....	20
Ecuacion 1. 23 Periodo efectivo Máximo .....	20
Ecuacion 1. 24 Desplazamiento total máximo .....	21
Ecuacion 1. 25 Desplazamiento total de diseño .....	21

## Índice de Figuras

Figura 1. Comportamiento de estructura con aislación sísmica .....	8
Figura 2. Efecto de aislamiento en las demandas sísmicas de resistencia.....	9
Figura 3. Esquema de los componentes de aislamiento sísmico .....	10
Figura 4. Ubicación del centro de masas .....	10
Figura 5. Aislador elastoméricos de bajo amortiguamiento .....	11
Figura 6. Aislador elastoméricos con núcleo de plomo .....	11
Figura 7. Respuesta estructura aislada en suelo suave .....	12
Figura 8. Reducción del cortante debido al amortiguamiento.....	13
Figura 9. Reducción de desplazamiento para un aumento de amortiguamiento .....	13
Figura 10. Diagrama de histéresis para aisladores con núcleo de plomo .....	14
Figura 11. Espectro Sísmico de diseño.....	23
Figura 12. Definición del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	25
Figura 13. Definición del concreto $f_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> .....	25
Figura 14. Definición de viga principal VP (40X80) .....	26
Figura 15. Definición de viga principal VP (25X60) .....	26
Figura 16. Definición de viga principal VP (25X55) .....	26
Figura 17. Definición de viga voladizo VV (40X80).....	27
Figura 18. Definición de losa maciza (e=20 cm) .....	27
Figura 19. Definición de losa Aligerada (e=25 cm) .....	28
Figura 20. Definición de Placas (e=25 cm) .....	28
Figura 21. Asignación de cargas.....	29
Figura 22. Esquema del Edificio en planta.....	29
Figura 23. Esquema del Edificio en elevación .....	29
Figura 24. Asignación de carga viva S/C=300 kg/m <sup>2</sup> .....	30
Figura 25. Asignación de carga muerta CM=270 kg/m <sup>2</sup> .....	30
Figura 26. Asignación del peso del ladrillo aligerado Palig=110 kg/m <sup>2</sup> .....	31
Figura 27. Pórtico eje H.....	32
Figura 28. Imagen del edificio con asignación de cargas por metro lineal .....	33
Figura 29. Diafragmas rígidos para cada uno de los pisos .....	33
Figura 30. Peso Sísmico del Edificio.....	34
Figura 31. Empotramiento de la base .....	34

Figura 32. Sismo Estático en la dirección X .....	35
Figura 33. Sismo Estático en la dirección Y .....	35
Figura 34. Sismo de diseño para ambas direcciones de análisis .....	35
Figura 35. Sismo máximo considerado para ambas direcciones de análisis .....	36
Figura 36. Espectro sísmico en la dirección X .....	36
Figura 37. Espectro sísmico en la dirección Y .....	37
Figura 38. Block de notas del registro de Chimbote 1970 .....	37
Figura 39. Registro de Lima 1974 EW .....	38
Figura 40. Registro Escalado Lima 1974 EW .....	38
Figura 41. Caso de carga Modal para el Análisis Tiempo Historia.....	39
Figura 42. Procedimiento para el desarrollo de la investigación.....	47
Figura 43. Procedimiento para el diseño del aislador de núcleo de plomo. ....	48
Figura 44. Primer modo de vibración $T=0.393$ .....	51
Figura 45. Segundo modo de vibración $T=0.286$ .....	52
Figura 46. Tercer modo de vibración $T=0.20$ .....	52
Figura 47. Parámetros Bilineal del LRB para DBE.....	61
Figura 48. Detalle del Aislador LRB.....	62
Figura 49. Vista 3D del edificio con aisladores sísmicos.....	62
Figura 50. Vista en planta con aisladores sísmicos .....	63
Figura 51. Primer modo de vibración $T=1.93$ .....	64
Figura 52. Segundo modo de vibración $T=1.87$ .....	64
Figura 53. Tercer modo de vibración $T=1.45$ .....	65
Figura 54. Desplazamiento máximo .....	66
Figura 55. Desplazamientos máximos Y .....	66
Figura 56. Desplazamientos del Edificio de base Aislada y base Fija dirección X .....	67
Figura 57. Desplazamientos del Edificio de base Aislada y base Fija dirección Y .....	68
Figura 58. Fuerzas Cortantes en la dirección X .....	69
Figura 59. Fuerzas Cortantes en la dirección X .....	69
Figura 60. Fuerzas Cortantes para varios registros sísmicos en la dirección X .....	70
Figura 61. Fuerzas Cortantes para varios registros sísmicos en la dirección Y .....	71
Figura 62. Derivas de piso en la dirección X .....	72
Figura 63. Derivas de piso en la dirección Y .....	72
Figura 64. Derivas de pisos para registros sísmicos en la dirección X .....	73

