



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Vulnerabilidad de Edificaciones sobre Suelos Blandos ante
Resonancia Sísmica en el Distrito de San Antonio
Moquegua - 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Baldárrago Chipana, Brajan José (orcid.org/0000-0002-5912-0141)

ASESOR:

Siguenza Abanto, Robert Wilfredo (orcid.org/0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Con todo mi aprecio a mis padres José y Rosa quienes me enseñaron que, a pesar de las caídas, hay que saber levantarse, perseverar y seguir adelante; que los límites se los pone uno y que no existe nada que no se pueda hacer.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por iluminar mis pensamientos y guiar cada uno de mis pasos. A mis padres por la formación, consejos y apoyo incondicional. Finalmente, amigos y familiares que me alentaron a seguir adelante.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	9
III. METODOLOGÍA	22
3.1. Tipo y diseño de la investigación	23
3.2. Variables y operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos	27
3.6. Métodos de análisis de datos.....	28
3.7. Aspectos éticos.....	29
IV. RESULTADOS.....	31
V. DISCUSIÓN	74
VI. CONCLUSIONES	81
VII. RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS.....	86
ANEXOS	93

Índice de tablas

Tabla 1: Modelo de la investigación	24
Tabla 2: Cálculo de la capacidad de carga	32
Tabla 3: Velocidad de propagación de onda sísmica P por refracción	34
Tabla 4: Velocidad de propagación de onda S.....	35
Tabla 5: Frecuencia y periodo de vibración del suelo	36
Tabla 6: Niveles de vulnerabilidad.....	38
Tabla 7: Periodo fundamental de vibración para edificios de concreto armado. ..	39
Tabla 8: Periodo fundamental de vibración para edificios de concreto armado. ..	41
Tabla 9: Periodo fundamental de vibración para edificios de albañilería confinada	42
Tabla 10: Periodo fundamental de vibración para edificios según su número de pisos ASCE 7-16.	43
Tabla 11: Periodo fundamental de vibración para edificios según su número de pisos ASCE 7-16.	45
Tabla 12: Cargas consideras en la estructura de concreto armado	46
Tabla 13: Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección X.....	51
Tabla 14: Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección Y.....	52
Tabla 15: distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección X	53
Tabla 16: distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección Y	55
Tabla 17: Periodos fundamentales de vibración de la estructura de concreto armado	56
Tabla 18: Control de vulnerabilidad de la edificación de concreto armado	57
Tabla 19: Características de Vivienda de Albañilería confinada.....	59
Tabla 20: Desplazamientos máximo edificación de albañilería confinada X	65
Tabla 21: Desplazamientos máximo edificación de albañilería confinada Y	66
Tabla 22: Distorsiones máximas edificación de albañilería confinada X	68
Tabla 23: Distorsiones máximas edificación de albañilería confinada Y	69

Tabla 24: Periodos de vibración de edificación de albañilería confinada	70
Tabla 25: Control de vulnerabilidad de la edificación de albañilería Confinada ...	71

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Países con mayor número de terremotos de 1900 a 2016.....	2
Figura 2: Mapa de Incidencia sísmica en el Perú entre 1964 y 2014.....	4
Figura 3: Geología superficial zona urbana de departamento Moquegua.....	5
Figura 4: Efecto de doble resonancia suelo – estructura.....	14
Figura 5: Relación de amplificación vs perdido fundamental de suelo.....	16
Figura 6: Periodo de vibración vs Amplitud.....	17
Figura 7: Diagrama para el proceso y análisis de datos.....	28
Figura 8: Periodos fundamentales de vibración del suelo Distrito de San Antonio - Moquegua.....	36
Figura 9: Comparación de Periodos de vibración de pórticos de concreto armado según ASCE, UBC y NTP.....	40
Figura 10: Nivel de vulnerabilidad de edificaciones de concreto armado.....	41
Figura 11: Nivel de vulnerabilidad de edificaciones de albañilería confinada.....	42
Figura 12: tendencia de los periodos de vibración de la estructura por su número de pisos según ASCE 7-16.....	44
Figura 13: Nivel de vulnerabilidad de edificaciones según su número de pisos...	45
Figura 14: Plano de cimentaciones de estructura de concreto armado.....	47
Figura 15: Plano de primer nivel de estructura de concreto armado.....	48
Figura 16: Plano de planta típica de estructura de concreto armado.....	49
Figura 17: Vista en planta de la estructura de concreto armado Modelo de análisis.	50
Figura 18: Vista 3D de la estructura de concreto armado Modelo de análisis.....	51
Figura 19: Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección X.....	52
Figura 20: Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección Y.....	53
Figura 21: Distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección X	54
Figura 22: Distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección Y	55

