UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**Funciones de fragilidad analíticas mediante análisis dinámico incremental para
estimar la vulnerabilidad sísmica del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Aguilar Gonzales, Ashily Gabriel (0000-0002-1700-2067)

Gonzales Mejia, George Hamiltong (0000-0001-9495-8970)

ASESOR

Huaco Cárdenas, Guillermo (0000-0003-4697-6300)

Lima, 25 de octubre del 2020

DEDICATORIA

A Dios.

A mi padre, por ser un ejemplo como persona y profesional.

A mi madre, por su amor y apoyo constante en el logro de mis objetivos.

A mi hermana, por ser el impulso y fortaleza de mí vida.

Aguilar Gonzales Ashily Gabriel

DEDICATORIA

A mis padres Jorge y Jackeline, por su amor infinito y

su apoyo en todas las metas trazadas en mi vida.

A mi hermana Angie, compañera de toda la vida quien es

mi fortaleza en todo momento.

A mis tios y primos quienes me apoyaron a lo largo

de mi formación universitaria.

Gonzales Mejia George Hamiltong

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por compartir con nosotros tan valioso conocimiento a lo largo de nuestra formación universitaria, por su dedicación, por su exigencia y por su ejemplo, lo cual nos impulsa siempre a la excelencia.

Además, es importante agradecer a todos nuestros amigos de la Carrera de Ingeniería Civil de la UPC por habernos acompañado a lo largo de nuestra formación profesional dándonos siempre ánimos para continuar con esta aventura.

Así mismo queremos expresar nuestro agradecimiento nuestro asesor Guillermo Huaco Cárdenas Ph.D. PE, por su confianza, exigencia, y conocimientos impartidos durante este reto.

RESUMEN

El Perú, debido a su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es un país con alta sismicidad; lo que hace que nuestras edificaciones se encuentren experimentando la ocurrencia de sismos con mucha frecuencia. A lo largo de los años, dichos eventos no habrían liberado la energía sísmica acumulada en su totalidad, por lo que el país se encuentra en un silencio sísmico, a la espera de un sismo de gran magnitud. Asimismo, existen muchas edificaciones esenciales, tales como hospitales, que fueron construidos antes de la emisión de la primera norma de Diseño Sismorresistente en 1970; siendo diseñadas posiblemente solo considerando cargas de gravedad. Es por esta razón que se tiene la incertidumbre de cuán preparadas están dichas edificaciones esenciales ante la ocurrencia de próximos eventos sísmicos de gran magnitud

Este estudio presenta una serie de metodologías de tratamiento de registros sísmicos, modelamiento no lineal de una estructura de albañilería artesanal y su calibración con resultados experimentales, aplicación del análisis dinámico incremental (IDA) y proceso estadístico de los resultados. Todo ello para generar funciones de fragilidad analíticas que permitan estimar la probabilidad de exceder cada estado de daño para una determinada demanda sísmica.

Los resultados muestran que las funciones de fragilidad analíticas son una herramienta útil para estimar la vulnerabilidad sísmica, puesto que se obtuvo altas probabilidades de colapso en ambas direcciones ortogonales.

Palabras clave: Análisis Dinámico Incremental; Albañilería Confinada; Funciones de Fragilidad; Vulnerabilidad

Analytical Fragility Functions using Incremental Dynamic Analysis to Evaluate the Seismic Vulnerability of the Frontal Block of Casimiro Ulloa Hospital

ABSTRACT

Peru, due to its geographical location in the Pacific Ring of Fire, is a country with high seismicity; which makes our buildings are experiencing the occurrence of earthquakes very frequently. Over the years, these events would not have released the seismic energy accumulated in its entirety, so that's why the country is waiting for a big earthquake.

Also, there are many essential buildings, such as hospitals, that were built before the issuance of the first Seismic-Resistant Design standard in 1970; being designed possibly considering gravity loads. It's for this reason that exist an uncertainty of how prepared our essential buildings are in the face of the occurrence of earthquakes of great magnitude.

This study presents a series of methodologies for the treatment of seismic records, nonlinear structure modeling, application of incremental dynamic analysis (IDA) and statistical process of the results. All this to generate analytical fragility functions that allow estimating the probability of exceeding each damage state for a given seismic demand.

The results show that analytical fragility functions are a useful tool to estimating the seismic vulnerability, because we obtain high probability of collapse in both orthogonal directions. Also, the results show the needed to reinforce this facilities.

Keywords: Incremental Dynamic Analysis; Confined Masonry; Fragility Functions; Vulnerability

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 MOVIMIENTO SÍSMICO	5
1.1.1 CAUSAS DE LOS SISMOS	5
1.1.2 SISMICIDAD EN EL PERÚ	5
1.1.3 SILENCIO SÍSMICO	6
1.1.4 RIESGO SÍSMICO	6
1.1.5 PELIGRO SÍSMICO	7
1.1.5.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA	7
1.2 REGISTROS SÍSMICOS	7
1.2.1 ACELERÓGRAFOS Y ACELEROGRAMAS	7
1.3 TRATAMIENTO DE LOS REGISTROS SÍSMICOS	7
1.3.1 CORRECCIÓN POR LINEA BASE	8
1.3.2 CORRECCIÓN POR FILTRADO DE SEÑALES	8
1.3.3 INTENSIDAD DE ARIAS.....	9
1.3.4 DURACIÓN SIGNIFICATIVA.....	9
1.3.5 GRÁFICO DE HUSSID	9
1.4 ANÁLISIS NO-LINEAL DE ESTRUCTURAS	10
1.4.1 NO LINEALIDAD GEOMÉTRICA.....	10
1.4.2 NO LINEALIDAD FÍSICA	11
1.4.3 HISTERESIS	12
1.4.4 ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL	16
1.5 FUNCIONES DE FRAGILIDAD:	19
1.6 ESTADOS DE DAÑO.....	19
2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	20
2.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	20
2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	20
2.3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN	21
2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21

3	METODOLOGÍA DE TRABAJO	21
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ANALIZADA	22
3.2	TRATAMIENTO DE REGISTROS SÍSMICOS	23
3.2.1	CRITERIOS Y PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE REGISTROS SÍSMICOS.....	23
3.2.2	AJUSTE ESPECTRAL:	23
3.2.3	DURACIÓN SIGNIFICATIVA.....	25
3.3	MODELO MATEMÁTICO NO LINEAL DE LA ESTRUCTURA	27
3.3.1	ENSAYO A MURO DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	27
3.3.2	MODELO NO LINEAL DE MURO DE ALBAÑILERIA ARTESANAL....	30
3.3.3	CALIBRACIÓN DEL MODELO NO LINEAL DEL MURO	32
3.3.4	DESCRIPCIÓN DEL MODELO NO LINEAL CALIBRADO	33
3.3.5	MODELO MATEMÁTICO EN 3D.....	35
3.4	ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL INCREMENTAL (IDA).....	38
3.4.1	DEFINICIÓN DEL PARÁMETRO INDICADOR DE DAÑO.....	38
3.4.2	CRITERIO DE ANÁLISIS	39
3.4.3	CURVAS IDA (PGA vs DISTORSIÓN ANGULAR DE ENTREPISO)	39
3.5	GENERACIÓN DE FUNCIONES DE FRAGILIDAD	42
3.5.1	DEFINICIÓN DE ESTADOS DE DAÑO	42
3.5.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
3.5.3	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA SISMICA	44
4	RESULTADOS	44
5	CONCLUSIONES	46
6	RECOMENDACIONES	49
7	REFERENCIAS	50
8	ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Duración significativa de los 11 pares de registros sísmicos seleccionados.</i>	27
<i>Tabla 2: Dimensiones y refuerzos del muro A1-4</i>	28
<i>Tabla 3: Fuerza vs Desplazamiento Muro A1-4</i>	33
<i>Tabla 4: Estados de daño en la zona inelástica para muro con ladrillo artesanal (Adaptado de Zavala et al, 2019)</i>	42
<i>Tabla 5: Demanda Sísmica acorde con ATC-40 asociado a NTP-E 030</i>	44
<i>Tabla 6: Matriz de probabilidad de daño dirección N-S</i>	45
<i>Tabla 7: Matriz de probabilidad de daño dirección E-W</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Curvas de fragilidad del colegio 780 nuevo (Velásquez, 2006)</i>	3
<i>Figura 2 Curvas de fragilidad del colegio 780 antiguo (Velásquez,2006)</i>	3
<i>Figura 3: Movimiento de placas y generación de sismos (Bazán y Meli, 2012)</i>	5
<i>Figura 4: Mapa sísmico del Perú en el periodo 1960-2017 (IGP,2019)</i>	6
<i>Figura 5: Acelerograma de Sismo 17 de Octubre 1966</i>	7
<i>Figura 6: Error de ceros en el acelerograma (Hudson,1979)</i>	8
<i>Figura 7: Diagrama de Hussid y definición del concepto de duración significativa (Ds), correspondiente al acelerograma registrado en Agrón (GR) el 24/02/97, mb=4.3 (Careño, 1999)</i>	9
<i>Figura 8: Esquema estructural</i>	10
<i>Figura 9: Análisis en OpenSees de armadura material elástico</i>	11
<i>Figura 10: Gráfico esfuerzo vs deformación de un ensayo de tracción de una barra de acero</i>	12
<i>Figura 11: Modelo de histéresis Pivot</i>	13
<i>Figura 12: Envolvente de esfuerzos después de la fluencia. Fuente: Dowell et al. (1998)</i>	13
<i>Figura 13: Reglas del modelo histerético del pivot. Fuente: Dowell et al. (1998)</i>	14
<i>Figura 14: Modelo Pinching. Fuente: FEMA P440A, 2009</i>	15
<i>Figura 15: Modelo de la envolvente. Fuente: FEMA P440A, 2009</i>	16
<i>Figura 16: Análisis dinámico incremental usando escalado de los eventos sísmicos para obtener respuestas máximas (adaptado de D' Ayala et al., 2015)</i>	17
<i>Figura 17: Detalle de los resultados obtenidos por medio del análisis dinámico incremental (adaptado de D'Ayala et al,2015)</i>	17
<i>Figura 18: Generación de la curva IDA mediante interpolación por splines cúbicos: a) puntos discretos obtenidos del análisis incremental dinámico y b) curva IDA (adaptado de D'Ayala et al., 2015)</i>	18
<i>Figura 19: Curvas IDA obtenidas para cada sismo seleccionado como demanda sísmica (adaptado de D'Ayala et al, 2015)</i>	18
<i>Figura 20: Definición de curvas de fragilidad (Velásquez, 2006)</i>	19
<i>Figura 21: Definición del concepto de deriva de entrepiso $D_{m\acute{a}x} = d/h_p$ (izquierda) y relación entre las derivas máximas de entrepiso y los desplazamientos espectrales obtenidos el espectro de capacidad (derecha)</i>	20
<i>Figura 22: Edificación analizada.</i>	23
<i>Figura 23: Espectros escalados dirección Este- Oeste</i>	24
<i>Figura 24:Espectros escalados dirección Norte-Sur</i>	25
<i>Figura 25: Gráfico de Husid del sismo del 16 de octubre del año 1966 componente Este-Oeste</i>	26
<i>Figura 26:Duración significativa del registro sísmico del 16 de octubre del año 1966 componente Este-Oeste.</i>	26
<i>Figura 27: Vistas de Planta y elevación del muro típico ensayado. (Huaco, 2005)</i>	28
<i>Figura 28 Historia de desplazamiento Muro A1-4 (Adaptado de Huaco,2005)</i>	29
<i>Figura 29: Curva de Histéresis Muro A1-4 (Huaco, 2005)</i>	30
<i>Figura 30: Curva de capacidad Muro A1- 4 (Huaco, 2005)</i>	30
<i>Figura 31: Muro de Albañilería a modelar, y su modelo no lineal equivalente. (Gonzales et al, 2020)</i>	32