Figura 65. Derivas de pisos para registros sísmicos en la dirección Y .....	74
Figura 66. Comparación de desplazamiento dirección X.....	75
Figura 67. Comparación para el desplazamiento dirección Y .....	75
Figura 68. Comparación del desplazamiento del registro sísmico 1966 dirección X .....	76
Figura 69. Comparación del desplazamiento del registro sísmico 1966 dirección Y .....	77
Figura 70. Comparación de fuerzas de corte en la dirección X .....	78
Figura 71. Comparación de fuerzas de corte en la dirección Y .....	78
Figura 72. Comparación de fuerzas de corte del registro Lima 1966 dirección X.....	79
Figura 73. Comparación de fuerzas de corte del registro Lima 1966 dirección Y.....	79
Figura 74. Comparación de derivas de piso dirección X.....	80
Figura 75. Comparación de derivas de piso dirección Y.....	81
Figura 76. Comparación de derivas de piso registro sísmico Lima 1966 dirección X.....	82
Figura 77. Comparación de derivas de piso registro sísmico Lima 1966 dirección Y.....	82
Figura 78. Ubicación del CM y CR del sistema de aislación .....	83
Figura 79. Respuesta Desplazamiento X Lima EW 1966 .....	84
Figura 80. Respuesta Desplazamiento X Lima NS 1966 .....	84
Figura 81. Respuesta Desplazamiento Y Lima EW 1966 .....	85
Figura 82. Respuesta Desplazamiento Y Lima NS 1966 .....	85
Figura 83. Respuesta Desplazamiento X Lima EW 1974 .....	86
Figura 84. Respuesta Desplazamiento X Lima NS 1974 .....	86
Figura 85. Respuesta Desplazamiento Y Lima EW 1974 .....	87
Figura 86. Respuesta Desplazamiento Y Lima NS 1974 .....	87
Figura 87. Respuesta Desplazamiento X Ica EW 2007.....	88
Figura 88. Respuesta Desplazamiento X Ica NS 2007.....	88
Figura 89. Respuesta Desplazamiento Y Ica EW 2007.....	89
Figura 90. Respuesta Desplazamiento Y Ica NS 2007.....	89

## Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de sistemas estructurales .....	17
Tabla 2. Límite para el desplazamiento lateral de entrepiso .....	19
Tabla 3. Coeficiente de amortiguamiento $B_d$ .....	20
Tabla 4. Valores mínimos de fuerzas y desplazamientos .....	22
Tabla 5. Datos de Cargas Vivas.....	22
Tabla 6. Datos de Cargas Muertas .....	23
Tabla 7. Parámetros para el Espectro de diseño .....	23
Tabla 8. Peso de tabiques de ladrillos tubulares y huecos para losas y vigas .....	32
Tabla 9. Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.....	45
Tabla 10. Periodos de la estructura con base empotrada.....	51
Tabla 11. Tipo de Sistema Estructural.....	53
Tabla 12. Desplazamiento espectral dirección X-X .....	53
Tabla 13. Desplazamiento espectral dirección Y-Y .....	53
Tabla 14. Desplazamiento 1966 NS dirección X-X .....	54
Tabla 15. Desplazamiento 1966 NS dirección Y-Y .....	54
Tabla 16. Fuerza cortante Espectral dirección X-X .....	54
Tabla 17. Fuerza cortante Espectral dirección Y-Y .....	54
Tabla 18. Fuerza cortante 1966 NS dirección X-X .....	55
Tabla 19. Fuerza cortante 1966 NS dirección Y-Y .....	55
Tabla 20. Derivas de pisos en dirección X-X.....	55
Tabla 21. Derivas de pisos en dirección Y-Y .....	56
Tabla 22. Derivas de pisos 1966 NS dirección X-X.....	56
Tabla 23. Derivas de pisos 1966 NS dirección Y-Y.....	56
Tabla 24. Parámetros iniciales para el diseño del aislador .....	57
Tabla 25. Materiales del Aislador LRB.....	58
Tabla 26. Dimensionamiento del Aislador LRB .....	58
Tabla 27. Rigidez Horizontal del Aislador LRB para un DBE .....	58
Tabla 28. Rigidez Horizontal del Aislador LRB para un MCE.....	59
Tabla 29. Periodo Objetivo DBE.....	59
Tabla 30. Periodo Objetivo MCE.....	59
Tabla 31. Verificación a compresión.....	60
Tabla 32. Rigidez vertical del aislador .....	60

