



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de
Hidrografía y Navegación para determinar nivel de resistencia por
impacto de tsunamis - Callao 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Olano Velasque, Daniel Alfredo (ORCID: 0000-0002-9198-998X)

ASESOR:

Ing. Minaya Rosario, Carlos (ORCID:0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a mi madre, por su constancia y apoyo incondicional. A mis hijos, la principal fuente y deseo de superación. A mis hermanos, quienes me acompañan siempre, a quienes le dedico con mucho cariño este logro y que tengan presente, ustedes también pueden.

Agradecimiento

Al Mg. Fis. César Omar Jiménez Tintaya, por su gran aporte, experiencia y conocimiento en Tsunamis.

Al Hidrógrafo Pablo Hernán Broncano Loli por su gran apoyo y compartir sus conocimientos y experiencia sobre análisis de mareas para eventos de tsunamis.

A la Dirección de Hidrografía y Navegación, institución en la que laboré 16 años y de donde adquirí la pasión por las ciencias del mar.

A la Blga. Mblga. Vilma Montero Celestino, por su constancia, motivación y apoyo constante en la redacción de la presente tesis.

A mis compañeros de la Universidad Edson Waldo Minaya Lescano y Gary Delgado Lazo, porque además de compañeros son mis amigos, haciendo divertido esto. Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.- Introducción	1
II. Marco teórico	5
III. Metodología	10
3.1 Tipo y diseño de investigación	10
3.2 Operacionalización de variables.....	10
3.3 Población, muestra y muestreo	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5 Procedimiento	16
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS.....	18
4.1 Ubicación geográfica	18
4.2 Vulnerabilidad sísmica.....	20
4.3 Diseño estructural	22
4.4 Estudio de mecánica de suelos.....	29
4.5 Parámetros de la ola	31
4.6 Fuerzas inducidas por el tsunami.....	34
4.7 Fuerza de impulso.....	35
V. DISCUSIÓN.....	36
VI. CONCLUSIONES	39
VII. RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS.....	41

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de grados de vulnerabilidad sísmica	20
Tabla 2. Factor de zona	22
Tabla 3. Periodos “T _P ” y “T _L ”	22
Tabla 4. Categoría de la edificación	23
Tabla 5. Factor de suelo	23
Tabla 6. Sistema estructural	24
Tabla 7. Resultados ensayos de esclerometría	25
Tabla 8. Separación entre edificios	25
Tabla 9. Resumen de cargas del edificio “A”	28
Tabla 10. Distribución de fuerzas sísmicas en el edificio “A”	29
Tabla 11. Resultados de ensayo de corte	30

Índice de figuras

Figura 1. Combinaciones de carga mezclados.....	8
Figura 2. Formas de disposición de una estructura.....	9
Figura 3. Ubicación del balneario Chucuito - Callao.....	18
Figura 4. Ubicación de la Dirección de Hidrografía y Navegación	19
Figura 5. Ubicación del Edificio “A” en las instalaciones de la DHN	19
Figura 6. Indicadores de vulnerabilidad sísmica del edificio “A” DHN	21
Figura 7. Porcentajes de vulnerabilidad sísmica	21
Figura 8. Distribución de fuerzas sísmicas por niveles.....	29
Figura 9. Deformación tangencial y esfuerzo normal	30
Figura 10. Muestreo de calicatas lado norte.....	31
Figura 11. Muestreo de calicatas lado sur	31
Figura 12. Registro del tsunami 15 de agosto 2007, estación mareográfica La Punta - Callao	32
Figura 13. Registro del tsunami 17 de octubre 1966, estación mareográfica La Punta – Callao.....	33
Figura 14. Registro del tsunami 3 de octubre 1974, estación mareográfica La Punta – Callao.....	34

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue demostrar como la evaluación estructural del edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis.

Los elementos estructurales del edificio "A", presentan un 54% de condición favorable como vulnerabilidad baja, 33% de condición intermedia como vulnerabilidad moderada y 13% de condición desfavorable como vulnerabilidad alta, mientras que el estudio de mecánica de suelos nos arrojó un ángulo de fricción interna de 33.4° , una densidad seca promedio de 1.966 gr/cm^3 , un esfuerzo normal de 1.0 kg/cm^2 y un esfuerzo de corte máximo promedio de 0.633 kg/cm^2 ; lo cual denota estáticamente una infraestructura estable.

El análisis de la información de mareógrafos en el Callao, determinó un RunUp de 10 m y un tiempo de arribo de la primera ola en 23 minutos.

Mediante el análisis estructural se pudo determinar la fuerza hidrostática (1052.29 t), la fuerza hidrodinámica (492.15 t) y la fuerza de impulso (738.22 t), para luego, mediante un equilibrio de fuerzas determinar que la fuerza lateral total (F. hidrostática + F. hidrodinámica) inducida por el tsunami de 1544.44 t es superada por la fuerza ofrecida por el edificio (2602.79 t) en 69% sobre la ola; determinando que el edificio "A" ofrece resistencia al impacto de tsunamis.

Palabras clave: Análisis estructural, fuerza hidrostática, fuerza hidrodinámica, fuerza de impulso, RunUp, tsunami de origen cercano.

ABSTRACT

The objective of this research work was to demonstrate how the structural evaluation of building "A" of the Dirección de Hidrografía y Navegación determines the level of resistance due to the impact of tsunamis.

The structural elements of building "A" have 54% of favorable condition as low vulnerability, 33% of intermediate condition as moderate vulnerability and 13% of unfavorable condition as high vulnerability, while the study of soil mechanics gave us an angle of internal friction of 33.4° , average dry density of $1,966 \text{ gr/cm}^3$, a normal effort of 1.0 kg/cm^2 and an average maximum cutting effort of 0.633 kg/cm^2 , which indicates that the infrastructure is statically stable.

The analysis of the tide gauge information in Callao determined a Run Up of 10m. and a time of arrival of the first wave in 23 minutes.

By means of the structural analysis, the hydrostatic force (1052.29 t), the hydrodynamic force (492.16 t) and the momentum force (738.22 t) could be determined, and then, by means of a balance of forces, determine that the force total lateral (F. hydrostatic + F. hydrodynamic) induced by the 1544.44 t tsunami is surpassed by the force offered by the building (2602.79 t) by 69% on the wave; determining that building "A" offers resistance to the impact of tsunamis.

Keywords: Structural analysis, hydrostatic force, hydrodynamic force, impulse force, RunUp, tsunami of near origin.

I INTRODUCCIÓN

La realidad problemática se enfoca en que los tsunamis, llamados también maremotos, son fenómenos marinos, de poca recurrencia, con gran secuela de destrucciones y pérdidas de vidas humanas que pueden ocasionar a lo largo de las costas. ¹

Los tsunamis vienen a ser trenes de ondas u olas marinas de periodos largos que arriban a las costas con un periodo de entre 10 a 70 min, en función de la distancia del punto de generación de la onda. Los tsunamis de origen cercano arriban con un periodo promedio de 10 minutos, mientras que los de origen lejano arriban con un periodo de 120 minutos. Estas olas de tsunami, excepcionalmente pueden alcanzar un Run Up de hasta 40 m. ²

En el tsunami del Océano Indico del 2004, perdieron la vida 230 mil personas en 14 países ubicado en sus costas y en las islas dentro de dicho océanos; en el terremoto y tsunami de Tohoku-Oki - Japón en el 2011, fallecieron cerca de 20 mil personas, la gran mayoría debido al tsunami, el Run Up o altura máxima de inundación en inmediaciones de la costa excedió el umbral estimado que estaba basado en los tsunamis de Sanriku de 1896 (30 mil víctimas) y del año 1993 (3 mil víctimas), en el cálculo de la probabilidad de altura no se había considerado la información estadística del tsunami ocurrido en el año 869 DC, de similares características al sismo y tsunami de Tohoku 2011, que fue catalogado como un tsunami con periodo de retorno de 1000 años. ³

Sísmicamente, nuestro país está sobre una zona de actividad intensa en el mundo y, por ende, siempre estará expuesto a ser afectado por movimientos sísmicos de diferente magnitud y niveles de agitación del suelo,⁴ causando desastres con considerables daños materiales y pérdidas de vidas humanas, aunque no hay una frecuencia continua como sucede en Hawái, Japón, etcétera.

¹ KUROIWA, Julio y JIMÉNEZ, César. Guía práctica para la reducción del riesgo. Lima: INDECI 2014. p.19

² Dirección de Hidrografía y Navegación. Revista de tsunamis. Lima. 2014. p.17

³ KUROIWA, Julio y JIMÉNEZ, César. Guía práctica para la reducción del riesgo. Lima: INDECI 2014. p.12

⁴ TAVERA, Hernando. Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, Lima: Instituto Geofísico del Perú, 2014, p.36.

La provincia del Callao se encuentra en constante riesgo sísmico y por ende bajo una amenaza latente de ser afectados por tsunamis, debido a que nuestro litoral se encuentra ubicado en el anillo de Fuego del Pacífico, que es un área de subducción muy importante en el mundo, con un arduo movimiento sísmico y volcánico, con la amenaza permanente y latente de ser azotados por tsunamis, en los sistemas y planes de evacuación ante un terremoto y con un posterior tsunami que afectaría a los pobladores del distrito del Callao.

En el Puerto del Callao, estos acontecimientos han sucedido en 1589, 1644, 1678, 1687, 1705, 1716, 1746, 1806, 1828, 1868, 1877, 1878, 1883, 1942, 1946, 1952, 1957, 1960, 1964, 1974, 1996, 1996, 2001, 2007, pero intensidades y duración distintas, siendo el más destructivo el del 28 de octubre de 1746. De los cinco mil chalacos, solo sobrevivieron 200 personas; estadísticamente, en el océano Pacífico se han generado más del 70% de estos fenómenos, en relación a todo el mundo. ⁵

La Dirección de Hidrografía y Navegación cuenta en sus instalaciones con cuatro edificios, de los cuales el Edificio "A" tiene una infraestructura de tres pisos más un sótano, tiene una disposición transversal a la dirección de las olas, lo cual ante un evento de tsunami de origen cercano sería impactado por la carga de las olas que podrían dañar sus estructuras. La resistencia de las estructuras tsunami-sismo resistentes dependen de las fuerzas que son inducidas por el tsunami como son: Fuerzas hidrodinámicas, hidrostáticas, de empuje, de impacto, de impulso, embalse, fuerzas verticales y fuerzas de sobrecarga. ⁶

El desempeño sísmico no satisfactorio de muchas estructuras diseñadas de acuerdo a normativas modernas ha causado preocupación en la ingeniería estructural. Esto hecho es de gran relevancia ya que, desde que se verificaron pérdidas gigantescas en el ámbito económico material y como resultado de los recientes sucesos de movimientos telúricos, la gran mayoría de pérdidas han generado la urgencia de implementar técnicas de diseño que generen y aprueben un buen examen del deterioro en las construcciones en zonas de sismicidad alta.

⁵ Dirección de Hidrografía y Navegación. Revista de tsunamis. Lima; 2014. pp. 20-21, 37-38. ISBN: 978-9972-764-18-9

⁶ TAVERA, Hernando. Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, Lima: Instituto Geofísico del Perú, 2014, p.5. ISBN: 978-612-45795-9-2

En gran diferencia con el tiempo remoto, el trabajo de las recientes construcciones debe generar la conciencia en las precauciones de fallas en las estructuras del tipo catastróficas, durante los movimientos sísmicos severos. Los edificios que se construyan deben complacer varias necesidades complejas socioeconómicas, lo que ocasiona que el deterioro en sus unidades (no estructurales y estructurales), y contenidos deben ser meticolosa y explícitamente controlados. ⁷

La formulación del problema, nos da un **PROBLEMA GENERAL** y es: ¿De qué manera la evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?

Asimismo, nos presenta los **problemas específicos**:

- ¿De qué manera la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada, determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?
- ¿De qué manera la caracterización de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural, determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?
- ¿De qué manera el análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación, determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?

La **justificación** del estudio, es el desempeño insatisfactorio de muchas estructuras diseñadas con reglamento modernos ante los impactos de tsunamis de los últimos tiempos ha generado la preocupación y ha proporcionado muchas lecciones que se podrían mejorar y evitar con la gestión de la evaluación para el mejoramiento de nuestras infraestructuras de las instituciones representativas y expuestas a posibles eventos sísmicos; las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación, fueron construidas en base a un diseño tsunamisismoresistente en el año 1985 y están “señalados” como edificios para ser empleados en la evacuación vertical en

⁷TERÁN, Amador, El futuro del diseño sismorresistente de las edificaciones de concreto reforzado: una visión basada en la sustentabilidad. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2010, 16pp.

caso de tsunami, pero el edificio “A” tiene una posición transversal con respecto a la dirección de las olas, la presencia de un sótano, el tiempo de construcción, la magnitud más grande de la región según Jiménez (2015) de 9.0 Mw con consecuencia de tsunami con olas de 11 metros de altura causarían el debilitamiento de sus estructuras por estar en posición transversal no adecuada para resistir el impacto de fuerzas inducidas por el tsunami.