Figura 23: Periodos de vibración de la estructura de concreto armado para cada modo de comportamiento.....	57
Figura 24: Vulnerabilidad a resonancia sísmica de la edificación de concreto armado	58
Figura 25: Plano de cimentaciones de estructura de Albañilería confinada	60
Figura 26: Plano de arquitectura primer y segundo nivel estructura de albañilería confinada.....	61
Figura 27: Plano de arquitectura tercer y cuarto nivel estructura de albañilería confinada.....	62
Figura 28: Plano de elevación estructura de albañilería confinada.	63
Figura 29: Modelamiento en planta, estructura de albañilería confinada	64
Figura 30: Modelamiento 3D, estructura de albañilería confinada	65
Figura 31: Desplazamientos máximos estructura de albañilería confinada en la dirección Y.....	66
Figura 32: Desplazamientos máximos estructura de albañilería confinada en la dirección Y.....	67
Figura 33: Distorsiones máximas de estructura de albañilería confinada en la dirección X.....	68
Figura 34: Distorsiones máximas de estructura de albañilería confinada en la dirección Y.....	69
Figura 35: Frecuencias de vibración de edificación de albañilería confinada.....	71
Figura 36: Control de vulnerabilidades por resonancia en edificación de albañilería confinada.....	72

Resumen

El presente estudio, tiene como objetivo principal determinar la Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua, para tal caso se planteó una investigación del tipo aplicada, con un nivel explicativo y un enfoque cuantitativo, la población considerada para el estudio fueron todas las edificaciones comunes del distrito de San Antonio, y la muestra fue una edificación de concreto armado y una de albañilería confinada en el distrito de San Antonio. Los resultados arrojaron un periodo fundamental de vibración del suelo para el estudio $T_s=0.2362$ Seg, las edificaciones de concreto armado presentan un nivel de vulnerabilidad alto a una altura de 9m, y las edificaciones de albañilería confinada presentan el nivel de vulnerabilidad alto a 15m de altura, así mismo, se pudo comprobar mediante el análisis en ETABS que una estructura de 3 niveles de concreto armado no presenta vulnerabilidad ante resonancia sísmica a menos que la masa participativa de la edificación tienda a actuar en el modo de vibración 5, a diferencia de una edificación de albañilería confinada de 4 niveles evaluada mediante software, que si presenta un nivel de vulnerabilidad medio. En conclusión, las edificaciones de concreto armado y albañilería confinada si presentan niveles de vulnerabilidad alto, pero este, está sujeto a condiciones como la altura de la edificación o el número de pisos.

Palabras clave: Albañilería, pórticos, periodo, resonancia, vulnerabilidad.

Abstract

The main objective of this study is to determine the vulnerability of buildings on soft soils to seismic resonance in the district of San Antonio Moquegua, an investigation of the type applied, with an explanatory level and a quantitative approach, the population considered for the study were all the common buildings of the district of San Antonio, and the sample was an armed concrete building and a masonry building confined in the district of San Antonio. The results showed a fundamental period of soil vibration for the study $T_s = 0.2362$ Seg, armed concrete buildings have a high level of vulnerability at a height of 9m, and the buildings of confined masonry have the level of vulnerability high to 15m high, likewise, it could be verified by the analysis in ETABS that a structure of 3 levels of reinforced concrete does not present vulnerability to seismic resonance unless the participative mass of the building tends to act in the mode of vibration 5, unlike a 4-level confined masonry building evaluated by software, which has an average vulnerability level. In conclusion, the buildings of armed concrete and confined masonry if they have high levels of vulnerability, but this, is subject to conditions such as the height of the building or the number of floors.

Keywords: Masonry, porticoes, period, resonance, vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel de historia, muchas de las regiones a lo largo y ancho del planeta, están expuestas a desastres naturales, siendo los terremotos los de mayor incidencia y más significativos, por ejemplo, se tienen los países con mayor incidencia sísmica ya sea por cantidad e intensidad, entre los países con la mayoría de los terremotos en los últimos 20 años, se distinguen los siguientes. EE.UU. de América, México, Guatemala, Costa Rica, Perú, Ecuador, Chile, Japón, China, Islandia, Nueva Zelanda, etc.

