



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO Y EL COSTO DE EJECUCIÓN DEL BLOQUE N° 05 DEL HOSPITAL REGIONAL DE PASCO CONSIDERANDO Y OBVIANDO EL USO DE AISLADORES ELASTOMÉRICOS”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero civil**

**Autores:**

Bach. Waldir Manuel Urteaga Loayza

Bach. Misael Salazar Tasilla

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2016

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Justificación teórica.....	16
1.3.2. Justificación aplicativa o práctica.....	16
1.3.3. Justificación valorativa.....	16
1.3.4. Justificación académica.....	17
<b>1.4. Limitaciones.....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. Objetivos .....</b>	<b>17</b>
1.5.1. Objetivo general .....	17
1.5.2. Objetivos específicos .....	17
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Antecedentes.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Aislamiento sísmico.....	20
2.2.2. Tipos de Aislación Basal.....	20
2.2.3. Diseño de Aisladores Sísmicos.....	24
2.2.4. Procedimiento de diseño del aislador: .....	25
2.2.5. NORMAS DE DISEÑO Y AISLAMIENTO EN LA BASE.....	46
2.2.6. Costos y presupuestos en la especialidad de estructuras en edificaciones hospitalarias.....	54

<b>2.3. Definición de términos básicos .....</b>	<b>55</b>
2.3.1. SISMO .....	55
2.3.2. AMORTIGUAMIENTO HISTERÉTICO .....	55
2.3.3. LAZO DE HISTÉRESIS .....	55
2.3.4. RIGIDEZ ELÁSTICA ( $K_e$ ) .....	55
2.3.5. RIGIDEZ PRODUCIDA ( $K_d$ o $K_2$ ) .....	56
2.3.6. RIGIDEZ EFECTIVA ( $K_{eff}$ ) .....	56
2.3.7. FUERZA DE HISTÉRESIS ( $Q_d$ ) .....	56
2.3.8. FUERZA ( $F_y$ ) .....	56
2.3.9. ENERGÍA DISIPADA POR CICLO (EDC) .....	56
2.3.10. RIGIDEZ VERTICAL ( $K_v$ ) .....	56
2.3.11. AISLAMIENTO SÍSMICO .....	56
2.3.12. AISLADOR .....	56
2.3.13. SUBESTRUCTURA .....	57
2.3.14. SUPERESTRUCTURA .....	57
2.3.15. COSTO UNITARIO .....	57
2.3.16. RENDIMIENTO .....	57
2.3.17. IGV .....	57
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1. Operacionalización de variables .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1. Diseño de investigación .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2. Unidad de estudio .....</b>	<b>59</b>
<b>4.3. Población .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4. Muestra .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos .....</b>	<b>59</b>
4.5.1. Para recolección de datos .....	59
4.5.2. Procedimientos: .....	60
<b>4.6. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....</b>	<b>61</b>
4.6.1. Características de los materiales .....	61
4.6.2. Pre dimensionamiento y estructuración: .....	61
4.6.3. Metrado de Cargas .....	61