La **Hipótesis general**, nos propone que, la evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.

Las **Hipótesis específicas** son: “La vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019”, “La caracterización de las instalaciones en la evaluación estructural de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019” y “El análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.

El **Objetivo general** fue: “Demostrar como la evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis – Callao 2019”.

Los **Objetivos específicos** fueron: “Determinar la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada para hallar el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019”, “Efectuar la caracterización de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación, como parte de la evaluación estructural para determinar el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019” y “Determinar el análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación para hallar el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.

II MARCO TEÓRICO

Los **antecedentes**, hablan de estudios en maremotos o tsunamis y evaluaciones sobre todo para la generación de cartas de inundación que emplearon la técnica de Yamaguchi,⁸ para calcular los tiempos de arribo de olas empleando la técnica de refracción de olas. Hebenstreit & Whitaker (1981) hicieron evaluaciones del peligro que representan los tsunamis, empleando la modelación numérica para Sudamérica, incluyendo a nuestro país como una fuente homogénea sísmica de 8.7 Mw; pero, únicamente pudieron calcular los turnos de llegada de olas y la amplitud de la ola empleando mareogramas sintéticos. Jiménez et al (2010), participaron en el Proyecto de prevención de desastres SIRAD COOPI-IRD denominada: *“Preparación para la respuesta y recuperación temprana ante sismo y/o tsunami en Lima Metropolitana y el Callao”*, en el que usaron un origen sísmico homogéneo de $M \approx 9.0$ Mw, que sirve para generar las cartas de inundación por tsunamis a través la modelación numérica.

Shoji et. al. en el 2014 evaluaron el daño a las paredes de ladrillos de mampostería confinada o bloques de concreto de casas sujetas a la carga de las olas de un tsunami. Este estudio fue inducido por tres tsunamis - uno durante el 2001 en la costa cercana del Perú, una en 2009 en las islas Samoa y una en 2010 en Maule, Chile. Se analizaron 13 paredes dañadas de 10 casas de una sola planta ubicadas cerca de la costa. Evaluaron la presión de las olas del tsunami. Basado en la fórmula planteado por Asakura et al. (2000). Siendo necesario aclarar el mecanismo de tsunami que actúa sobre la carga de las olas y sobre los componentes estructurales de la vivienda o edificios de evacuación de tsunami.

Mas Samanez en el 2009 en su investigación, *“Estructuras de concreto armado tsunami sismo resistentes basadas en experiencias de los tsunamis”* puede concluir: Que en el Perú los logros en la gestión de riesgos por tsunami ha crecido considerablemente existiendo actores sociales como el Gobierno de la Región Callao y el Programa Tsunami Ready, el Instituto Nacional de Defensa Civil a través del *“Programa de Ciudades Sostenibles”*, pero se puede apreciar que estos

⁸ Dirección de Hidrografía y Navegación. Revista de tsunamis. Lima: 2014. p.55. ISBN: 978-9972-764-18-9

esfuerzos aun no son integrados con efectividad a los instrumentos de gestión local, control y orientación de la población con el fin de evitar estos riesgos, esto reduce los efectos identificados en las infraestructuras producto de tsunamis y genera propuestas de caracterización de las edificaciones tsunami-resistentes bajo estos tres aspectos (Planeamiento Urbano, Ingeniería y Arquitectura), concluyendo que las estructuras de concreto armado tienen un comportamiento en favor y frente a los requerimientos del tsunami y lograrían la mejoría al considerarse específicamente todas las fuerzas inducidas al diseño estructural.

Tomoya y Col. en el 2012, presentan en un artículo los resultados de investigaciones de las implicancias del **tsunami de Tohoku** y se resume el daño para varias localidades, analizando los mecanismos de daño de una variedad de estructuras y proponen la necesidad de la filosofía sobre la Gestión de Desastres Naturales en el Japón sea bien evaluada y revisada.

Contreras y Winckler en el 2013, reúnen y sistematizan los antecedentes de acciones de exploración y evaluación post-tsunami, efectuados en las costas de Chile central. Se logra establecer una personalización estadística y cualitativa de las pérdidas de existencias, casas, construcción portuaria costera y diversas embarcaciones, apartando las pérdidas relacionadas al tsunami o maremoto de aquellas que se le atribuyen en exclusividad al sismo. Mediante un catastro que integra información de distintas fuentes de naturaleza distinta, lo que contribuye a evaluar los daños asociados al tsunami que es precedido del terremoto de momento $M_w = 8.8$ del 27 de febrero del 2010 en Chile.

Imamura (2006), implementa el Modelo de propagación del maremoto denominado TUNAMI (**T**ohoku **U**niversity's **N**umerical **A**nalysis **M**odel for Investigation of Near-field tsunamis, No 1), en la Universidad de Tohoku, Japón; que determina matemáticamente en un diagrama de diferencias finitas (utilizando el esquema escalonado del salto de rana) las ecuaciones de la dinámica de los fluidos, simulando la propagación (modelo lineal para la propagación en el océano en coordenadas esféricas) e inundación mediante condiciones de frontera cuando el agua desborda las estructuras (modelo no-lineal en coordenadas cartesianas) del maremoto.

Las teorías que guardan relación al tema, conceptúan a **La evaluación estructural** en una obra o construcción, es hablar de un análisis a detalle de distintas técnicas y equipos usados en su realización para medir la capacidad de la estructura para soportar su peso y analizar los daños existentes o posibles daños más adelante, determinando sus orígenes, determinando de esta forma el nivel de seguridad que posee y el costo que llevaría repararlo.

La Infraestructura, es una parte de la construcción que ubicada por debajo del nivel medio del suelo. Pueden ser, en cualquier obra vial o de líneas ferroviarias que comprenden distintas obras para conseguir la base plana. Asimismo, en edificaciones es considerada la cimentación como el elemento de la infraestructura.

La Edificación, viene a ser una estructura del tipo permanente, cuyo fin es proporcionar habitabilidad y confort a las personas, éstas son conformadas por instalaciones tipo fijas y complementarias.⁹

El **diseño estructural**, es la combinación de ciencia y arte en conjunción con las unidades de análisis estructural, como la estática y la mecánica de los materiales, con el objeto de diseñar una estructura.¹⁰

La **Fuerza hidrostática**, es la generación de fuerza ocasionada por el agua en calma o en movimiento a velocidades leves, lo que actúa en forma perpendicular sobre superficies horizontales. Una inestabilidad en la presión como resultado de la diferencia en los niveles de agua en los costados del elemento estructural genera esta fuerza.¹¹

La **Fuerza hidrodinámica o de arrastre**, es la fuerza es la función de la velocidad de la onda y del coeficiente de arrastre, quién cambia dependiendo de la geometría del elemento estructural sobre el cual sucede el flujo. Este flujo es uniforme, al igual que la presión constante durante toda la longitud del flujo y el punto de aplicación de esta fuerza resultante, está localizado al centro del área proyectada.¹²

⁹ Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: 2016. p.17

¹⁰ Zapata, Luis. Diseño Estructural en Acero. Lima: s.e. ed. 2004. p.1

¹¹ JOHANNING, Daniel y Castillo, Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 3

¹² JOHANNING, Daniel y Castillo, Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 3

La **Fuerza por el impacto de escombros** de una onda de tsunami que se desplaza hacia tierra adentro a alta velocidad, arrastrará una variedad de escombros, como vehículos, partes de casas, todo tipo de maderas, embarcaciones menores, buques y contenedores de carga. El impacto de estos objetos en una estructura en la costa puede alentar fuerzas significativas sobre la estructura, lo cual puede provocar fuertes daños a las estructuras hasta el colapso.

La fuerza por impacto de escombros es despreciable al analizar la fuerza lateral total sobre la estructura, pero, si es importante en el diseño de elementos estructurales de forma individual sujetos al impacto.¹³

El impacto inicial contempla solo la fuerza de impulso y la fuerza por impacto de los escombros, mientras que, en el post impacto se incluyen la fuerza hidrostática, hidrodinámica y por impacto de escombros (Figura 1).

Esta última fuerza no forma parte de la fuerza lateral total, pero sí es necesario sea considerado en el diseño de los elementos constituyentes del piso.¹⁴

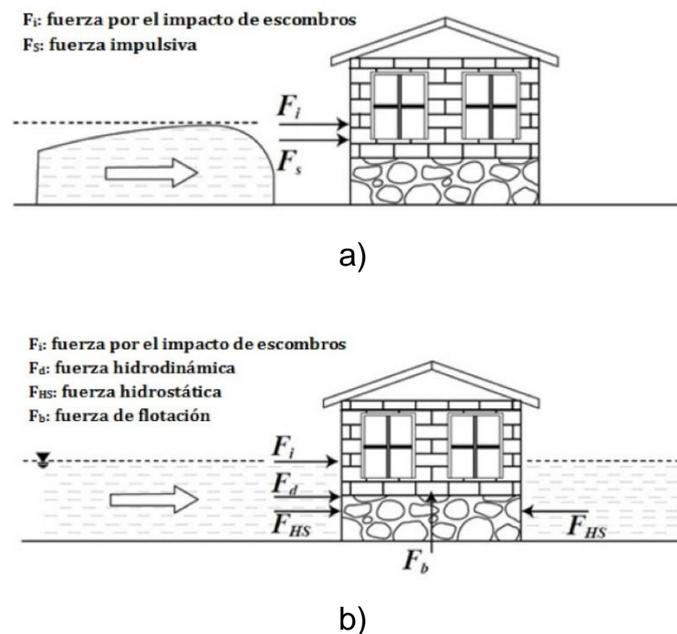


Figura 1. Combinaciones de carga mezclados con a) el impacto inicial y b) el post-impacto.¹⁵

¹³ JOHANNING, Daniel y Castillo, Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 4

¹⁴ JOHANNING Daniel y Castillo, Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 4

¹⁵ JOHANNING, Daniel y Castillo, Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 4

Entre **Otras consideraciones** en el diseño, es importante la orientación de la estructura para disipar las cargas direccionales de la onda de un tsunami. Las fuerzas inducidas por un maremoto aumentan proporcionalmente con la superficie expuesta de la estructura. En tal sentido, es importante considerar en el diseño la orientación de los edificios, poniendo el lado corto orientado hacia el mar (ver Figura 2). En tal sentido las paredes estructurales deben estar orientadas de tal forma que se reduzca el área de exposición. ¹⁶

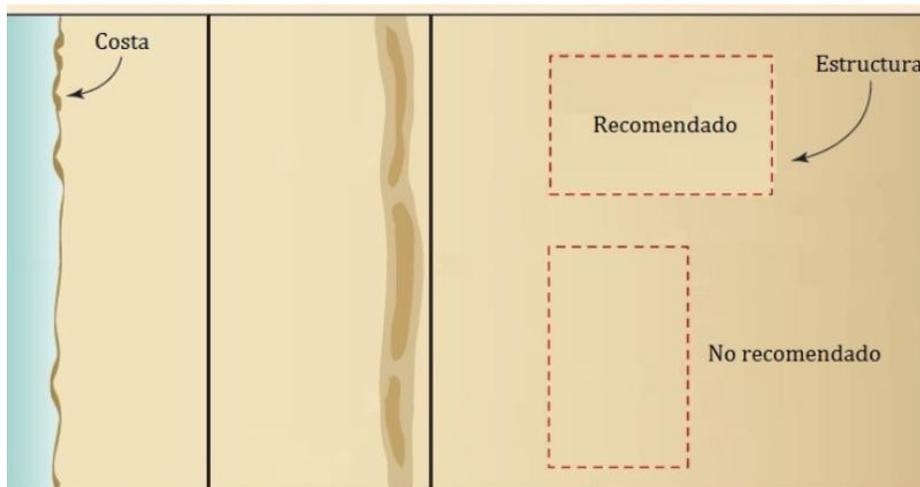


Figura 2. Formas de disposición correctas e incorrectas de una estructura considerando el área expuesta. ¹⁷

¹⁶ JOHANNING, Daniel y Castillo, Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 5

¹⁷ JOHANNING, Daniel y Castillo Rolando. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, p. 4

III METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada

El diseño de la investigación es de diseño experimental ya que cuenta con variables independientes, las que han sido manipuladas por el investigador para encontrar cambios en la variable dependiente.