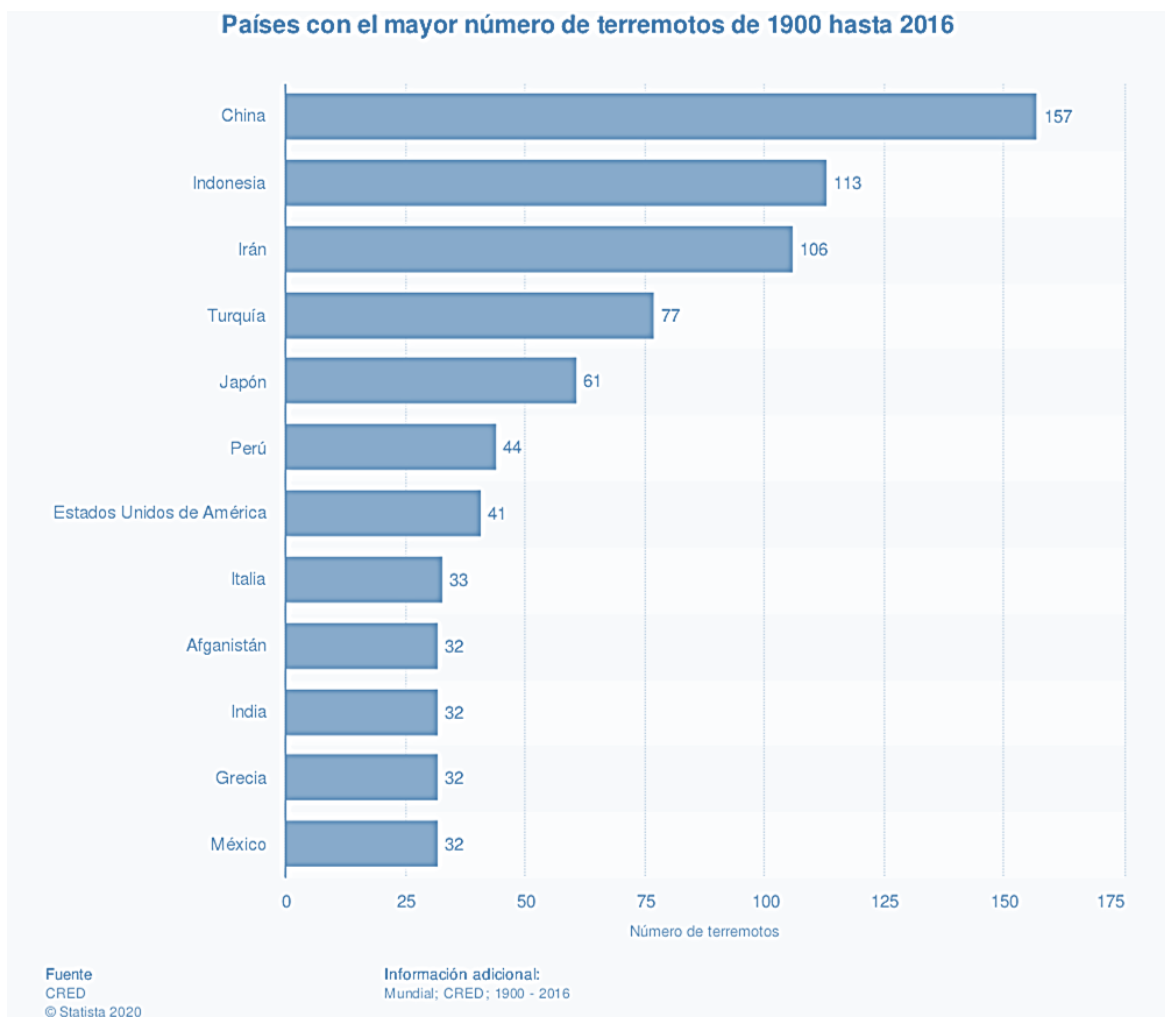


Figura 1: Países con mayor número de terremotos de 1900 a 2016

Fuente: International Disaster Database (*Centro de Investigación sobre Epidemiología de Desastres (CRED), 2016*).

Según (López O. A., 2014) en su publicación indica que a nivel de América Latina y el Caribe los terremotos como desastres naturales afectan a nuestra

sociedad y afecta el desarrollo sostenible de nuestros pueblos. En 2010, Haití y Chile fueron golpeados por un fuerte terremoto y respondieron de acuerdo a sus posibilidades sobre las repercusiones económicas y sociales que se desencadenó. En el caso de Haití, el valor total de los daños y pérdidas del terremoto (viviendas, escuelas, hospitales, edificios, carreteras, puentes, aeropuertos) es de aproximadamente el 120% del PIB del país (2009). En el caso de Chile, aunque menos afectado en términos de daños a la infraestructura y trágicas pérdidas de vidas, existe la necesidad de reconstruir una gran cantidad de viviendas, carreteras, aeropuertos y puentes, así como reparar edificios estratégicos, hospitales centros educativos etc. y es que uno de los principales factores a tener en cuenta a partir de estos desastres fue la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de las estructuras.