<i>Figura 32: Comparación de CH experimental vs CH teórica. Elaboración propia.</i>	34
<i>Figura 33: Comparación de CH experimental vs CH calibrado. Elaboración propia.</i>	34
<i>Figura 34: Comparación de CH experimental vs CH calibrado.(Gonzales et al, 2020).</i>	35
<i>Figura 35: Gráfica de modelo comparativo de Cortante vs Desplazamiento con 3GDL. Elaboración propia.</i>	36
<i>Figura 36: Gráfica de modelo comparativo de Cortante vs Desplazamiento con 6GDL. Elaboración propia.</i>	36
<i>Figura 37: Gráfica de modelo comparativo de Desplazamiento vs Tiempo con 3GDL. Elaboración propia</i>	37
<i>Figura 38: Gráfica de modelo comparativo de Desplazamiento vs Tiempo con 6GDL. Elaboración propia</i>	37
<i>Figura 39: Modelo No lineal del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa</i>	38
<i>Figura 40: Esquema del cálculo de derivas de entrepiso a partir de los desplazamientos de cada piso. (Alas y Grijalva, 2018)</i>	39
<i>Figura 41: Puntos de control</i>	40
<i>Figura 42: (a) Comparación de Curvas IDA percentil 16%,50% y 84% componente E-W (b) Comparación de Curvas IDA percentil 16%,50% y 84% componente N-S</i>	41
<i>Figura 43: (a) Percentiles 16%, 50% and 84% de las curvas IDA en dirección E-W (b) Percentiles 16%, 50% and 84% de las curvas IDA en dirección N-S</i>	41
<i>Figura 44: Curva de capacidad para muros con ladrillo artesanal. (Adaptado de Zavala et al, 2019)</i>	42
<i>Figura 45: (a) Funciones de fragilidad en dirección N-S (b) Funciones de fragilidad en dirección E-W</i>	45

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú, por su ubicación geográfica en el “Cinturón de fuego del Pacífico” ha sufrido la ocurrencia de varios terremotos a lo largo de los años, los cuales provocaron considerables pérdidas de vidas humanas y económicas. Según el informe emitido por la Organización Panamericana de la Salud, en el año 2010, después del terremoto ocurrido el 15 de agosto del año 2007 en Pisco, se reportaron 596 fallecidos y 14 hospitales colapsados. Al respecto, es importante señalar que en la región central del borde occidental del Perú se ha identificado un silencio sísmico desde el año 1746. A la fecha, los terremotos posteriores en los años 1966, 1974, 1993, entre otros, no habrían liberado el total de la energía sísmica acumulada por haber presentado magnitudes menores a 8Mw, restando por liberarse un 70% aproximadamente de esta energía (Tavera , 2017).

Por otro lado, es importante mencionar que muchos de los hospitales en Lima, debido a su antigüedad, han sido construidos sin considerar los procedimientos indicados en la primera versión de la norma de diseño sismorresistente en 1970. Según Alcántara y Nalvarte (2016) estos pabellones típicos fueron diseñados posiblemente sin tomar en cuenta diversos factores como la ductilidad de los materiales, el tipo de suelo y el control de desplazamientos, los mismos que en la actualidad son criterios establecidos en la Norma Técnica Peruana (NPT) E030. Debido a esto y a la poca intervención en cuanto al reforzamiento estructural de dichas edificaciones, surge un problema inminente, que hace referencia a la incertidumbre que se tiene con respecto a la vulnerabilidad sísmica de estas estructuras frente a un próximo evento sísmico de gran magnitud.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- **PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cómo estimar la vulnerabilidad sísmica del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa?

- **PROBLEMAS SECUNDARIOS**

En el país, no existe una metodología estándar para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras existentes.

JUSTIFICACIÓN

La costa central del borde occidental del Perú presenta un potencial de generar un terremoto destructor de 8.9Mw (Pulido et al., 2011). Por ello, es necesario que nuestras edificaciones, sobre todo las diseñadas según la Norma E.030 como edificaciones esenciales puedan resistir dichos eventos sísmicos próximos. El comportamiento que presentarían las edificaciones durante y después de un evento sísmico, podría evitar catástrofes, como los que en los últimos años han dejado pérdidas de vidas humanas y económicas. (Bonnet, 2003)

El Hospital de Emergencias Casimiro Ulloa, fue construido antes de la emisión de la primera norma de Diseño Sismorresistente en 1970, por lo cual es posible que su diseño haya sido sin considerar procedimientos sismorresistentes. (Alcántara & Nalvarte, 2016). Sin embargo, a la fecha dicha estructura no ha tenido intervención de reforzamiento estructural. Por ello, se hace necesario desarrollar una metodología que permita conocer la capacidad que tienen estas edificaciones para resistir un sismo próximo de gran magnitud

La presente investigación, propone una metodología analítica para desarrollar funciones de fragilidad del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa, a través del análisis dinámico incremental para estimar el nivel de daño que presentaría la estructura para cada nivel de demanda sísmica.

Así mismo, este estudio busca proporcionar información útil, ya que a partir de la elaboración de estas funciones de fragilidad se puede contribuir en el desarrollo de políticas de reforzamiento y planes de respuesta ante emergencias y estudios de riesgo sísmico. Todo ello en beneficio y servicio de la sociedad civil.

ESTADO DEL ARTE

En los últimos años, en el Perú se han desarrollado diversas investigaciones con el propósito de generar funciones de fragilidad, tal es el caso de Velásquez (2006) quien propuso una metodología analítica para evaluar la vulnerabilidad sísmica edificaciones típicas de colegios peruanos. Los resultados del estudio demostraron que las curvas de fragilidad (figura 1 y figura 2) permiten estimar de manera probabilística la vulnerabilidad de una tipología estructural, ya que toman en cuenta las incertidumbres de la demanda sísmica y las propiedades mecánicas de la estructura.

Figura 1: Curvas de fragilidad del colegio 780 nuevo (Velásquez, 2006)

Figura 2 Curvas de fragilidad del colegio 780 antiguo (Velásquez, 2006)

Por otro lado, Lovon et al. (2017) desarrollaron funciones de fragilidad para construcciones de albañilería confinada ubicadas en Lima, Perú. Los autores de este estudio realizaron ensayos experimentales para definir los estados límites de daño en base a la capacidad de desplazamiento de los muros ensayados. Los autores seleccionaron registros sísmicos de la base de datos de Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER). Luego asignaron un estado de daño para cada movimiento sísmico implementando la teoría de Evaluación de Pérdidas Basada en Desplazamiento (DBELA) la cual consiste en comparar la capacidad de desplazamiento y demanda de cada estado límite. Si la demanda excede la capacidad, se procede a revisar el siguiente estado límite, pero si la capacidad excede a la demanda se finaliza el proceso. Con ello, obtuvieron las funciones de fragilidad y demostraron que la probabilidad anual de colapso de edificaciones informales es de 2 a 5 veces mayor que construcciones formales de la misma tipología.

López & Rodríguez (2018) desarrollaron una investigación para estimar las funciones de fragilidad de edificaciones con muros de ductilidad limitada, siguiendo una metodología analítica probabilística. Para este estudio, definieron 2 tipologías de edificaciones representativas de muro de ductilidad limitada. Los autores implementaron la Simulación Montecarlo para generar de manera aleatoria diferentes pares de f'_c y f'_y , los cuales sirvieron de input para el análisis dinámico no lineal. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los métodos probabilísticos son muy útiles para la evaluación del riesgo sísmico.

Alas & Grijalva (2018) desarrollaron curvas de fragilidad para edificaciones típicas de concreto armado en el país El Salvador. Para este estudio, los autores identificaron un edificio típico y variaron las longitudes de vanos y parámetros estructurales, teniendo como resultado 12 edificios de análisis. Para la evaluación del comportamiento estructural, ejecutaron análisis dinámicos no lineales con el uso del software “SeismoStruct v6”. Es importante mencionar que debido al tiempo y esfuerzo computacional que requiere la realización de este análisis, se utilizó el criterio de los estados límites de daño, lo cual les permitió solicitar al software solo los puntos necesarios de la estructura para los cálculos posteriores; esto con la finalidad de reducir la carga computacional. Los autores del estudio mencionado presentaron las curvas de fragilidad para la tipología estudiada, a su vez también la matriz de probabilidad de daño teniendo como parámetro indicador los diferentes niveles de PGA.

HIPÓTESIS

Las funciones de fragilidad analíticas permiten reducir la incertidumbre de la vulnerabilidad sísmica del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar funciones de fragilidad para estimar la vulnerabilidad sísmica del Pabellón Frontal del hospital Casimiro Ulloa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar la selección y el tratamiento de señales sísmicas registradas en Perú sobre un tipo de suelo S1.
- ✓ Realizar el modelo matemático no lineal representativo de la estructura a analizar mediante el software SAP 2000.v20.
- ✓ Realizar el Análisis Dinámico Incremental (IDA).
- ✓ Generar las funciones de fragilidad analíticas mediante procesos estadísticos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 MOVIMIENTO SÍSMICO

1.1.1 CAUSAS DE LOS SISMOS

Los sismos, son vibraciones de la corteza terrestre originadas por diferentes factores, tales como actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta explosiones. Sin embargo, desde el punto de vista ingenieril, los sismos más severos son los de origen tectónico, los cuales se deben a las presiones que genera el flujo de magma desde el interior de la tierra y estos llegan a vencer la fricción entre dos placas (zona de ruptura). Este proceso libera energía, la cuales se propaga a través de ondas sísmicas. En la figura 3 se puede observar el mecanismo de subducción y la generación de sismos (Bazán & Meli, 2012).

Figura 3: Movimiento de placas y generación de sismos (Bazán y Meli, 2012)

1.1.2 SISMICIDAD EN EL PERÚ

En nuestro país los sismos se deben principalmente a la interacción de la placa de Nazca (placa Oceánica) con la placa Sudamericana (Placa Continental) la cual se produce frente a las costas del Perú por el proceso de subducción de la placa de Nazca. Así también, la

deformación de la corteza continental y corteza oceánica con focos a profundidades superiores a 61 km son fuentes sismogénicas que originan los sismos en el país. La figura 4 muestra el mapa sísmico entre los años de 1960-2017, según el Instituto Geofísico del Perú.

Figura 4: Mapa sísmico del Perú en el periodo 1960-2017 (IGP, 2019)

1.1.3 SILENCIO SÍSMICO

Se considera como “aquellas zonas que en el pasado han experimentado la ocurrencia de grandes sismos y que, a la fecha, después de haber transcurrido varias décadas o siglos, estos aún no se repiten, situación temporal que incrementa su probabilidad de ocurrencia” (Tavera, 2017, p. 6).

1.1.4 RIESGO SÍSMICO

Es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett 2003, Barbart 1998). Asimismo, es definido como una función de tres variables, tales como, peligrosidad, vulnerabilidad y valor económico. El riesgo sísmico combina los resultados del peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica que exhiben las estructuras.

$$Riesgo = Peligrosidad \times Vulnerabilidad \times Valor Económico \quad (1)$$

1.1.5 PELIGRO SÍSMICO

“La probabilidad de que un determinado parámetro, que mida la intensidad de un evento sísmico sea superado en un corto periodo de tiempo. Esta se representa mediante parámetros simples como la intensidad, la aceleración del terreno o el espectro de respuesta” (Velásquez, 2006, p. 18).

1.1.5.1.VULNERABILIDAD SÍSMICA

Se define como “el grado de daño que puede sufrir una estructura ante un determinado daño de evento sísmico. La vulnerabilidad refleja el límite que sobre pasa el nivel de capacidad de respuesta disponible de una edificación frente a una amenaza sísmica conocida” (Ruiz, 2018, p.7).

1.2 REGISTROS SÍSMICOS

1.2.1 ACELERÓGRAFOS Y ACELEROGRAMAS

Los acelerogramas nos permiten representar la aceleración que experimenta el suelo durante un terremoto. El instrumento que nos permite obtener estos valores de aceleración es el acelerógrafo; este se utiliza para registrar los movimientos fuertes del suelo, en el campo cercano. Un acelerógrafo posee 3 sensores que detectan el movimiento en dos componentes horizontales (N-S y E-W) y una vertical (Carreño et al, 1999).

Figura 5: Acelerograma de Sismo 17 de Octubre 1966

1.3 TRATAMIENTO DE LOS REGISTROS SÍSMICOS

Las señales sísmicas contienen parámetros de importancia, tales como su contenido frecuencial y aceleración en el sitio. Sin embargo, esta será modificada en su contenido frecuencial. Para realizar el tratamiento de señales existen técnicas corrección por línea base y el filtrado de la señal para eliminar bandas frecuenciales no deseadas (Flores, 2007).

1.3.1 CORRECCIÓN POR LINEA BASE

Se corrige por línea base cuando el acelerógrafo no está nivelado en su ubicación o el registro del sitio del sismo produzca una variación en la toma de datos. Esto provoca que las oscilaciones que registra no se encuentren respecto a su línea base. Aunque la variación en la aceleración no sea significativa, puede ser muy importante cuando se obtienen la velocidad y el desplazamiento por integración, ya que se contabiliza el área que hay entre la curva de aceleración y la línea base (Carreño et al, 1999).