3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Variables

- La variable independiente:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
- La variable dependiente:
RESISTENCIA POR IMPACTO

Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE					
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	Hablar de una evaluación estructural en una construcción, es hablar de un análisis a detalle de distintas técnicas y equipos usados en su realización para medir la capacidad de la estructura para soportar su peso y analizar los daños existentes o posibles daños más adelante, determinando sus orígenes,	Se debe utilizar y seguir los lineamientos establecidos en la Publicación "Análisis y diseño estructural de evacuación vertical resistente a sismos y tsunamis" del SENCICO (Condori, 2017, p32) teniendo debidamente ordenado dicho proceso en las dimensiones de la variable en estudio,	Vulnerabilidad sísmica	Dureza estructural	Ensayo con esclerómetro (resistencia), Fichas de recolección de datos y guía observacional
				Daños de tipo estructural	
			Diseño estructural	Elementos estructurales	Fichas de recopilación de datos y guía observacional
				Sistema estructural	
				Métodos de diseño	
			Estudio de Mecánica de suelos	Características Geotécnicas del terreno	Fichas de recopilación de datos, calicatas, Perfil estratigráfico
Nivel de erosión Capacidad de carga					

determinando de esta forma el nivel de seguridad que posee y el costo que llevaría repararlo. Una evaluación estructural es considerada como una realización de ensayos, inspecciones, mediciones y en algunos casos un recalcado del edificio, lo cual puede demandar más tiempo. ¹⁸	determinando en primer lugar la vulnerabilidad sísmica del lugar donde se ubica el edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación, caracterizando luego la estructura, identificado el tipo de estructura, dimensiones y demás características requeridas, realizando posteriormente el análisis estructural.	Nivel freático
--	---	----------------

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
DEPENDIENTE					
RESISTENCIA POR IMPACTO	El nivel de resistencia por impacto de tsunamis de una estructura: es el comportamiento frente a las fuerzas	En la publicación de SENCICO y el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento en Perú (2017), Se plantean los criterios de diseño de estructuras resistentes a sismos y tsunamis	Parámetros de la ola	Altura de la ola Velocidad de la ola Tiempo de arribo	Fichas de recolección de datos
			Fuerzas inducidas por el tsunami	Fuerza hidrostática Fuerza hidrodinámica	Hojas de cálculo y desarrollo de fórmulas.

¹⁸ PARRALES, Glider et al. Conservación de edificaciones. Ecuador: Universidad estatal del Sur de Manabí, 2018, 125pp. ISBN: 978-84-948257-8-1, p21

	<p>generadas por un tsunami.¹⁹</p>	<p>las Fuerzas inducidas por tsunamis, las cuales se deben tener en cuenta para el determinar la resistencia de una estructura servirán para evaluar el impacto del tsunami a las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación; se mencionan las fuerzas que produce un tsunami sobre una edificación. Éstas fuerzas son: hidrostática, hidrodinámica y por impacto Estas fuerzas dependen básicamente de tres parámetros: la profundidad de la inundación, la velocidad del flujo y la dirección del flujo.</p>	<p>Fuerza lateral del tsunami</p>	<p>Fuerza de empuje</p>	<p>Cálculo de presiones</p>
--	---	---	-----------------------------------	-------------------------	-----------------------------

¹⁹ CONDORI, Johnny. Análisis y diseño estructural de evacuación vertical resistente a sismos y tsunamis. Lima Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción, 2017, p.12.

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población

La población vendría a ser el lugar exacto donde vamos a trabajar, por lo tanto, en nuestro proyecto de investigación vendría a ser el distrito.²⁰

Para este proyecto de investigación, la población fue delimitada por los cuatro edificios componentes de la institución denominada: "Dirección de Hidrografía y Navegación", la cual se ubica en el distrito de Chucuito, provincia del Callao – 2019.

Muestra

Es un elemento o conjunto de elementos la cual refleja con fidelidad las características de la población al aplicar un adecuado método de muestreo.²¹

Se tiene entonces como muestra al edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación, por ser el más representativo y el que por su posición transversal es más vulnerable al impacto del tsunami.

Muestreo

El muestreo es la información proporcionada por la muestra, que tiene un valor que depende de cómo fueron seleccionados todos sus elementos.²²

Para este proyecto, el muestreo fue no probabilístico, que según Valderrama (2015), dice: "...puede haber clara influencia del investigador" (p. 193) y se seleccionará el muestreo por conveniencia, a fin de conseguir muestras representativas; por lo tanto se eligieron todos los niveles del edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación y de calificación una alta representatividad estructural según la inspección a campo que luego fueron evaluadas de forma cuantitativa a través de modelos matemáticos (programas computacionales) y alineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones a través de hojas de cálculo de Microsoft Excel.

²⁰ VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2015, p.183

²¹ VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2015, p.184

²² VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2015, p. 184

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas

La técnica de colecta de datos, es de observación sistemática, control y documentación para registrar los datos necesarios, basado en la verificación del diseño estructural y la información entregada por la Dirección de Hidrografía y Navegación, se utilizó en los planos e información entregada previa coordinación formal entre la institución y el investigador, para lo cual se cursó una carta de solicitud de información, teniendo en cuenta que es una institución de seguridad del estado. Para la evaluación de parámetros de medición se utilizaron equipos modernos y de uso común para corroborar en campo la información exigida por la norma E-030-2018, para la evaluación de estructura propiamente dicha se acudió al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería, acreditado ante INACAL.

Instrumentos

Durante el proceso de investigación se usaron fichas de recojo de datos, fichas de observación, fichas técnicas, datos de eventos reales obtenidos por los mareógrafos de Japón, Chile y Perú, los análisis de resultados de las pruebas de ensayo efectuados por un laboratorio certificado por INACAL.

Validez y Confiabilidad

Este proyecto de investigación fue realizado con fichas de observación, ensayos de esclerometría, estudio de mecánica de suelos, hojas de cálculo y software computacional para el cálculo de resistencia de la estructura por impacto de tsunami, para dar validez a este proyecto de investigación, los cuales tienen confiabilidad por estar validados por diversas normas técnicas peruanas y por la Universidad Tsukuba de Japón para determinar el nivel de resistencia.

3.5 PROCEDIMIENTOS

El procedimiento empleado, fue inicialmente recabando información del edificio “A” de la Dirección de Hidrografía y Navegación, para lo cual se tuvo que contar con un permiso de acceso a la información y a la institución, ya que es una dependencia perteneciente al Ministerio de Defensa; luego se evaluaron los planos y cálculos efectuados (1985) para efectuar una caracterización del edificio, determinación del peso del mismo, luego se hicieron ensayos de esclerómetro a algunas de las instalaciones (columnas, vigas y/o cimentación), posteriormente, se hizo un estudio de mecánica de suelos para determinar las características geotécnicas del terreno, el nivel de erosión y el nivel freático; cabe resaltar que este estudio de mecánica de suelos, fue en base a calicatas según normativas.

Con esta información obtenida de la evaluación estructural, se procedió a obtener parámetros de olas (altura, velocidad y tiempos de arribo) de tsunamis de origen cercanos ya ocurridos, tales como el tsunami de Japón, Chile y Pisco, para lo cual se emplearán formatos de registro y medición de los mareógrafos, accediendo a los “Tsunami Field Survey” que son los registros mareográficos; una vez obtenido todo lo anterior se procedió a determinar las fuerzas inducidas por el tsunami (Fuerza hidrostática y Fuerza hidrodinámica) y la fuerza lateral (Fuerza de empuje). Todos estos datos y pruebas fueron recogidos por el investigador, para poder sustentar la hipótesis presentada.

3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizaron las normas técnicas E-030 Diseño Sismo Resistente, aprobado con R.M. 355-2018–VIVIENDA del 22 de octubre del 2018.

Se efectuaron ensayos de esclerometría, que son ensayos que permiten determinar la calidad del hormigón. Mediante el esclerómetro de Schmidt se mide la dureza de la superficie del hormigón a partir de rebotes luego de impactar contra la superficie del edificio. Este valor de rebote es transformado en un valor de resistencia a la compresión a través de cálculos. Este ensayo se realiza en superficies

homogéneas de hormigón, efectuando previamente la limpieza y eliminación de la capa superficial carbonatada raspándolo.

Se efectuó un estudio de mecánica de suelos y ensayos de corte directo con la finalidad de determinar las características geotécnicas del terreno, el nivel de erosión y el nivel freático; ya que, en la zona entre La Punta y Chucuito se aprecia un estrato superficial de grava con arena densa de un espesor promedio de 7 mts., debajo existe otro estrato de arena fina con lentes de limo y/o arcilla que llega hasta la profundidad de 20 mts. en promedio.

Este primer estrato de grava crea condiciones favorables para la cimentación de cualquier edificación proyectada para La Punta. Sin embargo, desde el punto erosivo causado por los tsunamis, el estrato de grava formado por piedras pequeñas y medianas de hasta de 10 a 15 cms. de diámetro sin material cohesivo es fácilmente transportable por el agua. Este es un problema que hay que estudiar para estabilizar los suelos debajo de los edificios que existen en La Punta y Chucuito.

3.7 ASPECTOS ÉTICOS

El proyecto a desarrollarse es único, apoyado en acuerdo con la Dirección de Hidrografía y Navegación, que es una Entidad del Estado donde funciona el “Centro Nacional de Alerta de Tsunamis”, la recolección específica de datos a la institución es mediante un acuerdo de reserva, seguridad y defensa, teniendo en cuenta que los estudios son ajustados y desarrollados de forma inédita del investigador, no existiendo copia, citando debidamente las fuentes de información.

IV RESULTADOS

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación, se encuentran en el balneario de Chucuito, distrito y provincia del Callao (Ver Figura 3).

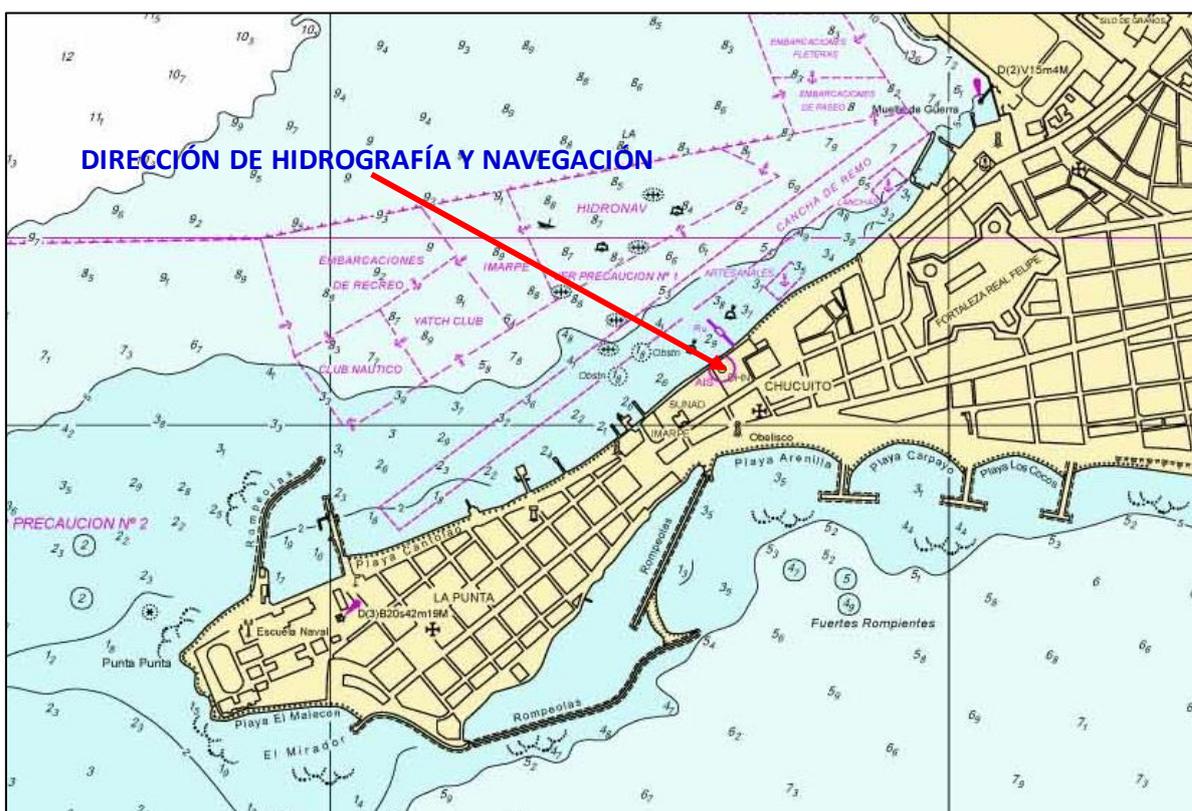


Figura 3: Ubicación del balneario Chucuito - Callao²³

El lugar de recolección de información de la muestra, es el edificio "A", ubicado dentro de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación, el cual se puede apreciar en la Figura 4.

²³ PERÚ. Dirección de Hidrografía y Navegación. Carta Náutica H-2235. 1:15,000. 737.5 mm x 1088.8 mm. 3ª ed. Lima: Dirección de Hidrografía y Navegación. 2014.