En el caso del Perú, por su ubicación geográfica dentro del globo, no está exento de sufrir terremotos, por el contrario, a nivel de Latinoamérica se ubica dentro de la región, hoy conocida como “cinturón de fuego del pacífico”, en esta región el planeta, por el movimiento de las placas tectónicas, libera aproximadamente el 80% de la energía acumulada, razón por la cual se producen los sismos, teniendo con frecuencia sismos severos o de alta intensidad, además de ser una de las regiones con mayor actividad volcánica del planeta. (Dr. Hernando Tavera, 2014). El Perú como un país desarrollado, no siempre ha estado a la vanguardia en investigación y desarrollo de normativas que ayuden en la mitigación de desastres, por el contrario, recién en la última década se vienen dando los cambios en política de gestión de riesgos, a partir del cambio de las normas tradicionales e implementando nuevas metodologías de diseño, nuevos procedimientos de control para la construcción de las edificaciones, es que se busca lograr que las nuevas estructuras sean menos vulnerables a peligros de movimientos sísmicos severos, así como también se busca rehabilitar aquellas estructuras que no cumplen con los criterios mínimos del comportamiento sísmico estructural, para así lograr los objetivos de la filosofía planteada en la praxis de las normas.

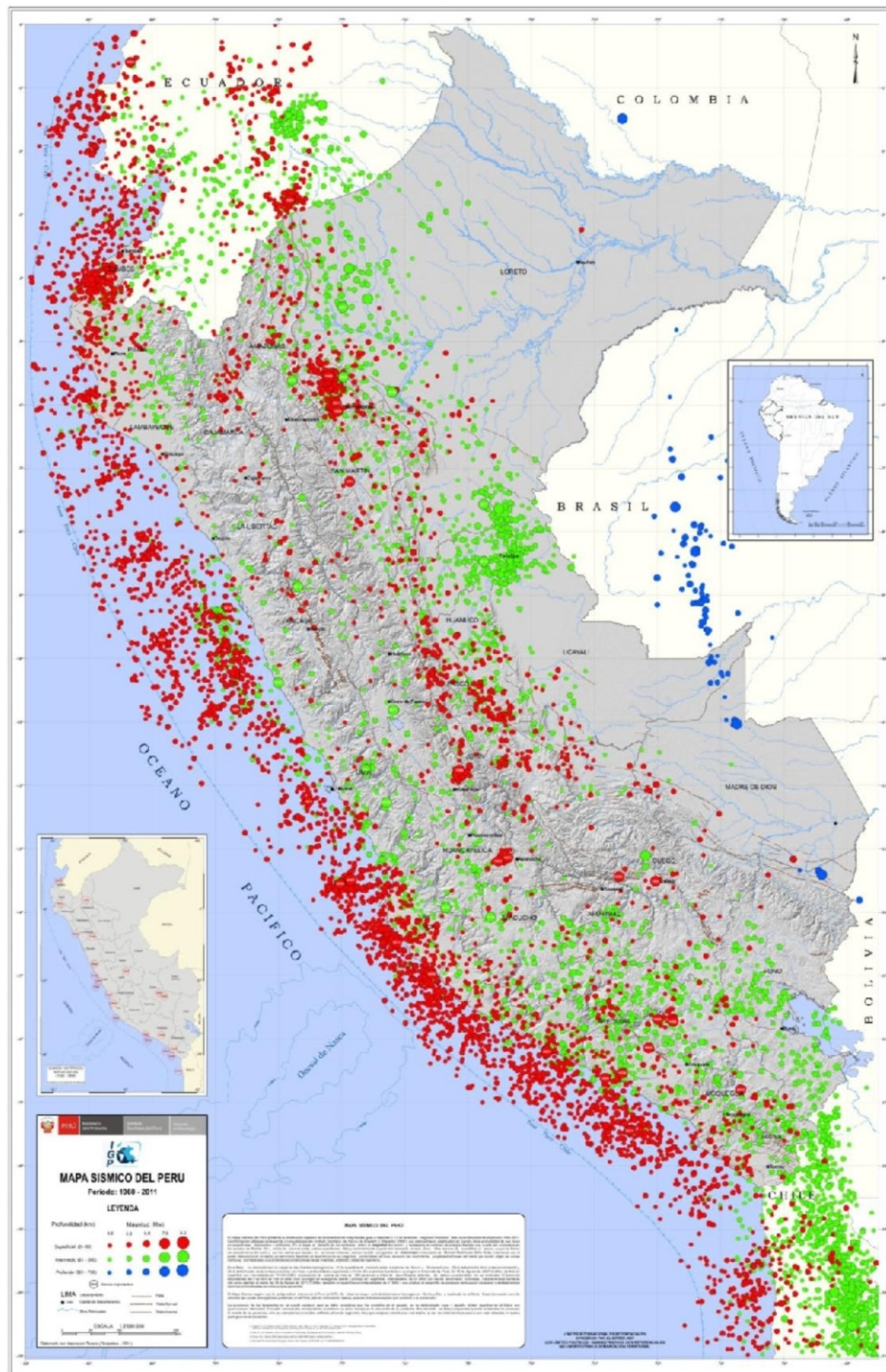


Figura 2: Mapa de Incidencia símica en el Perú entre 1964 y 2014

Fuente: (Dr. Hernando Tavera, 2014), evaluación del peligro asociado a los sismos efectos secundarios en Perú.

El departamento de Moquegua se encuentra dentro de la zona de mayor peligro sísmico, según el mapa de zonificación sísmica de Perú, la ocurrencia de movimientos sísmicos moderados es una constante en esta ciudad, y se tiene un

