



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Factores Constructivos que Incrementan la Vulnerabilidad Sísmica de
las Edificaciones en la Ciudad de Tumbes, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Gallo Rodriguez, Cesar Eduardo (ORCID: 0000-0002-2912-0191)

Noblecilla Mendoza, Miguel Emilio (ORCID: 0000-0001-6425-8033)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios sobre todo, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida profesional, dándome fuerzas para superar obstáculos y dificultades.

A mi familia por ser el pilar más importante dentro de mi vida apoyándome incondicionalmente

Cesar Eduardo

Dedico esta tesis a mi madre Maritza Ysabel Mendoza Garay, quien ha sido el pilar fundamental a lo largo de mis estudios y ejemplo a seguir.

También mi esposa Sehila Llore e hija Emily por ser mi motor e impulso durante los momentos difíciles, les dedico a ustedes todos mis logros y triunfos.

Gracias por creer siempre en mí.

Miguel Emilio

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme y darme la fortaleza de seguir adelante.

A mi mamá y papá que estuvieron ahí todos los días pendientes y apoyándome para culminar con éxito mis emprendimientos.

También a mi asesor, el Mg. Sigüenza Abanto, por su conocimiento y ayuda invaluable para culminar exitosamente con este esfuerzo.

Cesar Eduardo

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme cumplir mis metas, dándome las fuerzas necesarias para poder continuar con mis estudios,

A toda mi familia por ser mi pilar fundamental en este arduo trabajo, por creer y saber guiarme siempre.

Agradezco a mi docente, el Mg. Sigüenza Abanto por encaminarnos a ser mejores y concluir con éxito nuestra tesis.

Y por último agradezco a mi compañero Cesar Eduardo Gallo Rodríguez por su gran apoyo en este último proceso de nuestra carrera.

Miguel Emilio

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción	1
II. Marco teórico.....	4
III. Metodología.....	17
3.1 Tipo y diseño de la investigación	18
3.2 Variables y su operacionalización	18
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	19
3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos	19
3.5 Procedimientos	20
3.6 Método de análisis de datos.....	20
3.7 Aspectos éticos.....	20
IV. Resultados	22
V. Discusión.....	37
VI. Conclusiones	43
VII. Recomendaciones	45
Referencias.....	47
Anexos	53

Índice de tablas

Tabla 1 Factor suelo	13
Tabla 2 Factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes	23
Tabla 3 Frecuencias de ocurrencia de los factores adversos	24
Tabla 4 Análisis de los factores adversos que incrementan la vulnerabilidad sísmica	26
Tabla 5 Recomendaciones para la remediación respecto de los factores adversos	28
Tabla 6 Clasificación del suelo en la ubicación de la calicata C1	29
Tabla 7 Resultados del ensayo de esfuerzo (ASTM D3080)	30
Tabla 8 Resultados obtenidos del gráfico	31
Tabla 9 Capacidad portante para la muestra 2 de la calicata C1 (1.80 m – 2.0 m).....	32
Tabla 10 Clasificación de suelos en la ubicación de la calicata 2	33
Tabla 11 Peso natural seco (volumétrico) (ASTM – D2937)	33
Tabla 12 Esfuerzo inicial y esfuerzo de corte máximo, (ASTM D3080)	34
Tabla 13 Resultados obtenidos de gráfico de la figura 11	35
Tabla 14 Capacidad portante para la muestra 2 de la calicata C2	36
Tabla 15 Capacidad portante para el suelo de la calicata 2, muestra 2	91

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Ejemplos de irregularidades en altura	11
Figura 2: Irregularidades en planta	11
Figura 3: Factor de zona "Z"	13
Figura 4: Tipos de suelo (clasificación SUCS) en la ciudad de Tumbes	14
Figura 5: Diseño de la investigación	18
Figura 6: Detallado de los procesos realizados en la investigación	21
Figura 7: Los factores adversos y sus frecuencias	24
Figura 8: categorías de los factores que incrementan la vulnerabilidad sísmica	26
Figura 9: Esfuerzo al corte máximo vs esfuerzo inicial	30
Figura 10: Deformación tangencial vs esfuerzo de corte	31
Figura 11: Esfuerzo cortante máximo y esfuerzo inicial para el suelo en C2	34
Figura 12: Esfuerzo de corte y deformación tangencial para la muestra del suelo de la calicata 2	35
Figura 13: Ubicación de la calicata 1	79
Figura 14: Ubicación de la calicata 2	79
Figura 15: Curva granulométrica para el material C1 – M1	81
Figura 16: Curva granulométrica para los agregados de la calicata C1 - M2	83
Figura 17: Curva granulométrica para los agregados de la calicata C2 – M1	85
Figura 18: Curva granulométrica para C2 – M2	87
Figura 19: Calicata Número 1; corresponde a la edificación 16	107
Figura 20: Tesistas y ayudante durante la realización de la calicata C1	108
Figura 21: Anotando las características de las muestras de C1	109
Figura 22: Tesistas comprobando la profundidad de la calicata C1	110
Figura 23: Calicata 02; en la zona geológica de la edificación N° 13.....	111
Figura 24: Tesistas y ayudante en un momento de la realización de la calicata C2	112
Figura 25: Tesistas verificando la profundidad de la napa freática	113
Figura 26: Tesistas recolectando las muestras en la calicata C2	114
Figura 27: Tesistas revisando procedimiento a seguir	115

Figura 28: Verificando los componentes de la cuchara Casagrande	115
Figura 29: Agregando material a la cuchara	116
Figura 30: Con el material retirado para repetir el ensayo	116
Figura 31: Material recolectado para colocar al calor	117
Figura 32: Recolectando nuevamente material para pasar a la estufa	117
Figura 33: Tesista pesando agregado	118
Figura 34: Verificando tamices	118
Figura 35: Anotando características de material antes de autoclave	119
Figura 36: Anotando características del material	119
Figura 37: Revisando equipo de corte directo	120
Figura 38: Anotando valores de corte directo	120
Figura 39: Observando la muestra a evaluar por corte directo	121
Figura 40: Otra observación de material en ensayo de corte directo	121

Resumen

El prolongado silencio sísmico de más de 50 años es un recordatorio que el territorio peruano pertenece al Cinturón de Fuego del Pacífico y que las probabilidades de ocurrencia de un sismo de fuerte intensidad se acrecientan de manera significativa tras el periodo señalado. En este contexto problemático, la investigación se propuso determinar qué aspectos constructivos y del entorno incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en Tumbes. Los resultados muestran que el abanico de estos factores negativos es bastante amplio, siendo recomendable identificarlos y explicarlos a fin de mejorar en el diseño y proceso constructivo. La investigación consideró una muestra intencionada de edificaciones que evidencien estos factores adversos. El resultado de la investigación precisa que el factor más frecuente es la forma muy alargada del terreno, y el segundo, la falta de junta de expansión sísmica, seguido de otros factores menos recurrentes. La información que entrega la investigación, sirve de guía para la población en la toma de conocimiento de estos factores adversos y para los trabajadores de la construcción no calificados un inicio motivador en un contexto de formación y capacitación continua.

Palabras clave: calicatas, método observacional, Tumbes, vulnerabilidad sísmica

Abstract

The prolonged seismic silence of more than 50 years is a reminder that the Peruvian territory belongs to the Pacific Ring of Fire and that the probability of an earthquake of strong intensity increases significantly after the indicated period. In this problematic context, the research aimed to determine which constructive and environmental aspects increase the seismic vulnerability of buildings in Tumbes. The results show that the range of these negative factors is quite wide, and it is advisable to identify and explain them to improve the design and construction process. The investigation considered an intentional sample of buildings that show these adverse factors. The result of the investigation specifies that the most frequent factor is the very elongated shape of the terrain, and the second, the lack of a seismic expansion joint, followed by other less recurrent factors. The information provided by the research serves as a guide for the population in becoming aware of these adverse factors and for unskilled construction workers a motivating start in a context of training and continuous training.

Keywords: Pits, observational method, seismic vulnerability, Tumbes

I. INTRODUCCIÓN

La intensa y frecuente actividad sísmica en el Perú obedece a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico; en efecto el movimiento de subducción de la placa de Nazca contra la placa Sudamericana provoca, vía la acumulación de tensiones, un sinnúmero de sismos y temblores en Sud América y el complejo de países que se ubican en su zona de influencia, y en particular en nuestro País (INGEMMET, 2010). Esta condición de alto peligro sísmico motiva a los profesionales en Ingeniería Civil a profundizar en el tema, procurando el diseño de estructuras lo más seguras dentro de los límites que el estado del conocimiento lo permite (Blanco, 2012).

En Tumbes, no se ha registrado un sismo de consideración desde el año 1970 (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006 ?) por lo que la probabilidad de ocurrencia de un sismo de consideración aumenta considerablemente al contarse a la fecha más de 50 años del último evento sísmico de consideración (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019). En atención a esta problemática vinculada a la elevada actividad sísmica y aparente desatención del aspecto preventivo en el aspecto constructivo de edificaciones menores, la investigación se planteó como objetivo principal identificar los factores constructivas que acrecientan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes, sugiriendo orientaciones puntuales a considerar en el diseño de edificaciones menores generalmente destinadas a viviendas, considerando que los proyectos mayores, dada su envergadura y costo, sí cuentan con asesoría profesional permanente. Otro extremo de la problemática se enfoca en la carencia de estudios serios en la Región Tumbes que se enfoquen en la problemática identificada.

En atención a una mejora en las condiciones de desempeño sismorresistente en una cultura de prevención (Paredes, 2016), uno de los resultados de la investigación se enfoca en la organización de las irregularidades de acuerdo a su tipo, planteando recomendaciones para evitar problemas en caso de sismos de consideración. En otro extremo, los resultados muestran que, ordenados de acuerdo a su naturaleza, la mayoría de los factores adversos corresponden a irregularidades en altura, siguiéndole los problemas en el sistema resistente, y, diversos casos de factores relacionados con albañilería, lo que hace suponer carencia de asesoría o supervisión profesional.

Los resultados muestran además que en la ciudad de Tumbes existen edificaciones con una totalmente presumible asesoría profesional dada su notable envergadura económica, que presentan características conocidas y claramente indicadas por la normativa nacional (E.030) que comprometen su comportamiento ante un sismo de importancia. Otro factor adverso es la forma alargada y algunas veces muy delgada disposición del terreno, configuración que resulta en una carencia de muros transversales por el aspecto de circulación interna de la edificación, El abanico de características o factores es amplio y considera de manera detallada factores y aspectos tales como el suelo, relieve, diafragma, sistema resistente, materiales, irregularidades en altura, entre otros.

La investigación se justifica en base a su resultado, el cual tiene utilidad práctica por su potencialidad de informar a la población acerca de las características de una edificación que la hace más susceptible de ser afectada por un sismo y proveer además la forma o manera práctica y puntual de evitar o remediar tal situación, de tal forma que un usuario pueda compartir información con un maestro de obra en un escenario de autoconstrucción. La investigación confiere confiabilidad a sus resultados en base a la metodología empleada en su obtención, que considera el detallado de las actividades realizadas de manera lógica y ordenada. En lo económico, la investigación se justifica por el ahorro que representa ejecutar las cosas de manera correcta, evitando errores que luego son muy costosos e inclusive peligrosos de realizar.

La investigación, de tipo de aplicación de conocimientos, tuvo un planteo metodológico que, de acuerdo a la naturaleza numérica de la variable, fue enfoque cuantitativo y sin hipótesis, de acuerdo con el carácter netamente descriptivo de los objetivos de la investigación (Hernández, 2013), lo que conlleva a su vez a una metodología investigativa de observación y deducción. De acuerdo al momento de recojo de la información, la investigación fue transversal a una muestra de 20 edificaciones elegidas intencionadamente de una población de edificaciones que, según el criterio de selección, fueron aquellas que tenían irregularidades observables (Cohen y Gómez, 2019).

II. MARCO TEÓRICO

En Noruega, Shabani et al. (2021) en su artículo “State of the art of simplified analytical methods for seismic vulnerability assessment of unreinforced masonry buildings” publicado en la revista Elsevier. El enfoque de la investigación refiere las importantes pérdidas en vidas y patrimonio debidas a la actividad sísmica. Se señala que los métodos de evaluación deben de cubrir una amplia gama de diseños arquitectónicos con un mínimo de cálculos y ayuda informática. En este contexto se estudiaron todos los métodos de evaluación de vulnerabilidad dividiéndolos en tres grandes grupos: los basados en el estudio de colapsos [MEC], los basados en el estudio de espectro de capacidad [MSC] y finalmente los basados en los métodos de desplazamiento total [MDT]. También se hace mención a los paquetes computacionales que ayudan en esta evaluación.

Los resultados muestran que los MEC son adecuados y confiables para determinar la carga que lleva al colapso a la edificación, se pueden aplicar a gran escala, pero no predicen adecuadamente el comportamiento anterior al colapso de la edificación; los MSC son adecuados para describir el comportamiento completo de la edificación, pero en contraparte requieren un estudio detallado, planos y valores reales de resistencias que hacen impráctico estos métodos para su aplicación a varias edificaciones. Los métodos MDT son adecuados para determinar la probabilidad de exceder el límite de desplazamiento de acuerdo con las condiciones de dureza de la edificación.

En Italia, Petruzzelli y Lervolino (2021) publicaron en inglés su investigación “A large scale seismic risk prioritization tool for Italy bases on nominal structural performance” donde se considera la necesidad de la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones a gran escala, y, los acercamientos de la tecnología para lograr este cometido, enfocándose en las exigentes normas italianas aplicables al caso, desarrollando un programa computacional (NODE) de uso inmediato en este tipo de evaluaciones.

Los resultados muestran que el software propuesto es funcional mostrando la vulnerabilidad sísmica aun para edificaciones de dimensiones y complejidad importante, conteniendo una síntesis de la normativa italiana desde 1964 hasta el

2008. Los autores señalan que, aun en caso de que no se disponga de la información necesaria para encontrar el periodo de oscilación de la edificación, los indicadores de vulnerabilidad son automáticamente considerados en los cálculos en términos de aceleración espectral. Se señala igualmente una aplicación del software en una planta importante de la industria automotriz en Italia, con resultados satisfactorios.

En Croacia, Nikolic et al. (2021) publicó en inglés su investigación “Seismic vulnerability assessment of historical Masonry Buildings in Croatian coastal area” orientada a la preservación de los edificios históricos en la zona costera de ese País, específicamente Dalmacia, en la costa del mar Adriático. Los edificios diana se definieron como de tipología de albañilería de piedra construidos entre los Siglos XV y XIX. La metodología empleada fue la de Benedetti Petrini con algunas modificaciones para adaptarla a las necesidades específicas de las edificaciones estudiadas.

Los investigadores encontraron que los indicadores de vulnerabilidades se reportaron en un mapa incluido en el artículo entre las páginas 21 a la 23, donde se muestran los mapas de daños para sismos con aceleraciones pico de 0.22g con un periodo de retorno de 475 años, 0.11g y un periodo de retorno de 95 años; y, un mapa con código de colores de colapso para cada edificación, considerando importantes estos datos para prevenir y manejar las consecuencias de un sismo relevante en el área.

En Italia, Stefanini et al. (2022) publicaron en inglés su artículo científico “Neural networks for the rapid seismic assessment of existing moment-frame RC buildings”, donde se basaron en la modelación de 928 elementos finitos acopiados en las afueras de Boloña. Los datos de entrada lo constituyen los parámetros observables de las edificaciones, y, mediante análisis modal y no lineal, se obtienen los resultados que muestra la respuesta de la edificación a la estimulación sísmica.

El resultado (output del sistema computacional) se emplea para reconstruir la respuesta de la edificación a una aceleración característica. Por medio de una validación cruzada K-fold (empleada en ensayos de inteligencia artificial), el resultado, se verifica y optimiza simultáneamente, con índices de determinación de 94% y 88 % para los casos muestra y los proyectados, respectivamente. Estos resultados no solo

apuntan a enriquecer el marco de conocimientos sobre evaluación sismorresistente sino que tiene la potencialidad de señalar la necesidad de una renovación estructural, de ser el caso.

En Malaysia, Helaly y Anasary (2021) publicaron en idioma inglés su investigación “Assessment of seismic vulnerability index of Rajuk area in Bangladesh using microtremor observations”, basada en el método de Nakamura. En esta metodología se estudia el espectro de radio horizontal a vertical a fin de detectar la resonancia característica del suelo como respuesta a una excitación mecánica, como la provocada por el impacto de un peso de valor significativo impactando en el suelo. registrando sus valores pico horizontal y vertical, siguiendo la guía SESAME del año 2004. Es así como se estudiaron los micro temblores en 500 ubicaciones en Rajuk en un área de 1530 Km².

Los resultados muestran que el índice calculado de vulnerabilidad sísmica de las 500 ubicaciones varía entre 0.16 y 7.28. El valor más bajo indica una relativa dureza del suelo mientras que el valor alto representa más peligro por los suelos blandos de procedencia aluvial, con elevada amplificación de la onda sísmica, lo cual impacta negativamente en la infraestructura levantada en ella durante un sismo.

Moreto et al. (2021) en su artículo “Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando la metodología de Benedetti y Petrini” se abocaron al estudio de la vulnerabilidad de tres instituciones educativas aplicando el método italiano. En este objetivo, observaron las características de las edificaciones relevantes desde el enfoque de la vulnerabilidad sísmica; el resultado de las observaciones se ponderó de acuerdo con los coeficientes del método obteniéndose los calificativos de A, B, C y D, donde A es mejor y D peor.

Los autores encontraron que en dos IE la vulnerabilidad sísmica es prevalentemente baja con dos módulos donde es media – baja; mientras que en la tercera IE la vulnerabilidad es baja. El peligro sísmico en las tres IE estudiadas es de nivel medio y en consecuencia el riesgo sísmico es medio, considerando que prima la peor condición entre peligro y vulnerabilidad sísmica. Los autores concluyen señalando que ante un evento sísmico, las tres IEs estudiadas podrían sufrir daños menores, siendo por tanto, seguras para el desarrollo de las actividades educativas.

Andrés (2020) defendió su tesis “Aplicación del método de Benedetti Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica en 16 viviendas informales en el pueblo joven pro - vivienda Primera Zona, El Agustino, Lima” en la Universidad de San Marín de Porres, para ello, evaluó las edificaciones identificando las características, analizando el estado del sistema resistente y de los elementos no estructurales.

El autor concluyó que la mayoría de las edificaciones, un 43% demuestra vulnerabilidad sísmica alta, un 37% media y 20% baja, atribuyendo este resultado a la informalidad en el diseño y proceso constructivo de la edificación, con inobservancia de la norma E.030 de diseño sismorresistente y edificación sin licencia de construcción. Se constató que casi un 60% de las edificaciones presentan daños en su sistema resistente, presencia de humedad y desgaste en los recubrimientos de columnas y vigas. Se recomendó la reparación de los daños de acuerdo con la norma, fijando además los elementos no estructurales a fin de evitar su desprendimiento en caso de sismo.

Ante ello, Cochón (2020) realizó un mejoramiento del método de Benedetti Petrini en el índice de vulnerabilidad sísmica y lo aplicó a la IE 2051 - Carabayllo, Lima 2020; para lo cual emplearon nuevos parámetros del método italiano, comparándolo luego con los resultados del método convencional, y lo aplicaron para determinar la vulnerabilidad sísmica de una IE en el distrito de Carabayllo en Lima.

Los resultados refieren que no se observaron restricciones en la aplicación del método italiano, sin embargo, los resultados de los nuevos parámetros se perfilan más confiables. Se reliva de igual forma la posibilidad de trabajar en equipo y los

resultados óptimos que esta condición laboral logra, mediante una adecuada planificación y ejecución de las actividades de investigación, específicamente, en el trabajo de campo. Respecto a la mejora implementada en el parámetro 11 del método italiano, el estado de conservación de la edificación, se resalta el hecho de que las observaciones se hayan realizado de manera instrumental y no directa como en el método tradicional, condición considerada confiable por los autores, quienes basan la confiabilidad de su mejora en el método, en la discrepancia de sus resultados con los correspondientes del método tradicional, que tiene años probándose a nivel mundial. El método no ha considerado, sin embargo, la aplicación a edificaciones de más de un primer piso, ni con mezanines, de igual forma se recomendó la implementación de evaluaciones con tecnologías de rayos infrarrojos para visualizar fisuras de tamaño muy pequeño y que pueden pasar desapercibidas para un humano.

De otro lado, Girón y Carrasco (2019) determinaron la vulnerabilidad sísmica mediante el método del índice de vulnerabilidad del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaunde en Jaén, Cajamarca en el año 2019, defendiendo su investigación en la Universidad nacional de Jaén; para ello, además de medir el índice de vulnerabilidad sísmica, determinaron las características y condiciones asociadas con la vulnerabilidad sísmica.

Los autores concluyen señalando que el nivel de vulnerabilidad sísmica es bajo, y, por tanto, ante un evento sísmico, la estructura del IPVAB no sufriría daños de consideración. En otro punto de sus conclusiones se observa que, aunque el promedio de la vulnerabilidad sísmica es bajo, existen algunas áreas de la edificación, con nivel de vulnerabilidad medio. Se recomendó realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la edificación a fin de mantener en forma óptima su condición de seguridad ante un evento sísmico. También se recomienda un control de fisuras en muros y el sistema resistente, de tal modo de prevenir su avance a condición severa.