Figura 4: Ubicación de la Dirección de Hidrografía y Navegación²⁴

La ubicación exacta de la muestra es el edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación, por ser el más representativo y el que por su posición transversal es más vulnerable al impacto del tsunami, ver Figura 5.



Figura 5. Ubicación del Edificio "A" en las instalaciones de la DHN²⁵

²⁴ EARTH, Google. Mapa de Chucuito Callao [mapa en línea] [fecha de consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: https://earth.google.com/web/@-12.06574209,-77.15605494,756.91425953a,0d,35y,0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419

²⁵ Dirección de Hidrografía y Navegación, Infraestructura DHN, 2019 [fecha de consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: <https://www.dhn.mil.pe/images/nosotros/infraestructura.jpg>

4.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA

Indicadores de vulnerabilidad

Ramos, Jeymi. (2018), indica que los indicadores de vulnerabilidad reciben una calificación de 50, 25 o 5, lo que corresponde a una condición desfavorable como Vulnerabilidad Alta, al segundo a una condición intermedia indicada como Vulnerabilidad sísmica Moderada y el tercero a una condición favorable indicada como Vulnerabilidad sísmica Baja, con estos criterios de calificación se han obtenido los resultados con lo que se hizo escenarios de vulnerabilidad sísmica por indicador (Tabla 1 y figura 6).²⁶

Número	Indicadores de Vulnerabilidad	Grado de vulnerabilidad sísmica		
		Alto (50)	Moderado (25)	Bajo (5)
1	Época de construcción		25	
2	Sistema estructural		25	
3	Geometría			
3.1	Configuración en planta		25	
3.2	Configuración en altura	50		
4	Peso			
4.1	Número de pisos		25	
4.2	Tipo de cubierta	50		
5	Rigidez			
5.1.	Tipo de mampostería			5
5.2	Espesor de muros			5
5.3	Cantidad de muros			5
5.4	Altura de muros			5
6	Elementos no estructurales			5
7	Suelo y cimentación			
7.1	Coeficiente del suelo		25	
7.2	Tipo de suelo			5
7.3	Pendiente terreno de fundación			5
8	Estado de conservación			5

Tabla 1: Resultados de grados de vulnerabilidad sísmica

Fuente: Elaboración propia

²⁶ RAMOS, Jeymi. Grado de vulnerabilidad sísmica por indicador (Evaluación de vulnerabilidad sísmica y técnicas de reforzamiento estructural en viviendas autoconstruidas en unidades comunales de viviendas 110 y 120, AAHH Huaycán, 2018. Lima Perú, 2018, 293pp.

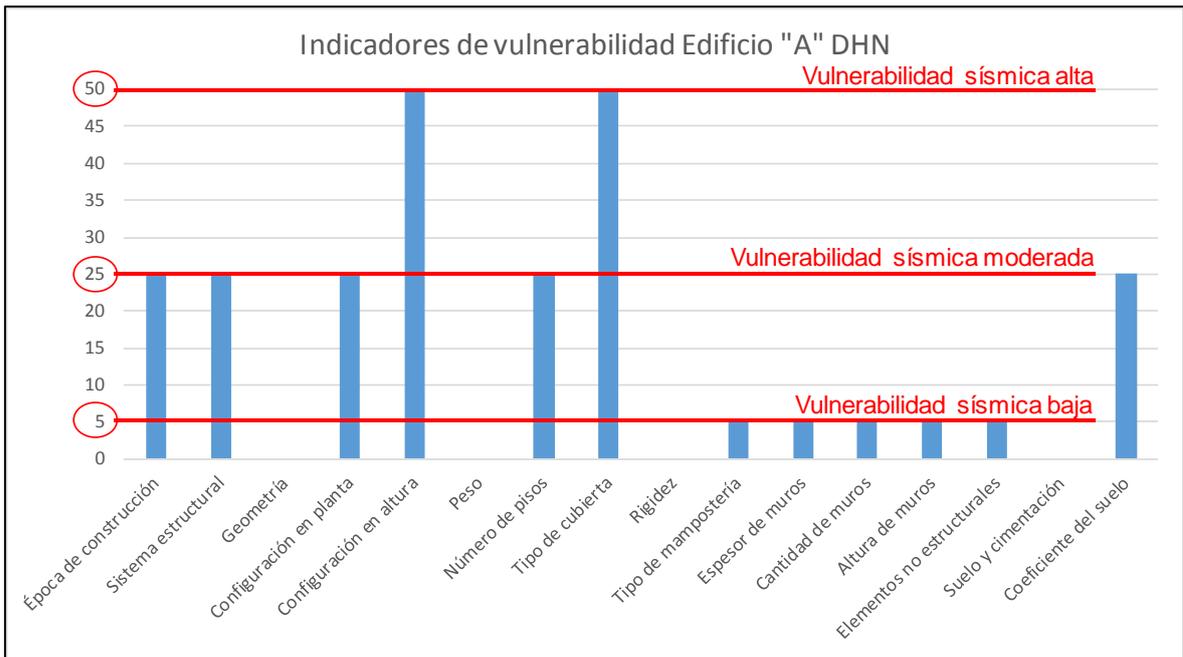


Figura 6: Indicadores de vulnerabilidad sísmica del edificio “A” DHN
Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se puede apreciar el gráfico de porcentajes de vulnerabilidad sísmica, en el que se puede apreciar que el edificio “A” tiene un 54% de condición favorable como vulnerabilidad baja, un 33% de condición intermedia como vulnerabilidad moderada y un 13% de condición desfavorable como vulnerabilidad alta.

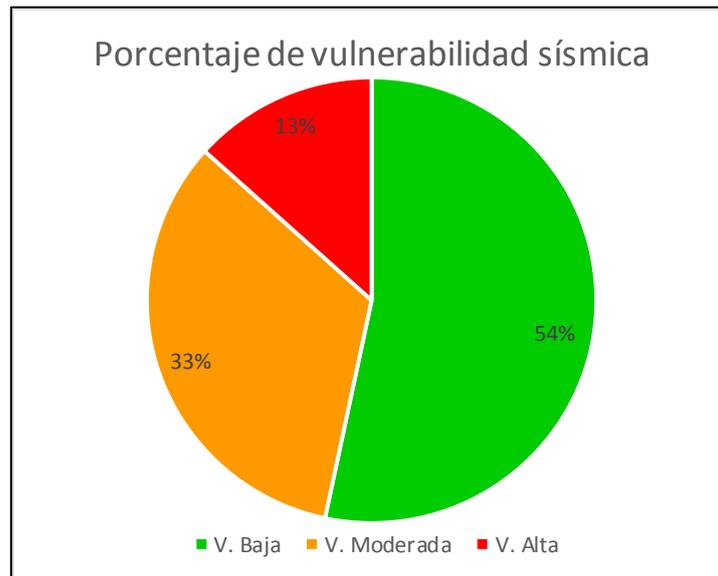


Figura 7: Porcentajes de vulnerabilidad sísmica
Fuente: Elaboración propia

4.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

Factor de zona

El edificio "A" (muestra), se encuentra en la zona 4 ($Z=0.45$), la que es altamente sísmica, según la Tabla 2.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tabla 2: Factor de zona
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la edificación se encuentra vulnerable a los eventos sísmicos.

Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo a las características del lugar, se definió el factor de amplificación sísmica (C) dada por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} T < T_P & \quad C = 2,5 \\ T_P < T < T_L & \quad C = 2,5 \cdot (T_P/T) \\ T > T_L & \quad C = 2,5 \cdot ((T_P \cdot T_L)/T^2) \\ C & = 2.5 \end{aligned}$$

Los valores de T_P y T_L se obtienen de la Tabla 3.

PERIODOS " T_P " y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Tabla 3: Periodos " T_P " y " T_L "

De acuerdo a esta clasificación, entonces se ubica a los periodos como: $T_P= 0.4$ y $T_L= 2.50$.

Sabiendo que "T" es el período de vibración, donde $T = \frac{hn}{ct}$; $C_T = 45$ (Para los edificios cuyos elementos resistentes sean: Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras o pórticos de acero arriostrados).

$h_n = \text{altura total de la edificación} = 5.5 + 3 \times 3.5 + 1.2 = 17.2 \text{ m}$

$\therefore T = 0.38 \text{ s}$

Este valor es interpretado como factor de amplificación de la aceleración estructural con respecto de la aceleración del suelo.

Categoría de edificación y factor de uso (U)

La categoría en la cual se encuentra es "A-2", siendo el edificio considerado como esencial como lo indica la NT E-030 y la Tabla 4.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR (U)
C Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0

Tabla 4: Categoría de la edificación

Factor de suelo

Según la Tabla 5, el suelo que nos presenta nuestro protocolo es suelo S_1 , que corresponde a suelo tipo roca o muy rígidos.

FACTOR DE SUELO "S"					
ZONA	SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
	Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
	Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
	Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
	Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla 5: Factor de suelo
Fuente: Elaboración propia

La norma establece que para este tipo de suelo corresponde tener una resistencia a la compresión no confinada $q_u \geq$ que 500 kPa (5 kg/cm); Arena muy densa o grava arenosa densa, con valor N_{60} mayor que 50; Arcilla muy compacta (espesor inferior a 20 mm), con resistencia al corte no drenada y valor S_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²); con nuestra capacidad admisible de 1.0 kg/cm² se entiende que el edificio se encuentra en un suelo tipo roca o suelo muy rígido (S_1).

Cálculo de coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

$$R=R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

El coeficiente de reducción para Concreto armado (pórtico) es $R_0=8$ (Tabla 6)

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente básico de reducción (R_0) *
Acero:	
Pórticos Especiales con resistencia a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios con resistencia a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios con resistencia a momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto armado:	
<u>Pórticos</u>	<u>8</u>
Tipo dual	7
Tipo muros estructurales	6
Tipo muros de ductibilidad limitada	4
Albañilería confinada o armada	3
Madera (por esfuerzos admisibles)	7

Tabla 6: Sistema estructural

Estructuras regulares, son infraestructuras que, en su configuración resisten a las cargas laterales, no presentando las irregularidades indicadas en las tablas N° 8 y N° 9 de la “Norma Técnica E-030 Diseño Sismorresistente”. En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1.0.

$$R_0 = 8.00$$

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 1.00$$

$$R = 8.0$$

Adicionalmente es necesario indicar que el edificio “A” no presenta irregularidades ni en su planta ni en la elevación, tal como lo podemos apreciar en los resultados

del informe del ensayo de esclerometría efectuado a las columnas del Edificio “A” y analizado en el Laboratorio de Ensayos de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Ingeniería (ver tabla 7 y anexo 4)

M1: E1 COLUMNA 1 - SÓTANO		M2: E2 COLUMNA 2 - SÓTANO	
Lectura	Valor del rebote	Lectura	Valor del rebote
1	42	1	42
2	43	2	43
3	42	3	42
4	42	4	42
5	41	5	42
6	41	6	40
7	40	7	39
8	41	8	40
9	42	9	41
10	40	10	40
Promedio	41	Promedio	41
Desv. Estándar	1.0	Desv. Estándar	1.0
Sentido	Horizontal	Sentido	Horizontal

Tabla 7. Resultados ensayo de esclerometría²⁷

Separación entre edificios

Para este caso la separación que tiene con la vivienda adyacente si cumple con lo estipulado por la norma y la Tabla 8.

ALTURA (h)	S $0.006 \cdot h$	NORMA $0.006 \cdot h \geq 0.03 \text{ m}$	ESTADO
6.9	0.0414 m	0.03 m	ACEPTABLE

Tabla 8: Separación entre edificios

Si la altura entre los dos pisos es 6.9 m se demuestra que el $S=0.0414\text{m}$ no supera lo establecido por la norma técnica E-030, que establece un valor de 0.03 m lo cual es aceptable para este caso, siendo no vulnerable al contacto entre viviendas colindantes.

²⁷ Informe de ensayos de esclerometría Laboratorio de ensayos de esclerometría de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, 08 noviembre 2019

Comprobación de C/R (Factor de amplificación sísmica / Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica)

El valor de C/R no debe ser menor que: $\frac{C}{R} \geq 0,125$

$$C = 2.50$$

$$R = 8.00$$

$$C/R = 0.313 \geq 0.125 \quad OK$$

Cálculo del periodo fundamental de vibración (T)

El período fundamental de vibración se estimó con la fórmula: $T = \frac{h_n}{C_T}$

Dónde:

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes son pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras o pórticos de acero arriostrados.

h_n = Altura total del edificio

$$h_n = 17.20$$

$$C_T = 45.00$$

$$T = 0.38 \text{ s}$$

ESTIMACIÓN DEL PESO (P)

El peso (P), se calculó adicionando a la carga permanente y total del edificio "A" un porcentaje de sobrecarga determinada en base a los siguientes criterios de la NT E-030:

- a. En edificaciones con categorías A y B, se considera el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de categoría C, se toma el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, se toma el 80 % del peso total a almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se considerará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de silos, tanques y estructuras similares se empleará el 100 % de la carga a contener.