4.6.4.	Espectro de respuesta .....	62
4.6.5.	Modelamiento en ETABS VERSIÓN 2015 Bloque N° 05 sin aislamiento.....	63
4.6.5.4.	Definición de sección de losa, para este caso el espesor será de 0.45 m según se especifica en proyecto Original.....	67
4.6.6.	Modelamiento en ETABS versión 2015 Bloque N° 05 aislado .....	74
4.6.7.	Presupuesto del Bloque N° 05 sin aislamiento.....	76
4.6.8.	Presupuesto del Bloque N° 05 aislado.....	76
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS .....</b>		<b>77</b>
<b>5.1. Bloque estructural N° 05 Sin Aislamiento Sísmico .....</b>		<b>77</b>
5.1.1.	Periodo natural: El periodo Natural de la estructura es de 1.028 Seg. ....	77
5.1.2.	Modos de vibración .....	77
5.1.3.	Desplazamientos.....	78
5.1.4.	Derivas .....	79
5.1.5.	Peso total de la estructura: .....	80
5.1.6.	Factor de corrección .....	80
5.1.7.	Fuerzas por piso:.....	80
<b>5.2. Bloque estructural N° 05 con Aislamiento Sísmico .....</b>		<b>81</b>
5.2.1.	Modos de vibración .....	81
5.2.2.	Desplazamientos.....	83
5.2.3.	Derivas .....	83
5.2.4.	Fuerzas por piso:.....	84
<b>5.3. Comparación de resultados para el bloque N°05, con aislamiento y sin aislar.....</b>		<b>85</b>
5.3.1.	Desplazamientos.....	85
5.3.2.	Derivas de entrepiso.....	87
5.3.3.	Fuerzas Cortantes por piso .....	88
5.3.4.	Costo de ejecución de la estructura: .....	89
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN .....</b>		<b>90</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>92</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1.</b>	<b>Factor de zona.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla N° 2.</b>	<b>Parámetros de Suelo .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla N° 3.</b>	<b>Periodos <math>T_p</math> Y <math>T_L</math> .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N° 4.</b>	<b>Desplazamientos laterales relativos admisibles .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N° 5.</b>	<b>Coefficiente de amortiguamiento <math>B</math>.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla N° 6.</b>	<b>Operacionalización de Variables .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla N° 7.</b>	<b>Parámetros según NTP E.030 .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla N° 8.</b>	<b>Presupuesto de la estructura sin aislamiento sísmico.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla N° 9.</b>	<b>Presupuesto de la estructura con aislamiento sísmico.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla N° 10.</b>	<b>Periodos de la estructura sin aislamiento .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla N° 11.</b>	<b>Desplazamientos máximos en X .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla N° 12.</b>	<b>Desplazamientos máximos en Y .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla N° 13.</b>	<b>Derivas en X .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla N° 14.</b>	<b>Derivas en Y .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla N° 15.</b>	<b>Peso total de la estructura .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla N° 16.</b>	<b>Factor de corrección .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla N° 17.</b>	<b>Resultados de cortantes dinámicas XX .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla N° 18.</b>	<b>Resultados de cortantes dinámicas YY.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla N° 19.</b>	<b>Periodos de la estructura aislada .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla N° 20.</b>	<b>Desplazamientos máximos en X .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla N° 21.</b>	<b>Desplazamientos máximos en Y .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla N° 22.</b>	<b>Derivas en X .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N° 23.</b>	<b>Derivas en Y .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N° 24.</b>	<b>Resultados de cortantes dinámicas XX .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N° 25.</b>	<b>Resultados de cortantes dinámicas YY.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N° 26.</b>	<b>Desplazamientos en X para la estructura con un sismo de diseño .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N° 27.</b>	<b>Desplazamientos en Y para la estructura con un sismo de diseño .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N° 28.</b>	<b>Derivas de entrepiso en eje X para sismo de diseño.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N° 29.</b>	<b>Derivas de entrepiso en eje Y para sismo de diseño.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N° 30.</b>	<b>Fuerzas por piso en eje X .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N° 31.</b>	<b>Fuerzas por piso en eje Y .....</b>	<b>88</b>