Tabla 33. Parámetros Bilineales .....	60
Tabla 34. Dimensión del Aislador LRB .....	61
Tabla 35. Periodos de la estructura con base Aislada.....	63
Tabla 36. Verificación del desplazamiento en X.....	65
Tabla 37. Verificación del desplazamiento Y .....	66
Tabla 38. Desplazamientos 1966 NS dirección X-X.....	67
Tabla 39. Desplazamientos 1966 NS dirección Y-Y.....	67
Tabla 40. Fuerzas Cortantes aislada Dirección X-X .....	68
Tabla 41. Fuerzas Cortantes Aislada Dirección Y-Y .....	68
Tabla 42. Fuerza Cortante de Lima 1966 EW dirección X-X.....	70
Tabla 43. Fuerzas Cortante de Lima 1966 EW dirección Y-Y .....	70
Tabla 44. Derivas de piso dirección X-X .....	71
Tabla 45. Derivas de piso dirección Y-Y .....	72
Tabla 46. Derivas de Piso Lima 1966 EW dirección X-X .....	73
Tabla 47. Derivas de Piso Lima 1966 EW dirección Y-Y .....	73
Tabla 48. Comparación de desplazamiento Espectral Dirección X .....	74
Tabla 49. Comparación de desplazamiento Espectral Dirección Y .....	75
Tabla 50. Comparación de desplazamiento Tiempo Historia Lima 1966 dirección X .....	76
Tabla 51. Comparación de desplazamiento Tiempo Historia Lima 1966 dirección Y .....	76
Tabla 52. Comparación de Fuerza Espectral Dirección X .....	77
Tabla 53. Comparación de Fuerza Espectral Dirección Y .....	77
Tabla 54. Comparación de Fuerza Tiempo Historia Lima 1966 Dirección X .....	78
Tabla 55. Comparación de Fuerza Tiempo Historia Lima 1966 Dirección Y .....	79
Tabla 56. Comparación de Derivas de piso Espectral Dirección X .....	80
Tabla 57. Comparación de Derivas de piso Espectral Dirección Y .....	80
Tabla 58. Comparación de Derivas de piso Lima 1966 Dirección X.....	81
Tabla 59. Comparación de Derivas de piso Lima 1966 Dirección Y.....	81
Tabla 60. Excentricidad del Edificio con base empotrada .....	83
Tabla 61. Excentricidad del Edificio con sistema de aislación .....	83

## Índice de anexos

Anexo 1. Mapa de peligrosidad sísmica.....	102
Anexo 2. Mapa de Zonificación del tipo de suelo.....	103
Anexo 3. Propiedades Técnicas del Aislador .....	104
Anexo 4. Matriz de Consistencia.....	105
Anexo 5. Plano de Estructuras.....	106
Anexo 6. Plano de Arquitectura Planta .....	107
Anexo 7. Plano de Arquitectura Elevación .....	108
Anexo 8. Detalles del sistema de asilamiento en planta.....	109
Anexo 9. Detalle de los aisladores elevación .....	110
Anexo 10. Hoja de cálculo de aisladores.....	111