METRADO DE CARGAS DEL EDIFICIO

Con la finalidad de determinar el peso del edificio, se calculará el metrado de cargas.

Datos:

Ancho de la edificación=	38.10 m
Longitud de la edificación =	15.00 m
Aligerado cuyo espesor es=	20 cm
Considerar piso terminado=	100 kg/m ²
S/C oficinas =	250 kg/m ²
t f 'c =	210 kg/cm ²
fy =	4200 kg/cm ²
Ys =	1600 kg/m ³

PISO TÍPICO 1, 2, 3.

Peso de viga en X (0.40 * 1.14) =	0.45 * 1.14 * 108.00 * 2.4 =	132.97 t
Peso propio de viga en Y (0.40 * 1.14) =	0.40 * 1.14 * 73.80 * 2.4 =	80.77 t
Peso de columna (0.45 * 0.90) * 14 =	0.45 * 0.90 * 3.5 * 2.4 =	47.63 t
Muros * 11 =	0.15 * 3.50 * 2.36 * 2.4 =	32.71 t
Peso del aligerado=	0.30 * 490.50 =	147.15 t
Acabados =	0.10 * 490.50 =	49.05 t
Tabiquería =	0.20 * 490.50 =	98.10 t
Sobrecarga =	0.25 * 0.25 * 490.50 =	<u>30.66 t</u>
	PESO TOTAL (CARGA MUERTA)	619.02 t

PISO 0

Peso de viga en X (0.40 * 1.14) =	0.45 * 1.14 * 108.00 * 2.4 =	132.97 t
Peso propio de viga en Y (0.40 * 1.14) =	0.40 * 1.14 * 73.80 * 2.4 =	80.77 t
Peso de columna (0.45 * 0.90) * 14 =	0.45 * 0.90 * 5.5 * 2.4 =	74.84 t
Muros * 11 =	0.15 * 5.50 * 2.36 * 2.4 =	51.40 t
Peso del aligerado=	0.30 * 490.50 =	147.15 t
Acabados =	0.10 * 490.50 =	49.05 t
Tabiquería =	0.20 * 490.50 =	98.10 t
Sobrecarga =	0.25 * 0.25 * 490.50 =	<u>30.66 t</u>
	PESO TOTAL (CARGA MUERTA)	664.94 t

AZOTEA

Peso de viga en X (0.40 * 1.14) =	0.45 * 1.14 * 108.00 * 2.4 =	132.97 t
Peso propio de viga en Y (0.40 * 1.14) =	0.40 * 1.14 * 73.80 * 2.4 =	80.77 t
Peso de columna (0.45 * 0.90) =	0.45 * 0.90 * 5.50 * 2.4/2 =	37.42 t
Muros / 2 =	0.15 * 5.50 * 2.36 * 2.4 =	25.70 t
Peso del aligerado=	0.30 * 490.50 =	147.15 t
Acabados =	0.10 * 490.50 =	49.05 t
Tabiquería =	0.20 * 490.50 =	98.10 t
Sobrecarga =	0.25 * 0.10 * 490.50 =	<u>12.26 t</u>
	PESO TOTAL (CARGA MUERTA)	583.42 t

Resumen de cargas	
Piso	Carga (t)
0	664.94
1	619.03
2	619.03
3	619.03
Azotea	80.77
Peso total	2602.79

Tabla 9: Resumen de cargas del edificio "A"

Fuente: Elaboración propia

Fuerza cortante en la base (cortante de piso)

La fuerza cortante total en la base de la estructura, se determinó por la siguiente

expresión: $V = \frac{Z.U.C.S}{R} P$

Datos

$$Z = 0.450$$

$$U = 1.000$$

$$C = 2.500$$

$$S = 1.000$$

$$R = 8.000$$

$$P = 2602.80 \text{ t}$$

$$\mathbf{V = 366.018 \text{ t}}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en todos los niveles del edificio "A", se han

calculado en base a: $F_i = \alpha_i \cdot V$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

a) Para $T \leq 0,5$ s: $k = 1,0$.

b) Para $T > 0,5$ s: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

Datos

$$\text{Piso 0} = 664.94 \text{ t}$$

$$\text{Piso 1} = 619.03 \text{ t}$$

$$\text{Piso 2} = 619.03 \text{ t}$$

$$\text{Piso 3} = 619.03 \text{ t}$$

$$V = 366.018 \text{ t}$$

$$T = 0.382 \text{ s} \leq 0.5 \text{ s (OK)}$$

$$k = 1.000$$

Piso	Pi	hi	(hi) ^k	Pi*(hi) ^k	α _i	V	F _i
3	619.030	16.00	16.0	9904.48	0.369	366.018	134.91
2	619.030	12.50	12.5	7737.88	0.288	366.018	105.40
1	619.030	9.00	9.0	5571.27	0.207	366.018	75.89
0	664.937	5.50	5.5	3657.16	0.136	366.018	49.82
Σ	26870.79	1.000	366.02

Tabla 10: Distribución de fuerzas sísmicas en el edificio "A"

Fuente: Elaboración propia

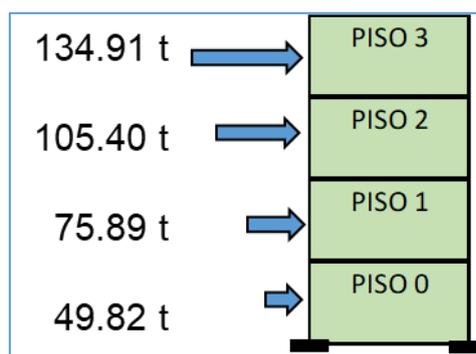


Figura 8: Distribución de fuerzas sísmicas por niveles

Fuente: Elaboración propia

4.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ensayo de corte directo

Se efectuaron 3 muestras de ensayo de corte directo en inmediaciones del edificio "A" (Ver Figuras 9, 10 y 11) de la Dirección de Hidrografía y Navegación, los cuales nos entregaron los siguientes resultados de la Tabla 11.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
Estado	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)		
Prof.(m)	: 1.50 - 3.00		
Especimen			
	I	II	III
Diámetro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	2.114	2.114	2.114
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	2.010	2.010	2.010
Cont. De humedad inicial	5.20	5.20	5.20
Altura de la muestra previo a aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.014	2.009	1.997

Altura final de la muestra (cm)	1.825	1.819	1.809
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.252	2.314	2.379
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.896	1.968	2.035
Contenido de humedad final (%)	18.80	17.60	16.90
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.320	0.631	0.950
Angulo de Fricción Interna	33.4°		
Cohesión (kg/cm ²)	0.00		

Tabla 11: Resultados de ensayo de corte
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la figura 9 se aprecian la deformación tangencial y el esfuerzo normal.

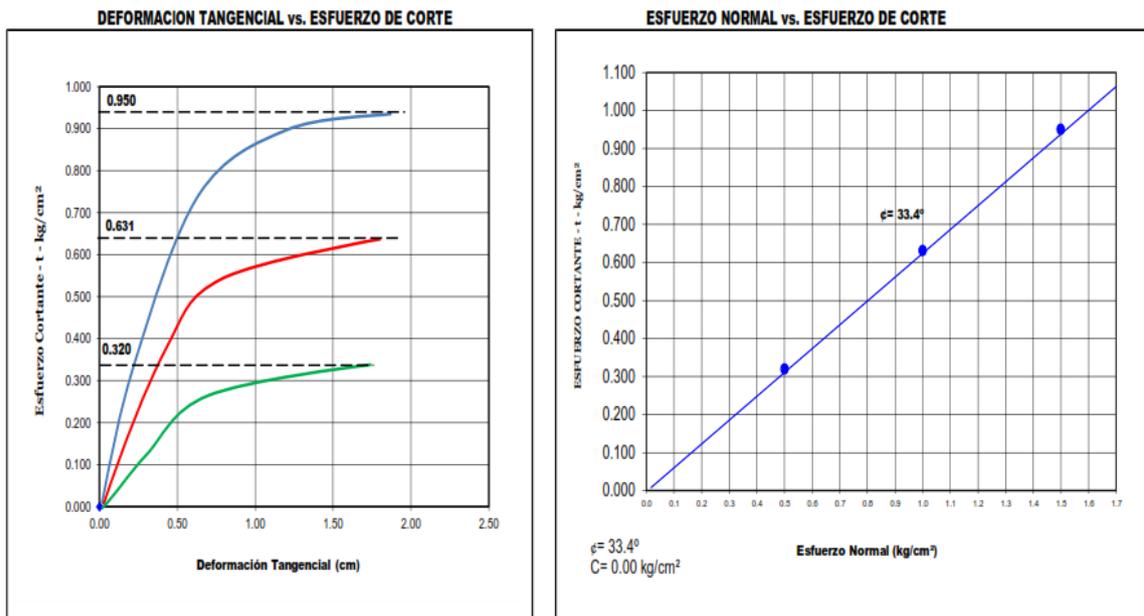


Figura 9: Deformación tangencial y esfuerzo normal
Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Muestreo de calicatas lado norte

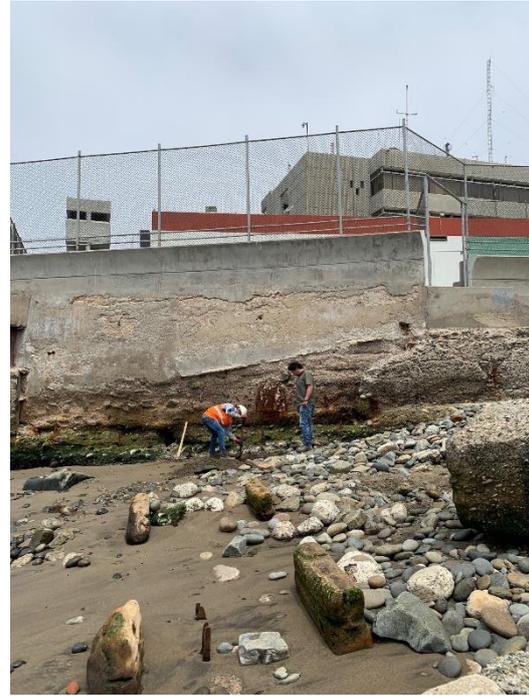


Figura 11. Muestreo de calicatas lado sur

4.5 PARÁMETROS DE LA OLA

Según los reportes del Instituto Geofísico del Perú, el sismo ocurrido el 15 de agosto del 2007 a las 18:40 h (hora local), fue de magnitud 7.9 mW y el epicentro se ubicó a 60 km frente a las costas de Pisco, en las coordenadas Lat. $13^{\circ} 40' 15''$; Long. $76^{\circ} 45' 35''$, a una profundidad de 18 km.

El tsunami, fue registrado en la estación oceanográfica de la Punta en el Callao (Figura 12), donde se puede apreciar que el arribo de la primera ola al Callao fue a las 19:36 h, es decir después de 56 minutos de ocurrido el sismo.

La amplitud máxima registrada en el mareógrafo fue de 2.06 m, con respecto a su amplitud normal de 0.15/0.20 m.

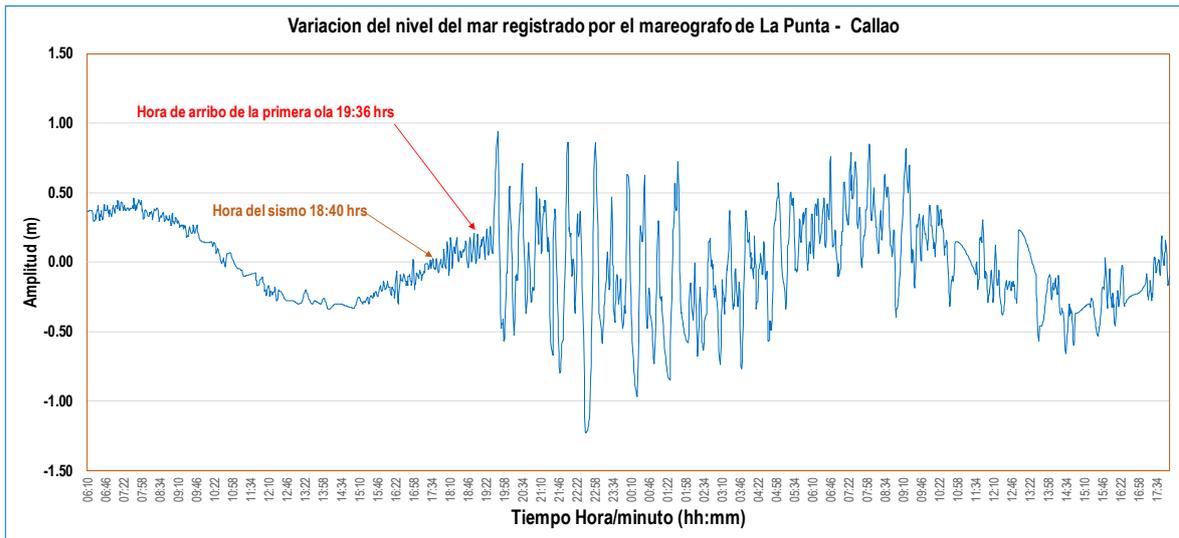


Figura 12: Registro del tsunami 15 de agosto 2007 en la estación mareográfica La Punta - Callao

Fuente: Elaboración propia

Según los reportes del Instituto Geofísico del Perú, el sismo ocurrido el 17 de octubre del año 1966 a las 21:41h (hora local), fue de magnitud 8.1 mW y el epicentro localizado frente al puerto de Barranca en las coordenadas Lat.10.74°, Long. 78.79°, a una profundidad de 21 km.