<b>Tabla N° 32.</b>	<b>Fuerzas por piso en eje X .....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla N° 33.</b>	<b>Fuerzas por piso en eje Y .....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla N° 34.</b>	<b>Costos de ejecución. ....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1.</b>	<b>Componentes del LRD .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura N° 2.</b>	<b>Fuerza de Corte versus Deformación Lateral para un ciclo.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura N° 3.</b>	<b>Componentes del HLRD .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura N° 4.</b>	<b>Fuerza de Corte vs Deformación Lateral para un ciclo. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura N° 5.</b>	<b>Componentes del LRB.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura N° 6.</b>	<b>Fuerza de Corte y vs Deformación Lateral para un ciclo .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura N° 7.</b>	<b>Procedimiento para el desarrollo de la investigación .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura N° 8.</b>	<b>Espectro de diseño según Norma Peruana de diseño Sísmorresistente.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura N° 9.</b>	<b>Ingreso de valores al eje X.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura N° 10.</b>	<b>Ingreso de valores al eje Y .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura N° 11.</b>	<b>Ingreso de valores al eje Z .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura N° 12.</b>	<b>Definición de material de Concreto <math>f'c = 245 \text{ kg/cm}^2</math> .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura N° 13.</b>	<b>Sección de viga principal VP-(0.80x0.40)m .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura N° 14.</b>	<b>Propiedades de reforzamiento de viga principal.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura N° 15.</b>	<b>Sección de viga secundaria VP-(0.45x0.40)m.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura N° 16.</b>	<b>Propiedades de reforzamiento de viga secundaria .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura N° 17.</b>	<b>Sección de losa aligerada LA-(e=0.45)m .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura N° 18.</b>	<b>Vista en planta de la estructura .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura N° 19.</b>	<b>Vista isométrico de la estructura.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura N° 20.</b>	<b>Asignación de cargas según naturaleza, ya sea viva o muerta .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura N° 21.</b>	<b>Observamos la carga viva asignada en las losas .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura N° 22.</b>	<b>Diafragmas rígidos en todos los niveles.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura N° 23.</b>	<b>Ingresando factor de escala según lo desarrollado anteriormente, para la dirección X ..</b>	<b>71</b>
<b>Figura N° 24.</b>	<b>Ingresando factor de escala según lo desarrollado anteriormente, para la dirección Y ..</b>	<b>71</b>
<b>Figura N° 25.</b>	<b>Definición de espectro de respuesta sísmica .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura N° 26.</b>	<b>Espectro sísmico en dirección X .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura N° 27.</b>	<b>Espectro sísmico en dirección Y.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura N° 28.</b>	<b>Separación entre la súper estructura y la cimentación .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura N° 29.</b>	<b>Diafragma rígido a partir de los Joint's .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura N° 30.</b>	<b>Ingreso de datos para el aislador tipo HDR para las direcciones U1 y U2.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura N° 31.</b>	<b>Ingreso de datos para el aislador tipo HDR para las direcciones U3 .....</b>	<b>75</b>

<b>Figura N° 32.</b>	<b>Primer modo de vibración sin aislamiento.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura N° 33.</b>	<b>Segundo modo de vibración .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura N° 34.</b>	<b>Tercer modo de vibración .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura N° 35.</b>	<b>Primer modo de vibración sin aislamiento.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura N° 36.</b>	<b>Segundo modo de vibración .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura N° 37.</b>	<b>Tercer modo de vibración .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura N° 38.</b>	<b>Desplazamientos en eje X.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura N° 39.</b>	<b>Desplazamiento en Y.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura N° 40.</b>	<b>Derivas de entrepiso en eje X .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura N° 41.</b>	<b>Derivas de entrepiso en eje Y.....</b>	<b>87</b>



## RESUMEN

El presente estudio está orientado al análisis comparativo del comportamiento sísmico y el costo de ejecución de un edificio hospitalario, considerando y obviando para su cimentación el uso de aisladores sísmicos de base, para ello se ha elegido el bloque N° 05 del Hospital Regional de Pasco, como modelo de estudio. Los edificios hospitalarios son considerados esenciales según la normativa E.030 del reglamento nacional de edificaciones, es por ello que después de un evento sísmico no pueden sufrir daños, ya que su función principal es brindar auxilio inmediato a las posibles víctimas del evento sísmico. Se realizó en primer lugar un modelamiento del edificio, el cual fue analizado con el uso del programa ETABS 15 versión educacional, se analizó la estructura con una cimentación convencional, luego se hicieron modificaciones complementarias al modelo, para poder lograr generar un nivel de aislación (interface de aislamiento) en donde estarán ubicados los aisladores, para ello fue necesario adicionar un diafragma, que cumplirá la función de piso del primer nivel de la estructura, el cual está conformada por una propia losa, vigas y elementos llamados capiteles estos últimos sirven de inicio para las columnas. El diseño de los aisladores se realizó bajo la norma ASCE 7-10, los factores obtenidos del diseño fueron ingresados al modelo de análisis procesado con el programa ETABS 15 versión educacional. Para obtener la respuesta sísmica del edificio, ambos modelos fueron sometidos al espectro sísmico generado según norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, posteriormente a los análisis se midió y comparó, los desplazamientos en el centro de masa, las derivas, las fuerzas cortante estática y dinámica. Se registraron las siguientes variaciones en una estructura aislada: en desplazamientos disminuye a 45%, la máxima deriva disminuye en 50%, la fuerza cortante en la base disminuye a 31% y el costo de la estructura aumenta en 18%, en comparación a una estructura sin aislar.