Figura 6: Error de ceros en el acelerograma (Hudson, 1979)

1.3.2 CORRECCIÓN POR FILTRADO DE SEÑALES

Cuando el acelerograma es corregido por línea base, se debe tomar en cuenta la repercusión que el ruido tiene sobre el acelerograma. El ruido externo puede ser a causa de factores naturales como por el tratamiento de los datos. Así, se puede considerar que el acelerograma es la suma de la señal sísmica más el ruido:

$$a(t) = s(t) + r(t) \quad (2)$$

Donde:

$a(t)$: aceleración sin corrección

$s(t)$: aceleración sin ruidos (señal sísmica)

$r(t)$: aceleración del ruido (señal no sísmica)

1.3.3 INTENSIDAD DE ARIAS

La intensidad de Arias o Intensidad sísmica, según Alas y Grijalva (2018) se define como “una medida de la energía liberada durante el sismo en función del tiempo de duración registrado” (p.43).

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} \ddot{u}_g^2(t) dt \quad (3)$$

Donde:

t : variable temporal.

$\ddot{u}_g^2$: aceleración del suelo durante el movimiento sísmico.

t : duración total del movimiento.

1.3.4 DURACIÓN SIGNIFICATIVA

“El concepto de duración significativa del sismo nos relaciona la duración del evento sísmico con la fase de máxima energía del movimiento, queda representado por el tiempo transcurrido entre los instantes en los que se alcanza el 5% y el 95% del valor de intensidad de arias”. (Alas & Grijalva, 2018, 43)

1.3.5 GRÁFICO DE HUSSID

Es una herramienta que determina la duración significativa del movimiento del terreno, debido a que muestra en el eje de las ordenadas los valores acumulados de la intensidad de arias, mientras que en el eje de las abscisas, se muestra el tiempo transcurrido del evento sísmico. En la figura 7 se puede visualizar el gráfico de Hussid con el intervalo de la duración significativa. (Careño, 1999)

Figura 7: Diagrama de Hussid y definición del concepto de duración significativa (D_s), correspondiente al acelerograma registrado en Agrón (GR) el 24/02/97, $m_b=4.3$ (Careño, 1999)

1.4 ANÁLISIS NO-LINEAL DE ESTRUCTURAS

Todas las estructuras existentes tienen un comportamiento no lineal desde un nivel de carga y en muchos casos. Según Celina (2017) adoptar procedimientos no lineales en el análisis de estructuras existentes nos permite aproximarnos a la realidad, ya que se puede predecir el mecanismo de falla y el colapso progresivo.

1.4.1 NO LINEALIDAD GEOMÉTRICA

La no linealidad geométrica se genera cuando el cuerpo experimenta grandes desplazamientos y/o deformaciones que producen cambios significativos en su configuración geométrica al avanzar el proceso de carga. Aguiar et al (2020) presenta el análisis de una armadura plana, en la cual se considera un análisis lineal y un análisis no lineal (acumulado pequeños y grandes desplazamientos). La figura 8, representa un esquema estructural al que se aplica pequeños desplazamientos (análisis lineal) y grandes desplazamientos (análisis no lineal), con la finalidad de diferenciar que el asumir que la geometría es independiente de las acciones externas (aproximación lineal), pues no siempre puede cumplirse.

Figura 8: Esquema estructural

Figura 9: Análisis Lineal y No Lineal de armadura.

1.4.2 NO LINEALIDAD FÍSICA

La no linealidad física, también es conocida como la no linealidad del material, esta se presenta cuando la relación constitutiva entre tensiones y deformaciones va cambiando para distintos niveles de carga, pues no es constante a lo largo del proceso de deformación. Se puede hacer referencia al ensayo de una barra de acero (dúctil) sometida a fuerzas de tracción figura 10 en este caso si la barra es sometida a esfuerzos menores al esfuerzo de fluencia entonces es posible en esa etapa retirar la fuerza y el elemento se recupera a su condición “original”, además existirá una proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación del elemento (comportamiento lineal); sin embargo, pasado el límite de fluencia la barra presentará grandes deformaciones ante pequeñas variaciones de cargas hasta cierto límite de deformaciones y si se retira la carga en esta etapa entonces el elemento quedara con una deformación permanente.

Figura 10: Gráfico esfuerzo vs deformación de un ensayo de tracción de una barra de acero

1.4.3 HISTERESIS

La histéresis hace referencia al comportamiento de los materiales estructurales cuando se ven sometidos a deformaciones o esfuerzos que están fuera del rango lineal, o elástico, de comportamiento.

1.4.3.1 Modelos de curvas histeréticas

Para comprender la respuesta dinámica inelástica de un sistema estructural, se debe establecer un modelo matemático que cuente con la fuerza de restitución, para de esta forma poder definir la relación entre la fuerza que actúa de manera cortante al entrepiso y su deflexión.

La curva que se obtiene bajo las inversiones de signos de la fuerza se llama curva de histéresis, ésta se ve afectada con la variación de los materiales y el tipo estructural; es decir, la fuerza ejercida sobre un sistema contra la deformación del mismo (Fernandez, 2005).

Existen varios modelos de curvas histeréticas desarrollados para poder representar el comportamiento del concreto armado, acero estructural, albañilería, entre otros, cuando es sometido a cargas cíclicas.

➤ Modelo de Pivot

La figura 11 muestra la envolvente de resistencia del modelo de histéresis pivot, en la cual se puede observar los puntos primarios P₁, P₂, P₃ y P₄ que controlan el ablandamiento en cada uno de los cuadrantes, la línea P₁ – P₄ se encuentra sobre la rigidez elástica positiva, la línea

$P_2 - P_3$ se encuentra sobre la rigidez elástica negativa. Además, la resistencia de los puntos primarios P_3 y P_4 es $\alpha_2 F_{y2}$, mientras que para los puntos primarios P_1 y P_2 es $\alpha_1 F_{y1}$.

Figura 11: Modelo de histéresis Pivot

Los puntos PP_2 y PP_4 fijan el grado de pinching después de la inversión de la carga en cada cuadrante, los cuales tienen una resistencia de $\beta_1 F_{y1}$ y $\beta_2 F_{y2}$ respectivamente.

Cuando la deformación de fluencia ha sido excedida en cada dirección, una subsecuente envolvente de esfuerzo se desarrolla introduciendo los puntos S_1 y S_2 , el cual se mueve a lo largo de la envolvente de fuerza y es definido antes del máximo desplazamiento. El punto inicial de S_1 y S_2 son el punto de fluencia Y_1 y Y_2 en cada dirección. La envolvente es definida por las líneas que unen los puntos PP_4 con S_1 y PP_2 con S_2 .

Figura 12: Envolvente de esfuerzos después de la fluencia. Fuente: Dowell et al. (1998)

El modelo de histéresis Pivot se rige por la siguientes reglas en cada cuadrante:

Figura 13: Reglas del modelo histérico del pivot. Fuente: Dowell et al. (1998)

Cuadrante 1

Regla 1: Descarga moviéndose a lo largo de una línea hacia el punto P_1 .

Regla 2: Carga moviéndose a lo largo de una línea alejándose del punto P_1 .

Cuadrante 2

Regla 3: Descarga moviéndose a lo largo de una línea alejándose del punto P_2 .

Regla 4: Carga moviéndose a lo largo de una línea hacia el punto PP_2 .

Cuadrante 3

Regla 5: Descarga moviéndose a lo largo de una línea hacia el punto P_3 .

Regla 6: Carga moviéndose a lo largo de una línea alejándose del punto P_3 .

Cuadrante 4:

Regla 7: Descarga moviéndose a lo largo de una línea alejándose del punto P_4 .

Regla 8: Carga moviéndose a lo largo de una línea hacia el punto PP_4 .

Es importante mencionar que el número de reglas puede ser condensado como se indica a continuación:

Cuadrante 1 y 3

Regla 1: Carga y descarga en cuadrante Q_n se aleja o está dirigido hacia el punto P_n respectivamente.

Cuadrante 2 y 4

Regla 2: La carga en el cuadrante Q_n es dirigido hacia el punto PP_n

Regla 3: La descarga en el cuadrante Q_n se aleja del punto P_n

➤ Modelo de Pinching

Se caracteriza por su gran pérdida de rigidez durante la recarga, recuperando su rigidez en el momento de la descarga, este comportamiento es común en elementos estructurales de concreto armado y algunas conexiones de acero, y en partes de albañilería

El comportamiento se resume en que, al existir grietas en el concreto en una dirección, la rigidez se recupera parcialmente cuando el desplazamiento se impone en la dirección contrario a al que se produjeron las grietas.

Figura 14: Modelo Pinching. Fuente: FEMA P440A, 2009

➤ Modelo de la envolvente Cíclica

Representa la respuesta de la deformación basada en 3 parámetros como son la elasticidad inicial, la resistencia elástica y la resistencia al endurecimiento.

Figura 15: Modelo de la envolvente. Fuente: FEMA P440A, 2009

1.4.4 ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL

Este análisis es la manera “exacta de obtener la respuesta sísmica inelástica de estructuras sometidas a movimientos sísmicos importantes”. Para poder realizar este análisis es necesario contar con registros de aceleraciones reales o simulados, así como también una combinación de estos (Celina, 2017).

- PROCESO DE ANÁLISIS DINÁMICO INCREMENTAL

El procedimiento del análisis dinámico incremental se puede implementar para todas las tipologías estructurales existentes con la finalidad de evaluar el comportamiento y la capacidad de las mismas. A la hora de desarrollar este tipo de análisis, es muy importante tomar en cuenta una correcta definición del comportamiento histerético de los materiales (D’Ayala et al., 2015).

De acuerdo con Vamvatsikos y Cornell (2002), se debe normalizar cada acelerograma seleccionado para distintos niveles de intensidad incrementando su PGA y ejecutar con cada uno de ellos una serie de análisis tiempo historia no lineales hasta obtener una respuesta que indique la condición de colapso. Por ejemplo, un aumento considerable de las derivas para un incremento corto de intensidad.

Figura 16: Análisis dinámico incremental usando escalado de los eventos sísmicos para obtener respuestas máximas (adaptado de D' Ayala et al., 2015)

Por último, el output de este tipo de análisis consiste en plotear los puntos que relacionan la medida de daño que en este caso es la distorsión angular máxima con su respectivo nivel de intensidad. Esto se debe realizar para cada sismo y de esa forma obtenemos las denominadas curvas IDA . (D' Ayala et al, 2015)

Figura 17: Detalle de los resultados obtenidos por medio del análisis dinámico incremental (adaptado de D' Ayala et al, 2015)

Figura 18: Generación de la curva IDA mediante interpolación por splines cúbicos: a) puntos discretos obtenidos del análisis incremental dinámico y b) curva IDA (adaptado de D'Ayala et al., 2015)

Figura 19: Curvas IDA obtenidas para cada sismo seleccionado como demanda sísmica (adaptado de D'Ayala et al., 2015)

1.5 FUNCIONES DE FRAGILIDAD:

Son funciones probabilísticas “que permiten expresar la probabilidad de excedencia de un determinado estado límite de daño (ED) en función de un parámetro que define la intensidad sísmica (PIS)” (Ruiz, 2008, p.). Este parámetro suele ser aceleración máxima en la roca (PGA), la velocidad máxima en la roca (PGV), el desplazamiento pseudo espectral (Sd), o la aceleración pseudo espectral (Sa) (Moreno, 2006). Figura 20 detalla un nivel de daño (PGA=0.3g) se puede obtener una probabilidad de excedencia para cada estado de daño esperado (leve, moderado, severo, completo). En este caso, para este modelo estructural se obtiene un 37 % de que la estructura presente un daño completo, 35% de daño severo, 20% de daño moderado y un 8% de daño leve.

Figura 20: Definición de curvas de fragilidad (Velásquez, 2006)

Para el desarrollo de la investigación optamos por los métodos analíticos puesto que se emplean análisis numéricos y pueden ser empleados para zonas donde no se dispone de observaciones de daños debidos a sismos, ni de suficientes resultados de ensayos de laboratorio.

1.6 ESTADOS DE DAÑO

Los estados de daño representan las condiciones límites en relación a los daños físicos de un elemento estructurales o una edificación y se relaciona con diferentes niveles de desempeño esperado que buscan continuidad funcional de una edificación (López y Rodríguez, 2018)

Los elementos estructurales pueden sufrir daños físicos ante la presencia de fuerzas externas, ante ello como ingenieros podemos establecer condiciones límites para cada nivel de daño y relacionarlos con distintos niveles de desempeño. (Lopez y Rodriguez) En la actualidad, muchos investigadores han planteado ecuaciones para establecer niveles de daño para

distintos sistemas estructurales, estos son en función de sus daños como fisuras, distorsión angular de entrepiso, entre otros. (FEMA 356, 2000) (ASCE 41-06, 2007)

Figura 21: Definición del concepto de deriva de entrepiso $D_{máx} = d/h_p$ (izquierda) y relación entre las derivas máximas de entrepiso y los desplazamientos espectrales obtenidos el espectro de capacidad (derecha)

2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación fue determinada según los objetivos específicos que se requieren para el presente estudio.