Medina y Piminchumo (2018) evaluaron la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Monsefú aplicando la metodología de los once índices de Benedetti y Petrini y presentaron su informe de investigación en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Para ello se plantearon determinar las zonas de baja, media y alta vulnerabilidad, elaborando además una base de datos con especificaciones del sistema resistente y tipologías constructivas.

Los autores encontraron que el método del índice de vulnerabilidad es de fácil aplicación lo cual posibilita su aplicación a gran escala; en lo específico, se concluye que un 40% de las edificaciones son de adobe; un 56% de albañilería y un 4% de concreto armado. Respecto a la distribución de la vulnerabilidad, se encontró que la mayoría de las edificaciones de adobe presentan vulnerabilidad alta con un 85% de incidencia y 15% media. Para las edificaciones de albañilería, los resultados señalan que un 55% tiene vulnerabilidad media, 38% baja y 7% alta. Las edificaciones de concreto presentan, sin embargo, un 47% de vulnerabilidad sísmica baja, 43% media y 10% alta.

El estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones se enfoca en su regularidad tanto en planta como en altura. Así se tienen:

Estructuras regulares: Son aquellas que tienen una forma uniforme, sin salidas o entradas, tanto en planta como en altura.

Irregularidades verticales: Se dice que existe irregularidad vertical cuando no se observa continuidad de los elementos resistentes verticales, lo cual puede ocasionar que:

- a. Se observen retiros importantes
- b. Cuando el edificio se levanta sobre un terreno con desnivel marcado.
- c. Cuando uno o varios pisos de mayor rigidez se encuentra/n encima de un piso de menor rigidez

En la figuras siguientes, se indican puntos críticos o sobre exigidos que se generan cuando se tienen irregularidades en la edificación

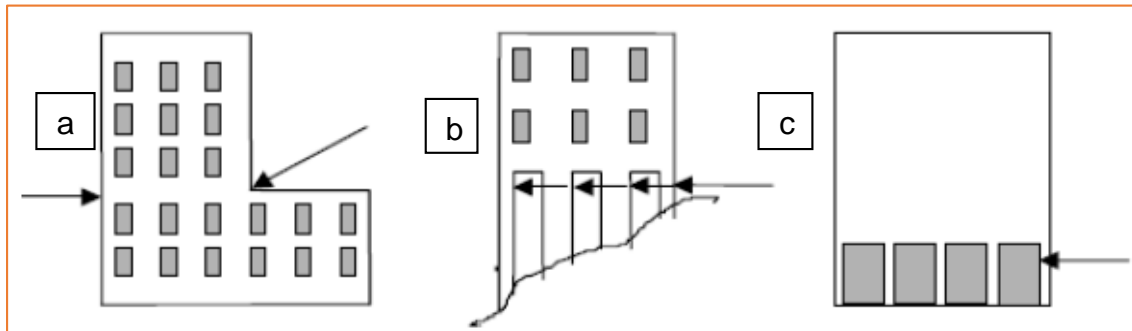


Figura 1: Ejemplos de irregularidades en altura

Fuente: FEMA 154 como se citó en Calle (2017)

Irregularidades en planta

Se dice que existe este tipo de irregularidad cuando la edificación tiene una geometría en “L”; “T”; “E” o “U” (Ingeniería Civil del Perú, 2021).

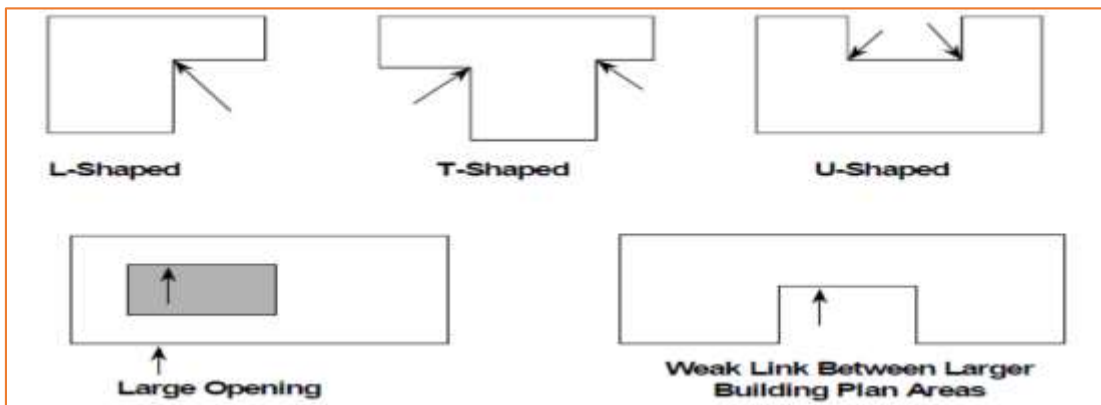


Figura 2: Irregularidades en planta

Fuente: Fema 154 como se citó en Calle (2017)

Perfiles de suelos

El tipo de suelo es clasificado estudiando la velocidad que alcanzan las ondas cortantes. Para suelos muy sueltos se origina una amplificación importante de las ondas sísmicas, lo cual somete al sistema resistente a mayores esfuerzos.

Seguidamente se refieren aspectos del suelo relacionados con el análisis sismorresistente:

- a. Perfil de suelo tipo So o roca dura: Corresponde a rocas sanas con valores por encima de los 1500 m/s para la onda de corte [Vs]
- b. Perfil de suelo tipo S1 o roca o suelos muy rígidos: En este perfil se encuentran las rocas fracturadas y suelos muy rígidos con $500 \text{ m/s} < V_s < 1500 \text{ m/s}$. también se considera aquí a la arcilla muy compactada resistente al corte, no drenada, $S_u > 1 \text{ Kg/cm}^2$.
- c. Perfil intermedio de suelos S2: En este perfil se encuentran los suelos de rigidez media, con valores de $180 \text{ m/s} < V_s < 500 \text{ m/s}$, también se consideran los casos en que la cimentación se realiza sobre arenas gruesa o media pero densa o grava arenosa.
- d. Perfil de suelo S3 o suelos blandos: En esta categoría V_s es menor a 180 m/s y corresponde a suelos con mucha arena fina, suelos cohesivos blandos con resistencia al corte $0.25 \text{ Kg/cm}^2 < S_u < 0.5 \text{ Kg/cm}^2$ y aumento paulatino con la profundidad de las propiedades mecánicas.
- e. Perfil de suelo S4 o de condiciones excepcionales: Corresponde a esta clasificación los suelos extremadamente blandos y/o flexibles, con condiciones particularmente adversas. Para este suelo corresponde realizar un estudio de mecánica de suelos [EMS].

Parámetros de sitio

Factor suelo: a fin de determinar el factor suelo se considera la siguiente tabla en la cual la entrada de las filas corresponde a la Zona 4 (ver la Figura 3) y las columnas al tipo de suelo:

Tabla 1

Factor suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA/SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reimpreso de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019)

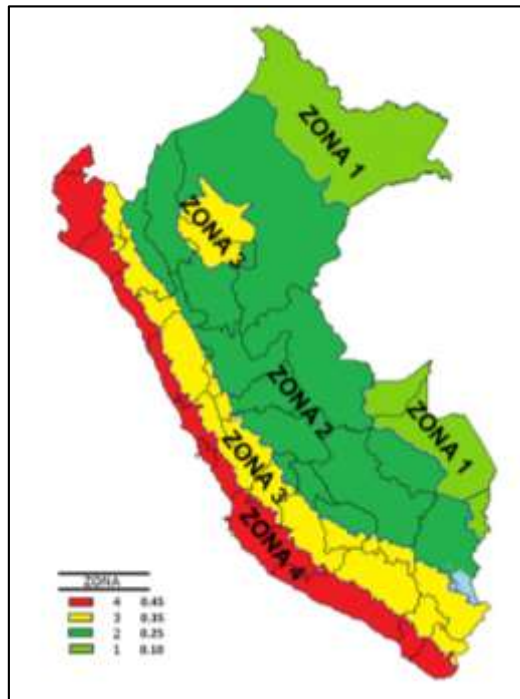


Figura 3: Factor de zona "Z"

Fuente: Reimpreso de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019)

Condiciones geológicas de la ciudad de Tumbes

En el siguiente plano se observan los tipos principales de suelos en la Región Tumbes. Las manchas naranjas denotan un suelo SC en la clasificación SUCS, que representa un peligro sísmico alto por la escasa cohesión con peligro de licuación y gran amplificación sísmica. El color azul, corresponde a un suelo CL donde corresponde un peligro sísmico medio por ser un suelo mediano no licuable por evento sísmico y mediana amplificación sísmica. Las zonas grises SM corresponden a arenas limosas. Según la norma E.030 (Tabla 1), interceptando un suelo blando con la zona 4 de la figura anterior, se obtiene un valor de 1.05 como factor suelo en el cálculo de la fuerza cortante en la base, resultado que se incrementa con el grado de soltura del suelo.

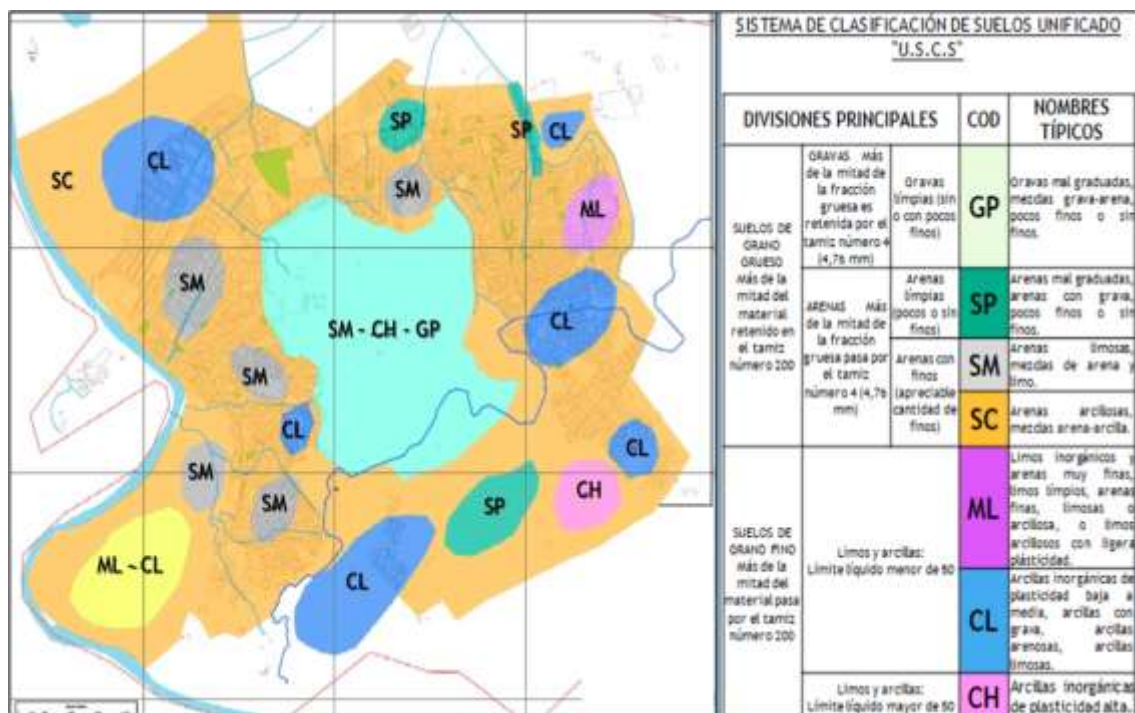


Figura 4: Tipos de suelo (clasificación SUCS) en la ciudad de Tumbes

Fuente: INGEMMET (2013)

Otros aspectos edificatorios que influyen en la vulnerabilidad sísmica de una edificación

Conformación del sistema resistente: Se consideran condiciones de falta total o parcial de columnas, que se encuentren en mal estado, desalineadas con los ejes resistentes o formando brazos de palanca con otros elementos. También se consideran en este acápite columnas que no se adecuen a uso estructural como columnas chatas, o columnas mal acompañadas como las columnas cortas.

Calidad del sistema resistente: Se refiere a la calidad en materiales y labor al momento de la construcción. En este punto también se considera la calidad de la mampostería en virtud de la condición de muros portantes para la tipología constructiva de albañilería confinada prevalente en la ciudad de Tumbes, valorándose factores como el tramado, calidad y uniformidad de los ladrillos, así como a la verticalidad y ortogonalidad de muros y columnas.

Diafragma: Se considera su completitud, uniformidad y horizontalidad. En caso de que no se tenga diafragma en el segundo nivel de una edificación -donde es mayor la aceleración sísmica-, esta condición complica la integridad de las columnas debido a su movimiento en desfase durante un sismo.

Cubierta: En la cubierta se considera un su calidad, peso, mantenimiento y adherencia al sistema resistente o muros. Cubiertas con peso exagerado son peligrosas en caso de sismo debido a la gran fuerza que puede imprimírsele por su condición de altura en la edificación.

Elementos no estructurales: La presencia de elementos no pertenecientes al sistema resistente tales como pasamanos, parapetos, cornisas, maseteros, tanques de agua, etc., pueden constituir un riesgo para las personas que habitan en la edificación o transeúntes.

Conservación: La conservación de la edificación juega un importante rol en su desempeño sismorresistente debido a la degradación en la resistencia que experimenta una columna o muro con patología/s. Efectivamente, una columna

con fierro corroído y consecuente pérdida de recubrimiento no cumple con el criterio de diseño primigenio de la edificación, mientras que un muro corroído por el salitre ha perdido parte de su resistencia a la compresión.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

De acuerdo con la metodología, el tipo de la investigación fue aplicado en función de técnicas y saberes empleados en la solución de situaciones problemáticas específicas. El nivel o alcance se limitó a describir una realidad, por lo que este parámetro fue descriptivo, y, de acuerdo a los datos numéricos de la variable, el enfoque fue cuantitativo (Hernández, 2018).

3.1.1 Diseño de la investigación

La investigación tuvo un diseño denotado por en la siguiente figura:

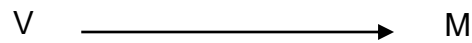


Figura 5: Diseño de la investigación

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, la observación del comportamiento de la variable “V” en relación con la muestra “M” permitió completar el trabajo de campo de la investigación. Debido al carácter netamente descriptivo de la investigación, no se planteó hipótesis de trabajo, y, en consecuencia la investigación detentó un método observación y deducción, es decir, en base a las observaciones de las edificaciones se realizaron las deducciones correspondientes. De acuerdo al momento de recolección de datos, la investigación fue transversal (Universidad de San Martín de Porres, 2019).

3.2 Variables y su operacionalización

Variable de la investigación: Factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

Definición conceptual: Son aspectos constructivos que constituyen irregularidades estructurales en planta o altura (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

Definición operacional: La variable se operativizó mediante una ficha de observación

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

Todas las edificaciones que presenten características que incrementen su vulnerabilidad sísmica

Criterio de selección:

Que las edificaciones tengan alguna irregularidad estructural observable y/o alguna condición de suelo desfavorable.

Unidad de análisis

Las edificaciones de la ciudad de Tumbes

Muestreo:

El muestreo ha sido intencionado

Muestra:

La muestra estuvo constituida por 20 edificaciones seleccionadas con el criterio antes señalado.

3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos

Para el trabajo de campo se empleó la técnica de la observación de los factores que acrecientan la vulnerabilidad sísmica.

Para la recolección de información bibliográfica se empleó la técnica del recojo de datos.

Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de trabajo de campo, se empleó la ficha de observación

Para la recolección de información bibliográfica, se empleó la ficha de recojo bibliográfica.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos realizados comprenden la identificación de aspectos constructivos que afectan adversamente el desempeño sismorresistente de una edificación. La investigación consideró todas las edificaciones en la ciudad de Tumbes, El detallado de los procedimientos realizados se detalla en la Figura 6.

3.6 Método de análisis de datos

Para el análisis de los datos de campo se empleó la revisión documental que permitió categorizar e identificar los factores adversos encontrados en las edificaciones analizadas.

En el caso de los cálculos necesarios para el análisis del material de las calicatas, se empleó Microsoft Excel para la generación de gráficos y aproximaciones lineales de dos datos relacionados. Para la capacidad portante, los cálculos se realizaron de forma manual y se analizaron observando su comportamiento de acuerdo a las condiciones físicas observadas. Los demás cálculos se realizaron de forma manual por ser operaciones aritméticas sencillas; su análisis se realizó contrastando las cifras con la realidad observada.

3.7 Aspectos éticos

Durante la investigación se ha respetado el derecho de las personas a la privacidad de imagen, cuidando por tanto que no aparezcan en las fotos aquí contenidas.

Para la toma de las fotos de las edificaciones, se ha solicitado a sus tenedores, el permiso correspondiente para una fotografía exterior, explicando en todo momento, el carácter académico de la actividad.

En la figura siguiente, se describen las actividades realizadas durante la investigación

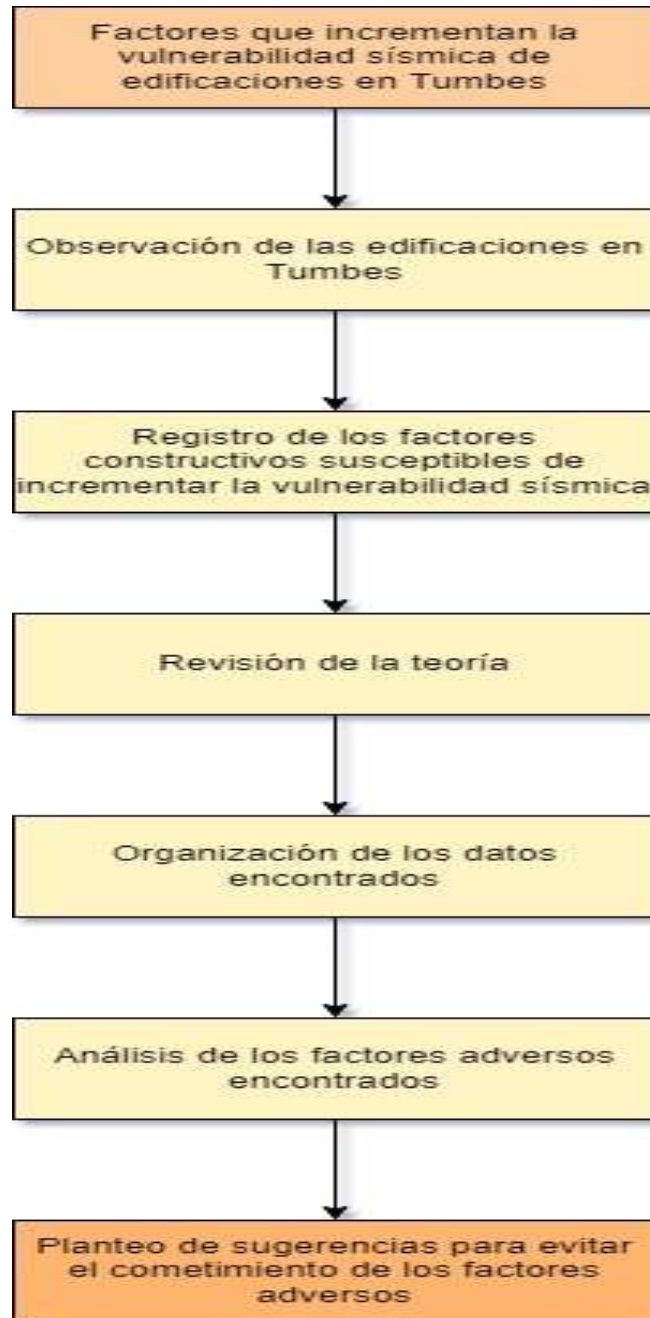


Figura 6: Detallado de los procesos realizados en la investigación

IV. RESULTADOS

Objetivo general

Este objetivo determina los factores edificatorios que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes, en el año 2022.