## ABSTRACT

This study is oriented comparative analysis of seismic behavior and the cost of running a hospital building, considering and ignoring for foundation using simian base isolators, for it has been selected block No. 05 of the Regional Hospital of Pasco, as a study model. The hospital buildings are considered essential according to E.030 regulations National Building Regulations, which is why after a seismic event cannot be damaged, since its main function is to provide immediate potential victims of earthquake relief event. one modeling the building, which was analyzed using the ETABS program 15 educational version was performed first, the structure was analyzed with a conventional foundation, then additional modifications were made to the model, in order to achieve generate a level of isolation ( isolation interface) where will be located the insulators, for it was necessary to add a diaphragm, which will act as the floor of the first level of the structure, which is made up of its own slab, beams and elements called capitals latter serve home for columns. The design of the insulators was carried out under the ASCE 7-10 standard design factors obtained were entered into the analysis model processed with 15 educational program ETABS version. For the seismic response of the building, both models were subjected to the simian spectrum generated according to standard E.030 of the National Building Regulations, then the analysis was measured and compared, displacement in the center of mass drifts, the shear forces static and dynamic. the follow variations were recorded in an isolated structure: displacement decreases to 45%, the maximum drift decreases by 50%, the shear force at the base decreases to 31% and the cost of the structure increases by 18%, compared to a structure uninsulated.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

Presenta las referencias del material bibliográfico utilizado para la elaboración de Informe de tesis. Requiere el cumplimiento de los estándares del Manual de redacción académica UPN.

- Villareal Castro, G (2016) Disipadores con Núcleo de Plomo (Ponencia) CEIM-PERÚ, Lima, Lima, Perú.
- San Bartolomé Ramos, A. (2007) El Problema del Piso Blando (Artículo) PUCP Lima, Lima, Perú.
- Gonzalo Padilla, Q. (2010) Propuesta Para Considerar La Irregularidad estructural En La Resistencia Lateral De Las Estructuras En El Perú (Tesis) PUCP Lima, Lima, Perú.
- Guevara Pérez, T. (2012) La Planta Libre En Los Edificios: Configuración Moderna Generadora De Irregularidad Sísmica (ponencia) Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Korswagen Eguren, P. A.; Arias Ricse, J. C.; Huaranga Huamaní, P. G. (2012) Análisis Y Diseño De Estructuras Con Aisladores Sísmicos En El Perú (Tesis) PUCP Lima, Lima, Perú.
- Instituto Geofísico del Perú. (2016). Igp.gob.pe. 28 Jul 2016, [http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com\\_content&id=96](http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&id=96)
- Instituto nacional de Normalización (2003) Norma de Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica (NCh2745-2003) instituto nacional de normalización Santiago, Santiago, Chile.
- Honorio D., Rojas V., García E., Piscocoya C. (2007) Análisis de la vulnerabilidad sísmica en el Perú. (Estudio de Investigación) Ministerio de Salud (MINSA), Lima, Lima, Perú
- García L., (1998) Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico (Libro) Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.
- Dynamic Isolation Systems, (2007) Aislamiento sísmico para edificaciones y puentes (ficha técnica) Dynamic Isolation Systems, Nevada, Estados Unidos.
- Fernández Dávila V., (2010) Análisis Estructural de un Edificio Aislado Sísmicamente y Diseño de su Sistema de Aislamiento. (Paper), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ramos Salazar J., (2003) Costos y Presupuestos en Edificaciones. (Libro) Cámara Peruana de Construcción, Lima, Perú.
- Zegarra Araujo, S., (2015) Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación hospitalaria con aislación y sin aislación sísmica en la base. (Tesis) Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca Perú.
- Guillen Zambrano, J. (2012) Tendencias actuales en la construcción sismoresistente para edificios en hormigón armado. (Tesis). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.