2.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

En un principio se realiza una investigación exploratoria de las edificaciones esenciales construidas antes de 1970, provenientes de todos los distritos y provincias de Lima para conocer las características físicas y geométricas, sean cualitativas y cuantitativas. Tales como, número de pisos, antigüedad, entre otros. Cabe resaltar que el presente estudio se centra en hospitales.

Teniendo una relación de los hospitales construidos antes de 1970 se procede a solicitar los planos a las instituciones pertinentes, para después de haberlos conseguido proseguir con el modelamiento no lineal de la estructura, tratamiento de registros sísmicos, aplicación del análisis dinámico incremental y análisis estadístico de los resultados. Todo ello basado en un nivel de investigación analítica.

2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio realizado corresponde en un principio a un tipo de diseño cuantitativo analítico, puesto que permitirá recopilar información del edificio esencial y una vez modelado se

proceda con el proceso analítico de los resultados obtenidos del análisis dinámico incremental.

2.3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

El procedimiento que se seguirá en la investigación teniendo en cuenta el nivel de estudio y diseño, es el siguiente:

1. Investigación bibliográfica.
2. Identificación del edificio a analizar.
3. Implementación de programas de cómputo.
4. Definición de modelo no lineal.
5. Generación de funciones de fragilidad.

2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- Delimitación Espacial: la zona escogida para el desarrollo del estudio se encuentra en la ciudad de Lima, distrito de Miraflores. En una zona altamente sísmica.
- Delimitación poblacional: Público en general atendido en el Hospital Casimiro Ulloa
- Delimitación temporal: El presente estudio se realiza en el año 2019 para edificaciones que hayan sido construidas antes de 1970 con una antigüedad de construcción mayor de 50 años y que actualmente están en funcionamiento.

2.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Dificil acceso a los resultados de ensayos de laboratorio aplicados a los muros de albañilería con ladrillo artesanal.
- Dificil acceso a la información de los planos de hospitales en Perú.
- Escaso registros sísmicos disponibles con PGA considerados para ser usados en los análisis tiempo historia no lineal.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo de la metodología del trabajo se realizaron investigaciones que involucren el estudio de generación de funciones de fragilidad, análisis estadístico de los resultados, definición de estados de daño para muros de albañilería confinada con ladrillo artesanal y la implementación de programas de cómputo.

- Investigación bibliográfica:

Se recopiló información sobre la elaboración de curvas de capacidad, peligro sísmico, vulnerabilidad sísmica y análisis dinámico no lineal. Así como también acerca de los programas computacionales que permitan el modelamiento y análisis de estructuras y el escalamiento de acelerogramas.

➤ Identificación del edificio a analizar:

Esta fase identifica las características físicas y geométricas del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa, así como, el sistema estructural, el área, el número de pisos y su antigüedad.

La información recolectada permitió modelar la estructura en 3D para luego ser analizada a través de programas de cómputo de análisis estructural.

➤ Implementación de programas de cómputo:

El programa SAP2000 para realizar el modelo y análisis dinámico no-lineal de la estructura, Seismosignal para corregir los registros sísmicos por línea base y por ruido y el programa de Seismomatch para realizar ajustes espectrales de los registros sísmicos.

➤ Definición de modelo No-Lineal:

La presente investigación propone usar la curva histerética Pivot para el modelamiento de la estructura, mediante un proceso de calibración para alcanzar una respuesta semejante a la experimental.

➤ Generación de funciones de fragilidad:

Se generó curvas de fragilidad para el pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa y se estimó la probabilidad de excedencia para un determinado estado límite de daño.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ANALIZADA

La estructura está localizada en Lima, Perú y corresponde al pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa, el cual debido a su antigüedad ha sido construido hace más de 60 años con un sistema de albañilería confinada con unidades de ladrillo artesanal. En la actualidad, la edificación posee una inadecuada estructuración acorde a la Norma Técnica Peruana de Diseño Sismorresistente NTP E-030. La estructura posee 3 niveles de 3 metros de altura cada uno, el ladrillo artesanal empleado posee un bajo esfuerzo a la compresión axial, teniendo un $f'_m = 4.7$ MPa, comparado a lo usado hoy en día. Las propiedades mecánicas

de los materiales fueron obtenidos del informe realizado por el CISMID y el MINSA (2013). La figura 22 muestra la estructura.

*Figura 22: Edificación analizada.
Fuente: Elaboración propia (2019)*

3.2 TRATAMIENTO DE REGISTROS SÍSMICOS

3.2.1 CRITERIOS Y PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE REGISTROS SÍSMICOS

El estudio de vulnerabilidad sísmica estructural, no estructural y funcional del Hospital de Emergencias Casimiro Ulloa (2013) indica que el este hospital se encuentra situado sobre un tipo de suelo S1 (Suelo rígido) según la NTP E030 de Diseño Sismorresistente. Debido a esto, para tener una estimación más precisa se seleccionaron únicamente registros de estaciones acelerográficas ubicadas sobre el mismo tipo de suelo.

Para identificar el tipo de suelo de las estaciones acelerográficas en Lima y Callao se utilizó el estudio de microzonificación sísmica, para otras ciudades se utilizaron estudios de microzonificación sísmica locales. Ambos estudios realizados por el CISMID.

Es importante mencionar que se seleccionaron 11 pares registros sísmicos siguiendo las recomendaciones del ATC-58 y FEMA P-58-1.

3.2.2 AJUSTE ESPECTRAL:

El dato de entrada para un análisis dinámico no lineal, es un registro sísmico que comprende una serie de tiempo vs aceleración del terreno, la cual generalmente debe de ser compatible con un espectro elástico de respuesta que represente las acciones sísmicas de diseño del sitio (Hancock, 2006). Este espectro elástico, para la presente investigación fue definido

siguiendo las indicaciones de la Norma E.030 utilizando un coeficiente de reducción sísmica $R=1$.

Se utilizó el software SeismoMatch V.2018, el cual basa su funcionalidad en un algoritmo que añade wavelets para el ajuste espectral. Esto permite conservar la mayor cantidad de características en cuanto a contenido de frecuencias y fases del registro original. A continuación, se presentan los espectros de respuesta ajustados al espectro objetivo, explicado en el párrafo anterior.

Figura 23: Espectros escalados dirección Este- Oeste
Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 24: Espectros escalados dirección Norte-Sur
Fuente: Elaboración propia (2019)

3.2.3 DURACIÓN SIGNIFICATIVA

Es bien sabido que el Análisis Dinámico Incremental requiere de una gran carga computacional y tiempo para su ejecución, por ello para reducir dicha carga se procedió a fijar la duración significativa de cada evento sísmico con su respectiva dirección. Este término de duración significativa relaciona la duración del sismo con la fase de máxima energía del movimiento y queda registrado por el tiempo transcurrido entre los instantes en que se alcanza el 5% y el 95% de la intensidad de Arias, el cual se calcula con la siguiente ecuación para paso de tiempo.

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_f} a_{(t)}^2 dt \quad (8)$$

Donde $a_{(t)}$ es la historia de aceleración en el tiempo t y $t_{(f)}$ el tiempo total del registro.

A continuación, se muestra el gráfico de Husid, en el cual se puede observar la variación de la Intensidad de Arias con respecto al tiempo para el sismo del 17 de octubre del año 1966 registrado en la estación Parque de la Reserva. En el eje de las abscisas se presenta el tiempo

o duración del sismo, mientras en que el eje de las ordenadas los valores porcentuales acumulados de la energía liberada por el sismo.

Figura 25: Gráfico de Husid del sismo del 16 de octubre del año 1966 componente Este-Oeste
Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 26: Duración significativa del registro sísmico del 16 de octubre del año 1966 componente Este-Oeste.
Fuente: Elaboración propia (2019)

A continuación, se presenta la duración significativa y la duración de análisis de los 11 pares de registros sísmicos seleccionados para este estudio.

Tabla 1: Duración significativa de los 11 pares de registros sísmicos seleccionados.

FECHA DEL EVENTO	ESTACIÓN	CÓDIGO PROPIO	DURACIÓN REAL (seg)	5% al 95% Intensidad de Arias	INTERVALO DE ANÁLISIS (seg)	DURACIÓN DE ANÁLISIS (seg)
17/10/1966	PARQUE DE LA RESERVA	01EW	65.64	17.72 - 34.48	17 - 34	17
		01NS		18.48 - 32.22	18 - 33	15
31/05/1970	PARQUE DE LA RESERVA	02EW	45.08	2.56 - 33.52	2 - 34	32
		02NS		3.12 - 32.38	3 - 33	30
05/06/1974	ZÁRATE	03EW	32.08	12.48 - 22.7	12 - 23	11
		03NS		11.58 - 22.38	11 - 22	11
03/10/1974	PARQUE DE LA RESERVA	04EW	97.96	8.26 - 56.04	8 - 57	49
		04NS		7.6 - 56.02	7 - 57	50
09/11/1974	LA MOLINA- UNIVERSIDAD AGRARIA	05EW	39.4	4.42 - 25.16	4 - 26	22
		05NS		4.57 - 28.36	4 - 29	25
13/06/2005	AQP INSTITUTO GEOFÍSICO-CHARACATO	06EW	178	10.6 - 76.24	10 - 77	67
		06NS		10.84 - 78.14	10 - 78	68
13/06/2005	TACNA- UNIVERSIDAD JORGE BASADRE	07EW	181.995	40.94 - 76.56	40 - 77	37
		07NS		39.68 - 75.52	39 - 76	37
05/05/2010	TACNA-UNIVERSIDAD PRIVADA	08EW	180.995	39.12 - 76.32	39 - 77	38
		08NS		38.1 - 74.1	38 - 75	37
05/05/2010	TACNA-UNIVERSIDAD PRIVADA	09EW	126.995	23.34 - 42.9	23 - 43	20
		09NS		25.2 - 41.16	25 - 42	17
05/05/2010	TACNA- UNIVERSIDAD JORGE BASADRE	10EW	117.995	18.86 - 37.68	18 - 38	20
		10NS		22.78 - 36.54	22 - 37	15
19/05/2010	TACNA-UNIVERSIDAD PRIVADA	11EW	109.995	20.3 - 32.96	20 - 33	13
		11NS		16.98 - 37.98	16 - 38	22

Fuente: Elaboración propia (2019)

3.3 MODELO MATEMÁTICO NO LINEAL DE LA ESTRUCTURA

3.3.1 ENSAYO A MURO DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL

Para realizar el modelo matemático no lineal de la estructura, se utilizó información de ensayos de cargas cíclicas aplicados a muros confinados de ladrillo artesanal. Estos ensayos fueron parte del proyecto de investigación: Construction Monitoring And Improvement Techniques For Mansory Housing, desarrollado en el laboratorio de Estructuras del CISMID por Zavala (2004) y de la tesis de investigación “Comportamiento de una edificación de albañilería construido con ladrillo Artesanal frente a cargas laterales” de Huaco (2005).

➤ CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES

El espécimen ensayado que fue tomado para el desarrollo de esta investigación presenta las siguientes características:

Figura 27: Vistas de Planta y elevación del muro típico ensayado. (Huaco, 2005)

Tabla 2: Dimensiones y refuerzos del muro A1-4

Muro	Plan	Muro			Columna	Viga			Base			
		L (cm)	e (cm)	h (cm)	Refuerzo	hvi (cm)	h (cm)	Refuerzo	hb(cm)	a(cm)	b(cm)	c(cm)
Muro A1-4	T-02	266.4	20.5	220.0	4Ø11/2"	20.0	30.0	4Ø1/8"	30.0	20.5	39	80

Fuente: Zavala et. al 0 (2004)

➤ DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Para la unidad de albañilería, se utilizó el valor promedio de la resistencia a la compresión (f'_m) de los ensayos realizados a 5 pilas de ladrillo artesanal (Huaco, 2005). Las propiedades de los materiales tanto para el concreto, el acero de refuerzo y como unidad de albañilería son los siguientes:

Resistencia a la compresión de pilas f'_m : 47.41 kg/cm²

Esfuerzo de fluencia del acero corrugado f_y : 4200 kg/cm²

Resistencia a la compresión del concreto: 210 kg/cm²

➤ HISTORIA DESPLAZAMIENTO DEL MODELO

Para medir los desplazamientos laterales, Huaco (2005) el espécimen fue sometido a una historia de desplazamiento, donde todos los datos de carga y deformación fueron registrados en un computador.