Este sismo produjo un tsunami, el mismo fue registrado en la estación mareográfica de la Punta en el Callao (Figura 13), donde se puede apreciar que el arribo de la primera ola al Callao fue a las 22:03 h, es decir después de 22 minutos de ocurrido el sismo.

La amplitud máxima registrada en el mareógrafo fue de 1.81m, con respecto a su amplitud normal de 0.10/0.15 m.

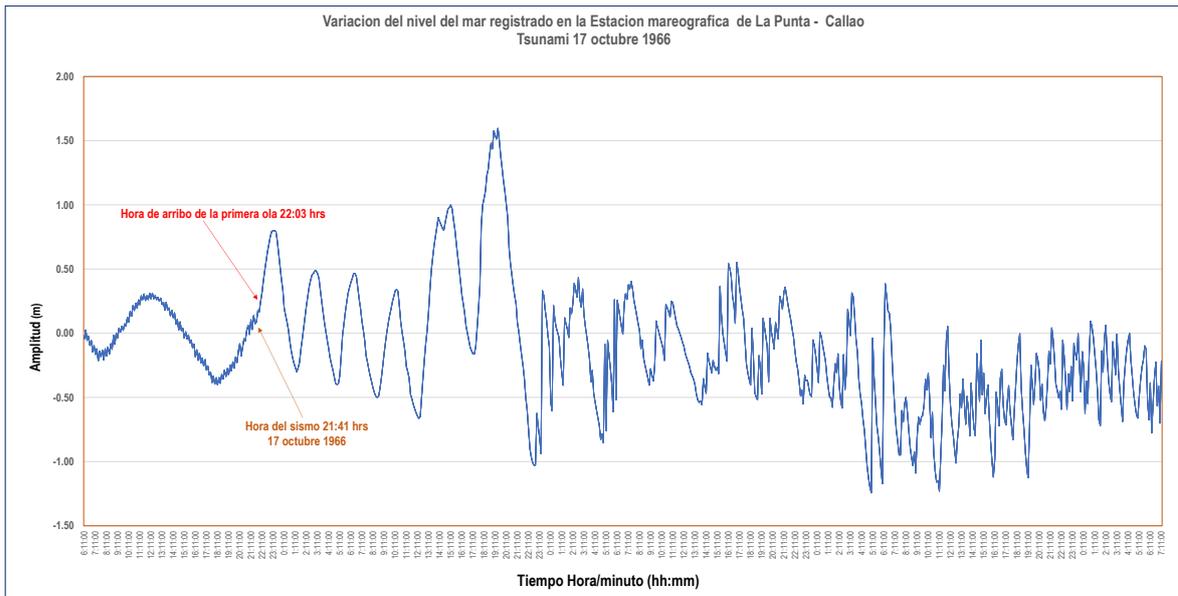


Figura 13: Registro del tsunami 17 de octubre 1966, estación mareográfica La Punta – Callao.

Fuente: Elaboración propia

Según los reportes del Instituto Geofísico del Perú, el sismo ocurrido el 3 de octubre del 1974 a las 09:31hrs (hora local), fue de magnitud 8.1 mW y el epicentro localizado frente al Callao en las coordenadas Lat. 12.3° sur y Long. 77.5° oeste.

Este sismo produjo un tsunami, el mismo fue registrado en la estación mareográfica de la Punta en el Callao (Figura 14), donde se puede apreciar que el arribo de la primera ola al Callao fue a las 09:44 hrs, es decir después de 13 minutos de ocurrido el sismo.

La amplitud máxima registrada en el mareógrafo fue de 1.49 m, con respecto a su amplitud normal de 0.05/0.10 m.

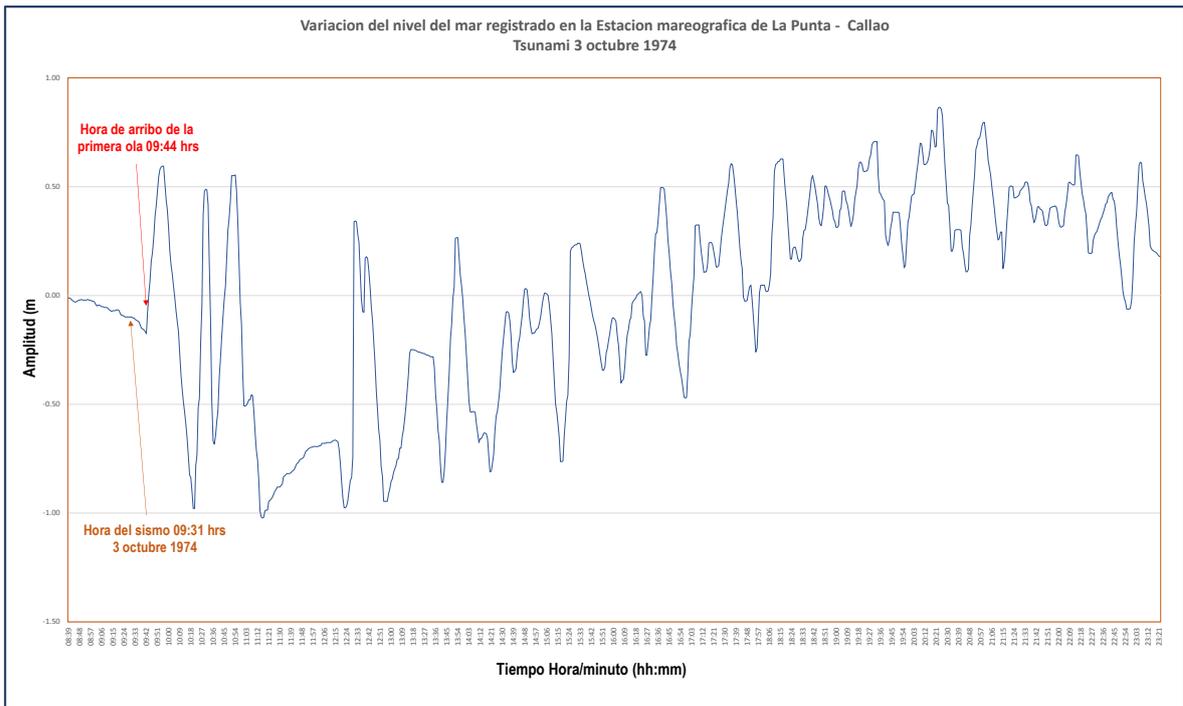


Figura 14: Registro del tsunami 3 de octubre 1974, estación mareográfica La Punta – Callao

Fuente: Elaboración propia

4.6 FUERZAS INDUCIDAS POR EL TSUNAMI

a) Fuerza Hidrostática

$$F_h = \frac{1}{2} \rho_s g b h_w \left(h_{\max} - \frac{h_w}{2} \right)$$

Datos:

$$\rho_s = 1200 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$b = 40.0 \text{ m}$$

$$h_w = 13.5 \text{ m}$$

$$h_{\max} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Por lo tanto, } F_h = 10319400 \text{ N} = 10319.4 \text{ kN} = \mathbf{1052.29 \text{ ton}}$$

b) Fuerza Hidrodinámica

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho_s B (h \mu^2)_{\max}$$

Datos:

$$C_d = 2$$

$$\rho_s = 1200 \text{ kg/m}^3$$

$$B = 40.0 \text{ m}$$

$$(h\mu^2)_{\max} = gR^2 \left(0.125 - 0.235 \frac{z}{R} + 0.11 \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right)$$

Datos:

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$R = 10 \text{ m}$$

$$z = 1 \text{ m/s}$$

$$(hu^2)_{\max} = 100.548$$

Por lo tanto, la fuerza hidrodinámica es: $4826304 \text{ N} = 4826.304 \text{ kN} = \mathbf{492.15 \text{ ton}}$

4.7 FUERZA DE IMPULSO

$$F_s = 1.5F_d$$

Datos:

$$F_d = 4826304 \text{ N}$$

$$F_s = 1.5 \times 4826304$$

Por lo tanto, la fuerza de impulso es = $7239456 \text{ N} = 7239.3 \text{ kN} = \mathbf{738.22 \text{ ton}}$

RESISTENCIA AL IMPACTO DE TSUNAMIS

Fuerzas inducidas por el tsunami (ton)	Fuerzas (ton)	Relación
2282.65	2699.27	1.18%

El Edificio "A" supera en 1.18% en fuerza por sobre las fuerzas inducidas por el tsunami.

V. DISCUSIÓN

5.1 La vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis.

Quispe, José. (2018) en su investigación indica que según el análisis del comportamiento sísmico del pabellón D de la Universidad César Vallejo Lima Este, éste, sí cumple con los requerimientos mínimos de diseño sismorresistente al ser analizados con la Norma Técnica E.030, por lo que es calificado de vulnerabilidad baja; en la presente investigación mediante la evaluación estructural se determinó que los elementos estructurales del edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación presentan un 54% de condición favorable como vulnerabilidad baja. un 33% de condición intermedia como vulnerabilidad moderada y un 13% de condición desfavorable como vulnerabilidad alta.

La vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019; mediante los ensayos de esclerometría y la evaluación estructural se determinó que el 54% de los elementos estructurales presenta un grado de 5/100 de condición favorable, el 33% presenta un grado de 25/100 de condición moderada y el 13% presenta un grado de 50/100 de condición desfavorable, lo cual indica el buen estado de conservación a pesar del año de construcción (1985).

¿De qué manera la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada, determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?; El 54% de los indicadores de condición favorable se aplican al tipo de albañilería, el espesor, altura y cantidad de los muros, elementos no estructurales, tipo de suelo, pendiente del terreno de fundación y estado de conservación. El 33% de los indicadores de condición moderada se aplican a la época de construcción, al sistema estructural, la configuración en planta, el número de pisos y el coeficiente del suelo. Mientras que el 13% de los indicadores de condición desfavorable se aplican a la configuración en altura y el tipo de cubierta.

5.2 La caracterización de las instalaciones en la evaluación estructural de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis.

Alvarado, Denis. (2018), considera que el estudio de mecánica de suelos en los estudios preliminares de la zona en estudio, permitió determinar las propiedades físicas, mecánicas y los factores del suelo para el diseño estructural, siendo un suelo denominado Arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL);²⁸ en la presente investigación el estudio de mecánica de suelos nos arrojó un ángulo de fricción interna de 33.4°, cohesión 0.00 kg/cm², una densidad seca promedio de 1.966 gr/cm³, un esfuerzo normal de 1.0 kg/cm² y un esfuerzo de corte máximo promedio de 0.633 kg/cm²; lo cual denota estáticamente una infraestructura estable.

La caracterización de las instalaciones en la evaluación estructural de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019; mediante el estudio de mecánica de suelos, los ensayos de esclerometría y la caracterización de las instalaciones se determinó datos como la carga muerta de 665 t en el piso 0 y 619 t para los pisos 1, 2 y 3, sobrecarga de 250 kg/m², entre otros que fueron útiles para determinar las fuerzas inducidas por el tsunami.

¿De qué manera la caracterización de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural, determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?; la evaluación estructural efectuada mostró resultados de zonificación (Zona 4 – altamente sísmica), tipo de suelo intermedio S1, categoría de la edificación C y sistema de pórtico de concreto armado.

²⁸ Alvarado Sánchez, Denis Rumario, Diseño estructural utilizando concreto de alta resistencia para mejorar el comportamiento sísmico del edificio administrativo, Ugel Chiclayo - 2018

5.3 El análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis.

Condori, Johnny. (2017), en su publicación determina valores para efectuar el análisis y diseño estructural, tales como: RunUp 10m., densidad del agua en 1100 kg/m^3 , tiempo de arribo de la primera ola de tsunami en 20 minutos; en el desarrollo del presente trabajo de investigación mediante el análisis de la información de mareógrafos durante eventos tsunamigenicos en el Callao, se determinó un RunUp de 10m., una densidad del agua de 1200 kg/m^3 , el tiempo de arribo de 23 minutos y una amplitud máxima registrada en el mareógrafo de 1.81m, con respecto a su amplitud normal de 0.10/0.15 m.

El análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019. Mediante el análisis estructural se pudo determinar la fuerza hidrostática de 1052.29 tonelada-fuerza, la fuerza hidrodinámica en 492.15 tonelada-fuerza y la fuerza de impulso en 738.22 tonelada-fuerza, haciendo un total de 1544.44 toneladas-fuerza consideradas como fuerza lateral total.

¿De qué manera el análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación, determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?

La determinación de la resistencia al impacto de tsunamis en base al equilibrio de las fuerzas inducidas por el tsunami con la fuerza del edificio "A", se tiene que la fuerza lateral total inducida por el tsunami ($F. \text{ hidrostática} + F. \text{ hidrodinámica}$), es de 1544.44 toneladas-fuerza contra la fuerza ofrecida por el edificio es de 2602.79 toneladas-fuerza; lo cual evidencia una resistencia al impacto de tsunamis del edificio en 69% sobre la ola.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

Se determinó que la vulnerabilidad sísmica del edificio “A” de la Dirección de Hidrografía y Navegación es de condición favorable como vulnerabilidad baja en un grado de 5/100 en un 54%, así como es de condición intermedia como vulnerabilidad moderada en un grado de 25/100 en un 33% para la evaluación estructural detallada.

Se efectuó la caracterización del edificio “A” de la Dirección de Hidrografía y Navegación, mediante ensayos de esclerometría, estudios de mecánica de suelos y fichas de evaluación, con lo que obtuvimos información como el año de construcción (1985), carga muerta de 664.94 t para el piso 0, 619.02 t para cada piso 1, 2 y 3, sobrecarga de 250 kg/m², peso del edificio de 2602.79 ton y dimensiones de 38.10 m * 15.0 m (largo x alto).

Se determinó el análisis estructural al edificio “A” de la Dirección de Hidrografía y Navegación calculando la fuerza lateral total inducida por el tsunami (F. hidrostática + F. hidrodinámica) en 1544.44 t y la fuerza del edificio “A” en 2602.79 t, los cuales mediante un equilibrio de fuerzas se determinó que el edificio “A” ofrece una resistencia al impacto de los tsunamis superior en 69% sobre la ola.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones en el campo de la ingeniería civil se recomienda que en las próximas investigaciones ante la prevención por el efecto de los tsunamis de origen cercano se orienten a la evaluación del comportamiento de estructuras costeras frente a tsunamis, a fin de proponer construcciones tsunamisismoresistentes.

Toda vez que el Edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación resistirá al impacto de tsunamis de gran magnitud, no se recomienda su uso como infraestructura de evacuación vertical, ya que el último piso se encuentra a partir de los 10 metros de altura, que es la altura de la ola estimada para el área de Chucuito; por lo tanto, se recomienda evaluar estructuralmente el edificio "B", el cual tiene mayor altura respecto al edificio "A", a fin de que el último piso u la azotea pueda ser empleado como zona temporal de evacuación vertical.

Como medida estructural se recomienda que los edificios a considerar como zonas de refugio o evacuación vertical, en caso de alerta de tsunami deberán tener por lo menos 13 m de altura libre, para que permita el paso del flujo de tsunami. En caso sea una edificación cerrada deberá demostrarse su resistencia a las fuerzas ocasionadas por el tsunami.

En vista que el edificio "A", ofrece su lado más largo al impacto del tsunami, se recomienda mantener con vidrio estas paredes estructurales en el primer piso para permitir el paso del flujo de tsunami; así como seguir manteniendo los elementos estructurales en buen estado de conservación y libres de obstáculos.

REFERENCIAS

1. ADRIANO, Bruno et al. Tsunami Inundation Mapping in Lima, for Two Tsunami Source Scenarios. Japan: Tohoku University, 2014, 284pp.
2. ALVARADO Sánchez, Denis Rumario. Diseño estructural utilizando concreto de alta resistencia para mejorar el comportamiento sísmico del edificio administrativo, Ugel Chiclayo. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2018, 109pp.
3. ASAKURA, R., Iwase et al. An Experimental Study on Wave Force Acting on On-Shore Structures due to Overflowing Tsunamis, proceedings of Coastal Engineering, Japan: Japan Society of Civil Engineers, 2000, 915pp.
4. BALDEÓN Nieto, Miguel Ángel. Evaluación de vulnerabilidad sísmica y autoconstrucción de viviendas de la Urbanización Carabayllo de Comas, 2016. Lima: Universidad César Vallejo, 2017, 123pp.
5. CHARVET, Ingrid et al. Building damage characteristics based on surveyed data and fragility curves of the 2011 Great East Japan tsunami. Japan: University of Tsukuba, 2012, 341pp.
6. CHICAS Medrano, Roberto José et al. Propuesta y aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para edificaciones. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015, 296pp.
7. CONDORI, Johnny. Análisis y diseño estructural de evacuación vertical resistente a sismos y tsunamis. Lima Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción, 2017, p.12.
8. CONTRERAS, Manuel y WINCKLER, Patricio. Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa central de Chile. Chile: Universidad de Playa Ancha, 2013, 19pp.
9. COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL. Evaluación de la seguridad estructural de edificios. México: CENAPRED, 2016, 296pp.
10. CUISANO, Vladimir y Martínez, Carolina. Physical and social vulnerability by the giant tsunami of 1746 in the southern sector of Callao, Peru. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016, 12pp.
11. DE LA CRUZ Valerio, Jean Carlos y RAMOS Del Castillo, Rosa Griselda. Evaluación estructural del pabellón A de la Institución Educativa N° 89005

- Pedro Paulet Mostajo del Pueblo Joven Florida Baja, Chimbote-2018. Propuesta de solución. Chimbote: Universidad César Vallejo, 2018, 194pp.
12. DELGADO Romero, Gustavo Ivan. Evaluación estructural de una edificación cualquiera en el Perú. Lima: Delgado S.A., 2014. 39pp.
 13. Dirección de Hidrografía y Navegación, Infraestructura DHN, 2019 [fecha de consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: <https://www.dhn.mil.pe/images/nosotros/infraestructura.jpg>
 14. Dirección de Hidrografía y Navegación. Revista de tsunamis. Lima: 2014. 62pp. ISBN: 978-9972-764-18-9
 15. EARTH, Google. Mapa de Chucuito Callao [mapa en línea] [fecha de consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: https://earth.google.com/web/@-12.06574209,-77.15605494,756.91425953a,0d,35y,0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419.
 16. ESTEBAN, Miguel et al. Handbook of Coastal Disaster Mitigation for Engineers and Planners. Japan: The University of Tokyo, 2015, 74pp.
 17. GOSEBERG, Nils et al. The last-mile evacuation project: a multi-disciplinary approach to evacuation planning and risk reduction in tsunami-threatened coastal areas. United States of America: Springer, 2014, 227pp.
 18. HUAMÁN Ríos, Edgar Gerardo. Evaluación Estructural de la Institución Educativa Pública San Roque, Distrito de Mancos, Ancash basada en la Norma E.030 2018. Huaraz, 2018, 118pp.
 19. IMAMURA, Fumihiko et al. Tsunami Modelling Manual (TUNAMI model). Japan: Tohoku University, 2006, 58 pp.
 20. IMAMURA, Fumihiko et al. Great East Japan Earthquake. Japan: Tohoku University, 2014, 70pp.
 21. IZUMI, Takako et al. Thirty Innovations for Disaster Risk Reduction. United States of America: United Nations University, 2019, 84pp.
 22. JIMÉNEZ Tintaya, César Omar. Tsunamis en Perú, Lima: Dirección de Hidrografía y Navegación, 2014, 62pp. ISBN: 978-9972-764-18-9
 23. JIMÉNEZ Tintaya, César Omar. El maremoto notable de 1746. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015, 123pp.
 24. JOHANNING C. Daniel y Castillo B. Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2015, 5pp.

25. KASSIMALI, Aslam. Structural Analysis. Estados Unidos: Southern Illinois University, 2015, 802pp. ISBN: 978-1-133-94389-1
26. KUROIWA, Julio y JIMÉNEZ, César. Guía práctica para la reducción del riesgo catastrófico por tsunami en el Perú, Lima: SENCICO, 2014, 23pp.
27. MAS Samanez, Erick Arturo. Estructuras de concreto armado tsunamisismorresistentes basadas en experiencias de los tsunamis en el Océano Indico (2004) y Camaná (2001). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009, 137pp.
28. MCCAUGHEY, Jamie W et al. Trust and distrust of tsunami vertical evacuation buildings: Extending protection motivation theory to examine choices under social influence. The Netherlands: Elsevier's Corporate, 2017, 473pp.
29. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima-Perú: 2016. 439pp.
30. MUHARI, Abdul et al. Performance evaluation of pedestrian bridge as vertical evacuation site during the 2011 tsunami in Japan. Japan: Tohoku University, 2012, 90pp.
31. MUSA, Akihiro, Real-time tsunami inundation forecast system for tsunami disaster prevention and mitigation. Japan, 2018, 21pp.
32. PARRALES, Glider et al. Conservación de edificaciones. Ecuador: Universidad estatal del Sur de Manabí, 2018, 125pp. ISBN: 978-84-948257-8-1
33. Ramos, Jeymi. Grado de vulnerabilidad sísmica por indicador (Evaluación de vulnerabilidad sísmica y técnicas de reforzamiento estructural en viviendas autoconstruidas en unidades comunales de viviendas 110 y 120, AAHH Huaycán, 2018. Lima Perú, 2018, 293pp.
34. QUISPE, José. Evaluación del comportamiento sismorresistente tomando como referencia las normas E.030-2003 y 2016 de la edificación del pabellón D de una Universidad de Lima Este. Lima Perú, 2018, 112pp.
35. SÁNCHEZ Tacuba, Josué. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural Considerando el Efecto de Columna Corta. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2019, 82pp.
36. SEBASTIÁN Casimiro, Victorio. Desempeño sísmico de edificaciones bajo el sismo de nivel ocasional. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012, 29pp.

37. SHIBAYAMA, Tomoya et al. Implications of the 2011 Tohoku tsunami for risk management in Japan. Japan: Waseda University, 2012, 17pp.
38. SHOJI, Gaku et al. Evaluation of Tsunami Wave Loads Acting on Walls of Confined-Masonry-Brick and Concrete-Block Houses. Japan: University of Tsukuba, 2014, 8pp.
39. SULLA Huillca, Wilfredo. Metodología para la identificación de sismos generadores de tsunami a distancias regionales usando la transformada de Wavelet. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, 2016, 123pp.
40. TAVERA, Hernando. Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, Lima: Instituto Geofísico del Perú, 2014, 48pp. ISBN: 978-612-45795-9-2
41. TERÁN Gilmore, Amador. El papel de la innovación dentro del contexto de la ingeniería estructural mexicana: El caso de los contravientos restringidos contra pandeo. México: Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 2008.
42. TERÁN, Amador, El futuro del diseño sismorresistente de las edificaciones de concreto reforzado: una visión basada en la sustentabilidad. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2010, 16pp.
43. TOBEY, James et al. Coasts at Risk: An Assessment of Coastal Risks and the Role of Environmental Solutions. EEUU: United Nations University, 2014, 80pp.
44. VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2015, 469pp.
45. VELOTTI, Lucia. Vertical Evacuation: rethinking urban, rural and social space. Netherlands: Netherlands US Water Crisis Research Network, 2012, 15pp.
46. WOOD, Nathan et al. Tsunami vertical-evacuation planning in the U.S. Pacific Northwest as a geospatial, multi-criteria decision problem. The Netherlands: Elsevier's Corporate, 2014, 83pp.
47. YAMASHITA, Kei et al. Development of a Tsunami Inundation Analysis Model for Urban Areas Using a Porous Body Model. Japan: Tohoku University, 2018, 23pp.
48. Zapata, Luis. Diseño Estructural en Acero. Lima: s.e. ed. 2004. p.1, 23pp.