Tabla 2

Factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes

Edificación	Factor adverso	Frecuencia	
		f	%
1	Asimetría de edificación de dimensiones significativas que ocasiona irregularidad torsional por excentricidad del centro de masas respecto del centro de rigideces	1	5
1,2,6,7,15,	La altura del edificio es exagerada para sus dimensiones en planta	5	25
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15, 18	Terreno muy largo para el ancho	12	60
2,6,7,15	Incremento significativo del área con la altura	4	20
1,2,3,6,8, 10, 11,12, 13, 14, 19	Falta de junta de dilatación sísmica	11	55
4, 5, 7, 11, 14, 16, 17	Construcción en desniveles extremos	7	35
1, 5,7,8, 19,	Entrepisos con mucha altura	5	25
7, 11, 14	Diafragma discontinuo	3	15
2, 3, 6, 7, 8, 18	Carencia severa de muros transversales	6	30
9	Carencia de sistema resistente	1	5
10,13	Esquina entrante	2	10
10	Protuberancias importantes en altura (no azotea)	1	5
11, 19	Diferentes hilados o tramados de ladrillo	2	10
12	Formas caprichosas en altura	1	5
17	Pisos altos sin muros en edificaciones de envergadura	1	5
20	Plantado de columnas y construcción en volados	1	5
20	Sistema resistente no ortogonal	1	5
20	Discontinuidad del sistema resistente vertical	1	5
18	Columnas chatas	1	5

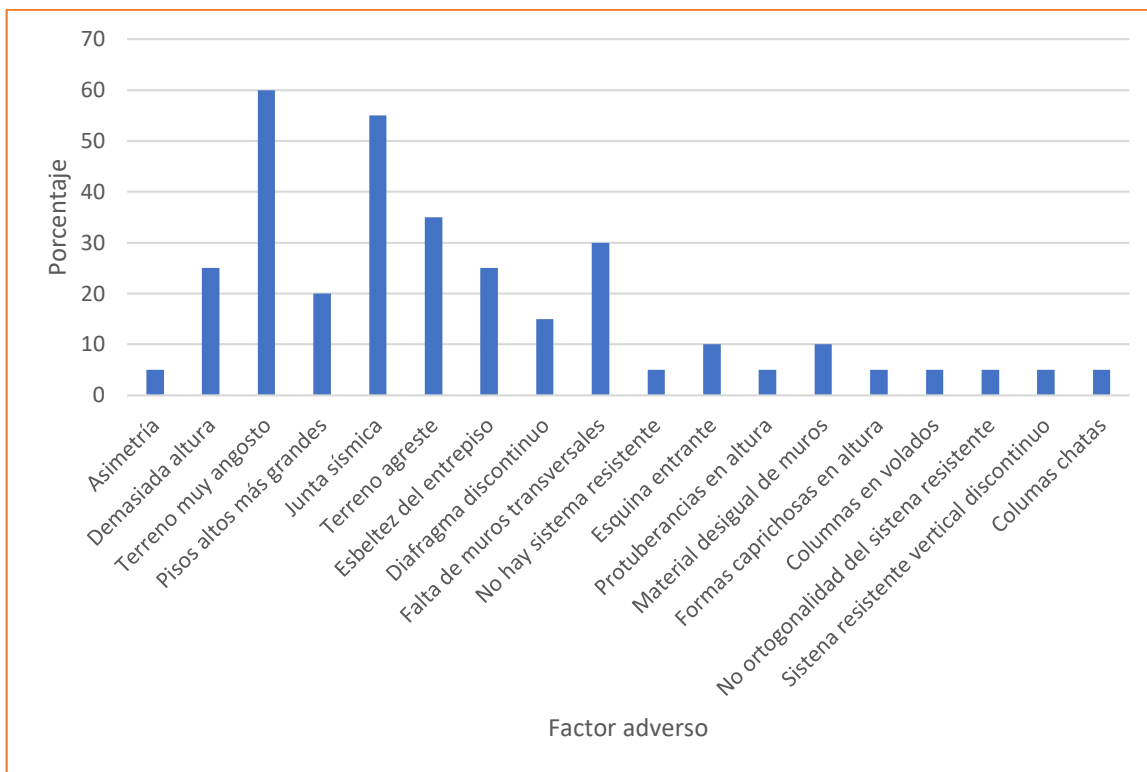


Figura 7: Factores adversos y sus frecuencias

Objetivo específico 1

Este objetivo específico categoriza los factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad en la ciudad de Tumbes.

Tabla 3

Frecuencias de ocurrencia de los factores adversos

Categoría	Factor constructivo	Frecuencia	
		f	%
Planta	Entradas en esquina	2	8.33
	Forma alargada de la edificación		

Continuación

Altura exagerada de la edificación de acuerdo a sus dimensiones en planta			
	Incremento del área y peso con la altura		
Altura	Esbeltez marcada de los entresijos	7	29.17
	Protrusiones de altura exagerada		
	Formas caprichosas en altura		
	Pisos débiles/blandos		
	Discontinuidad del sistema resistente vertical		
	Discontinuidad del diafragma		
Diafragma	Sobrecarga del diafragma por numerosas columnas en volados	2	8.33
Terreno/Suelo	Construcción en ladera	2	8.33
	Forma no ortogonal del terreno		
Contexto	Carencia de junta de expansión sísmica	1	4.17
Arquitectura	Carencia de muros transversales	2	8.33
	Asimetría de la edificación		
	Asimetría del sistema resistente		
Sistema resistente	Carencia de columnas y muros portantes delgados	4	16.67
	Sistema resistente no ortogonal		
	Columnas chatas		
Materiales	Ladrillos de diferentes características	1	4.17
	Carencias en el hilado de ladrillos		
Albañilería	Encuentro de columnas y vigas descentrados	3	12.50
	Plantado de columnas en volados		

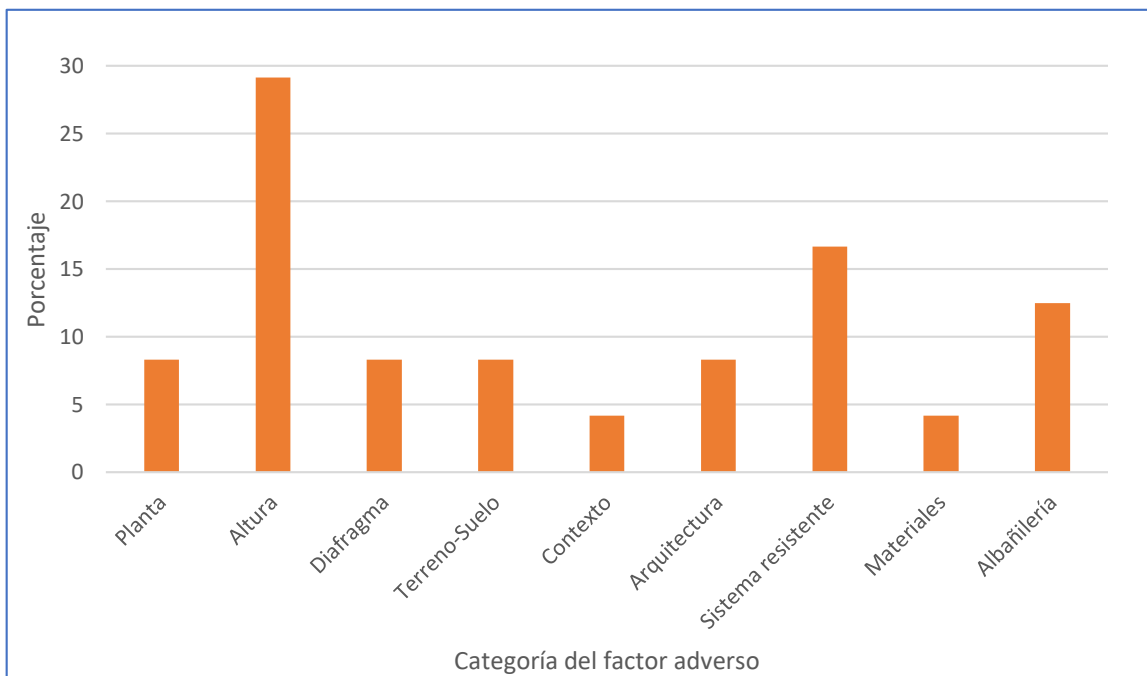


Figura 8: categorías de los factores que incrementan la vulnerabilidad sísmica

Objetivo específico 2

Este objetivo específico analiza los factores que incrementan la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tumbes

Tabla 4

Análisis de los factores adversos que incrementan la vulnerabilidad sísmica

Factor adverso	Análisis
Asimetría de edificación de dimensiones que ocasiona irregularidad torsional por excentricidad del centro de masas respecto del centro de rigideces	Si el centro de masas (donde se puede considerar aplicada la fuerza sísmica $F=ma$) no coincide con el centro de rigideces (zona o lugar más rígido de la estructura) se produce un brazo de palanca que permite la torsión de la edificación
La altura del edificio es exagerada para sus dimensiones en planta	La esbeltez de la forma origina una zona de debilidad en la parte baja de la edificación debido a la mayor aceleración (y mayor fuerza actuante) de los últimos pisos, en el caso de un sismo

Continuación

Terreno muy largo para el ancho	La estrechez de un terreno conduce a un desarrollo constructivo con muy pocos muros transversales que sirvan de arriostres de los muros longitudinales
Incremento significativo del área con la altura	La aceleración es mayor conforme se incrementa la distancia vertical, y, si además se incrementa la masa con la altura, el efecto combinado resulta en un incremento de la fuerza sísmica en la parte alta de la edificación, incrementando el esfuerzo en el primer piso de la edificación
Falta de junta de dilatación sísmica	Cada edificación tiene su forma propia y particular de oscilación en caso de sismo. En caso de edificaciones unidas o muy juntas, en caso de sismo, los movimientos de ambas edificaciones pueden contraponerse con resultados muy adversos
Construcción en desniveles extremos	La fuerza cortante se aplica en diferente lugar de la cimentación pudiéndose generar fuerzas diferentes en las zonas distales de la cimentación, sobre esforzándola
Entrepisos con mucha altura	A mayor esbeltez de un muro, menor es su resistencia a la flexión
Diafragma discontinuo	Sobrecarga a las columnas en la zona de la discontinuidad
Carencia severa de muros transversales	Baja rigidez en la dirección X con posibilidad comportamiento de piso blando
Carencia de sistema resistente	Sobre exigencia a los muros portantes, los cuales en este caso deben soportar la carga del peso de la edificación y la fuerza sísmica
Esquina entrante	En una demanda sísmica la arista de la esquina entrante se sobre esfuerza pudiendo fallar catastróficamente
Protuberancias importantes en altura (no azotea)	Sobre esfuerzo a las columnas y diafragma en la zona de inicio de la protuberancia
Diferentes hilados o tramados de ladrillo	Diferentes tramados del ladrillo significa diferentes resistencias. Cuando esto ocurre, el muro tendrá diferente comportamiento en un sismo pudiendo fallar en la zona de unión de tramados que es particularmente exigida y además la más débil.
Formas caprichosas en altura	Las partes a mayor altura están sobre exigidas en caso de sismo por la mayor aceleración imprimida en tal momento
Pisos altos sin muros en edificaciones importantes	Variación del comportamiento y sobre exigencia en el piso más débil
Plantado de columnas y construcción en volados	Sobrecarga en la parte distal del volado con incremento de carga en la unión columna-losa
Sistema resistente no ortogonal	Fuerzas fuera de ejes en el sistema resistente originan esfuerzos en zonas débiles de vigas, columnas y Cimentación
Discontinuidad del sistema resistente vertical	Origina efecto de hincado en el diafragma y consecuente sobre esfuerzo en dicha zona
Columnas chatas	No aportan arriostramiento al muro Posibilidad de flexión en la dirección X, la menos rígida de la edificación

Objetivo específico 3

En este objetivo específico se proponen medidas de prevención orientadas a evitar el incremento de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes.

Tabla 5

Recomendaciones para la remediación respecto de los factores adversos

Factor adverso	Sugerencia para remediación
Carencia severa de muros transversales	Proveer muros de corte que agreguen rigidez en la dirección X
Carencia de sistema resistente	Limitar su altura a dos pisos con cubierta ligera en el segundo piso. Emplear trabazón de cabeza o ladrillos reforzados. Considerar las normas de la tipología de muros estructurales
Esquina entrante	Evitar las entradas en esquina. De no ser posible mantener la entrada en una longitud menor al 20% de la longitud total del muro. La terminación en curva u ochavo reduce un poco la carga en este caso.
Protuberancias importantes en altura (no azotea)	Mantener la forma de los pisos con la altura
Diferentes hilados o tramados de ladrillo	Disponer del material suficiente para completar el muro o dejar los dientes y material de reserva en caso no se pueda continuar con la obra
Formas caprichosas en altura	Mantener la forma y peso de los pisos a lo largo de la altura de la edificación
Pisos altos sin muros en edificaciones importantes	Mantener una única tipología estructural en toda la edificación
Plantado de columnas y construcción en volados	Respetar la normativa y mantener los volados solo como medio decorativo y/o protección de sol o lluvia
Sistema resistente no ortogonal	En la medida de lo posible, mantener la ortogonalidad del sistema resistente
Discontinuidad del sistema resistente vertical	Mantener el sistema resistente completo y continuado desde la cimentación hasta el último diafragma
Columnas chatas	Emplear columnas chatas sólo en aplicaciones de confinación de cercos no estructurales Proveer pinto o peralte en la columna, en especial en edificaciones con terrenos con poco frente
Carencia de juntas de expansión sísmica	Proveer juntas de expansión sísmica
Construcción en terrenos con fuerte pendiente	Colocar pilotes de tal modo que la cortante basal accione en la cimentación de la forma más recta posible

Objetivo específico 4

Este objetivo busca determinar el tipo de suelo y su capacidad portante en la ubicación de las edificaciones estudiadas. Los resultados de las calicatas realizadas se muestran a continuación.

Calicata C1

Generalidades, límites de Atterberg, humedad y SUCS

Los resultados para la calicata C1 reflejan una condición de suelo inadecuado (desechos mezclados con tierra) hasta 1.8 m, continuando con suelo suelto SM (arena con limo), según la muestra M2. El contenido de humedad y límites de Atterberg se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 6

Clasificación del suelo en la ubicación de la calicata C1

Calicata C1		
Ubicación	Urb. Andrés Araujo Morán (altura Qda. Pedregal)	
Edificación estudiada involucrada: E – 16		
Muestra	M1	M2
Profundidad (m)	0.0 – 1.80	1.80 – 2.00
Pasante por malla N° 200		21.0
Límite líquido (ASTM D – 423)		-
Límite plástico (ASTM D – 424)	Basura mezclada con tierra	-
Índice de plasticidad		N. P.
Contenido de humedad (ASTM D – 422)		5.9 %
Clasificación SUCS	R	SM

Ensayo de corte directo para C1 – M2 (ASTM D3080)

El suelo analizado mostró un esfuerzo máximo de corte de 0.865 Kg/cm² para un esfuerzo inicial de 1.5 Kg/cm²; los valores siguientes tal como se observa en la tabla siguiente, fueron 0.59 Kg/cm² y 0.315 Kg/cm² para esfuerzos iniciales de 1.0 y 0.5 Kg/cm² respectivamente. La máquina de corte directo reportó los siguientes resultados:

Tabla 7

Resultados del ensayo de esfuerzo (ASTM D3080)

Procedencia de la muestra C1 – M2 (1.80 m – 2.00 m)			
Espécimen	01	02	03
Esfuerzo inicial (Kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm ²)	0.315	0.59	0.865

El resultado del esfuerzo cortante muestra que el valor máximo es 0.865 Kg/cm², correspondiendo según la figura siguiente, el valor de la pendiente:

$$\tan(\phi) = (0.865 - 0.315)/(1.5 - 0.5) = 0.55$$

de tal forma que el ángulo de fricción resulta: $\phi = \text{Arc tan}(0.55) = 29^\circ$

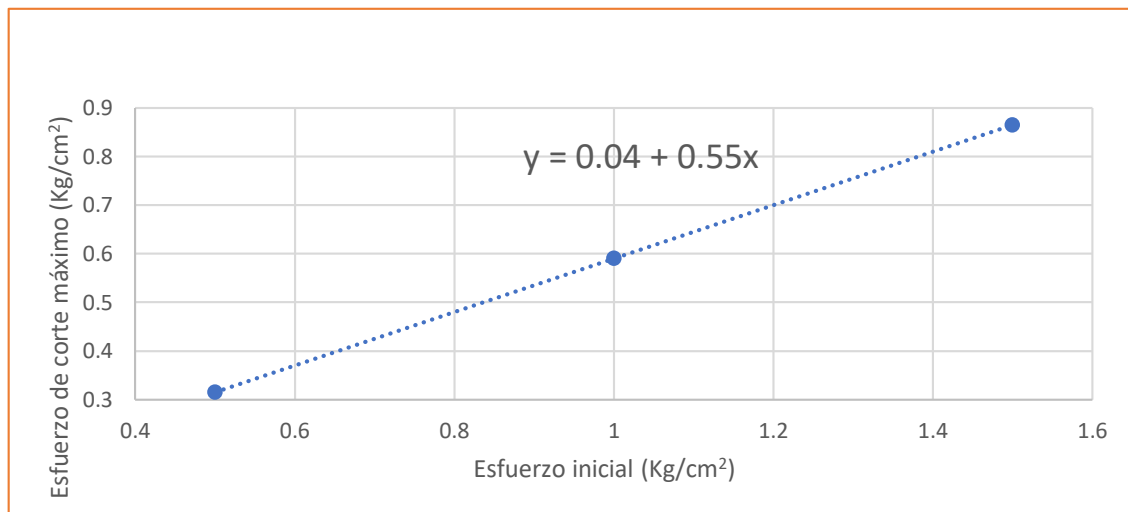


Figura 9: Esfuerzo al corte máximo vs esfuerzo inicial

La deformación tangencial producida por el esfuerzo de corte para los tres especímenes de la muestra de suelo 2 de la calicata 1, se muestra en la siguiente figura:

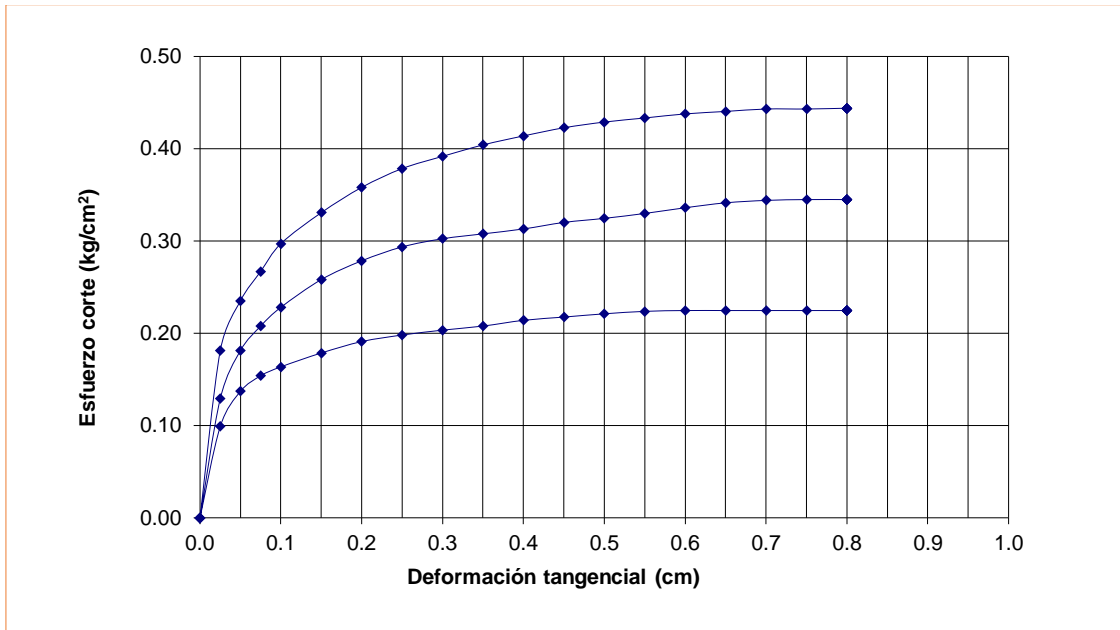


Figura 10: Deformación tangencial vs esfuerzo de corte

Del gráfico de la Figura 9 se completa la tabla siguiente; aquí, la tangente (ϕ) representa la variación en el valor de la cortante máxima para la variación completa del esfuerzo inicial. La cohesión corresponde al valor del esfuerzo máximo cuando se anula el esfuerzo inicial.

Tabla 8

Resultados obtenidos del gráfico

Ítem	Valor
Ángulo de fricción interno	29 °
Cohesión	0.04 Kg/cm ²
Tangente (ϕ)	0.55

Capacidad portante

Reunidos los datos pertinentes, se encuentra la capacidad portante del suelo en la ubicación de la calicata 1, empleando la relación indicada en el **Anexo 8**. La capacidad portante con un factor de seguridad de 3, es 0.75 Kg/cm².

Tabla 9

Capacidad portante para la muestra 2 de la calicata C1 (1.80 m – 2.0 m)

Tipo de suelo	B	Df	Parámetros geométricos			Parámetros de carga			Qult (Kg/cm ²)	Fs	Qadm (Kg/cm ²)
			y Gr/cm ³	ø °	C Kg/cm ²	Nc	Nq	Ny			
SM	1.0	1.0	1.57	29	0.04	17.4	8.4	5.2	2.25	3	0.75

Calicata C2

Para la calicata C2 ubicada cerca de la plaza de armas de la ciudad, el nivel de agua subterránea empieza a los 30 cm, lo cual compromete la durabilidad del material de cimentación e incrementa de manera notable las posibilidades de licuefacción del suelo por efecto sísmico. De igual forma, la cohesión, como se verá adelante, es prácticamente nula en este caso.

Seguidamente se muestran los ensayos realizados a las muestras recogidas

Generalidades, límites de Atterberg, humedad y SUCS

Se estudian los materiales obtenidos in situ y determinaron los límites de Atterberg (Límite líquido y límite plástico), humedad y la clasificación SUCS de las muestras.