Sin embargo, para el desarrollo de esta investigación se utilizó el patrón de agrietamiento del muro A1-4, donde se describe el ensayo cíclico según sus fases de distorsión y con la altura de muro (en la ubicación del transductor) se determinaron los desplazamientos y, por ende, la gráfica de historia desplazamiento mostrada en la figura 28.

Figura 28 Historia de desplazamiento Muro A1-4 (Adaptado de Huaco, 2005)

➤ RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CURVA DE HISTERESIS

La curva de histéresis se presenta en la gráfica de carga lateral aplicada vs desplazamiento del espécimen. Se observa que existen cargas laterales positivas y negativas, debido a que se trata de un ensayo cíclico y la carga se aplica tanto empujando como jalando Huaco (2005).

Figura 29: Curva de Histéresis Muro A1-4 (Huaco, 2005)

CURVA DE COMPORTAMIENTO

La curva de capacidad es obtenida de la curva de histéresis considerando los puntos de la envolvente de respuesta del espécimen.

Figura 30: Curva de capacidad Muro A1-4 (Huaco, 2005)

3.3.2 MODELO NO LINEAL DE MURO DE ALBAÑILERIA ARTESANAL

➤ PROPIEDADES DEL MATERIAL

Respecto a las propiedades de los materiales, se definió la resistencia a la compresión del concreto de las vigas y columnas, en base a ensayos realizados en un estudio anterior de vulnerabilidad sísmica: estructural, no estructural y funcional del hospital de emergencias José Casimiro Ulloa - Miraflores. Dicho estudio fue realizado el año 2013

por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) y el Ministerio de Salud (MINSA). Por otro lado, en el estudio antes mencionado no se realizaron ensayos a los muros de albañilería, por ello, las propiedades para este material fueron consultadas de la tesis de Huaco (2005)

- Acero de refuerzo:

Material: Grado 60

Módulo de elasticidad: $2.039 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo de fluencia del acero corrugado: 4200 kg/cm^2

Esfuerzo último del acero corrugado: 6300 kg/cm^2

- Albañilería:

Resistencia a la compresión: 47.41 kg/cm^2

Módulo de elasticidad: $2.37 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Modelo histerético: Pivot

- Concreto Losa

Resistencia a la compresión del concreto: 210 kg/cm^2

Módulo de elasticidad: $2.174 \times 10^9 \text{ kg/cm}^2$

Peso unitario del concreto: 2400 kg/m^3

Modelo histerético: Concrete

- Concreto Columna

Resistencia a la compresión del concreto: 333 kg/cm^2

Módulo de elasticidad: $2.174 \times 10^9 \text{ kg/cm}^2$

Peso unitario del concreto: 2400 kg/m^3

Modelo histerético: Concrete

- Concreto Viga

Resistencia a la compresión del concreto: 289 kg/cm^2

Módulo de elasticidad: $2.174 \times 10^9 \text{ kg/cm}^2$

Peso unitario del concreto: 2400 kg/m^3

Modelo histerético: Concrete

- Concreto rígido

Resistencia a la compresión del concreto: 210 kg/cm^2

Módulo de elasticidad: $2.174 \times 10^{12} \text{ kg/cm}^2$

Peso unitario del concreto: 2400 kg/m^3

➤ MODELO MATEMÁTICO NO LINEAL

Modelamiento del muro de Albañilería:

La idealización del modelo matemático del muro se realizó mediante un elemento frame con las dimensiones de cada muro y propiedades mencionadas antes, al cual se añade una rótula de corte a media altura en su dirección lateral de deformaciones. Además, se idealizó una viga con rigidez infinita para evitar deflexiones en los elementos horizontales (viga, losa) La figura 31 muestra un esquema del modelo matemático no lineal idealizado para representar el muro de albañilería artesanal.

Figura 31: Muro de Albañilería a modelar, y su modelo no lineal equivalente. (Gonzales et al, 2020)

3.3.3 CALIBRACIÓN DEL MODELO NO LINEAL DEL MURO

Para realizar el modelo no lineal fue necesario utilizar un modelo histerético que sea compatible al comportamiento del muro de albañilería del ensayo de laboratorio, a pesar de que el modelo de histéresis Takeda es el más común, para este estudio se empleó el modelo de histéresis PIVOT, ya que hay muchos factores que afectan el comportamiento del muro de albañilería. Este modelo considera la degradación de la rigidez, el punto de intersección

tanto a tracción como a compresión y la degradación de la resistencia. Las ecuaciones propuestas fueron obtenidas por análisis estadístico de los datos del estudio experimental llevado a cabo por Ilki (2000)

Para determinar los parámetros del modelo histerético PIVOT se requiere de algunos factores que nos proporcionan los ensayos cíclicos aplicados a un determinado elemento estructural. Por lo tanto, en la tabla 3 se presenta los resultados de un ensayo cíclico aplicado a un muro (modelo A1-4) de Huaco (2005), quien realizó dos ciclos de carga y descarga para cada nivel de distorsión.

Tabla 3: Fuerza vs Desplazamiento Muro A1-4

MURO A1-4		MURO A1-4		
Fuerza	Distorsión	Fuerza	Desplazamiento	Desplazamiento
(Ton)	(mm/mm)	(kgf)	(cm)	(mm)
21.48	1.030%	21480.0	2.27	22.66
25.20	0.520%	25200.0	1.14	11.44
22.00	0.090%	22000.0	0.20	1.98
-22.00	-0.090%	-22000.0	-0.20	-1.98
-25.10	-0.520%	-25100.0	-1.14	-11.44
-22.97	-1.030%	-22970.0	-2.27	-22.66

FUENTE: Huaco (2005)

3.3.4 DESCRIPCIÓN DEL MODELO NO LINEAL CALIBRADO

La figura 32 representa una comparación del modelo histerético experimental y el modelo histerético calculado. En base a los resultados obtenidos, se optó por realizar la calibración del modelo no lineal, puesto que se buscó afinar el modelo matemático para que refleje el comportamiento estructural observado experimentalmente. De este modo, se procedió a calibrar el modelo.

Figura 32: Comparación de CH experimental vs CH teórica. Elaboración propia.

La figura 33 muestran como se va ajustado la curva histerética computacional con la del ensayo de laboratorio. Esto mediante la variación de los parámetros pivot calculados previamente.

Figura 33: Comparación de CH experimental vs CH calibrado. Elaboración propia.

La figura 34 muestra el resultado del proceso de calibración de los parámetros pivot. Se puede observar un buen ajuste entre las respuestas histeréticas del ensayo de laboratorio y del modelo computacional.

Figura 34: Comparación de CH experimental vs CH calibrado.(Gonzales et al, 2020).

Donde:

PARÁMETROS	
$\alpha 1$	1
$\alpha 2$	1
$\beta 1$	0.2
$\beta 2$	0.2
n	0

3.3.5 MODELO MATEMÁTICO EN 3D

Teniendo los datos de los parámetros No-lineales para el comportamiento histerético, se realizó el modelo No-lineal del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa.

Inicialmente se corrió el modelo completo con el registro 01 de la componente Este-Oeste con un PGA normalizado 0.45g (01EW_0.45g). Se realizó la evaluación comparativa del modelo calibrado vs el modelo calculado para 3GDL y 6GDL, tal como muestran la figura 35 y la figura 36. La figura 35 representa la gráfica del modelo no lineal calibrado vs el modelo no lineal calculado con 3 grados de libertad, donde se observa mayor desplazamiento con el modelo calibrado. A pesar de que el modelo calibrado posee menor área, según la curva histeretica posee mayor desplazamiento.

Figura 35: Gráfica de modelo comparativo de Cortante vs Desplazamiento con 3GDL. Elaboración propia.

La figura 36 representa la gráfica del modelo no lineal calibrado vs el modelo no lineal calculado con 6 grados de libertad, donde nuevamente se observa mayor desplazamiento con el modelo calibrado. A pesar de que el modelo calibrado posee menor área, según la curva histerética posee mayor desplazamiento.

Figura 36: Gráfica de modelo comparativo de Cortante vs Desplazamiento con 6GDL. Elaboración propia.

La figura 37 representa la evaluación comparativa del modelo calibrado vs el modelo calculado de la historia desplazamiento con 3 grados de libertad, donde se presenta mayores desplazamientos para el modelo calibrado.

Figura 37: Gráfica de modelo comparativo de Desplazamiento vs Tiempo con 3GDL. Elaboración propia

La figura 38 representa la evaluación comparativa del modelo calibrado vs el modelo calculado de la historia desplazamiento con 6 grados de libertad, donde se presenta mayores desplazamientos para el modelo calibrado.

Figura 38: Gráfica de modelo comparativo de Desplazamiento vs Tiempo con 6GDL. Elaboración propia

La figura 39 muestra el modelo no lineal del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa, considerando las propiedades de los materiales, empleando la propuesta de modelamiento del elemento frame y rotula de corte para muros de albañilería confinada y los parámetros calibrados de la curva histeretica PIVOT.

*Figura 39: Modelo No lineal del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa
FUENTE: Elaboración propia (2019)*

3.4 ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL INCREMENTAL (IDA)

3.4.1 DEFINICIÓN DEL PARÁMETRO INDICADOR DE DAÑO

Un punto importante en el análisis de vulnerabilidad es la selección de un adecuado parámetro indicador de daño que permita cuantificar la respuesta calculada a partir del análisis del modelo mecánico para un grupo de movimientos sísmicos, el cual representa el grado de daño sufrido por un elemento y/o la estructura en conjunto. (Bonnet, 2005)

Según Vamvatsikos (2002), un buen candidato para la evaluación estructural son las distorsiones máximas de entre piso, ya que se relaciona con las rotaciones de las articulaciones y el colapso. Para el presente estudio, se definió como el parámetro indicador de daño la máxima distorsión angular de entrepiso que experimentará la estructura ante una sollicitación sísmica, la cual corresponde a la diferencia de los desplazamientos horizontales totales de los pisos superior e inferior dividido entre la altura de entrepiso.

La siguiente figura 40 representa la determinación de derivas de entrepiso para un edificio de 5 niveles sometido a cargas laterales.

Figura 40: Esquema del cálculo de derivas de entrepiso a partir de los desplazamientos de cada piso. (Alas y Grijalva, 2018)

3.4.2 CRITERIO DE ANÁLISIS

Los criterios que se tomaron en cuenta para realizar el análisis dinámico incremental fueron los siguientes:

- Los registros sísmicos utilizados en el análisis dinámico incremental fueron escalados a varios niveles de intensidad (PGA) con incrementos de 0.1g para capturar el mecanismo de colapso de la estructura en análisis. Esto con la finalidad de lograr una continuidad adecuada en los puntos obtenidos para generar las curvas IDA.
- Los análisis IDA para cada sismo, se ejecutaron para cada dirección ortogonal por separado. Sin embargo, se consideró todos los grados de libertad como se explica posteriormente debido al efecto de torsión.
- Cada análisis historia de respuesta no lineal se configuró para que asuma como condición inicial la respuesta de un análisis previo no lineal, en el cual se consideró solo las cargas de servicio. Esto implica que previo al análisis historia de respuesta no

3.4.3 CURVAS IDA (PGA vs DISTORSIÓN ANGULAR DE ENTREPISO)

Los resultados que se obtienen del análisis dinámico incremental son una serie de puntos que relacionan la media de daño DM para cada nivel de intensidad IM. Para el caso de esta investigación, se capturaron las respuestas en 2 puntos de control, los cuales se encuentran en la losa del techo y del primer piso (Join 336 y 338) como se indica en la figura 41:

Figura 41: Puntos de control
FUENTE: Elaboración propia (2019)

A continuación, se presentan los resultados que se obtuvieron mediante análisis dinámico incremental (curvas IDA) en los cuales se relacionan el PGA como IM y la distorsión angular de entrepiso DM. Es importante mencionar que, para el presente trabajo se tomaron 2 casos.

Calcular las curvas IDA con la distorsión angular de entre piso global de la estructura, es decir el desplazamiento máximo de techo (join 338) sobre la altura total de la estructura.

Calcular las curvas IDA con la distorsión angular de entre piso solo del primer nivel (join 336) sobre la altura del primer nivel de la estructura. Esto debido a que se observó que las distorsiones angulares del primer nivel eran mayores con respecto a la de los pisos posteriores.