registro de ocurrencia de sismo severos y de gran intensidad en la región, Los sismos severos recientes en Arequipa, Moquegua y Tacna en 2001 y Pisco en 2007 causaron importantes vibraciones dinámicas en el terreno, alcanzando aceleraciones del orden de 0,4g, suficientes para dañar viviendas y edificaciones frágiles e inestables, construidas principalmente en la necesidad y lo informal. (Dr. Hernando Tavera, 2014).

Adicionalmente a lo ya descrito, en el departamento de Moquegua, distrito de San Antonio, el terreno se ha categorizado como un suelo malo para la construcción de edificaciones, según (Castro Cuba, Chang, & A Salas, 2003), el suelo en el distrito de San Antonio está conformado por relleno y grava de cantera, arena mediana a fina y superficies de limo inorgánico, debajo de las cuales hay areniscas arcósicas, lutáceas y arcillosos, rígida, que poseen características expansivas. El terreno en esta zona, por su formación topográfica es plano en su mayoría. La capacidad de carga permisible de viviendas de interés social es de 0,6 a 0,8 kg/cm² en áreas saturadas. El período dominante del terreno varía de 0,2 a 0,35 segundos, pero el área es propensa a una mayor intensificación sísmica debido a los efectos del terreno y la posibilidad de problemas de inestabilidad de los suelos. Por tanto, esta zona presenta las condiciones más desfavorables para su uso como zona urbana.

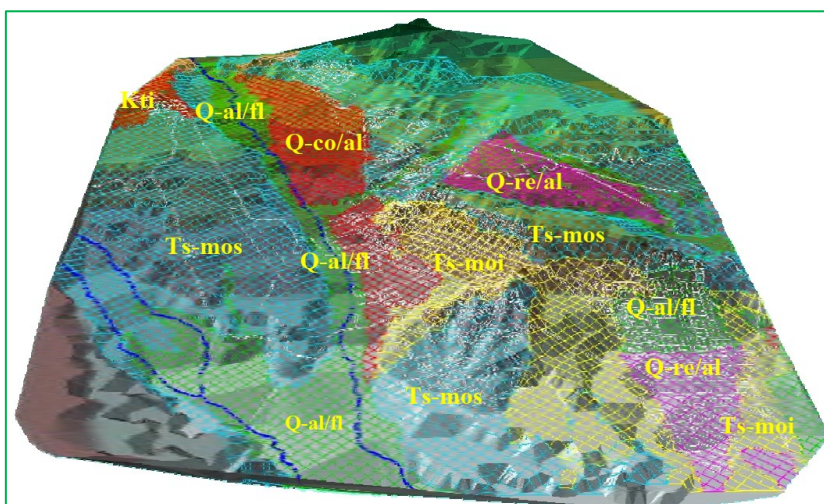


Figura 3: Geología superficial zona urbana de departamento Moquegua

Fuente: (Castro Cuba, Chang, & A Salas, 2003), zonificación geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua.