En la tabla siguiente se condensan los resultados para la calicata C2

Tabla 10

Clasificación de suelos en la ubicación de la calicata 2

Calicata C2		
Ubicación	Av. Malecón Benavides (a 122.79 m en línea recta del vértice proximal de la Plaza de Armas de la Ciudad de Tumbes)	
Edificación estudiada involucrada:	E – 13 (La calicata C2 se ubica a 54.2 m de E – 13)	
Muestra	M1	M2
Profundidad (m)	0.0 – 0.30	0.30 – 1.00
Pasante por malla N° 200	82.0	19.0
Límite líquido (ASTM D – 423)	35.2	-
Límite plástico (ASTM D – 424)	19.7	-
Índice de plasticidad	15.5	N. P.
Contenido de humedad % (ASTM D – 422)	7.30	Saturado
Clasificación SUCS	CL	SM

Tabla 11

Peso natural seco (volumétrico) (ASTM – D2937)

Muestra	Tipo	Peso volumétrico sobre el agua	Peso volumétrico bajo agua
C2 – M2	Arena limosa	1.65	1.0

Ensayo de corte directo (ASTM D3080)

Los resultados del ensayo en la máquina de corte directo se indican en la tabla siguiente

Tabla 12

Esfuerzo inicial y esfuerzo de corte máximo, (ASTM D3080)

Espécimen	01	02	03
Esfuerzo inicial (Kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm ²)	0.275	0.55	0.825

El esfuerzo de corte máximo del suelo en la zona de C2 (centro de Tumbes) es menor que la encontrada en C1, significando un límite para el peso de las edificaciones que se puedan levantar en esta zona.

$$\tan(\phi) = (0.825 - 0.275)/(1.5 - 0.5) = 0.55$$

a este valor corresponde un ángulo de fricción de 29°

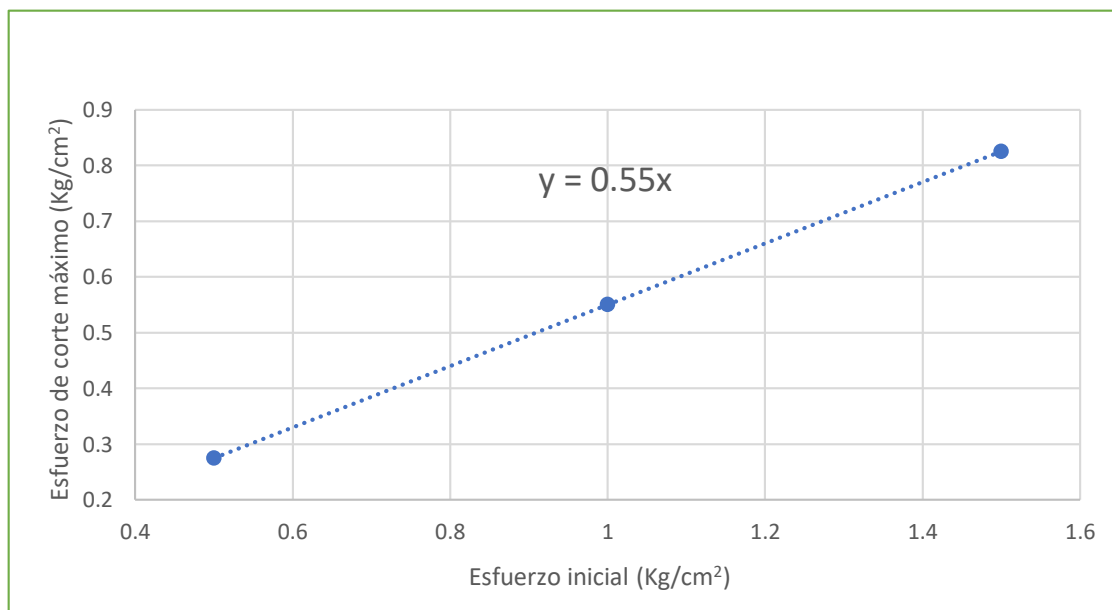


Figura 11: Esfuerzo cortante máximo y esfuerzo inicial para el suelo en C2

En la figura siguiente se muestra la relación entre el esfuerzo de corte y la deformación tangencial para la muestra de suelo tomada en la calicata 2.

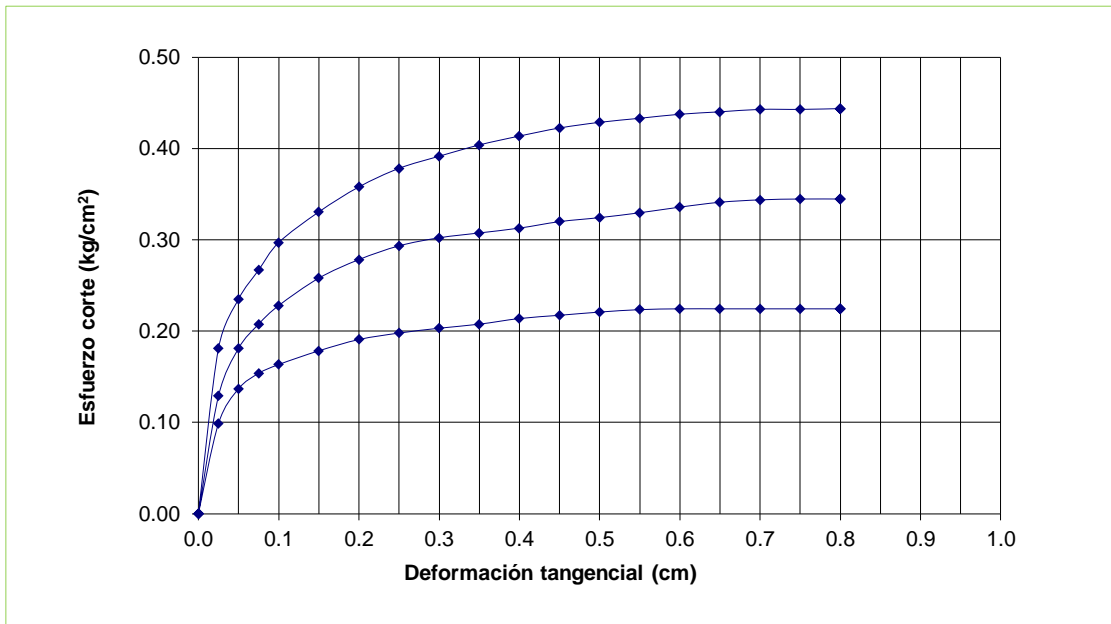


Figura 12: Esfuerzo de corte y deformación tangencial para la muestra del suelo de la calicata 2

En la tabla siguiente se ordenan parámetros de interés obtenidos de la figura 11. El ángulo de fricción interno y su tangente relacionan la variación del esfuerzo de corte máximo y la correspondiente variación del esfuerzo inicial. La cohesión es el esfuerzo máximo (0.04 Kg/cm²) cuando el esfuerzo inicial es nulo.

Tabla 13

Resultados obtenidos de gráfico de la figura 11

Ítem	Valor
Ángulo de fricción interno	29 °
Cohesión	0.04 Kg/cm ²
Tangente (ø)	0.55

Capacidad portante

De acuerdo al procedimiento indicado en el Anexo 8, se obtiene el valor de la capacidad portante, indicado en la siguiente tabla. Según el resultado anterior, la muestra de suelo tomada en el centro de la ciudad de Tumbes, indica que 1 cm² de tal suelo puede soportar una fuerza de 0.35 Kg.

Tabla 14

Capacidad portante para la muestra 2 de la calicata C2

Tipo de suelo	B	Df	Parámetros geométricos			Parámetros de carga			Qult (Kg/cm ²)	Fs	Qadm (Kg/cm ²)
			y Gr/cm ³	φ °	C Kg/cm ²	Nc	Nq	Ny			
SM	1.0	1.0	1.0	29	0.0	0.0	8.0	6.0	1.04	3	0.35

V. DISCUSIÓN

El análisis de los resultados muestra un buen número de edificaciones en la ciudad de Tumbes de relativa importancia con factores de riesgo que incluyen piso blando, altura exagerada, asimetría respecto al centro de masas, entresijos sobredimensionados entre otros que comprometen su desempeño en caso de sismo severo, condición que hace suponer falta de enfoque sismorresistente en su diseño, considerando que, dada su envergadura, ha habido asesoría profesional y todo un diseño previo antes de la construcción en sí. Este hecho se considera relevante debido a la marcada actividad sísmica del País debida a su inclusión en el Círculo de Fuego del Pacífico (Instituto Geofísico del Perú, 2020), zona donde ocurren eventos sísmicos de consideración a nivel mundial, explicados fácilmente, si se considera que un 86% de la energía liberada por la tierra se concentra en esa zona (Universidad Nacional Autónoma de México, 2018), escenario geológico-tectónico que hace particularmente riesgosa la permanencia en el tiempo de ciudades enteras en el entorno y cercanía con el cinturón de fuego, tal como ha quedado demostrado con el terremoto en Ica, Perú (15.08.2007), Yungay, Perú (31.05.1970), Valdivia, Chile (22.05.1960), Puebla, México (19.09.2017), Tumbes, Perú (10.12.1970) entre muchos otros (Lizárraga, 2017).

Este escenario particularmente adverso en cuanto a actividad sísmica y el prolongado silencio, de más de 50 años (Andina, 2020), probablemente han disminuido los esfuerzos y cuidados que la moderna ingeniería de hoy pone a disposición de los profesionales de la construcción, mejorando técnicas, procedimientos constructivos y materiales (Lara y Nieto, 2021) todo orientado a incrementar la magnitud de las solicitaciones sísmicas que una edificación puede soportar sin sufrir daños estructurales que pueda poner riesgo la continuidad de su operación o servicio.

En otro ángulo de la cuestión, la informalidad como problema de largo arraigo en el Perú, incrementa los riesgos, entre otras, en las actividades urbanísticas y edificatorias (LATAM Construcción, 2021). Puntualmente, la alta informalidad en el sector construcción peruano configura un agravante, tanto en el uso del suelo -problemática social- como en la labor constructiva propiamente dicha (Agencia iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología, 2022). En efecto, se señala que un 80% de las viviendas peruanas se vinculan directamente con la autoconstrucción (RPP

Noticias, 2021), entendiéndose este término en el contexto donde un maestro de obra o albañil decide sobre cuestiones estructurales, de diseño o arquitectura, llevado de ordinario, por sus conocimientos prácticos en el tema (Andina, 2022). Es así como el uso del suelo reporta edificaciones erigidas en quebradas secas o peligrosamente cerca de ellas, sin considerar que es solo cuestión de tiempo su activación y puesta en riesgo no solo de la edificación, sino la vida e integridad de sus ocupantes.

El suelo es un factor sin duda importante en el estudio sismorresistente debido a su condición de portador de la energía sísmica desde el epicentro a la edificación (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2011). Es así como la onda mecánica puede modificarse en función de la composición del suelo, siendo el caso que los materiales sueltos amplifican o magnifican la amplitud de las ondas sísmicas mientras que los rígidos lo hacen en mucha menor medida (Instituto Geofísico del Perú, 2020). Es el caso de las ciudades fundadas sobre suelos transportados por medio aluviales principalmente, siendo por tanto, el suelo generalmente rico en arenas y arcillas y escasos en piedra o materiales más resistentes, siendo esta es una condición adversa muy importante por cuanto la amplificación sísmica se incrementa comprometiendo seriamente a las edificaciones. Un ejemplo de ello ocurrió en Ciudad de México en el terremoto de 1985, donde la conformación arcillosa y arenosa del suelo proveniente de la desecación artificial de un lago, amplificaron la onda sísmica como resultado de su refracción multiplicada muchas veces en los innumerables materiales sueltos (Xataka México, 2017).

La ubicación del Perú en zona sísmica, autoconstrucción, suelo transportado y el silencio sísmico de más de 50 años conforman un serio riesgo que merece la atención de la población y autoridades en el sentido de apego a las normas de construcción para la primera; y, mayor control y supervisión para las segundas, considerando que el momento de probar la resistencia de las estructuras existentes con un sismo real es solo cuestión de tiempo. Este complicado marco situacional representa un problema y a la vez un reto para los involucrados en la construcción y las autoridades encargadas de supervisar y hacer cumplir la normativa vigente en cuanto uso de suelos y licencias de construcción.

Analizados los resultados de la investigación, se encontró una variedad de factores que comprometen la resistencia de las edificaciones frente a los sismos. Efectivamente, las carencias en planta, prevalentes en esta ciudad, son consideradas en investigaciones realizados en edificaciones falladas en sismos importantes (San Bartolomé, 2011). Es así como esta forma alargada de lote reduce -por razones funcionales- la cantidad de muros transversales, arriostres necesarios en la estabilidad lateral y consecuente resistencia al corte de la estructura en caso de un sismo (CIPER, 2010).

El análisis en altura mostró como caso muy frecuente, la construcción en volados, que, aunque no complica o compromete seriamente el desempeño sísmico de la edificación, sí que contraviene la norma que los limita a 50 cm y permite su uso solo ornamental o de protección del sol o lluvia (El Peruano, 2021). Sin embargo, se ha encontrado al menos una edificación donde el incremento en masa y área sí configura una irregularidad en altura, por lo extendidos de sus volados que incrementan de manera notable la masa de la edificación con la altura, escenario que debe evitarse, si se considera que a mayor altura en la edificación, mayor aceleración y fuerza actuante, de acuerdo a la 2^{da} Ley de Newton del movimiento. Otro factor adverso detectado en altura es un piso blando en niveles altos de un edificio de envergadura en una zona céntrica de la ciudad. La carencia de muros es evidente observándose en ese piso solo los pórticos. En este caso, un análisis inmediato indica que la zona con menor rigidez absorberá un porcentaje mayor de la fuerza sísmica sobre exigiendo a la zona débil y acrecentando sus posibilidades de fallo. Otras irregularidades se han observado en altura correspondiendo a entresijos esbeltos y formas caprichosas y rebuscadas para el sistema resistente.

De acuerdo al relieve accidentado donde se asienta la ciudad de Tumbes, es común observar edificaciones importantes con diferencia de cotas de 10 m en menos de 50 m de avance, lo cual obliga a un tratamiento profesional del caso, generalmente basado en la inserción de pilotes hasta lograr nivelar la línea de acción de la cortante basal, evitando torsiones importantes por variación importante del centro de masas respecto del de rigidez.

Contrastando los resultados encontrados con los autores de los antecedentes, se tiene que con Shabani et al. (2021) se concuerda en lo importante que es la prevención en el riesgo de desastres telúricos por lo importantes que son las pérdidas humanas y materiales. Se concuerda igualmente en lo apropiado que son los estudios basados en colapsos, o llamados medios observacionales como el del índice de vulnerabilidad. Con Petruzzelli y Lervolino (2021) se coincide en lo apropiado que resultan las herramientas tecnológicas y computacionales en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, pero también en la necesidad de conocimiento de los técnicos e ingenieros para interpretar los resultados mostrados. Con Nikolic et al. (2021) se concuerda en la metodología del índice de vulnerabilidad empleada, por considerarla apropiada, aunque como en la presente investigación, secundada por la normativa E.030, que define las irregularidades estructurales de manera muy precisa. Con Stefanini et al. (2022) se concuerda en la aplicabilidad de los métodos informáticos, precisando sin embargo, la limitación de estos que exigen conocer al detalle la organización del sistema resistente, situación que generalmente no es posible ni conveniente cuando se analizan varias edificaciones de forma casi simultánea. Con Helaly y Anasary (2021) se concuerda en la relevancia del estudio de la respuesta del suelo en términos de velocidad de propagación y amplificación de las ondas, producto de su conformación geológica, como indicador de un factor -que aunque no es constructivo- compromete el desempeño sismorresistente de la edificación en su conjunto. Contrastando ahora con los autores nacionales, se cita a Moreto et al. (2021) con quienes se concuerda en la metodología empleada en la presente investigación, precisándose que el acceso a la edificación permite una mejor aproximación a la realidad que una observación externa. Andrés (2020) señaló que la informalidad en el proceso constructivo deteriora el desempeño sismorresistente de la edificación, posición que se comparte. Con Cochón (2020) se coincide respecto de la aplicabilidad del método del índice de vulnerabilidad, refiriendo sin embargo, que este se puede mejorar si se añaden mediciones con instrumental para mejorar la confiabilidad de los resultados. Girón y Carrasco (2019) sostienen que un mismo emplazamiento, como un colegio, puede tener más de una vulnerabilidad en términos de cada edificación del complejo en particular. Contrastando a Medina y Piminchumo

(2018) se concuerda en la fiabilidad del resultado obtenido empleando de métodos observacionales; sustentando esta afirmación, se reliva la integralidad de las evaluaciones realizadas, en contraposición a los métodos analíticos que evalúan principalmente la respuesta de la parte estructural de la edificación sin considerar otros factores de la edificación -conservación, patologías, elementos no estructurales, cubiertas, amplificación sísmica del suelo, etc.- que también son significativos en su respuesta ante un sismo (Llugsha, 2021).

VI. CONCLUSIONES

1. De la observación a las 20 edificaciones en los factores que incrementan su vulnerabilidad sísmica, un 60% de estos factores corresponden a un terreno demasiado angosto, 55% a falta de junta de expansión sísmica y 35% a construcciones en desniveles extremos.
2. Al categorizar los factores adversos de acuerdo a su naturaleza, los de altura son los más frecuentes con 29.17% de ocurrencias, le siguen los problemas en el sistema resistente con 16.67%, seguido de factores adversos relacionados a la albañilería con 12.50%.
3. El análisis de los factores que incrementan la vulnerabilidad sísmica explica la forma en la que el factor compromete tal vulnerabilidad. Se detalla en la **Tabla 4**.
4. De acuerdo a la frecuencia de recurrencia de los factores adversos, señalada en la primera conclusión, la medida de remediación más frecuente es la recomendación de muros de corte y evitar las columnas chatas para edificaciones plantadas sobre terrenos angostos; le sigue en frecuencia, la recomendación de dejar una junta de expansión sísmica. Para la construcción en pendientes muy agudas, se recomienda el plantado de pilotes.
5. En la Urb. Andrés Araujo Morán a la altura de la parte alta de la quebrada Pedregal, el suelo tiene una capa de 1.80 de material R (SUCS). Más allá suelo es SM, soporta un esfuerzo de corte máximo de 0.865 Kg/cm^2 y muestra una capacidad portante de 0.75 Kg/cm^2 . En el centro de la ciudad de Tumbes y hasta los 30 cm de profundidad el suelo es CL; y, avanzando en profundidad hasta 1 m, el suelo es SM, encontrándose saturado de humedad por la napa freática. Su esfuerzo de corte máximo midió 0.825 Kg/cm^2 y la capacidad portante 0.35 Kg/cm^2 .

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los propietarios o interesados que va a iniciar proyectos de construcción, la observación de la normativa E.030 para diseño sismorresistente, considerando además las sugerencias incluidas en la investigación.
2. Se recomienda a la Autoridad Municipal ejercer un mayor control en el otorgamiento de las licencias de construcción a fin de corregir a tiempo diseños que comprometen la seguridad de las edificaciones.
3. Se recomienda a la Autoridad Municipal el control y exigencia de la licencia de construcción a los procesos constructivos en progreso.
4. Se recomienda a los propietarios o encargados que identifiquen en sus edificaciones cualquiera de los factores aversos aquí señalados, y que de ser posible, se realice la reparación de acuerdo a norma.
5. Se recomienda a los constructores no calificados la actualización y capacitación en técnicas que reduzcan la vulnerabilidad sísmica de sus obras.

REFERENCIAS

- Agencia iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología . (2022). *Ciencia ciudadana para mapear riesgos ambientales y prevenir sus impactos*.
<https://www.dicyt.com/noticias/ciencia-ciudadana-para-mapear-riesgos-ambientales-y-prevenir-sus-impactos>
- Andina. (2020). *IGP: Sabes cuantos años de silencio sísmico tiene Lima?*
<https://andina.pe/agencia/noticia-igp-sabes-cuantos-anos-silencio-sismico-tiene-lima-857936.aspx>
- Andina. (2022). *Autoconstrucción de casas alcanza un 80% en periferia de Chiclayo*.
<https://andina.pe/agencia/noticia-autoconstruccion-casas-alcanza-un-80-periferia-chiclayo-711822.aspx>
- Andrés Sánchez, A. E. (2020). *Aplicación del método de Benedetti Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica en 16 viviendas informales en el pueblo joven pro vivienda Primera Zona, El Agustino, Lima*. Universidad de San Martín de Porres: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7010>
- Blanco, M. (2012). Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000300008
- Calle Nizama, C. E. (2017). *Vulnerabilidad estructural de la I. E. N° 10024 "Nuestra Señora de Fátima"*. Universidad Señor de Sipán:
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4228>

- CIPER. (2010). *Estudio de edificio de Penta revela falla que se repite en las modernas torres afectadas por terremoto*. Investigación:
<https://www.ciperchile.cl/2010/04/07/estudio-de-edificio-de-penta-revela-la-falla-estructural-que-se-repite-en-las-modernas-torres-afectadas-por-el-terremoto/>
- Cochón Barrientos, H. m. (2020). *Mejoramiento del método de Benedetti Petrini en el índice de vulnerabilidad sísmica y su aplicación a la IE 2051 - Carabayllo, Lima 2020*. Universidad Privada del Norte:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27347>
- Cohen, N., & Gómez Rojas, G. (2019). *Metodología de la investigación, ¿Para qué?*
http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf
- Diario Perú 21. (16 de Agosto de 2019). Silencio sísmico: la energía acumulada que provocaría un sismo catastrófico en el Perú. <https://peru21.pe/peru/silencio-sismico-igp-sismo-terremoto-peru-nnda-nnlt-496835-noticia/>
- El Peruano. (2021). *Ordenanza Municipal N° 010-2021-MPH-BCA*.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-prohibe-la-construccion-de-voladizos-sobre-la-ordenanza-no-010-2021-mph-bca-1963699-1/>
- Girón Delgado, C. I., & Carrasco Bautista, M. K. (2019). *Vulnerabilidad sísmica mediante el método del índice de vulnerabilidad del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, Jaén, Cajamarca, 2019*. Universidad Nacional de Jaén: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/255>
- Google. (2014). *Google Maps*. https://www.google.com/maps/@-3.5746917,-80.4537644,3a,75y,193.18h,88.92t/data=!3m6!1e1!3m4!1sgdAsTM_Danat0t2UJA1mTQ!2e0!7i13312!8i6656

Helaly L., A., & Anasary A., M. (2021). Assessment of seismic vulnerability index of Rajuk area in Bangladesh using microtremor observations. *Soils and Rocks*. doi:<https://doi.org/10.28927/SR.2021.057420>

Hernández Sampieri, R. (6 de junio de 2013). Las hipótesis. Celaya, México. <https://www.youtube.com/watch?v=WDfQjBtRcro>

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.