La figura 42 muestra los percentiles 16, 50 y 84 de las curvas IDA considerando distorsiones angulares de piso 1 y globales, en la cual podemos observar que se la estructura presentaría más daño en el primer nivel. Por esta razón, la figura 43 reporta la familia de curvas IDA para cada dirección ortogonal.

(a)

(b)

Figura 42: (a) Comparación de Curvas IDA percentil 16%,50% y 84% componente E-W (b) Comparación de Curvas IDA percentil 16%,50% y 84% componente N-S

(a)

(b)

Figura 43: (a) Percentiles 16%, 50% and 84% de las curvas IDA en dirección E-W (b) Percentiles 16%, 50% and 84% de las curvas IDA en dirección N-S

3.5 GENERACIÓN DE FUNCIONES DE FRAGILIDAD

3.5.1 DEFINICIÓN DE ESTADOS DE DAÑO

Los estados de daño para los muros de albañilería confinada con ladrillo artesanal están basados en ensayos experimentales donde se define el rango de la zona inelástica entre los valores de distorsión angular de entrepiso de fluencia y colapso de la estructura. La figura 44 representa la curva de capacidad de dicho elemento donde se resaltan los estados límites de daño.

Figura 44: Curva de capacidad para muros con ladrillo artesanal. (Adaptado de Zavala et al, 2019)

La tabla 4 presenta los estados límites de daño según la distorsión angular de entrepiso para colapso (C), la prevención de colapso (CP), seguridad de vida (LS), ocupación inmediata (IO) y ocupacional (O).

Tabla 4: Estados de daño en la zona inelástica para muro con ladrillo artesanal (Adaptado de Zavala et al, 2019)

DRIFT DE ESTADOS DE DAÑO (DRIFT)	
O	0.0004 - 0.0013
IO	0.0013 - 0.0029
LS	0.0029 - 0.0035
CP	0.0035 - 0.004
C	0.004 - más

3.5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Según, Fema P-58-1, los parámetros estadísticos clave para la generación de funciones de fragilidad se definen por un valor medio de la demanda Θ , en el cual hay un 50% de probabilidad de que se inicie un determinado estado de daño y valor de dispersión β que

indica la incertidumbre de que el estado de daño se inicie para ese valor de Θ . Estos parámetros estadísticos se calcularon utilizando las siguientes expresiones:

$$\ln \hat{\theta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln IM_i \quad (4)$$

$$\hat{\beta} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(IM_i/\hat{\theta}))^2} \quad (5)$$

Para el ajuste de las funciones de fragilidad, se desarrolló la metodología propuesta por Baker (2005), la cual es una metodología eficiente.

Se asume un valor de Θ y β para cada estado de daño y se calcula la cantidad de respuestas que exceden el estado de daño en estudio para cada nivel de intensidad definido. Luego de ello, se calcula la función de fragilidad teórica usando una distribución log normal como se indica en la siguiente fórmula.

$$P(C | IM = x) = \Phi\left(\frac{\ln(x/\theta)}{\beta}\right) \quad (6)$$

Con esta información podemos aplicar la siguiente fórmula que relaciona ambas funciones de distribución log normal y binomial para determinar los valores de Θ y β .

$$\{\hat{\theta}, \hat{\beta}\} = \underset{\theta, \beta}{\operatorname{argmax}} \sum_{j=1}^m \left\{ \ln \binom{n_j}{z_j} + z_j \ln \Phi\left(\frac{\ln(x_j/\theta)}{\beta}\right) + (n_j - z_j) \ln \left[1 - \Phi\left(\frac{\ln(x_j/\theta)}{\beta}\right) \right] \right\} \quad (7)$$

Donde:

x_j =Al nivel de intensidad en estudio.

n_j =Número de datos que excedan el estado de daño en estudio para cada x_j .

z_j =La probabilidad de que se exceda el estado de daño para cada x_j es dado por una distribución binomial.

Podemos encontrar los mejores valores de Θ y β maximizando la función de probabilidad, mediante un procedimiento iterativo. A continuación, se muestra un cuadro del procedimiento realizado para la obtención de la función de fragilidad para estado de daño colapso en la dirección E-W del primer entrepiso.

Con estos parámetros estadísticos calculados maximizando la suma de la columna $\ln(\text{binomial})$ podemos ya calcular la función de probabilidad acumulada utilizando una distribución log normal.

3.5.3 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA SISMICA

Se definieron 4 niveles de demanda sísmica según indicaciones del atc-40 tomando como referencia el PGA para la zona Z4 de la norma E.030, los cuales son sismo de servicio (0.23g), sismo de diseño (0.45g), sismo máximo (0.56g) y sismo máximo considerado (0.68g).

Tabla 5: Demanda Sísmica acorde con ATC-40 asociado a NTP-E 030

Demanda Sísmica	Descripción	PGA
Sismo de Servicio (SE)	Tr= 75 años	0.23g
Sismo de diseño (DE)	Tr= 500 años	0.45g
Sismo Máximo (ME)	Tr=1000 años	0.56g
Sismo Máximo Considerado (MCE)	Tr=5000 años	0.68g

4 RESULTADOS

A continuación, se reportan las funciones de fragilidad para las direcciones E-W y N-S a nivel global de la estructura (considerando distorsión angular global)

Figura 45: (a) Funciones de fragilidad en dirección N-S (b) Funciones de fragilidad en dirección E-W

Las tablas 2 y 3 muestran la probabilidad de alcanzar un estado límite de daño para cada demanda sísmica. Por ejemplo, la tabla 3 muestra para un sismo máximo considerado la probabilidad de colapso es 49.61% la probabilidad de prevención de colapso es 4.68%, seguridad de vida es 8.64%, Ocupación inmediata es 26.76% y Operacional es 10%.

Tabla 6: *Matriz de probabilidad de daño dirección N-S*

Demanda Sísmica	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de Vida	Prevención de Colapso	Colapso
SE	6.95%	47.24%	19.24%	5.70%	20.87%
DE	0.23%	10.22%	5.32%	9.49%	74.75%
ME	0.05%	4.40%	1.78%	6.31%	87.45%
MCE	0.01%	1.80%	0.42%	3.52%	94.24%

Tabla 7: *Matriz de probabilidad de daño dirección E-W*

Demanda Sísmica	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de Vida	Prevención de Colapso	Colapso
SE	38.80%	26.14%	7.50%	4.22%	18.66%
DE	10.00%	26.76%	8.64%	4.68%	49.61%
ME	5.13%	22.03%	7.75%	4.07%	60.91%
MCE	2.58%	17.19%	6.60%	3.34%	70.26%

5 CONCLUSIONES

- En la presente investigación se ha desarrollado una metodología para evaluar la vulnerabilidad sísmica del pabellón frontal del hospital Casimiro Ulloa mediante funciones de fragilidad analíticas, las cuales fueron desarrolladas a partir de los resultados de una serie de análisis dinámico incremental a la estructura.
- Se seleccionaron 11 pares de registros sísmicos siguiendo las recomendaciones del fema p58-1, estos registros fueron descargados de la red de acelerográfica del centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres REDACIS. Las estaciones seleccionadas se encuentran ubicadas sobre un tipo de suelo similar al suelo donde se encuentra la estructura a analizar s1, según la clasificación de la norma e.030.
- Los registros seleccionados fueron ajustados al espectro de diseño de la norma e.030 con el uso del software Seismomatch v.16, el cual realiza dicho ajuste añadiendo ondas wavelet. Se debe indicar solo se consideró la duración significativa del sismo, la cual se refiere al intervalo de tiempo en el cual la energía total liberada por el sismo varía del 5% al 95% de la intensidad de arias.
- Se utilizaron los resultados de ensayos de laboratorio reales a escala real de muros de albañilería artesanal para desarrollar el modelo matemático no lineal de la estructura en el software sap2000. Esto para realizar una serie de análisis historia de respuesta no lineal.
- Para la calibración del modelo no lineal computacional, se replicó en el sap2000 el ensayo de laboratorio induciendo al modelo de muro la historia de desplazamientos utilizadas en el ensayo real, para la cual se utilizó el modelo histerético pivot con parámetros calculados y calibrados. De esta forma, se realizó un proceso iterativo variando los parámetros influyentes en dicho modelo histerético hasta obtener una respuesta histerética más ajustada a las obtenidas en los ensayos de laboratorio.
- Durante el desarrollo de la tesis, se tuvieron dos modelos no lineales previos, el primero con tres grados de libertad de movimiento en cada nudo con respecto a su dirección lateral de deformaciones y el segundo con 6 grados de libertad considerando movimiento en sus dos direcciones ortogonales combinadas. No se encontró una diferencia relevante en el tiempo computacional adicional que requiere el software utilizado. Sin embargo, el modelo con 6 grados de libertad presentó

mayores desplazamientos como respuesta dinámica y una importante torsión en planta. Por ello, se decidió utilizar el modelo con 6 grados de libertad.

- Los registros seleccionados fueron escalados para distintos niveles de intensidad desde teniendo un total de 440 registros y por ende el mismo número de corridas de análisis tiempo de historia de respuesta no lineal. El tiempo computacional para correr todos los análisis fue de 4.5 días aproximadamente en 2 computadoras core i7 8va generación en simultaneo.
- Las curvas IDA reportadas en la presente investigación se desarrollaron con los parámetros del modelo PIVOT calibrado, debido que el patrón de respuesta histerética de este se ajusta mejor a la respuesta histerética obtenido en los ensayos de laboratorio.
- Las curvas IDA muestran que, para registros sísmicos con poca duración significativa, la estructura presentó gran rigidez mostrado en bajos valores de distorsión angular de entre piso. Esto debido al efecto pulso.
- Se puede observar en todas las respuestas estructurales que la distorsión angular del primer piso es mayor con respecto a los niveles superiores, incluso mayor que la distorsión angular global de la estructura tomada como desplazamiento en el techo sobre la altura total de la edificación. Por ello, esta tesis reporta curvas ida y funciones de fragilidad para el primer entre piso y la estructura global.
- Para la componente E-W, tomando en consideración un PGA de 0.45g (sismo de diseño asociado a un evento con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años), las curvas de fragilidad reportadas para el primer entre piso muestran una probabilidad de 49.61% de colapso, 4.68% de quedar en prevención a colapso, 8.64 % de seguridad de vida, 26.67% de ocupación inmediata y 10% de operacional.
- Para la componente E-W, tomando en consideración un PGA de 0.56g (sismo de máximo asociado a un evento con 5% de probabilidad de excedencia en 50 años), las curvas de fragilidad reportadas para el primer entre piso muestran una probabilidad de 60.91% de colapso, 4.07% de prevención a colapso, 7.75% de seguridad de vida, 22.03% de ocupación inmediata y 5.13% de operacional.
- Para la componente E-W, tomando en consideración un PGA de 0.84g (sismo de máximo considerado asociado a un evento con % de probabilidad de excedencia en 50 años), las curvas de fragilidad reportadas para el primer entre piso muestran una

probabilidad de 70.26% de colapso, 3.34% de prevención a colapso, 6.60% de seguridad de vida, 17.19% de ocupación inmediata y 2.58% de operacional

- Para la componente N-S, tomando en consideración un PGA de 0.45g (sismo de diseño asociado a un evento con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años), las curvas de fragilidad reportadas para el primer entre piso muestran una probabilidad de 74.75% de colapso, 9.49% de prevención a colapso, 5.32% de seguridad de vida, 10.22% de ocupación inmediata y 0.23% de operacional.
- Para la componente N-S, tomando en consideración un PGA de 0.56g (sismo de máximo asociado a un evento con 5% de probabilidad de excedencia en 50 años), las curvas de fragilidad reportadas para el primer entre piso muestran una probabilidad de 87.45% de colapso, 6.31% de prevención a colapso, 1.78% de seguridad de vida, 4.40% de ocupación inmediata y 0.05% de operacional.
- Para la componente N-S, tomando en consideración un PGA de 0.84g (sismo de máximo considerado asociado a un evento con 2% de probabilidad de excedencia en 50 años), las curvas de fragilidad reportadas para el primer entre piso muestran una probabilidad de 94.24% de colapso, 3.52% de prevención a colapso, 0.42% de seguridad de vida, 1.80% de ocupación inmediata y 0.01% de operacional.
- Los resultados de las curvas de fragilidad muestran que la estructura posee una alta vulnerabilidad sísmica en ambas direcciones ortogonales, especialmente en la dirección N-S.
- Los resultados de las curvas de fragilidad muestran la necesidad de desarrollar políticas de reforzamiento a dichas instalaciones hospitalarias, ya que están por ser esenciales deben mantener su funcionalidad antes, durante y después de un desastre natural.