ANEXOS

ANEXO 3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título:	Evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación para determinar el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019					
Autor:	Daniel Alfredo Olano Velasque					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Evaluación estructural (V.I.)	Vulnerabilidad sísmica	Dureza estructural Daños de tipo estructural	Enfoque: Cuantitativo
¿De qué manera la evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?	Demostrar como la evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis – Callao 2019.	La evaluación estructural de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.				
Problema específico 1	Objetivo específico 1	Hipótesis específica 1				Tipo de investigación: Aplicada
¿De qué manera la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?	Demostrar como la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.	La vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación en la evaluación estructural detallada determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.	Diseño estructural	Elementos estructurales Sistema estructural Métodos de diseño	Diseño de la investigación: Está investigación es de diseño experimental ya que cuenta con variables independientes, las que serán manipuladas por el investigador para encontrar cambios en la variable dependiente	

Problema específico 2	Objetivo específico 2	Hipótesis específica 2		Estudio de mecánica de suelos	Características geotécnicas del terreno Nivel de erosión y capacidad de carga Nivel freático	Población: la población está delimitada por los cuatro edificios componentes de la institución denominada: "Dirección de Hidrografía y Navegación", la cual se encuentra ubicada en el distrito de Chucuito, provincia del Callao – 2019
¿De qué manera la caracterización de las instalaciones en la evaluación estructural de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?	Demostrar como la caracterización de las instalaciones en la evaluación estructural de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.	La caracterización de las instalaciones en la evaluación estructural de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.	Resistencia por Impacto (V.D.)	Parámetros de la ola	Altura de la ola Velocidad de la ola Tiempo de arribo	Muestra: Se tiene entonces como muestra al edificio "A" de la Dirección de Hidrografía y Navegación, por ser el más representativo y el que por su posición transversal es más vulnerable al impacto del tsunami.
Problema específico 3	Objetivo específico 3	Hipótesis específica 3		Fuerzas inducidas por el tsunami	Fuerza hidrostática Fuerza hidrodinámica	Técnica: Observación sistemática para registrar los datos necesarios
¿De qué manera el análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019?	Demostrar como el análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.	El análisis estructural en la evaluación de las instalaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación determina el nivel de resistencia por impacto de tsunamis - Callao 2019.		Fuerza lateral	Fuerza de empuje	Instrumentos de recolección: En el proceso de desarrollo de investigación se usarán fichas de recojo de datos, ensayo con esclerómetro (resistencia), ensayo de corte directo, datos de eventos reales obtenidos por los mareógrafos de Japón, Chile y Perú, hojas de cálculo, desarrollo de fórmulas y cálculo de fuerzas.

ANEXO 4

RESULTADOS DE INFORME DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

ABET
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

Página 1 de 1

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : INBIOMA SAC
Obra : EVALUACION ESTRUCTURAL DE LAS INSTALACIONES DE LA DIRECCION DE HIDROGRAFIA Y NAVEGACION (DHN)
Ubicación : CALLE ROCA 118 - CHUCUITO - CALLAO
Asunto : Ensayo de Esclerometría
Expediente N° : 19-4389
Recibo N° : 68371
Fecha de emisión : 08/11/2019

1. DE LOS ELEMENTOS : Se realizó el ensayo de esclerometría (Martillo de Schmidt), en la superficie de las columnas de concreto armado del sotano de la edificación, a fin de estimar la uniformidad del concreto. La ubicación de la zona de los ensayos de esclerometría fue indicado por el solicitante.

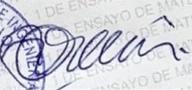
2. DEL EQUIPO : Esclerómetro ELE 1K0012.
 Certificado de calibración: LD-1106-2018.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.181-2018.

4. RESULTADOS : El ensayo se realizó el 7 de Noviembre del 2019.

M 1: E1 COLUMNA 1 - SOTANO		M 2: E2 COLUMNA 2 - SOTANO	
Lectura	Valor del rebote	Lectura	Valor del rebote
1	42	1	42
2	43	2	43
3	42	3	42
4	42	4	42
5	41	5	42
6	41	6	40
7	40	7	39
8	41	8	40
9	42	9	41
10	40	10	40
Promedio	41	Promedio	41
Desv. Estándar	1.0	Desv. Estándar	1.3
Sentido	Horizontal	Sentido	Horizontal

Hecho por Técnico : Mag. Ing.C. Villegas M.
 Sr. E.G.V.


MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



ANEXO 5

INFORME DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080



GEOINNOVA INGENIERIA & DISEÑO

INGENIERIA - PROYECTOS - CONSTRUCCIÓN - LABORATORIO - MECANICA DE SUELOS
- ASFALTO Y CONCRETO - ESTUDIOS - GEOTECNICOS PARA CIMENTACION Y
PAVIMENTO - ENSAYOS ESTANDAR Y ESPECIALES - ABASTECIMIENTO DE EQUIPO

SOLICITA : DANIEL ALFREDO OLANO VELASQUE
OBRA : EVALUACION ESTRUCTURAL DE LAS INSTALACIONES DE LA DIRECCION DE HIDROGRAFIA Y NAVEGACION PARA DETERMINAR NIVEL LA RESISTENCIA POR IMPACTO DE TSUNAMIS
UBICACIÓN : INMEDIACIONES DEL EDIFICIO A DE LA DIRECCION DE HIDROGRAFIA Y NAVEGACION CHUCUITO - CALLAO
FECHA : 4 DE NOVIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material = Tamiz N° 4)
MUESTRA : M - 1
Calicata : C - 09
Prof.(m) : 1.50 - 3.00

Especimen	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	2.114	2.114	2.114
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	2.010	2.010	2.010
Cont. De humedad inicial	5.20	5.20	5.20
<hr/>			
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.014	2.009	1.997
<hr/>			
Altura final de la muestra (cm)	1.825	1.819	1.809
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.252	2.314	2.379
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.896	1.968	2.035
Contenido de humedad final (%)	18.80	17.80	16.90
<hr/>			
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.320	0.631	0.950
<hr/>			
Angulo de Friccion Interna	33.4°		
Cohesión (kg/cm ²)	0.00		

Realizado por : K. VILLANUEVA

GEOINNOVA INGENIERIA & DISEÑO
 K. VILLANUEVA
 Ing. en Laboratorio

Daniel Alfredo Olano Velasquez
 Ing. en Geotecnia
 CIP: 107728



GEOINNOVA INGENIERIA & DISEÑOS

INGENIERIA - PROYECTOS - CONSTRUCCIÓN - LABORATORIO - MECANICA DE SUELOS
- ASFALTO Y CONCRETO - ESTUDIOS - GEOTECNICOS PARA CIMENTACION Y
PAVIMENTO - ENSAYOS ESTANDAR Y ESPECIALES - ABASTECIMIENTO DE EQUIPO

ENSAJO DE CORTE DIRECTO ASTM D3081

ESTADO : Fambledó (material + Tamá Nº 4)
MUESTRA : M-1
CALICATA : C-01
Prof.(m) : 1.50 - 3.00

SOLICITANTE

DADEL LA PRECOLOMBA VILLALBA

USO

EVALUACION ESTRUCTURAL DE LAS INSTALACIONES DE LA DIRECCION DE HORIZONTEAL

UBICACIÓN

INSTALACION PARA DETERMINAR: TAMAÑO LA RESISTENCIA POR IMPACTO DE TERREMOTO

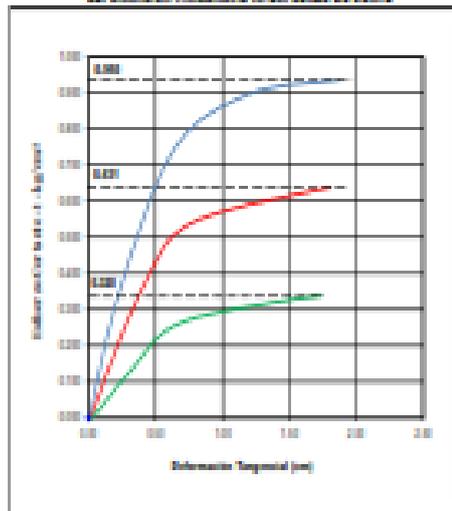
ASIGNACIONES DEL EDIFICIO A DE LA DIRECCION DE HORIZONTEAL Y NAVEGACION

- CHICRETO - CALLES

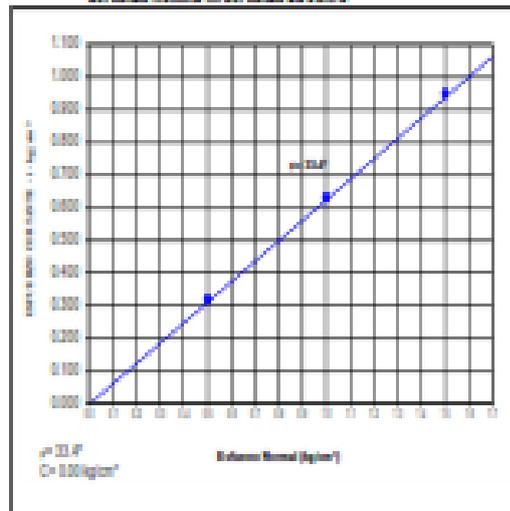
FECHA

: 4 DE NOVIEMBRE DEL 2019

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



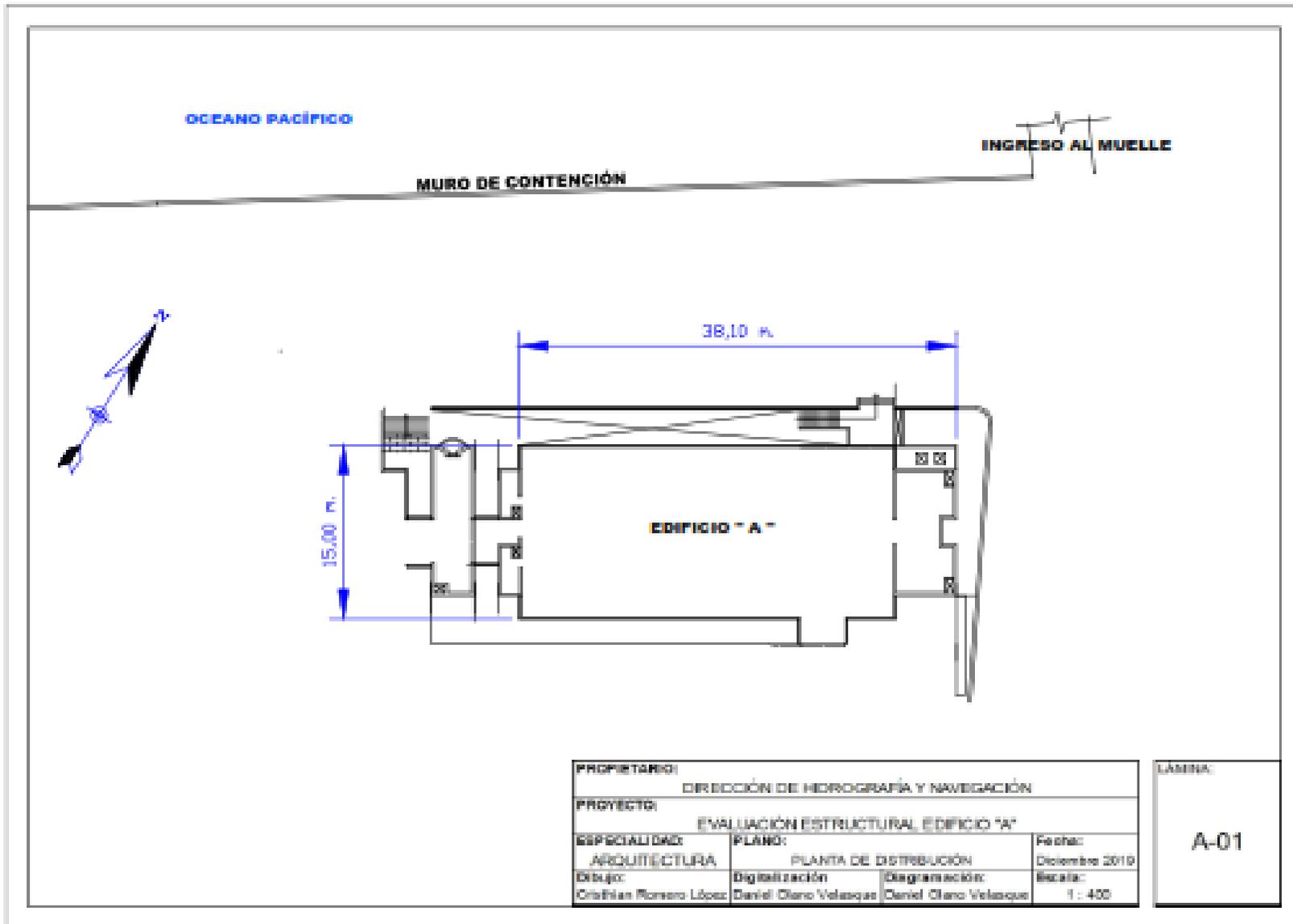
ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



GEOINNOVA
INGENIEROS & DISEÑOS
CALLE FRANCISCO VILLALBA Nº 1000
SAN FRANCISCO DE CHICRETO

[Signature]
Asoc. Francisco Villalba Hernández
INGENIERO CIVIL
COP. 100704

ANEXO 6
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO "A" DHN



PROPIETARIO:			DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN		
PROYECTO:			EVALUACIÓN ESTRUCTURAL EDIFICIO "A"		
ESPECIALIDAD:	PLANO:		Fecha:		LÁMINA:
ARQUITECTURA	PLANTA DE DISTRIBUCIÓN		Diciembre 2010		
Dibujó:	Digitización:	Diagramación:	Escala:		
Cristián Romero López	Daniel Olano Velásquez	Daniel Olano Velásquez	1 : 400		

LÁMINA:
A-01