INGEMMET. (2010). *Cinemática de las placas Nazca y Sudamericana y zonas de acoplamiento en la interfaz de subducción del Perú a partir de datos GPS*.

Sociedad Geológica del Perú:

https://www.google.com/search?q=placa+de+nazca&rlz=1C1CHZN_esPE983PE983&oq=placa+de+nazca&aqs=chrome..69i57j0i512l9.3656j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8

INGEMMET. (2013). *Riesgo geológico en la región Tumbes*. Repositorio Institucional: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/292>

Ingeniería Civil del Perú. (2021). *Irregularidad vertical y en planta*.

<https://www.udocz.com/apuntes/117403/irregularidad-vertical-y-en-planta>

Instituto Geofísico del Perú. (2016). *Mapa Sísmico del Perú, periodo 1960 - 2016*.

<http://siar.minam.gob.pe/tumbes/mapas/mapa-sismico-peru-periodo-1960-2016>

Instituto Geofísico del Perú. (2020). *Cinturón de Fuego del Pacífico: ¿activación en cadena?* <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/127394-cinturon-de-fuego-del-pacifico-activacion-en-cadena/>

Instituto Geofísico del Perú. (2020). *Los efectos de los sismos en los tipos de suelos*.

<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/309366-los-efectos-de-los-sismos-en-los-tipos-de-suelo>

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006 ?). *Compendio estadístico de prevención y atención de desastres 2006*. Sismos ocurridos en el Perú:

https://www.indeci.gob.pe/compensad/2006/7_otras_estad/7.1_sismos/7.1.4_hist_sismos.pdf

Lara García, A. M., & Nieto Vargas, J. A. (2021). *Sinergias y aplicación de las metodologías y principios de Lean Construction, Bim y Construcción Sostenible, para la mejora y progreso de la industria de la construcción*.

Universidad Católica de Colombia:

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26938/1/551585_551588.pdf

LATAM Construcción. (2021). *La informalidad en el sector de la construcción, una espada de Damocles en el Perú*. Actualidad:

<https://peruconstruye.net/2021/10/18/la-informalidad-en-el-sector-de-la-construccion-una-espada-de-damocles-en-el-peru/>

Lizárraga, S. L. (2017). *Historia de los sismos en el Perú*. Universidad de Lima:

<https://hdl.handle.net/20.500.12724/10796>

Llugsha Muquinche, F. M. (2021). *Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación Bloque 2 de la Universidad Técnica de Ambato mediante la medición de vibraciones*.

Universidad Técnica de Ambato:

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/33571/1/Tesis%20L%20C.%201531%20-%20Llugsha%20Muquinche%20F%20C%20A%20Maribel.pdf>

- Medina Cruzado, J., & Piminchumo Albites, C. A. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Monsefú aplicando los índices de Benedetti y Petrini*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo:
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3143>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma Técnica E-030 Diseño Sismorresistente*.
- Moreto Tuesta, C., Mechato Jiménez, J. M., & Díaz Jaúregui, G. A. (2021). *Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando la metodología de Benedetti y Petrini*.
<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/2386>
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2011). *Riesgo sísmico y medidas de reducción del riesgo en el centro histórico de Lima*. Síntesis de estudios:
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/815249D3E901D46E052579B3005D68CA/\\$FILE/Riesgo_s%C3%ADsmico_y_medidas_de_seguridad_de_riesgo_en_el_Centro_Historico_de_Lima.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/815249D3E901D46E052579B3005D68CA/$FILE/Riesgo_s%C3%ADsmico_y_medidas_de_seguridad_de_riesgo_en_el_Centro_Historico_de_Lima.pdf)
- Nikolic, Z., Runjic, L., Skomrlj, N. O., & Benvenuti, E. (2021). Seismic vulnerability assessment of historical Masonry Buildings in Croatian coastal area.
doi:<https://doi.org/10.3390/app11135997>
- Paredes Azaña, M. Á. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal Pushover*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620673/pare?sequence=1>
- Petruzzelli, F., & Lervolino, L. (2021). A large scale seismic risk prioritization tool for Italy bases on nominal structural performance. *Bull Earthquake Eng.*
doi:<https://doi.org/10.1007/s10518-021-01093-1>

- RPP Noticias. (2021). *El 80% de las viviendas en el Perú son informales y serían vulnerables ante un terremoto*. Economía:
<https://rpp.pe/economia/economia/el-80-de-las-viviendas-en-el-peru-son-informales-y-serian-vulnerables-ante-un-terremoto-noticia-1343757>
- San Bartolomé, A., Quiun, & Silva, W. (2011). Comentarios relativos al tipo de fallas en los muros de concreto de edificios chilenos en el sismo del 27 de febrero de 2010. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112011000200004
- Shabani, A., Kioumarsi, M., & Zucconi, M. (2021). State of the art of simplified analytical methods for seismic vulnerability assessment of unreinforced masonry buildings. *Engineering Structures*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112280>
- Stefanini, L., Lorenzo, B., Mochi, G., & Predari, G. F. (2022). Neural networks for the rapid seismic assessment of existing moment-frame RC buildings. *ELSEVIER - International Journal of Disaster Risk Reduction*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102677>
- Universidad de San Martín de Porres. (2019). *Metodología de la investigación*.
<https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2019-I/MANUALES/II%20CICLO/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2018). *Cinturón de fuego, zona de sismos y volcanes*. Ciencia UNAM: <http://ciencia.unam.mx/leer/807/cinturon-de-fuego-zona-de-sismos-y-volcanes->
- Xataka México. (2017). *El temblor de 1985 en México liberó 32 veces más energía que el de 2017. ¿Qué significa eso?* Investigación:
<https://www.xataka.com.mx/investigacion/el-temblor-de-1985-en-mexico-libero-32-veces-mas-energia-que-el-de-2017-que-significa-eso>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título	Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología
Factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes, 2022	General		La investigación es descriptiva por lo que no corresponde el planteo de hipótesis	Factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones	Alcance de la investigación:: Descriptiva
	¿Cuáles son los factores que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes en el año 2022?	Determinar los factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes en el año 2022			Tipo: Aplicativa de conocimientos en la solución de problemáticas
	Específicos		La capacidad portante del suelo en la ubicación de las edificaciones estudiadas es medio		Enfoque: Cuantitativo
	¿Cómo se categorizan los factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tumbes	Categorizar los factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad de las edificaciones en la ciudad de Tumbes			Método de investigación: observativo y deductivo
¿Cómo son los factores que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes?	Analizar los factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes	Temporalidad: Transversal			
¿De qué forma se puede contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes?	Elaborar una lista de recomendaciones a fin de evitar el incremento de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la ciudad de Tumbes		Población: Todas las edificaciones que presenten características que incrementen su vulnerabilidad sísmica		
¿Cuáles es la capacidad portante del suelo en la ubicación de las edificaciones estudiadas?	Determinar la capacidad portante del suelo en la ubicación de las edificaciones estudiadas		Muestra: 20 edificaciones		
				Muestreo: Intencionado	

Anexo 2. Matriz de operacionalización de la variable

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Factores constructivos que incrementan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones	Son aspectos constructivos que constituyen irregularidades estructurales en planta o altura (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)	La variable se operativizó mediante una ficha de observación	Irregularidades	Irregularidades en planta	Razón
				Irregularidades en altura	Razón
			Suelo	Relieve	Razón
				Licuefacción	Razón
	Amplificación sísmica	Razón			

Fuente: Propia y Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019)

Anexo 3: Instrumentos de recojo de datos

		Edificación	
Generalidades		Ubicación	
		Material	
		Categoría	
		Antigüedad	
		N° Pisos	
		N° Diafragmas	
Factor		Detallado	Calificación
1	Calidad de la edificación	Mampostería	
		Sistema resistente	
		Carencias en confinamiento	
		Proceso constructivo	
		Autoconstrucción	
2	Suelo	Clasificación SUCS	
		Peligro	
		Susceptibilidad de licuación	
		Amplificación sísmica	
3	Diafragma	Pendiente	
		Sales/humedad	
		Plano y completo	
4	Relación de aspecto del terreno	Discontinuo	
		Vigas soleras faltantes	
		Cuadrado	
5	Irregularidades en planta	Rectangular moderado	
		Escaso frente	
6	Irregularidades en altura		
7	Cubierta	Plana, ligera y fija	
		Plana y suelta	
		Irregular y suelta	
		Deteriorada y suelta	
8	Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente	
		Algunos sueltos	
		Mayoritariamente sueltos	
9	Conservación	No hay	
		Bien conservada	
		Algunas fisuras	
		Grietas	
		Desprendimientos, corrosión	

Continua

Ficha de revisión bibliográfica

Autor:
Año:
Fecha:
Editorial.....

Observaciones:
.....
.....

Título:
.....
.....
.....

Anotaciones

Información A

Información B

Anexo 4:

Edificación 01

Generalidades		Ubicación: Jr. Simón Bolívar	
		Material: Concreto, ladrillo, acero	
		Categoría	C
		Antigüedad (Años)	5
		N° Pisos	10
		N° Diafragmas	10
		Dimensiones	6.0m x 24.8m
Factor	Detallado	Calificación	
1	Calidad de la edificación	Mampostería	Buena
		Sistema resistente	Bueno
		Carencias en confinamiento	No hay
		Proceso constructivo	Bueno
		Autoconstrucción	No
2	Suelo	Clasificación SUCS	SC
		Peligro	Medio
		Susceptibilidad de licuación	No
		Amplificación sísmica	Media
		Pendiente	Ligera
3	Diafragma	Sales/humedad	No
		Plano y completo	Sí
		Discontinuo	No
		Vigas soleras faltantes	No
4	Relación de aspecto del terreno	Cuadrado/ casi cuadrado	No
		Rectangular moderado	Sí
		Escaso frente	Sí
5	Irregularidades en planta	Podría existir irregularidad torsional debido a que el centro de masas no coincidiría con el centro de rigideces por lo no simétrico de la distribución. De igual forma, para una altura de 30 m aprox. deberían observarse placas en ambos ejes.	
		La forma alargada del terreno compromete la rigidez en el eje X lo que ocasionaría derivas importantes en esa dirección	
6	Irregularidades en altura	No se observan irregularidades en altura, sin embargo, lo alto del edificio y lo angosto de la dimensión en X podría ocasionar un cabeceo de tal modo que las derivas en la dirección X en la última planta, pueden ser mayores al límite de 0.005 para albañilería	
7	Cubierta	Plana, ligera y fija	No
		Plana y suelta	No
		Irregular y suelta	No
		Deteriorada y suelta	No
		No hay	Sí
8	Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente	No
		Algunos sueltos	No
		Mayoritariamente sueltos	No
		No hay	Sí
9	Conservación	Bien conservada	Sí
		Algunas fisuras	No
		Grietas	No
		Desprendimientos, corrosión	No



Ubicación: Jr. Simón Bolívar



Continuación

Edificación 02

Generalidades		Ubicación: Jr. Mayor Novoa	
		Material: Concreto, ladrillo, acero	
		Categoría	C
		Antigüedad aprox. (Años)	10
		N° Pisos	4
		N° Diafragmas	4
		Medidas	2.8m x 5.8m
Factor	Detallado	Calificación	
1	Calidad de la edificación	Mampostería	Buena
		Sistema resistente	Bueno
		Carencias en confinamiento	No
		Proceso constructivo	Bueno
		Autoconstrucción	Sí
2	Suelo	Clasificación SUCS	SC
		Peligro	Medio
		Susceptibilidad de licuación	No
		Amplificación sísmica	Media
		Pendiente	Ligera
3	Diafragma	Sales/humedad	No
		Plano y completo	Sí
		Discontinuo	No
		Vigas soleras faltantes	No
4	Relación de aspecto del terreno	Cuadrado/ casi cuadrado	Sí
		Rectangular moderado	No
		Escaso frente	Sí
5	Irregularidades en planta	No se observan, sin embargo, la forma y dimensiones del del terreno permite inferir que no hay muros transversales ni longitudinales internos lo cual resulta en una falta de rigidez en la dirección X	
6	Irregularidades en altura	El incremento de áreas y masas con la altura no es recomendable por el aumento de la fuerza sísmica que experimenta la edificación cuando esta condición se verifica ($F = ma$), sin embargo, el incremento no siendo significativo ni configurando una irregularidad (E.030), si revela autoconstrucción en la edificación	
7	Cubierta	Plana, ligera y fija	Sí
		Plana y suelta	No
		Irregular y suelta	No
		Deteriorada y suelta	No
		No hay	No
8	Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente	No
		Algunos sueltos	No
		Mayoritariamente sueltos	No
		No hay	Si
9	Conservación	Bien conservada	Sí
		Algunas fisuras	No
		Grietas	No
		Desprendimientos, corrosión	No



Ubicación: Jr. Mayor Novoa



Continuación

Edificación 03		
Generalidades	Ubicación: Calle Huáscar Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 2.7m x 19.4 m	C 15 4 3
	Factor Detallado Calificación	
1	Calidad de la edificación Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo Autoconstrucción	Buena Bueno No Bueno Sí
2	Suelo Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica Pendiente	SC Medio No Media Ligera
3	Diafragma Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	No Sí No No
4	Relación de aspecto del terreno Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	No No Sí
5	Irregularidades en planta No se observan, sin embargo la forma alargada y delgada del terreno obliga a reducir muros transversales lo cual redunda en una carencia de rigidez en el eje X	
6	Irregularidades en altura Se observan dos edificaciones independientes virtualmente unidas, sin el espacio entre ellas a fin de que oscilen de acuerdo a sus características, máxime si ellas tienen diferentes dimensiones de entrepiso, masa y volumen	
7	Cubierta Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	Sí No No No No
8	Elementos no estructurales Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	Sí No No No
9	Conservación Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	Sí No No No



Fuente: Google (2014)

Ubicación: Calle Huáscar



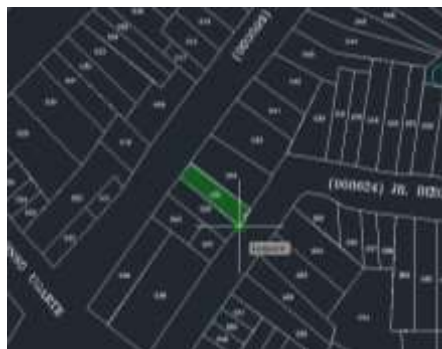
Continuación

Edificación 04		
Generalidades	Ubicación: Jr. Diego Ferrer / Maynas Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 4.9 m x 19.5 m	C 20 2 2
Factor	Detallado	Calificación
1 Calidad de la edificación	Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo Autoconstrucción	Deficiente Deficiente Sí Deficiente Sí
2 Suelo	Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica Pendiente	SC Alto Sí Alta Pronunciada
3 Diafragma	Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	No Sí No
4 Relación de aspecto del terreno	Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	No No Sí
5 Irregularidades en planta	La pronunciada diferencia de cotas en los dos frentes de la edificación produce fuerzas desiguales en cada frente por lo que las derivas en ellas puede ser 1.2 veces mayor que el del centro de masas, originando una distorsión por torsión importante	
6 Irregularidades en altura	En lo vertical, la dimensión del muro maestro Y es el doble (> 1.3) que el muro maestro del segundo piso por lo que se configura una irregularidad geométrica	
7 Cubierta	Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	No No Sí Sí Parcial
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	No No Sí No
9 Conservación	Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	No Sí No No



Fuente: Google (2014)

Ubicación: Diego Ferrer
Maynas



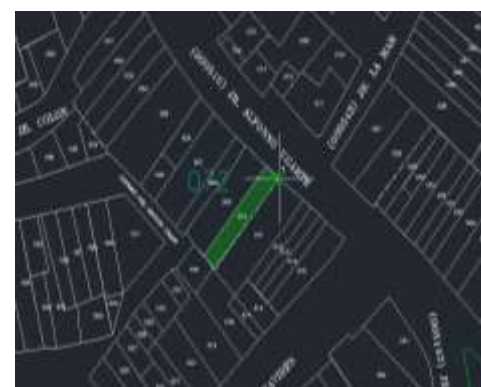
Continuación

Edificación 05		
Generalidades	Ubicación: Jr. Alfonso Ugarte Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 5.2 m x 31.1 m	C 15 2 2
Factor	Detallado	Calificación
1 Calidad de la edificación	Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo Autoconstrucción	Buena Bueno No Regular Sí
2 Suelo	Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica Pendiente	SC Alto Sí Alta Muy pronunciada
3 Diafragma	Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	No Sí Sí No
4 Relación de aspecto del terreno	Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	No No Sí
5 Irregularidades en planta	Descontando que el centro de masas coincida o esté cercano al de rigidez, la gran diferencia de cotas de la fachada frontal con la trasera origina que las derivas de ambas fachadas sean diferentes en un momento dado del sismo, resultando en una irregularidad torsional. De igual modo, el diafragma discontinuo y no unido a algunos muros, también constituye una irregularidad en planta	
6 Irregularidades en altura	La gran altura de los entrepisos, especialmente del primero (aproximadamente 7m contando que la vereda se encuentra a casi 2 m por encima del suelo), relacionado con el largo de la edificación y lo estrecho del frente, configura una irregularidad de piso débil	
7 Cubierta	Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	Sí No No No No
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	Sí No No No
9 Conservación	Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	Sí Sí No No



Fuente: Google (2014)

Ubicación: Jr. Alfonso Ugarte



Continuación

Edificación 06		
Generalidades	Ubicación: Jr. A. Ugarte/Ancash Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas 3.5 m x 15.1 m	C 15 3 3
Factor	Detallado	Calificación
1 Calidad de la edificación	Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo	Buena Bueno No Bueno
2 Suelo	Autoconstrucción Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica Pendiente	Sí SC Alto Sí Alta Regular
3 Diafragma	Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	Sí No No
4 Relación de aspecto del terreno	Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	No No Sí
5 Irregularidades en planta	No se observan irregularidades en planta	
6 Irregularidades en altura	El incremento importante de masa y volumen con la altura configura una irregularidad geométrica vertical debido a que el volado de 1 m coincide con el 30% del frontis, encontrándose en el límite	
7 Cubierta	Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	Sí No No No No
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	Sí No No No
9 Conservación	Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	Sí Sí No No



Ubicación: Jr. Alfonso Ugarte

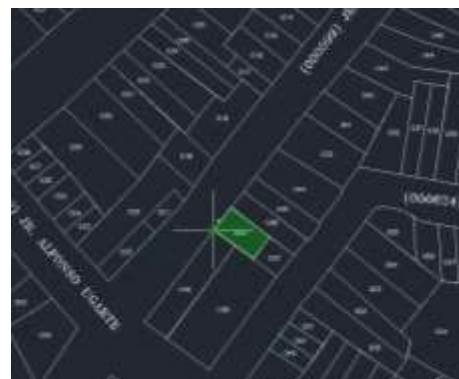


Continuación

Edificación 07		
Generalidades	Ubicación: Jr. Diego Ferrer Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas 6.6 m x 11.8 m	C 15 3 3
	Factor	Calificación
1	Calidad de la edificación	Regular Bueno Pocas Regular
2	Suelo	Regular Sí SC Alto Sí Alta
3	Diafragma	Pronunciada No No Sí Sí
4	Relación de aspecto del terreno	Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente
5	Irregularidades en planta	Aprox. No No
6	Irregularidades en altura	Se observa irregularidad en el diafragma, el cual se encuentra discontinuo en el tercer nivel lateral y primer piso al fondo. Un factor negativo, sin embargo es la pendiente pronunciada del terreno que puede ocasionar distorsión por torsión.
7	Cubierta	Excepto por el volado (que incumple con la norma A.010 que fija en 50 cm y solo como tapasol u ornamental) no se observa otro factor negativo
8	Elementos no estructurales	Sí No No No No
9	Conservación	Sí No No No



Ubicación: Jr. Diego Ferrer



Continuación

Edificación 08		
Generalidades	Ubicación: Av. Las Américas Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 6m x 20m	C 15 2 1
	Factor	Calificación
1	Calidad de la edificación Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo	Buena Completo Sí Adecuado
2	Suelo Autoconstrucción Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica	Sí CL Medio Baja Media
3	Diafragma Pendiente Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	Nula Sí No Sí
4	Relación de aspecto del terreno Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	No No Sí
5	Irregularidades en planta En planta no se observan irregularidades	
6	Irregularidades en altura En altura, se tiene un primer piso sin muros transversales, lo cual constituye una irregularidad por piso débil. No se recomienda exceder los dos pisos en la edificación	
7	Cubierta Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	Sí No No No No
8	Elementos no estructurales Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	Sí No No No
9	Conservación Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	Sí Sí No No



Ubicación: Av. Las Américas



Continuación

Edificación 09		
Generalidades	Ubicación: Jr. Alipio Rosales Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 8 m x 12 m	C 50 3 2
	Factor	Calificación
1	Calidad de la edificación Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo	Deteriorada Incompleto Sí Inadecuado
2	Suelo Autoconstrucción Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica	Sí SC Alto Sí Alta
3	Diafragma Pendiente Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	Nula No No Sí No
4	Relación de aspecto del terreno Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	Aproximado No No
5	Irregularidades en planta No se tiene acceso a información visual que permita evaluar este aspecto	
6	Irregularidades en altura Se observa irregularidad por carencia de sistema resistente vertical. Esto se agrava por el hecho de que el muro portante tenga tramado de sogá, en vez de tramado de cabeza, lo cual es lo que recomendado en este caso	
7	Cubierta Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	No No Sí Sí No
8	Elementos no estructurales Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	No Sí No No
9	Conservación Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	No No Sí No Sí