6 RECOMENDACIONES

- Habiendo finalizado el estudio de vulnerabilidad sísmica mediante funciones de fragilidad analíticas para el pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa, se recomienda realizar estudios similares para los demás hospitales de construidos antes de 1970.
- Se recomienda realizar investigaciones similares considerando la rigidez efectiva de los elementos estructurales tales como vigas, columnas y muros. Esto debido a que la estructura por su antigüedad ya ha sido expuesta a varios sismos durante su vida útil.
- Se recomienda ampliar el presente estudio tomando como base las funciones de fragilidad para estimar pérdidas económicas y humanas ante un posible colapso global de la estructura.
- Se recomienda que el procesador del computador a utilizar sea de 2.20GHz y de Core i7 en adelante.
- Se recomienda implementar ecuaciones que permitan calcular los parámetros de la curva histerética PIVOT en base a las propiedades de materiales de albañilería.

7 REFERENCIAS

- Alas R., & Grijalva, S., (2018) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica, por medio de curvas de fragilidad, utilizando el análisis dinámico no lineal incremental. (Tesis de Maestría, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. El Salvador). Recuperado de ri.ues.edu.sv/id/eprint/17633/ (Consulta: 15 de abril de 2019)
- ASCE 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (2017) American Society of Civil Engineers; Structural Engineering Institute.
- Ministerio de Vivienda construcción y Saneamiento (2018) Norma Técnica de edificación E.030 Diseño Sismoresistente
- ATC-40. (1996). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Vol I y II. California Seismic Safety commission. Redwood City, California.
- Bonnet, R (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. (Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona: España). Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/6230> (Consulta: 15 de abril de 2019)
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) (2013). es estudio de vulnerabilidad sísmica: estructural, no estructural y funcional del hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa – Miraflores. Recuperado de sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/22 (Consulta: 28 de mayo de 2019)
- Duarte, C., Martínez, M., Santamaría, J. (2017). Análisis estático no lineal (pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la universidad de El Salvador. (Tesis de Titulación, Universidad de El Salvador, San Salvador) Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13405/> (Consulta: 15 de mayo de 2019)
- D'Ayala, D., Meslem, A., Vamvatsikos, D., Porter, K., Rossetto, T. (2015) Guidelines for Analytical Vulnerability Assessment of Low/Mid-Rise Buildings, Vulnerability Global Component Project. Doi: [10.13117/gem.vuln-mod.tr2014.12](https://doi.org/10.13117/gem.vuln-mod.tr2014.12)
- FEMA 356. (2000). Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Washington, DC. FEMA 356.

- FEMA P-58-1. (2018). Seismic Performance Assessment of buildings. Washington, DC. FEMA P-58-1
- Hancock J., et al. (2006) An improved method of matching response spectra of recorded earthquake ground motion using wavelets. *Journal Earthquake engineering*, (10)1, 67-89
- Jack W. Baker (2015) Efficient Analytical Fragility Function Fitting Using Dynamic Structural Analysis. *Earthquake Spectra*, 31 (1), 579-599. Doi: <https://doi.org/10.1193/021113EQS025M>
- López, S. Y., & Rodríguez, C. A. (2018). Construcción de Curvas de Fragilidad Para Viviendas Unifamiliares de Muros de Ductilidad Limitada. (Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil. Lima: Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12488> (Consulta: 15 de mayo de 2019)
- Lovon, H., Tarque, N., Silva, V., & Yepes-Estrada, C. (2017). Development of Fragility Curves for Confined Masonry Buildings in Lima, Peru. *Earthquake Spectra*, 34(3), 1339-1361. Doi: <https://doi.org/10.1193/090517EQS174M>
- MathWorks Inc. (2018). MATLAB. The Language of Technical Computing.
- Organización Panamericana de Salud (2010). Terremoto de Pisco – Perú. A dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud. Washington, D. C: PAHO. Recuperado de : <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/Cronica%20y%20Lecciones%20Terremoto%20Peru.pdf> (Consulta 25 de abril de 2019).
- Pulido, N., et al. (2011) Mega-earthquakes rupture scenarios and strong motion simulations for Lima, Peru. *The international symposium for CISMID 25th anniversary*. Paper No. TS-6-2
- Ruiz, J. O. (2018). Estimación de pérdidas por sismos mediante funciones de fragilidad analíticas: caso de dos pabellones universitarios del Cusco. (Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil. Lima: Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12064> (Consulta: 20 de abril de 2019)

- SENCICO Norma de Albañilería NTE-070 (2006) Norma Técnica Peruana. Ministerio de Vivienda y Construcción
- SENCICO Norma de Diseño SismoResistente NTE-030 (2018) Norma Técnica Peruana. Ministerio de Vivienda y Construcción
- SENCICO Norma de Cargas NTE-020 (2006) Norma Técnica Peruana. Ministerio de Vivienda y Construcción
- Tavera, H Actualización del escenario por sismo, tsunami y exposición en la región central del Perú. *IGP*. Recuperado de http://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/781/Actualizaci%C3%B3n_Escenario_Sismo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Consulta 25 de abril de 2017).
- Tavera, H. y Bernal, I. (2005). Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste de Perú. Vol. 6, SGP, 89-102.
- Tavera, H. (2014). Escenario de Sismo y Tsunami en el borde Occidental de la Región Central del Perú.
- Velásquez, J (2009). Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas. (Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil. Lima: Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/135> (Consulta: 15 de abril de 2019)
- Vamvatsikos, D. (2002). Seismic Performance, Capacity and Reliability of structures as seen through incremental dynamic analysis. (Tesis de Doctor, Standford University)
- Zavala, C., Díaz, M., et. al (2019). Damage Limit State for confined Mansory walls based on experimental Test. *Journal TECNIA*, 29, 135-141. Doi: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.715>
- Zavala, C., Honma C., Gibu P., Gallardo J., et. al (2004). Construction Monitoring and Improvement Techniques For Mansory Housing/CISMID/UNI On Going Research Report.

8 ANEXOS

ANEXO 1: PLANOS DE LA ESTRUCTURA ANALIZADA

Elevación del pabellón frontal del Hospital Casimiro Ulloa.

Vigas y Columnas: 1ro-3er piso

Vigas y Columnas: Azotea

Detalle de acero de refuerzo en vigas

Sección típica de aligerado

ANEXO 2: PLANOS ORIGINALES DE LA ESTRUCTURA ANALIZADA

ANEXO 3: CARTA DE INVITACIÓN

IC_054_19

Monterrico, 28 de mayo de 2019

Señora
Katianna Elizabeth Dolores Baldeón Caqui
Directora Ejecutiva
Dirección de Equipamiento y Mantenimiento
DIEM
Presente -

Estimada señora Baldeón:

Por medio del presente me es grato saludarlo y a la vez presentarles a los alumnos Ashly Aguilar Gonzales con cód. U201517071 y George Gonzales Mejia con cód. U201521566 pertenecientes al 9no. Ciclo de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Asimismo, quiero indicarle que los alumnos están realizando una investigación titulada "Funciones de fragilidad mediante simulación Montecarlo para reducir la incertidumbre en la estimación de la vulnerabilidad sísmica de hospitales típicos de Lima".

Por lo cual se solicita la siguiente información requerida para el estudio de la tesis:

- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital Santa Rosa.
- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa.
- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.
- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital Nacional Dos de Mayo.

Por lo expuesto, solicito puedan brindarle el apoyo a los alumnos mencionados para que puedan recabar información requerida para el logro de los objetivos de su tesis.

Por otro lado, adjuntamos los correos de los alumnos por si es necesaria su comunicación:

- U201517071@upc.edu.pe Aguilar Gonzales, Ashly
- U201521566@upc.edu.pe Gonzales Mejia, George

La Dirección de Ingeniería Civil respalda la autenticidad del trabajo mencionado, y manifiesta que los datos proporcionados serán empleados solo en el referido trabajo de investigación.

Sin otra oportunidad, le agradezco anticipadamente por su atención a la presente.

Atentamente

ROMAN ARCINIEGA, Ph.D
Director Académico de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

25 AÑOS
UPC
existir, renovar.

UPC
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Dirección de Ingeniería Civil
Calle 14-40
700 00000
www.upc.edu.pe

MINISTERIO DE SALUD
DIRECCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y
MANTENIMIENTO
TRÁMITE DOCUMENTARIO
04 JUN. 2019
EXPEDIENTE N° 19-060257-00
FOLIOS..... FIRMA Y HORA 2:53

LAUREATE

PERÚ

Ministerio
de Salud

Dirección General de Operaciones
en Salud

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

Lima,

21 JUN 2019

OFICIO N° 1397-2019-DGOS/MINSA

Señor

ROMAN ARCINIEGA

Director Académico de Ingeniería Civil

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Prolongación Primavera N° 2390 - Monterrico

Distrito Santiago de Surco.-

**ASUNTO : RESPUESTA A SOLICITUD DE ACCESO A LA
INFORMACIÓN PÚBLICA N° 19-004765**

**REFERENCIA: DOCUMENTO IC-054-19
Expediente N° 19-060257-001**

De mi consideración me dirijo a usted, a fin de hacerle llegar un cordial saludo, en atención al documento de la referencia, mediante el cual presentó al Señor George Gonzales Mejía estudiante del IX ciclo de la Facultad de Ingeniería Civil, solicitando se le proporcione a dicho alumno copia de planos de estructuras de los hospitales: Santa Rosa, Emergencias José Casimiro Ulloa, Arzobispo Loayza y Dos de Mayo, para un trabajo de investigación.

Al respecto, mediante el INFORME N° 084-2019-UFNATCDN-DIEM-DGOS/MINSA la Unidad Funcional de Normas, Asistencia Técnica y Centro de Documentación Nacional de la Dirección de Equipamiento y Mantenimiento de la Dirección General a mi cargo, señala que el día 13 del presente mes, de acuerdo a la selección realizada por el Señor George Gonzales Mejía se le permitió sacar copia de trece (13) planos (07 planos de arquitectura y 06 de estructuras) del Hospital José Casimiro Ulloa.

En tal sentido, el día 13/06/2019 se cumplió con atender la solicitud, dentro del plazo establecido en la Ley N° 27806 - Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, siendo propicia la oportunidad para expresar los sentimientos de mi mayor consideración.

Atentamente,

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Operaciones en Salud
"DGOS"

JUAN LUIS HERRERA CHEJO
DIRECTOR GENERAL

DE SALUD

JLHCH/KEBC/ASH
c.c.: DIEM
Archivo DGOS 2019

IC_054_19

Monterrico, 28 de mayo de 2019

Señora
Katianna Elizabeth Dolores Baldeón Caqui
Directora Ejecutiva
Dirección de Equipamiento y Mantenimiento
DIEM
Presente -

Estimada señora Baldeón:

Por medio del presente me es grato saludarlo y a la vez presentarles a los alumnos Ashly Aguilar Gonzales con cód. U201517071 y George Gonzales Mejia con cód. U201521566 pertenecientes al 9no. Ciclo de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Asimismo, quiero indicarle que los alumnos están realizando una investigación titulada "Funciones de fragilidad mediante simulación Montecarlo para reducir la incertidumbre en la estimación de la vulnerabilidad sísmica de hospitales típicos de Lima"

Por lo cual se solicita la siguiente información requerida para el estudio de la tesis:

- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital Santa Rosa.
- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa.
- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.
- Estudio de una edificación esencial (hospital): planos de estructuras del Hospital Nacional Dos de Mayo.

Por lo expuesto, solicito puedan brindarle el apoyo a los alumnos mencionados para que puedan recabar información requerida para el logro de los objetivos de su tesis.

Por otro lado, adjuntamos los correos de los alumnos por si es necesaria su comunicación.

- U201517071@upc.edu.pe Aguilar Gonzales, Ashly
- U201521566@upc.edu.pe Gonzales Mejia, George

La Dirección de Ingeniería Civil respalda la autenticidad del trabajo mencionado, y manifiesta que los datos proporcionados serán empleados solo en el referido trabajo de investigación.

Sin otra oportunidad, le agradezco anticipadamente por su atención a la presente

Atentamente

ROMAN ARCINIEGA, Ph.D
Director Académico de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

25 años
UPC
origen, futuro.

UPC
Universidad Peruana
de Ciencias Aplicadas

Poligonización Perpetua 275
Monterrico, Lima
Lima 01-Perú
7 502 05 0000
www.upc.edu.pe

ashly@upc.edu.pe

PERU Ministerio de Salud

HOJA DE ENVIO DE TRAMITE GENERAL

18/06/2019 09:18:18
HMSA-DGOS/DIEM-causando
Página 1 de 1

Tipo Documento: CARTA
N° Documento: IC-034-19

N° Expediente: 19-060257-001 /
Operador: HMSA-DGOS/DIEM-veules
Fecha Registro: 04/06/2019 14:53

Interesado: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS--
Asunto: SOLICITA LA SIGUIENTE INFORMACION REQUERIDA PARA EL ESTUDIO DE LA TESIS

N°	Destinatario (1)	Origen	Ind. (2)	Fecha Registro	Remite (3)
1	DGOS/DIEM-BALDEON CAQUI KATIENNA ELIZABETH DOLORES-DIRECTOR(A) E JECUTIVO(A)	NORM	6	04/06/2019	UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS--
2	DGOS/DIEM-SOTO HUARINGA LUZ MARI NA-COORDINADOR	NORM	2	05/06/2019	DGOS/DIEM-BALDEON CAQUI KATIENNA ELIZABETH DOLORES-DIRECTOR(A) E JECUTIVO(A)
3	DGOS/DIEM/UNIDADNORMAS-ALIAGA MARRIO MARIO ABEL-JEFE (ENCARGADO)	NORM	2,15	05/06/2019	DGOS/DIEM-SOTO HUARINGA LUZ MARI NA-COORDINADOR
4	DGOS/DIEM/UNIDADNORMAS-QUISPE HERRERA JUAN MANUEL-CARGO A MODIFICAR	NORM	2	06/06/2019	DGOS/DIEM/UNIDADNORMAS-ALIAGA MARRIO MARIO ABEL-JEFE (ENCARGADO)
5	DGOS/DIEM/UNIDADNORMAS-ALIAGA MARRIO MARIO ABEL-JEFE (ENCARGADO)	NORM	3,15	14/06/2019	DGOS/DIEM/UNIDADNORMAS-QUISPE HERRERA JUAN MANUEL-CARGO A MODIFICAR
6	DGOS/DIEM-BALDEON CAQUI KATIENNA ELIZABETH DOLORES-DIRECTOR(A) E JECUTIVO(A)	NORM	2	14/06/2019	DGOS/DIEM/UNIDADNORMAS-ALIAGA MARRIO MARIO ABEL-JEFE (ENCARGADO)
7	DGOS/DIEM-SOTO HUARINGA LUZ MARI NA-COORDINADOR	NORM	2	17/06/2019	DGOS/DIEM-BALDEON CAQUI KATIENNA ELIZABETH DOLORES-DIRECTOR(A) E JECUTIVO(A)
8	DGOS/DIEM-BALDEON CAQUI KATIENNA ELIZABETH DOLORES-DIRECTOR(A) E JECUTIVO(A)	NORM	2,15	17/06/2019	DGOS/DIEM-SOTO HUARINGA LUZ MARI NA-COORDINADOR
9	DGOS		2	19 JUN. 2019	
10	DGOS-De Febriles		2	19 JUN. 2019	
11	DB-DGOS	V 6/15		19/06/19	
12	UPCA	V 2		21 JUN 2019	

01. Aprobación
02. Atención
03. Su Conocimiento
04. Opinión
05. Informe y Resolución

CLAVE INDICACION DEL MOVIMIENTO

06. Por Correspondencia
07. Para Cuóquese
08. Acompañar Antecedente
09. Según Solicitado
10. Según lo coordinado
11. Archivar
12. Acción Inmediata
13. Papeles Contestación
14. Proyecto Resolución
15. Ver Observación

CLAVE PRIORIDAD

(8) Baja
(12) Inmediata
(08) Muy Baja
(0) Normal
(5) Urgente

N°	OBSERVACIONES POR MOVIMIENTO
3	SE ADJUNTA SAIP N° 19-094785
5	(INFORME N° 311-2019-JMQH-CENDOC-UFNATCON-DIEM-DGOS/MNSA)
8	SE ADJUNTA PROYECTO DE OFICIO DIRIGIDO AL DIRECTOR ACADEMICO DE ING. CIVIL DE LA UPCA
11	DB-DB01, se revisó, se revisa para su firma.

(1) Use Código

(2) Use Clave

(3) Use Iniciales

IMPORTANTE NO DESGLOSAR ESTA HOJA

MINISTERIO DE SALUD
DIRECCION GENERAL
DE OPERACIONES EN SALUD

19 JUN. 2019

EXPEDIENTE N°

FOLIOS 1148

PERÚ

Ministerio
de Salud

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA
MUJERES Y HOMBRES"
"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

4

MINISTERIO DE SALUD
DIRECCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y
MANTENIMIENTO
TRÁMITE DOCUMENTARIO

INFORME N° 084-2019-UFNATCDN-DIEM-DGOS/MINSA

17 JUN. 2019

A : M.C. KATIANNNA ELIZABETH BALDEÓN CAQUI
Directora Ejecutiva
DIRECCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y MANTENIMIENTO

ASUNTO : SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

REFERENCIA : SOLICITUD N° 19-004765 DE FECHA 05.06.19
(19-060257-001)

LUGAR Y FECHA : Lima, 14 de junio del 2019

Me dirijo a usted, saludándola cordialmente y en atención a lo solicitado con el documento de la referencia, informarle lo siguiente:

I. ANTECEDENTE:

Mediante documento de la referencia, el Sr. George Hamilton Gonzáles Mejía, estudiante del IX ciclo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, solicita copia simple de planos del Hospital José Casimiro Ulloa, para trabajos de investigación.

II. ANÁLISIS:

En atención a lo indicado, se informa que en el acervo documentario de esta Unidad Funcional se ha ubicado los siguientes planos, que se detallan a continuación:

- **Planos de Arquitectura: 07 planos**
 - ✓ A - 0 = Planta Sótano - Segundo Sótano
 - ✓ A - 1 = Primera Planta
 - ✓ A - 3 = Planta 2do. Piso
 - ✓ A - 4 = Planta 3er. Piso
 - ✓ A - 5 = Planta 4to. Piso - Detalle de cortes
 - ✓ A - 6 = Planta 5to. y 6to. Piso
 - ✓ A - 14 = Escalera "W" - Detalles
- **Planos de Estructuras: 05 planos**
 - ✓ E - 1 de 3 = Cimentación y Techo 1er. Piso
 - ✓ E - 1 = Desarrollo de Vigas y Escalera
 - ✓ E - 2 de 3 = Detalles Generales
 - ✓ E - 2 = Planta de Aligerados - Detalles
 - ✓ E - 3 de 3 = Techo 2do. Piso y Cortes
 - ✓ E - 3 = Estructuras solo de Rayos X

III. CONCLUSIONES:

Por el antecedente y análisis vertido, esta Unidad Funcional de Normas, Asistencia Técnica y Centro de Documentación Nacional, ha entregado al Sr. George Hamilton Gonzáles Mejía, trace (13) copia de planos correspondiente al Hospital José Casimiro Ulloa; se adjunta Acta de Entrega de fecha 13.06.2019.

ACTA DE ATENCION DE PLANOS

En la Ciudad de Lima, a los días 13 de Junio de 2019, siendo la hora 11.40 am. en las Instalaciones de la Dirección General de Operaciones en Salud, Sito en la Av. Brasil N°249, se apersono el alumno George Hamiltong Gonzales Mejia identificado con DNI. N° 70103295 al suscrito en la Planoteca, a seleccionar planos del Hospital Casimiro Ulloa, quien selecciono planos como consta en el Acta.

ARQUITECTURA: 07 PLANO

A-0=Planta Sótano - Segundo Sótano

A-1=Primera Planta

A-3=Planta 2do. Piso

A-4=Planta 3er. Piso

A-5=Planta 4to. Piso- Detalle de cortes

A-6=Planta 5to. Y 6to. Piso

A-14=Escalera "w" - Detalles

ESTRUCTURAS: 6 PLANOS

E-1 de 3=Cimentación y techo 1er. Piso

E-1= Desarrollo de vigas y escalera

E-2 de 3=Detalles Generales

E-2 = Planta de aligerados Detalles

E-3 de 3=Techo 2do. Piso y cortes

E-3 =Estructuras solo de rayos "x"

La Oficina de CENDOC. le hizo entrega de 13 copias de planos fotocopiados, y fueron entregados por el Sr. Juan Manuel Quispe Herrera, Cabe indicar que las copias de planos fueron pagados por el interesado en la copiadora de la calle.

Juan Manuel Quispe Herrera

Planoteca

Entregue Conforme

Sr. George Hamiltong Gonzales Mejia

DNI. N°70103295

Recibi Conforme

UNIDAD FUNCIONAL DE NORMAS, ASISTENCIA TÉCNICA Y CENTRO DE DOCUMENTACIÓN NACIONAL, UFNATCDN-DIEM-DGOS/MINSA

N° EXPEDIENTE:
19-060257-001

ACTA DE ENTREGA DE INFORMACION SOLICITADA

CENTRO DE DOCUMENTACION NACIONAL - CENDOC DIEM/DGOS-MINSA

FECHA:
13-06-19

INSTITUCION Y/O DEPENDENCIA: <i>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas</i>		
REFERENCIA:		
ASUNTO:		
<i>Solicita sacar Copias de planos Hospital Juan Casimiro Allosa</i>		
OBJETIVO:		
FECHA DE PRÉSTAMO: <i>13-06-19</i>		
FECHA DE DEVOLUCIÓN: <i>13-06-19</i>		
SOLICITANTE: <i>George Hamilton Gonzalez Mejia</i>		
N° DNI: <i>70103295</i>		
DOCUMENTACION SOLICITADA	CANTIDAD	DETALLE DE DOCUMENTACION SOLICITADA
<i>Arquitectura</i>	<i>07</i>	
<i>Estructuras</i>	<i>06</i>	
OBSERVACIONES:		
<i>* Las Copias de los planos se sacaron en la Copiadora de la Calle y los planos originales se devuelven. 13- planos</i>		

AUC
RADPS

MINISTERIO DE SALUD
BUNKER SECURITY SAC
D IEM
SALIDA *11:38*
ENTRADA *13:38*
FECHA *13.06.19*

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Operaciones en Salud
Dirección de Regulación y Mantenimiento

MARIO ABEL ALTAGA MARRO
Jefe de Equipo
Unidad Funcional de Normas Asistencia Técnica
y Centro de Documentación Nacional
AUTORIZACIÓN

JEFE (e) UFNATCDN/DIEM-DGOS

OFICINA O AREA QUE ENTREGA
CENDOC/UFNATCDN

Planoteca
Juan Manuel Quiroga Herrera

SOLICITANTE
DNI: *70103295*

George H. Gonzalez Mejia

PERÚ

Ministerio
de SaludSOLICITUD DE ACCESO
A LA INFORMACIÓN PÚBLICA(Texto Único Ordenado de la Ley N° 27805, Ley de Transparencia
y Acceso a la Información Pública, aprobado por
Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)

(*) Datos Obligatorios

N° DE SOLICITUD

19-004765

05/06/2019

FORMULARIO

I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN

HERRERA CHEJO JUAN LUIS

II. DATOS DEL SOLICITANTE

APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL GONZALES MEJIA GEORGE HAMILTON

TIPO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD

☒ D.N.I. ☐ L.M. ☐ R.U.C. ☐ C.E. ☐ OTRO

DOCUMENTO DE IDENTIDAD

78103295

DOMICILIO Av / Calle / Jr / Paj

JR. AGUILAR

N° / DPTO. / INT. URBANIZACIÓN

424

DEPARTAMENTO

HUANUCO

PROVINCIA

HUANUCO

DISTRITO

HUANUCO

CORREO ELECTRÓNICO

L231521586@upc.edu.pe

TELÉFONO

942883099

III. INFORMACIÓN SOLICITADA

PLANOS DE ESTRUCTURAS DE LOS HOSPITALES: SANTA ROSA, JOSE CASIMIRO ULLOA,
ARZOBISPO LOAYZA Y DOS DE MAYO, PARA REALIZAR UNA INVESTIGACIÓN TITULADA
"FUNCIONES DE FRAGILIDAD MEDIANTE SIMULACIÓN MONTECARLO PARA REDUCIR LA

400

IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN

☒ MINSA ☐ OTROS

DIRECCIÓN GENERAL DE OPERACIONES EN SALUD

V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN

☒ COPIA SIMPLE ☐ DISKETTE ☐ CD ☐ CORREO ELECTRÓNICO ☐ OTRO

VI. OBSERVACIONES

DOCUMENTO: IC_054_19 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UPC.
EXPEDIENTE N° 19-060257-001

200

Nueva Solicitud

Imprimir

Cancelar

Recibido: P. Planotea
Manuel Quipa
06-06-19
Hora: 12.15. AM.

<https://www.minsa.gob.pe/portal/>