Ubicación: Jr. Alipio Rosales

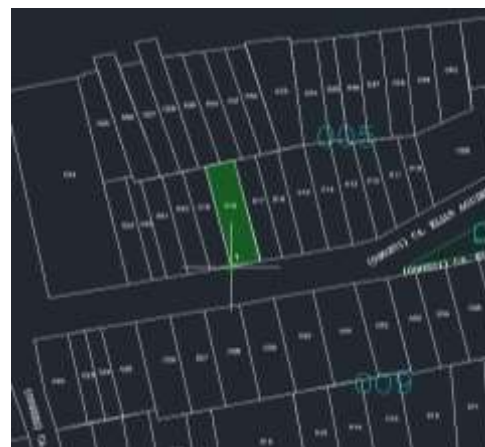


Continuación

Edificación 10		
Generalidades	Ubicación: Jr. Elías Aguirre Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 7 m x 26 m	C 10 2 2
Factor	Detallado	Calificación
1 Calidad de la edificación	Mampostería Sistema resistente Carencias en confinamiento Proceso constructivo Autoconstrucción	Adecuada Adecuada No Adecuado Sí
2 Suelo	Clasificación SUCS Peligro Susceptibilidad de licuación Amplificación sísmica Pendiente	CL Medio Bajo Baja Nula
3 Diafragma	Sales/humedad Plano y completo Discontinuo Vigas soleras faltantes	Sí Sí No No
4 Relación de aspecto del terreno	Cuadrado Rectangular moderado Escaso frente	No No Sí
5 Irregularidades en planta	Se observa irregularidad por esquina entrante, de acuerdo a la profunda entrada que se observa en línea con la entrada vehicular	
6 Irregularidades en altura	Se observa una muy probable irregularidad geométrica vertical por la protuberancia observada en el frontis que si bien en la norma E.030 se excluye esta irregularidad si la variación ocurre en azoteas o sótanos, la condición de azotea no se cumple en este caso por el importante peso y doble configuración de piso de la torreta observada.	
7 Cubierta	Plana, ligera y fija Plana y suelta Irregular y suelta Deteriorada y suelta No hay	No No No No Sí
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente Algunos sueltos Mayoritariamente sueltos No hay	No No No Sí
9 Conservación	Bien conservada Algunas fisuras Grietas Desprendimientos, corrosión	Sí No No No



Ubicación: Jr. Elías Aguirre



Continuación

Edificación 11		
Generalidades	Ubicación: Ca. Augusto B. Leguía Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 11.0 m x 16.2 m	C 15 2 2
	Factor	Calificación
1	Calidad de la edificación	Mala Regular No Malo
2	Suelo	Sí SC Alto Sí Alta
3	Diafragma	Pronunciada No No Sí Sí
4	Relación de aspecto del terreno	No Sí No
5	Irregularidades en planta	La pronunciada pendiente del suelo, como en todas las edificaciones de la zona, constituye un factor negativo que representa una posibilidad de torsión en ellas debido a la desigual aplicación de la cortante basal en la edificación. El diafragma discontinuo también constituye una irregularidad que compromete la seguridad sísmica
6	Irregularidades en altura	El muro maestro en Y en el primer y segundo piso está hilado de cabeza mientras que en el tercer nivel de soga. Esto constituye una variación importante en el peso y resistencia con la altura configurando probablemente una irregularidad de masa y/o rigidez. El aporte del volado al peso no es significativo a decir de sus dimensiones.
7	Cubierta	No Sí No Sí No No
8	Elementos no estructurales	No Sí No No No
9	Conservación	No Sí No No



Fuente: Google (2014)

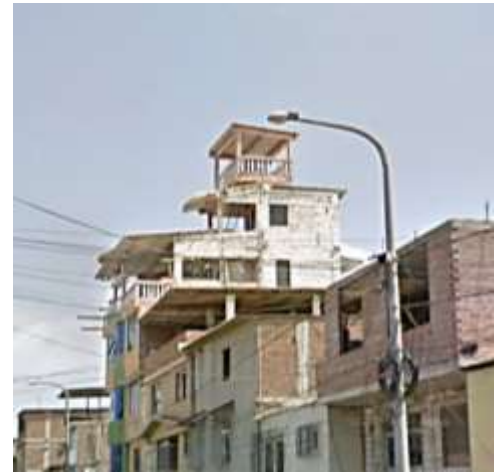
Ubicación: Calle A. B. Leguía



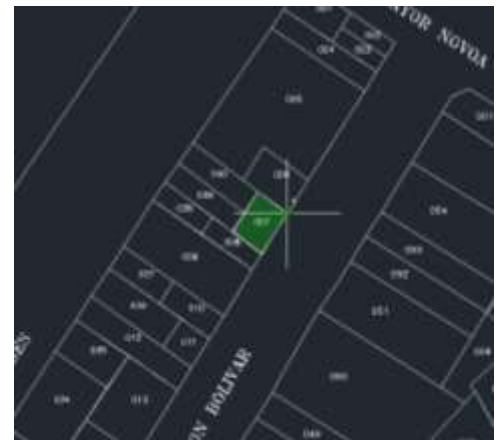
Continuación

Edificación 12

Generalidades			
Ubicación: Jr. Simón Bolívar			
Material: Concreto, ladrillo, acero			
Categoría		C	
Antigüedad aprox. (Años)		20	
N° Pisos		4	
N° Diafragmas		4	
Medidas: 8.5 m x 6.5 m			
Factor	Detallado	Calificación	
1 Calidad de la edificación	Mampostería	Buena	
	Sistema resistente	Bueno	
	Carencias en confinamiento	No	
	Proceso constructivo	Bueno	
2 Suelo	Autoconstrucción	Sí	
	Clasificación SUCS	SC	
	Peligro	Medio	
	Susceptibilidad de licuación	No	
	Amplificación sísmica	Media	
3 Diafragma	Pendiente	Muy ligera	
	Sales/humedad	Sí	
	Plano y completo	Sí	
	Discontinuo	No	
	Vigas soleras faltantes	No	
4 Relación de aspecto del terreno	Cuadrado	Aprox.	
	Rectangular moderado	No	
	Escaso frente	No	
5 Irregularidades en planta	No se observan irregularidades en planta		
6 Irregularidades en altura	En la parte superior de la edificación se observa un mirador con loza balastrada de concreto, el cual se encuentra soportado por una viga transversal y en la columna correspondiente. Esto constituye una irregularidad de masa y geométrica, pudiendo someter a la columna correspondiente a sobre esfuerzo con posible cabeceo		
7 Cubierta	Plana, ligera y fija	Sí	
	Plana y suelta	No	
	Irregular y suelta	No	
	Deteriorada y suelta	No	
	No hay	No	
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente	Sí	
	Algunos sueltos	No	
	Mayoritariamente sueltos	No	
	No hay	No	
9 Conservación	Bien conservada	Sí	
	Algunas fisuras	No	
	Grietas	No	
	Desprendimientos, corrosión	No	



Fuente: Google (2014)
Ubicación: Jr. Simón Bolívar



Continuación

Edificación 13

Generalidades		Ubicación: Av. Tacna	
	Material: Concreto, ladrillo, acero		
	Categoría	C	
	Antigüedad aprox. (Años)	30	
	N° Pisos	1	
	N° Diafragmas	1	
	Medidas: 7.7 m x 18.8 m		
Factor	Detallado	Calificación	
1	Calidad de la edificación	Mampostería Buena	
		Sistema resistente Bueno	
		Carencias en confinamiento No	
		Proceso constructivo Bueno	
		Autoconstrucción Sí	
2	Suelo	Clasificación SUCS CL - SM	
		Peligro Alto	
		Susceptibilidad de licuación Alta	
		Amplificación sísmica Alta	
		Pendiente Nula	
3	Diafragma	Sales/humedad Sí	
		Plano y completo Sí	
		Discontinuo No	
		Vigas soleras faltantes No	
4	Relación de aspecto del terreno	Cuadrado No	
		Rectangular moderado Sí	
		Escaso frente Regular	
5	Irregularidades en planta	Se observa irregularidad por esquinas entrantes ya que la entrada excede el 20% de la longitud Y. Esto origina una torsión importante en la zona frontal en caso de sismo	
6	Irregularidades en altura	No se observan irregularidades en altura	
7	Cubierta	Plana, ligera y fija Sí	
		Plana y suelta No	
		Irregular y suelta No	
		Deteriorada y suelta No	
		No hay No	
8	Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente Sí	
		Algunos sueltos No	
		Mayoritariamente sueltos No	
		No hay No	
9	Conservación	Bien conservada Sí	
		Algunas fisuras No	
		Grietas No	
		Desprendimientos, corrosión No	



Fuente: Google (2014)



Ubicación: Av. Tacna



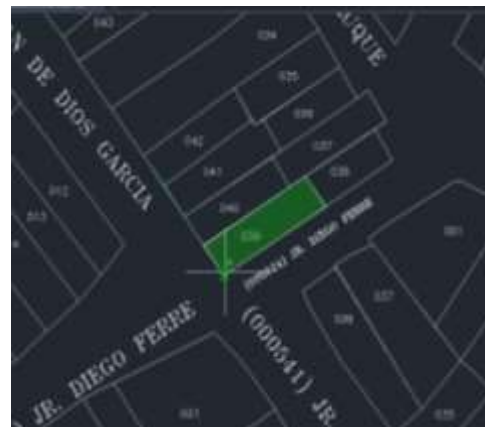
Continuación

Edificación 14		
Generalidades	Ubicación: Juan de Dios García Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 5.1 m x 17.9 m	C 15 2 2
	Factor	Calificación
1	Calidad de la edificación	Buena Bueno No hay Adecuado
2	Suelo	Sí SC Alto Sí Alta Muy pronunciada
3	Diafragma	No Sí No No
4	Relación de aspecto del terreno	No No No Sí
5	Irregularidades en planta	No se observan irregularidades en planta. Sin embargo, la pronunciada pendiente es un factor adverso por las diferentes líneas de acción de la fuerza sísmica en la base respecto del centro de masa de la edificación
6	Irregularidades en altura	No se observan irregularidades en altura
7	Cubierta	Sí No No No No No
8	Elementos no estructurales	Sí No No No No
9	Conservación	Sí Sí No No



Fuente: Google (2014)

Ubicación: Juan de Dios García



Continuación

Edificación 15

Generalidades		Ubicación: Av. Fernando Belaunde	
		Material: Concreto, ladrillo, acero	
		Categoría	C
		Antigüedad aprox. (Años)	20
		N° Pisos	3
		N° Diafragmas	3
		Medidas: 4 m x 12 m	
Factor	Detallado	Calificación	
1	Calidad de la edificación	Mampostería	Buena
		Sistema resistente	Bueno
		Carencias en confinamiento	Sí
		Proceso constructivo	Bueno
		Autoconstrucción	No
2	Suelo	Clasificación SUCS	CL
		Peligro	Medio
		Susceptibilidad de licuación	Baja
		Amplificación sísmica	Bajo
		Pendiente	Ligera
3	Diafragma	Sales/humedad	No
		Plano y completo	Sí
		Discontinuo	No
		Vigas soleras faltantes	Sí
4	Relación de aspecto del terreno	Cuadrado	No
		Rectangular moderado	No
		Escaso frente	Sí
5	Irregularidades en planta	En planta no se observan irregularidades	
6	Irregularidades en altura	En altura, el incremento de áreas y masas constituye un factor adverso en caso de sismo debido a que la aceleración aumenta con la altura del edificio, y, en consecuencia, con la fuerza actuante ($F=ma$). Considerando la magnitud del incremento en masa y área, constituyen una irregularidad en altura	
7	Cubierta	Plana, ligera y fija	Sí
		Plana y suelta	No
		Irregular y suelta	No
		Deteriorada y suelta	No
		No hay	No
8	Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente	Sí
		Algunos sueltos	No
		Mayoritariamente sueltos	No
		No hay	Sí
9	Conservación	Bien conservada	Sí
		Algunas fisuras	No
		Grietas	No
		Desprendimientos, corrosión	No



Ubicación: Av. Fernando Belaunde Terry



Continuación

Edificación 16

Generalidades		Ubicación: Av. Panamericana Norte Material: Concreto, ladrillo, acero	
	Categoría		C
	Antigüedad aprox. (Años)		10
	N° Pisos		3
	N° Diafragmas		3
	Medidas: 8 m x 20 m		
Factor	Detallado	Calificación	
1 Calidad de la edificación	Mampostería	Buena	
	Sistema resistente	Bueno	
	Carencias en confinamiento	No	
	Proceso constructivo	Bueno	
	Autoconstrucción	No	
2 Suelo	Clasificación SUCS	R - SM	
	Peligro	Alto	
	Susceptibilidad de licuación	Baja	
	Amplificación sísmica	Media - alta	
	Pendiente y suelo tipo R	El proceso constructivo comprendió el plantado de columnas para compensar el desnivel y tipo del suelo con posterior llenado con material transportado	
3 Diafragma	Sales/humedad	5.9%	
	Plano y completo	Sí	
	Discontinuo	No	
	Vigas soleras faltantes	No	
4 Relación de aspecto del terreno	Cuadrado	No	
	Rectangular moderado	No	
	Escaso frente	Regular	
5 Irregularidades en planta	No se observan irregularidades en planta a excepción del factor suelo y pendiente pronunciada, donde el procedimiento adecuado hubiera comprendido el hincado de pilotes en el suelo a manera de uniformizar la aceleración sísmica reduciendo la posibilidad de torsión		
6 Irregularidades en altura	No se observan irregularidades en altura		
7 Cubierta	Plana, ligera y fija	No	
	Plana y suelta	No	
	Irregular y suelta	No	
	Deteriorada y suelta	No	
	No hay	Sí	
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente	Sí	
	Algunos sueltos	No	
	Mayoritariamente sueltos	No	
	No hay	No	
9 Conservación	Bien conservada	Sí	
	Algunas fisuras	No	
	Grietas	No	
	Desprendimientos, corrosión	No	



Fuente: Google (2014)



Ubicación: Av. Panamericana Norte



Continuación

Edificación 17

Generalidades		Ubicación: Calle Los Andes	
		Material: Concreto, ladrillo, acero	
		Categoría	C
		Antigüedad aprox. (Años)	20
		N° Pisos	8
		N° Diafragmas	8
		Medidas: 15 m x 16.5 m	
Factor	Detallado		Calificación
1 Calidad de la edificación	Mampostería		Buena
	Sistema resistente		Buena
	Carencias en confinamiento		No
	Proceso constructivo		Bueno
2 Suelo	Autoconstrucción		No
	Clasificación SUCS		SC
	Peligro		Medio
	Susceptibilidad de licuación		Baja
	Amplificación sísmica		Media
3 Diafragma	Pendiente		Pronunciada
	Sales/humedad		No
	Plano y completo		Sí
	Discontinuo		No
4 Relación de aspecto del terreno	Vigas soleras faltantes		No
	Cuadrado		Sí
	Rectangular moderado		No
5 Irregularidades en planta	Escaso frente		No
	En planta existe peligro torsional debido a la pronunciada pendiente que subtiende la edificación en su dirección a causa de que la onda sísmica acciona en la base en distinta altura de la cimentación. El hecho de que el terreno tenga forma casi cuadrada es un factor a favor de la resistencia en ambas direcciones de análisis en caso de sismo		
	En altura, se observa una irregularidad de piso blando en el 7mo nivel debido a la falta de muros.		
6 Irregularidades en altura			
7 Cubierta	Plana, ligera y fija		Sí
	Plana y suelta		No
	Irregular y suelta		No
	Deteriorada y suelta		No
	No hay		No
8 Elementos no estructurales	Bien fijos al sistema resistente		Sí
	Algunos sueltos		No
	Mayoritariamente sueltos		No
	No hay		No
9 Conservación	Bien conservada		Sí
	Algunas fisuras		No
	Grietas		No
	Desprendimientos, corrosión		No



Fuente: Google (2014)

Ubicación: Calle Los Andes



Continuación

Edificación 18		
Generalidades	Ubicación: Calle Elías Aguirre Material: Concreto, ladrillo, acero Categoría Antigüedad aprox. (Años) N° Pisos N° Diafragmas Medidas: 4.4 m x 18.8 m	C 10 2 2
	Factor	Calificación
1	Calidad de la edificación	
	Detallado	
	Mampostería	Buena
	Sistema resistente	Bueno
	Carencias en confinamiento	No
	Proceso constructivo	Bueno
2	Suelo	
	Autoconstrucción	Sí
	Clasificación SUCS	CL
	Peligro	Medio
	Susceptibilidad de licuación	Baja
	Amplificación sísmica	Media
	Pendiente	Nula
3	Diafragma	
	Sales/humedad	Sí
	Plano y completo	Sí
	Discontinuo	No
	Vigas soleras faltantes	No
4	Relación de aspecto del terreno	
	Cuadrado	No
	Rectangular moderado	No
	Escaso frente	Sí
5	Irregularidades en planta	
	El escaso frente en el terreno origina la carencia de muros transversales -en X- reduciendo la resistencia de la edificación en dicho eje. No obstante, estricto sensu, no hay irregularidades en planta de acuerdo a la norma E.030	
6	Irregularidades en altura	
	En altura se observa la carencia de muros transversales en el segundo piso, lo cual probablemente se repita en el primer piso. Las columnas chatas -sin pinto o peralte- en el segundo piso son contraproducentes en este caso en el sentido que no aportan casi arrioste al muro longitudinal por lo que en caso de que la onda sísmica incida perpendicularmente en dicho muro, la resistencia ofrecida sería muy baja	
7	Cubierta	
	Plana, ligera y fija	No
	Plana y suelta	No
	Irregular y suelta	No
	Deteriorada y suelta	No
	No hay	Sí
8	Elementos no estructurales	
	Bien fijos al sistema resistente	No
	Algunos sueltos	No
	Mayoritariamente sueltos	No
	No hay	Sí
9	Conservación	
	Bien conservada	No
	Algunas fisuras	Sí
	Grietas	No
	Desprendimientos, corrosión	No



Ubicación: Calle Elías Aguirre



Continuación

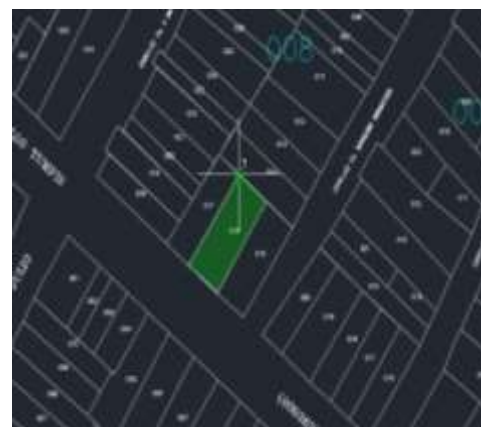
Edificación 19

Generalidades		Ubicación: Av. Los Tumpis	
		Material: Concreto, ladrillo, acero	
		Categoría	C
		Antigüedad aprox. (Años)	18
		N° Pisos	3
		N° Diafragmas	2
		Medidas: 10.45 m x 24.75 m	
		Detallado	Calificación
1	Factor Calidad de la edificación	Mampostería	Los diferentes materiales observados en la 3ra planta, constituyen un factor negativo debido al distinto comportamiento en caso de sismo
		Sistema resistente	Bueno
2	Factor Suelo	Carencias en confinamiento	No
		Proceso constructivo	Regular
		Autoconstrucción	No
		Clasificación SUCS	SC
		Peligro	Medio
		Susceptibilidad de licuación	Baja
		Amplificación sísmica	Media
3	Factor Diafragma	Pendiente	No hay
		Sales/humedad	Si hay
		Plano y completo	Sí
		Discontinuo	No
4	Factor Relación de aspecto del terreno	Vigas soleras faltantes	No
		Cuadrado	No
		Rectangular moderado	Sí
5	Factor Irregularidades en planta	Escaso frente	Regular
		No se observan irregularidades en planta, no obstante, la forma rectangular, aunque no tan pronunciada es un factor adverso por la reducción de muros transversales que implica	
6	Factor Irregularidades en altura	El primer piso dedicado a local comercial origina una carencia notable de muros transversales lo cual constituye muy probablemente una irregularidad en altura por incremento de peso. De otro lado, el simple hecho de aumento de masa con la altura se califica severamente en las metodologías de análisis de vulnerabilidad por medios observacionales	
		7	Factor Cubierta
Plana y suelta	No		
Irregular y suelta	No		
Deteriorada y suelta	No		
No hay	No		
8	Factor Elementos no estructurales	No hay	No
		Bien fijos al sistema resistente	Sí
		Algunos sueltos	No
		Mayoritariamente sueltos	No
9	Factor Conservación	No hay	No
		Bien conservada	Sí
		Algunas fisuras	No
		Grietas	No
		Desprendimientos, corrosión	No



Fuente: Google (2014)

Ubicación: Av. Los Tumpis



Continuación

Edificación 20

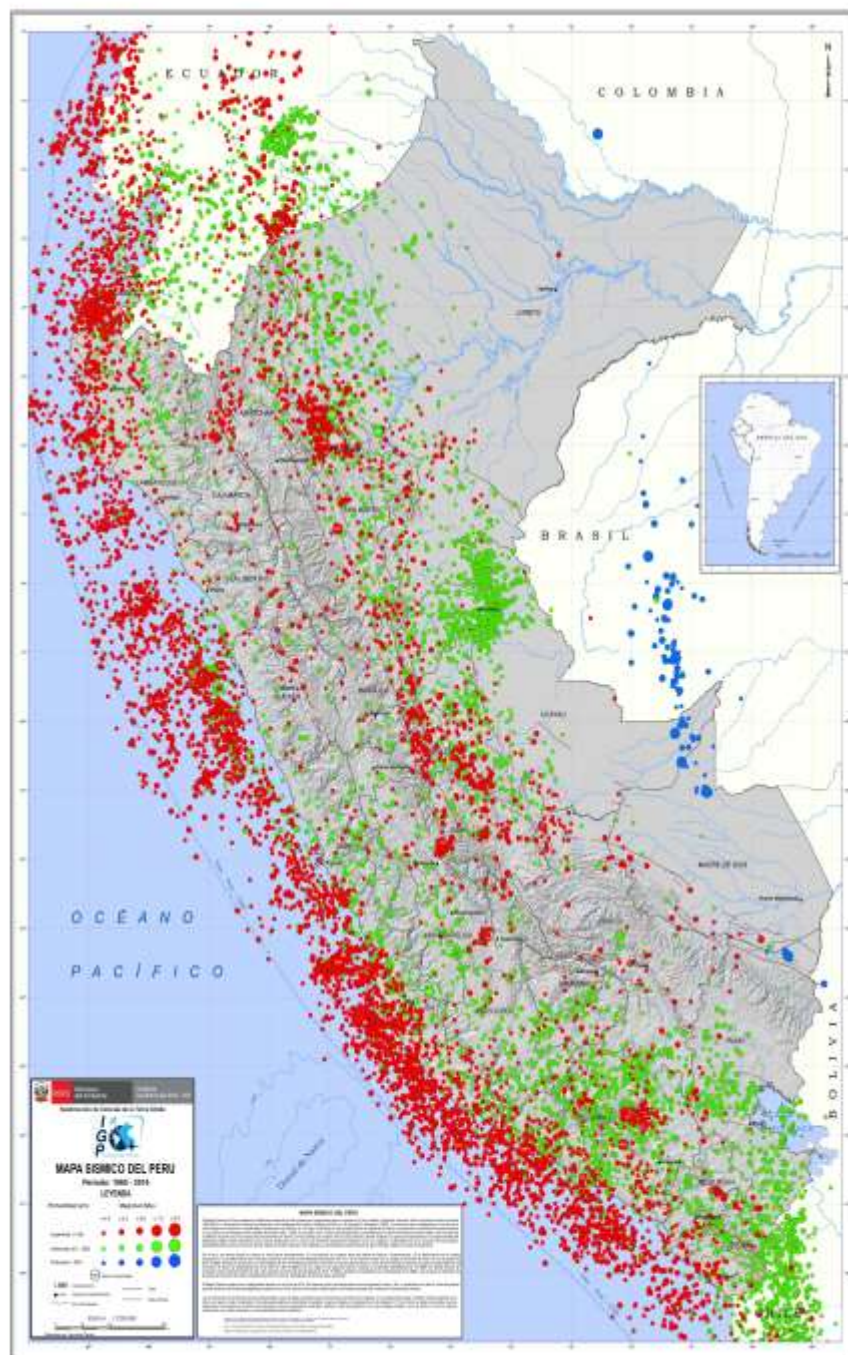
Generalidades		Ubicación: Calle 24 de Julio Material: Concreto, ladrillo, acero		
	Categoría		C	
	Antigüedad aprox. (Años)		18	
	N° Pisos		2	
	N° Diafragmas		2	
	Medidas: 9.23 m x 12.45 m			
Factor	Detallado	Calificación		
1 Calidad de la edificación	Mampostería	Regular calidad		
	Sistema resistente	Incompleto		
	Carencias en confinamiento	No		
	Proceso constructivo	Deficiente		
2 Suelo	Autoconstrucción	Sí		
	Clasificación SUCS	CL		
	Peligro	Medio		
	Susceptibilidad de licuación	Baja		
3 Diafragma	Amplificación sísmica	Mediana		
	Pendiente	Pronunciada		
	Sales/humedad	Baja		
	Plano y completo	Sí		
4 Relación de aspecto del terreno	Discontinuo	No		
	Vigas soleras faltantes	No		
	Cuadrado	No		
	Rectangular moderado	Medio		
5 Irregularidades en planta	Escaso frente	No		
	El terreno tiene forma irregular con ángulo mayor a 30° por lo cual se conforma una irregularidad en planta, lo cual la norma E.030 lo refleja reduciendo R en un 10%			
	6 Irregularidades en altura	En altura se observa irregularidad por discontinuidad de los sistemas resistentes al haberse trasladado las columnas del segundo piso al borde del volado, lo cual además recarga innecesariamente el diafragma horizontal. El aumento en masa debido al volado no califica lo suficiente para considerar una irregularidad de masa o peso		
		7 Cubierta	Plana, ligera y fija	No
Plana y suelta			No	
Irregular y suelta			Sí	
Deteriorada y suelta	Sí			
8 Elementos no estructurales	No hay	No		
	Bien fijos al sistema resistente	No		
	Algunos sueltos	No		
	Mayoritariamente sueltos	No		
9 Conservación	No hay	Sí		
	Bien conservada	No		
	Algunas fisuras	Sí		
	Grietas	No		
	Desprendimientos, corrosión	No		



Ubicación: Calle 24 de Julio



Anexo 5. Mapa sísmico del Perú



Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2016)

Anexo 6: Ubicación de las calicatas



Figura 13: Ubicación de la calicata 1



Figura 14: Ubicación de la calicata 2

Anexo 7: Análisis de la calicata C1 y C2

Se anexan los resultados de la granulometría de las calicatas C1 y C2

Análisis mecánico por tamizaje, calicata C1 – M1 (ASTM D 422)

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa	Especs.	Descripción de la muestra
3"	76.200						Material: Arena Limosa
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						Procedencia: C1 – M1
1 1/2"	38.100						Profundidad: 0.0 – 1..80 m
1"	25.400						
3/4"	19.050						Peso total (Wo) = 0 gr
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						Porcentaje de agregado
1/4"	6.350						
N° 4	4.760						Grava: -- %
N° 6	3.360						Arena: --%
N° 8	2.380						Finos: -- 82%
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426						
N° 60	0.297						
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
Total							

Relleno inapropiado

Características físicas y mecánicas de la muestra

Límite líquido (%)

Límite plástico (%)

Índice de plasticidad (%)

Clasificación: SUCS

Humedad (%)

R

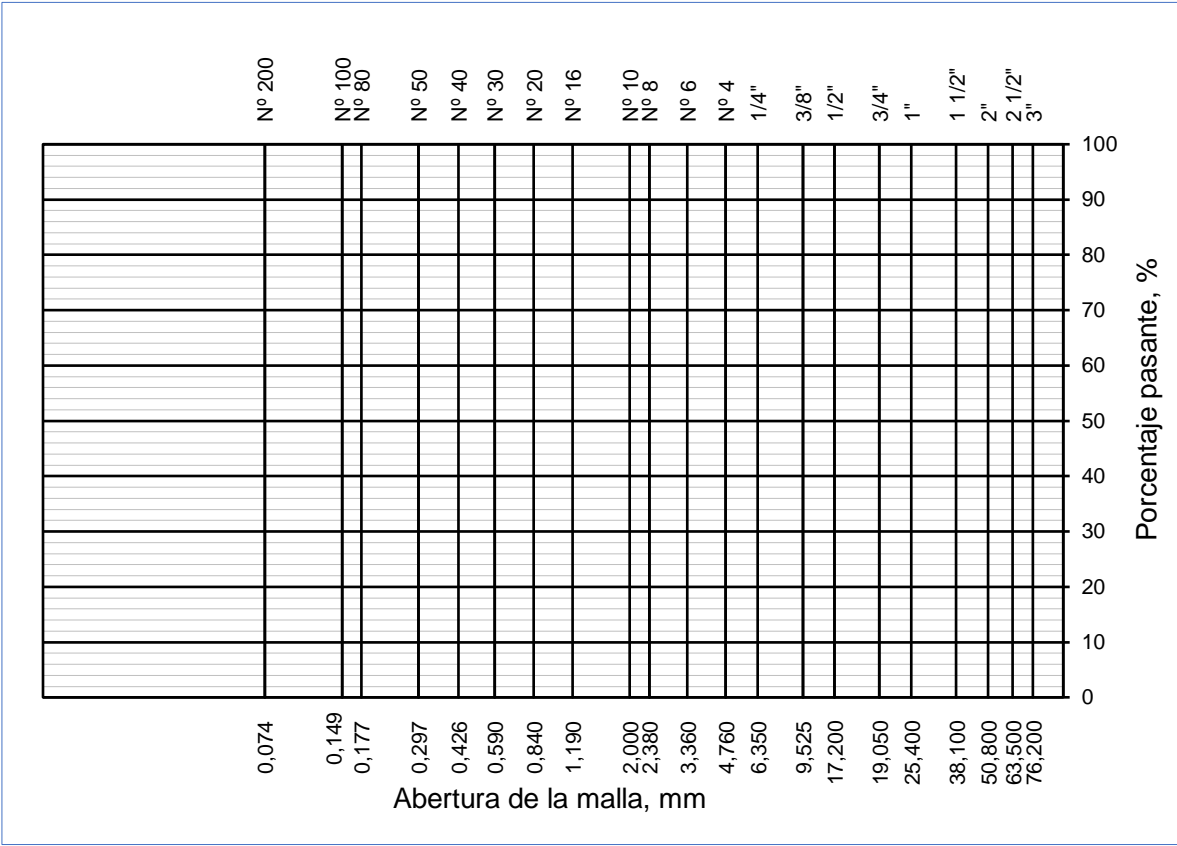


Figura 15: Curva granulométrica para el material C1 – M1

Continua

Análisis mecánico por tamizaje, Calicata C1 - M2 (ASTM – D422)

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa	Especs.	Descripción de la muestra
3"	76.200						Material: Arena Limosa
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						Procedencia: C1 – M2
1 1/2"	38.100						Profundidad: 1.80 – 2.00m
1"	25.400						
3/4"	19.050						Peso total (Wo) = 300gr
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						Porcentaje de agregado
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0		Grava: %
N° 6	3.360						Arena :79%
N° 8	2.380						Finos: 21%
N° 10	2.000	15.0	5.0	5.0	95.0		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	66.0	22.0	27.0	73.0		
N° 40	0.426	42.0	14.0	41.0	59.0		
N° 60	0.297	48.0	16.0	57.0	43.0		
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	66.0	22.0	79.0	21.0		
Total							

Características físicas y mecánicas de la muestra

Límite líquido (%)

Límite plástico (%)

Índice de plasticidad (%)

Clasificación: SUCS.

N.P

SM

Humedad (%)

5.90

Continua

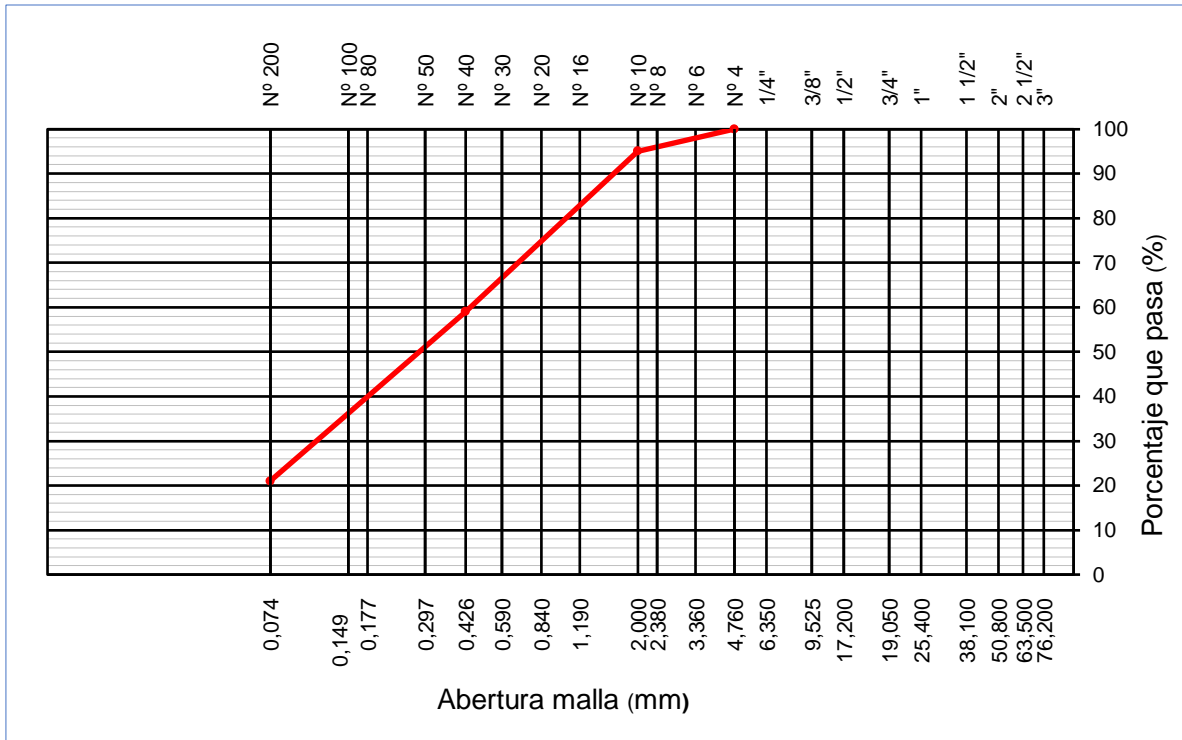


Figura 16: Curva granulométrica para los agregados de la calicata C1 - M2

Continua

Análisis mecánico por tamizaje, calicata C2 – M1 (ASTM – D422)

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa	Espec.	Descripción de la muestra
3"	76.200						Material: Arena Limosa
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						Procedencia: C2 – M1
1 1/2"	38.100						Profundidad: 0.0 – 0.30 m
1"	25.400						PESO TOTAL (Wo) = 300gr
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						Porcentaje de agregado
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						Grava: %
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0		
N° 6	3.360						Arena: 18%
N° 8	2.380						Finos: 82%
N° 10	2.000	6.0	2.0	2.0	98.0		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	12.0	4.0	6.0	94.0		
N° 40	0.426	15.0	5.0	11.0	89.0		
N° 60	0.297	6.0	2.0	13.0	87.0		
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	15.0	5.0	18.0	82.0		
Total							

Características físicas y mecánicas de la muestra

Límite líquido (%)	35.2		
Límite plástico (%)	19.7		
Índice de plasticidad (%)	15.5	Humedad (%)	7.30
Clasificación: SUCS	CL		

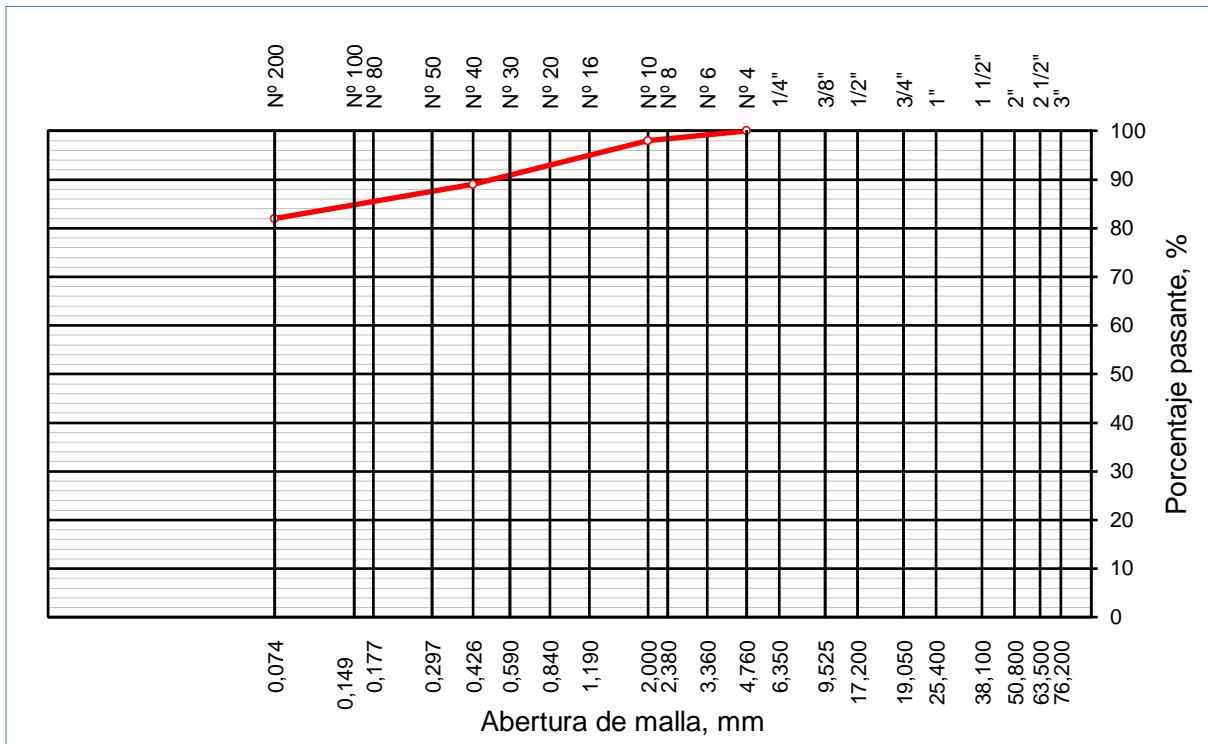


Figura 17: Curva granulométrica para los agregados de la calicata C2 – M1

Continuación

Análisis mecánico por tamizaje, calicata C2 – M2 (ASTM – D422)

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa	Especs.	Descripción de la muestra
3"	76.200						Material: Arena Limosa Procedencia: C2 – M2 Profundidad: 0.30 – 1.00 PESO TOTAL (Wo) = 300gr
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0		
N° 6	3.360						
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	15.0	5.0	5.0	95.0		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	69.0	23.0	28.0	72.0		
N° 40	0.426	45.0	15.0	43.0	57.0		
N° 60	0.297	51.0	17.0	60.0	40.0		
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	63.0	21.0	81.0	19.0		
Total							

Características físicas y mecánicas de la muestra

Límite líquido (%)

Límite plástico (%)

Índice de plasticidad (%) NP

Humedad (%) Saturada

Clasificación: SUCS SM

Continuación

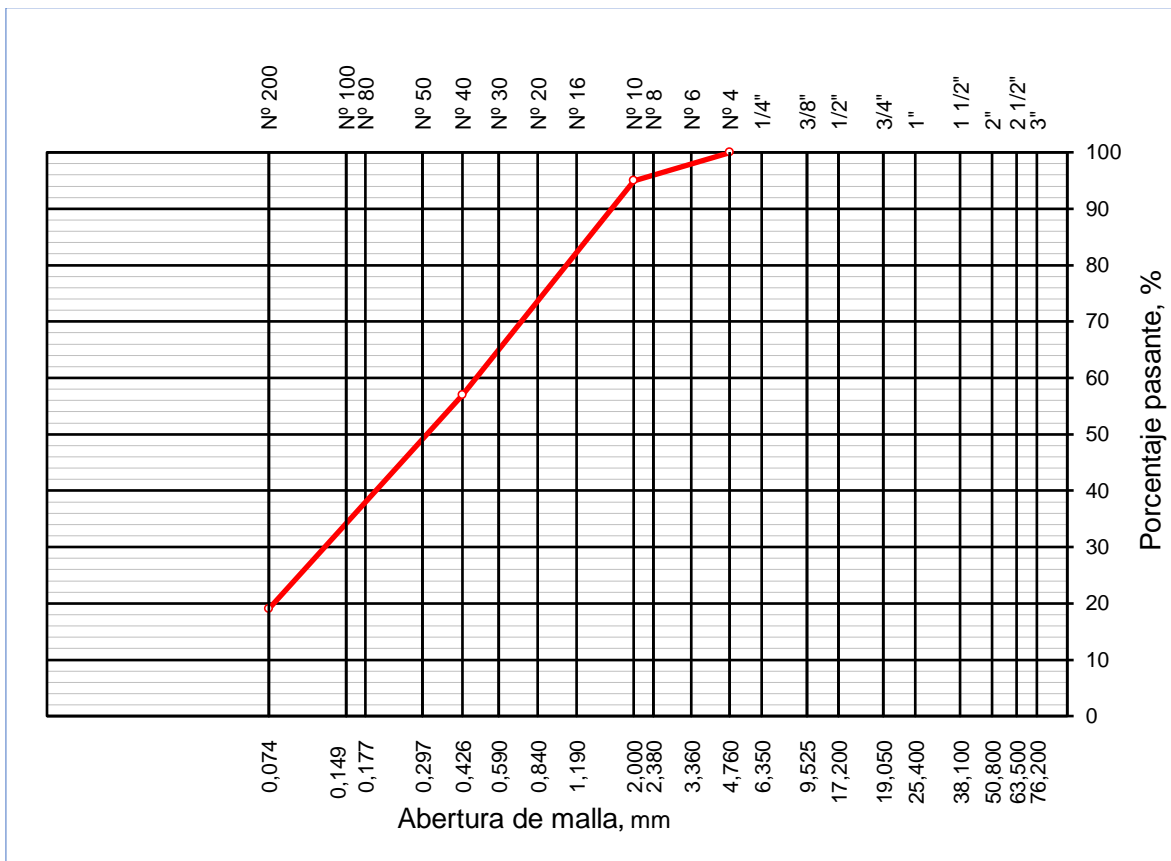

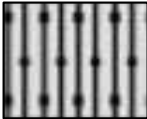


Figura 18: Curva granulométrica para C2 – M2



Anexo 8: Estratigrafía y cálculo de la capacidad portante

Estratigrafía

Calicata C1				
Profundidad (m)	Muestra	Símbolo	Descripción del estrato	Clasificación SUCS
1.80	M1		Relleno inapropiado, compuesto por arcilla con basura en estado compacto y con poca humedad	R
0.20	M2		Arena limosa en estado poco compacto y húmedo	SM

Continua

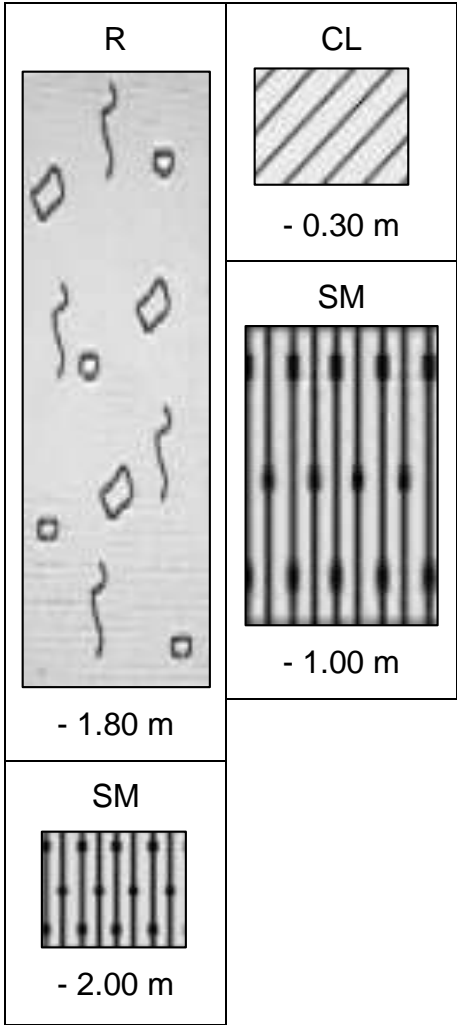
Calicata C2

Profundidad (m)	Muestra	Símbolo	Descripción del estrato	Clasificación SUCS
0.30	M1		Arcilla limosa en estado compacto y con escasa humedad	CL
0.70	M2		Arena limosa saturada de humedad en estado poco compactado	SM

Perfil longitudinal del suelo

C1

C2



Capacidad portante

Para el cálculo de la capacidad portante se ha empleado la siguiente relación

$$Q_c = 1.3(2/3)CN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_y$$

Donde:

Q_c : Capacidad portante admisible

C : Cohesión

γ : Densidad natural (gr/cm^3)

D_f : Profundidad de cimentación

B : Área de zapata

F_s : Factor de seguridad

N_c, N_q, N_y : Factores de capacidad de carga (en función del ángulo ϕ)

Reemplazando los valores indicados en la tabla siguiente y efectuando el valor numérico obtiene $Q_{adm} = 0.35 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ (Calicata 2, muestra 2)

Tabla 15

Capacidad portante para el suelo de la calicata 2, muestra 2

Tipo de suelo	B	Df	Parámetros geométricos			Parámetros de carga			Qult (Kg/cm ²)	Fs	Qadm (Kg/cm ²)
			γ Gr/cm ³	ϕ °	C Kg/cm ²	Nc	Nq	Ny			
SM	1.0	1.0	1.0	29	0.0	0.0	8.0	6.0	1.04	3	0.35

Anexo 9: Resultados estudio de calicatas



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.
D. CARRETERA N° 248 - EL MELAGRO - TUMBES
TEL: 02024 - CEL: 972943212 - RPM: 4088277 - Tumbes

ESTUDIO DE SUELOS



SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO

UBICACIÓN:

REGION	: TUMBES
PROVINCIA	: TUMBES
DISTRITO	: TUMBES
LUGAR	: CERCADO DE TUMBES

Tumbes, abril 2022

0000001-0000001-RESOLUCION N° 022280



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.
D. CARRETERA N° 248 - EL MELAGRO - TUMBES
TEL: 02024 - CEL: 972943212 - RPM: 4088277 - Tumbes

SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO

GENERALIDADES

I. INTRODUCCION

El estudio de suelo, es elaborado con la finalidad de conocer las características físicas y mecánicas del suelo, por medio de trabajos de campo a través de prismas de exploración o calicatas "A ciclo Abierto" y mediante ensayos del laboratorio.

II. UBICACION

El área en estudio se encuentra ubicada en el Sector la Alborada y Malecón Benavides del distrito de Tumbes, provincia de Tumbes, en la región de Tumbes.

III. OBJETIVOS

- Determinación de la Estratigrafía del suelo
- Determinación de la Capacidad Portante del suelo

IV. METODOLOGIA DEL TRABAJO

- Reconocimiento ocular para la verificación de las características del suelo natural.
- Proyección 02 calicata de profundidad 2.0m en el terreno evaluado.
- Análisis de Laboratorio y obtención de los parámetros físicos, mecánicos del suelo.



Ing. Edmundo Benavides
04/19882

000001-0000001-RESOLUCION N° 022280

Continua



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**
DE CALLES N° 210 - EL MILAGRO - TUMBES
TEL: 0704200 - CEL: 973424321 - 9734 484277 - Tumbes

V. TRABAJO DE LABORATORIO

**SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO**

5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM – 2316
Se define como humedad natural de un suelo, como el peso del agua que contiene, dividido entre el peso seco, expresado en porcentaje.



5.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMEZADO:

ASTM – 422
Este ensayo es realizado para determinar el tamaño de los granos, se efectúa utilizando tambores # 20, 40, 60, 100, 200, de acuerdo a las normas ASTM, para la clasificación de los suelos.





**Cesar Eduardo Gallo Rodriguez
CIP 17941**

REGISTRO NACIONAL – RESOLUCIÓN N° 221108



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**
DE CALLES N° 210 - EL MILAGRO - TUMBES
TEL: 0704200 - CEL: 973424321 - 9734 484277 - Tumbes

5.3 LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM – 423)
Es la cantidad de agua mínima que puede atravesar un suelo expresado en porcentaje con el cual el suelo cambia de estado líquido a plástico, dicho ensayo se determina en la Caja Casagrande.



LÍMITE PLÁSTICO (ASTM – 424)
El límite plástico es la humedad mínima expresada como porcentaje del peso del material secado al horno, para el cual los suelos cohesionados pasan de un estado semisólido a un estado plástico.





**Cesar Eduardo Gallo Rodriguez
CIP 17941**

REGISTRO NACIONAL – RESOLUCIÓN N° 221108

Continua



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS EL LÉ**
JR. CALLE 14 N° 98 - EL SALGADO - TUMBES
042008 - CUC. 0726223 - RNM 866277 - Tumbes

CALCATA N°	C79	
Profundidad (mts.)	0.0 - 0.30	0.30 - 1.00
Muestra	M1	M2
% Paso malla N° 200	82.6	99.0
Límite Líquido	35.3	-
Límite Plástico	19.1	-
Índice de Plasticidad	16.2	N.P.
Contenido de Humedad	7.30	SATURADO
Clasificación S.U.C.S.	CL	SM



REGISTRO PROFESIONAL - INGENIERÍA CIVIL

ILUSTRACIONES

Continua



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.L.R.L.**
18 CALLE 108 N° 248 - EL MELGORO - TUMBES
☎ 052099 - CEL. 972842102 - RPN 4982277 - Tumbes

**SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO**

VISTA PANORAMICA

CALICATA N° 01







REGISTRO NACIONAL DE EMPRESAS - RNE



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.L.R.L.**
18 CALLE 108 N° 248 - EL MELGORO - TUMBES
☎ 052099 - CEL. 972842102 - RPN 4982277 - Tumbes

**SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO**

VISTA PANORAMICA

CALICATA N° 02

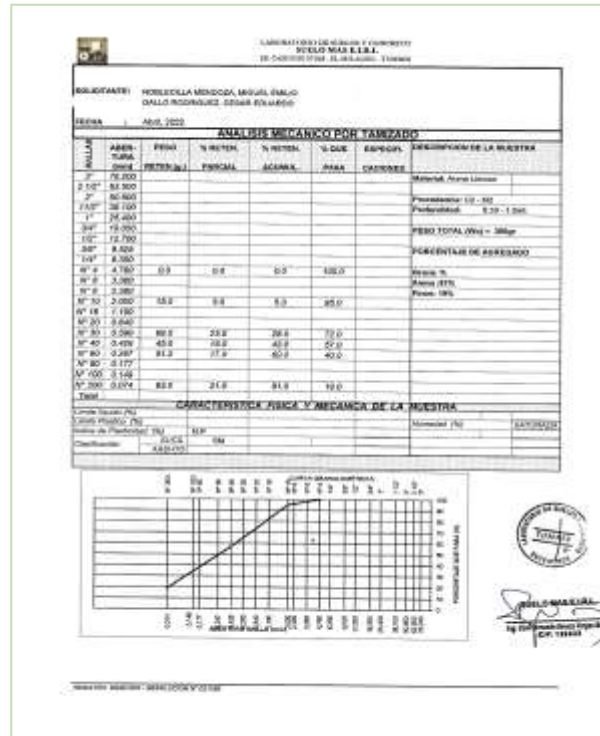






REGISTRO NACIONAL DE EMPRESAS - RNE

Continua



Continua



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.
 JR. CAJUELO N° 518 - EL MILAGRO - TUMBES
 02000 - CEL. 972045521 - RPM 0696277 - TUMBES

MOLETTANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
 GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO

MUESTRA : ARCILLA LIMPIA (M)

PROCEDENCIA: C1 - M2 / PROF. 05 - 2.00m

PERO VOLUMETRICOS (V)

- Peso de Anillo = 40.5g
- Peso de Anillo + Cuadrito = 128.4g
- Peso de Suelo = 78.2g
- Volumen del Anillo = 33.33cm³
- Peso Volumetrico = 0.77g/cm³


DATOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA EN MAGUINA DE CORTE DIRECTO

	ESFUERZO		
ESPELTIÓN	01	01	01
ESFUERZO INICIAL	0.5	1.0	1.5
ESFUERZO DE CORTE MAX. (kg/cm ²)	0.115	0.56	0.605

RESULTADOS DE GRAFICO

- Ángulo de fricción interna = 29°
- Cohesión = 0.04 kg/cm²
- Tangente (tgφ) = 0.55



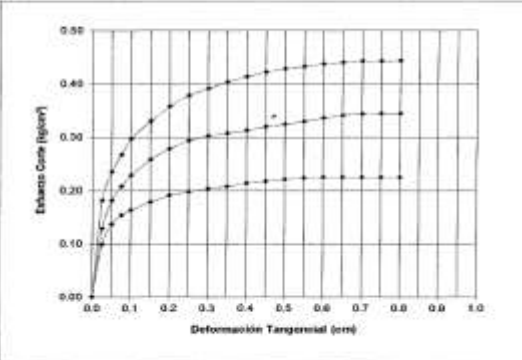
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.
 JR. CAJUELO N° 518 - EL MILAGRO - TUMBES
 02000 - CEL. 972045521 - RPM 0696277 - TUMBES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

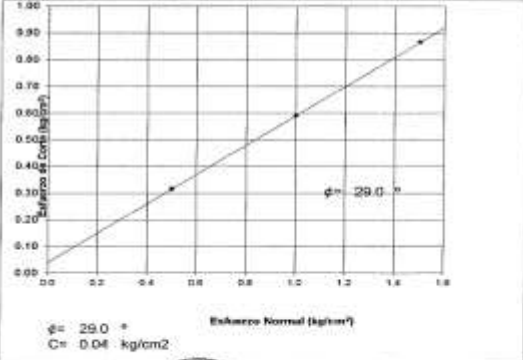
Estado : REMOLDEADA
 Muestra : M2
 Calicata : C1
 Prof. (m) : 1.80 - 2.00mts.
 FECHA : Abril, 2022

SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
 GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO



DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



φ = 29.0°
 C = 0.04 kg/cm²

Dr. Cel. 972045521 - RPM 0696277

Pag. 2 de 2

Continua



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.L.R.L.**
38 CALLE N° 548 - EL MILAGRO - TUMBES
TEL: 0534 - 2733422 - 0534 288277 - Tumbes

SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO

MUESTRA : ARENA LIMOSA SATURADA (CL)

PROCEDENCIA: C2 - M2 - PROF. 0.30 - 1.0m.

**CAPACIDAD PORTANTE
(FALLA LOCAL)**

$$Q_u = 1.8 \left(\frac{2}{3} \right) C_{NC} + \gamma D_f N_q + 0.6 \gamma B N_y$$

TIPO DE SUELO	B (m)	Df (m)	PARAMETROS GEOMÉTRICOS			PARAMETROS DE CAPAS			Q _{ult} (kg/cm ²)	FS	Q _{ult} (kg/cm ²)
			α (gr)	C (kg/cm ²)	φ (gr)	N ₆₀	N ₉₀	B _z			
SM	1.0	1.0	11	20	0.08	0.8	0.3	0.0	1.01	0	0.33

Donde:

- Q_{ult} : Capacidad Portante Admisible
- D_f : Ángulo de fricción interna
- φ : Coeficiente de fricción (gr/°C)
- C : Cohesión (kg/cm²)
- Df : Profundidad de cimentación (m)
- B : Ancho de zapata (m)
- N_q, N_y, N₆₀, N₉₀ : Factores de capacidad de carga (Función de φ)
- FS : Factor de seguridad




Módulo de Control - 0534 288277 - 0534 273342



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.L.R.L.**
38 CALLE N° 548 - EL MILAGRO - TUMBES
TEL: 0534 - 2733422 - 0534 288277 - Tumbes

SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO

MUESTRA : ARENA LIMOSA SATURADA (SM)

PROCEDENCIA: C2 - M2 / PROF. 0.30 - 1.0m.

PESO VOLUMÉTRICO NATURAL SECO (γ)

Muestra (kg/cm ³)	Tipo de Material	Peso Volumétrico Natural (kg/cm ³)	Peso Volumétrico Seco (kg/cm ³)
C2 - M2	Arene limosa	1.65	1.8

DATOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA EN MAQUINA DE CORTE DIRECTO

ESFUERZO (kg/cm ²)	ESFUERZO		
	01	02	03
ESFUERZO INICIAL	0.5	1.0	1.5
ESFUERZO DE CORTE MAX	0.275	0.55	0.825

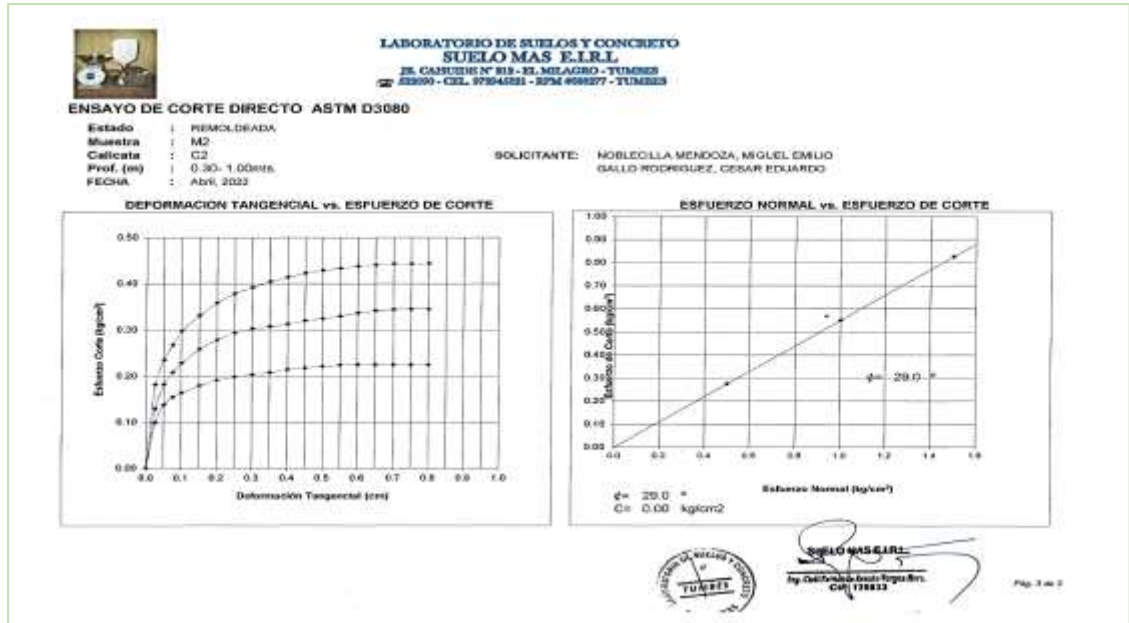
RESULTADOS DE GRAFICO

- Ángulo de fricción interna = 29°
- Cohesión = 0.08kg/cm²
- Tangente (tgφ) = 0.55




Módulo de Control - 0534 288277 - 0534 273342

Continua





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.
 JR. CAHUIDE N° 218 - EL MELAGRO - TUMES
 TUMES - CEL. 97264021 - RPM 400207 - TUMES

ESTRATIGRAFIA

SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
 GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO
 MUESTRA : CALICATA N° 01
 PROFUNDIDAD: 0.0 - 2.00m
 FECHA : Abril, 2022

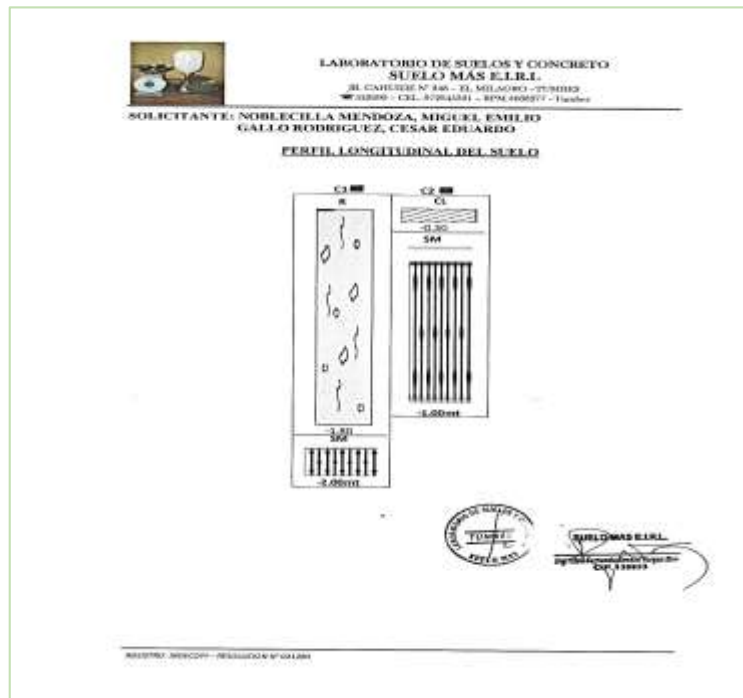
PROF. (m)	M	SIEMB.	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	CLASIFICACIÓN	
				S.U.C.S.	ASBMTO
0.80	M1		Benton (irregularmente (partícula con angular) estado compacto y poco húmedo.	B	-
0.20	M2		Arena fina. Estado poco compacto y poco húmedo.	SM	-




SUELO MÁS E.I.R.L.
 Ing. Civil/Técnico Ingeniero Sr.
 CIP 178813

REGISTRO ASESOR - RESOLUCION A° 02280

Continua



Continua



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**

JR. CAHUIDE N° 249 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522000 - CEL. 972945521 - RPM 4985277 - Tumbes

**SOLICITANTE: NOBLECILLA MENDOZA, MIGUEL EMILIO
GALLO RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO**

PLANO UBICACIÓN DE CALICATAS



Ubicación de la muestra C1



Ubicación de la muestra C2



SUELO MÁS E.I.R.L.
Dg. Cel. Fernando Reyes Vargas Sr.
CIP: 128823

Anexo 10: Panel fotográfico

Sección calicatas



Figura 19: Calicata Número 1; corresponde a la edificación 16

Continua



Figura 20: Tesistas y ayudante durante la realización de la calicata C1

Continua



Figura 21: Anotando las características de las muestras de C1

Continua



Figura 22: Tesistas comprobando la profundidad de la calicata C1

Continua



Figura 23: Calicata 02; en la zona geológica de la edificación N° 13

Continua



Figura 24: Tesistas y ayudante en un momento de la realización de la calicata C2

Continuación



Figura 25: Tesistas verificando la profundidad de la napa freática

Continuación



Figura 26: Tesistas recolectando las muestras en la calicata C2

Sección laboratorio



Figura 27: Tesistas revisando procedimiento a seguir



Figura 28: Verificando los componentes de la cuchara Casagrande

Continua



Figura 29: Agregando material a la cuchara



Figura 30: Con el material retirado para repetir el ensayo

Continua



Figura 31: Material recolectado para colocar al calor



Figura 32: Recolectando nuevamente material para pasar a la estufa

Continua



Figura 33: Tesista pesando agregado



Figura 34: Verificando tamices

Continua



Figura 35: Anotando características de material antes de autoclave



Figura 36: Anotando características del material

Continua



Figura 37: Revisando equipo de corte directo



Figura 38: Anotando valores de corte directo

Continua



Figura 39: Observando la muestra a evaluar por corte directo



Figura 40: Otra observación de material en ensayo de corte directo