Entonces, es correcto que el Perú actualmente cuenta con un avance muy importante en cuanto a la actualización e implementación de normativas adecuadas para la prevención y mitigación de vulnerabilidades en el aspecto sísmico, ya que a través de las nuevas normas se busca implementar metodologías de prevención de peligros ante desastres del tipo sísmico, pero profundizando más en el tema, con la presente investigación se pretende profundizar en identificar “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua”.

Bajo los criterios antes descritos, se ha planteado los siguientes problemas de investigación, como problema principal se tiene: ¿Cuál es el nivel de Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua?, y como problemas específicos se tiene: ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su sistema estructural, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio Moquegua?, ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su número de pisos, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio Moquegua?, ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20? Y ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20?

Esta investigación se justifica de la siguiente manera: A **nivel técnico** la investigación se justifica en la aplicación de la norma técnica peruana, en la realización de estudios de mecánica de suelos y estudio geofísicos para determinar las propiedades físicas mecánicas y comportamiento del terreno de fundación en el distrito de san Antonio, y la aplicación del Reglamento nacional de edificaciones para identificar el adecuado proceso de evaluación y determinación de las vulnerabilidades sísmicas de las edificaciones ante la resonancia sísmica. A **nivel teórico** el proyecto se justifica en la aplicación de conceptos y definiciones propios de la temática de investigación, centrado principalmente en la definición teórica de las variables de estudio y su importancia en relación con el estudio.

A si mismo A **nivel práctico** la investigación se justifica en la aplicación de metodologías definidas en el área de estudio además de la aplicación de proceso matemáticos y el uso de software Etabs v20, para realizar en análisis de datos y los cálculos necesarios, profundizando en un método innovador e importante para su posterior aplicación. A **nivel social** la presente investigación pretende establecer un antecedente que se aplique la mitigación de riesgos en la construcción de edificaciones a través de la solución de vulnerabilidades que permitan la construcción de estructuras seguras, sobre todo en la construcción de edificaciones empíricas o en el ámbito informal.

Se han establecido los siguientes objetivos de la investigación, como objetivo principal se ha planteado determinar la Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua 2022, de igual manera como objetivos específicos se planteó: Identificar la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su sistema estructural, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio – Moquegua, Determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su número de pisos, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio – Moquegua, Determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20 y Determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.

Finalmente, las hipótesis de la investigación fueron las siguientes, la hipótesis principal fue: Existe un nivel de Vulnerabilidad alto de las edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua, y como hipótesis específicas se tuvo : La vulnerabilidad de las edificaciones ante resonancia sísmica es similar según el sistema estructural predominante en el distrito de San Antonio Moquegua, Las estructuras con mayor número de niveles son más vulnerables ante la resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua, La resonancia sísmica genera excedentes en la amplificación del movimiento de una edificación de pórticos de concreto armado incrementando su nivel de vulnerabilidad en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20

y La resonancia sísmica genera excedentes en la amplificación del movimiento de una edificación de albañilería confinada incrementando su nivel de vulnerabilidad en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.

II. MARCO TEÓRICO

Con el fin de definir una estructura de investigación y contrastar los resultados de la presente investigación, se tomaron en cuenta y se consultaron los siguientes antecedentes:

A nivel internacional se consultaron como antecedentes los siguientes: Según la investigación plasmada en el artículo de (Preciado, y otros, 2017) titulado “Vulnerabilidad de Edificios Ante Resonancia Sísmica en Guadalajara y Zapopan Por el Sismo del 11 de mayo de 2016 Mw=4.9”, El 11 de mayo de 2016 se registró un sismo de Mw=4.9 en la zona metropolitana de Guadalajara. El sismo de magnitud V-VI causó daños menores y se registró en dos estaciones, Guadalajara y Zapopan. A partir de los resultados obtenidos, se utilizó el período básico del terreno en combinación con el período básico del edificio para obtener la sensibilidad al efecto de resonancia. Los edificios alrededor de la Estación Guadalajara que son los más afectados por este fenómeno tienen entre 9 y 21 m de altura y son de todo tipo. Lo contrario es el caso de los edificios alrededor de la Estación Zapopan. Aquí, los rascacielos de 12-30 m con marcos de hormigón y acero y muros de corte de hormigón armado son susceptibles a los efectos de resonancia. No se encontró que los edificios de mampostería fueran vulnerables a los efectos resonantes de Zapopan, pero son estructuralmente vulnerables a otros tipos de acción sísmica. La diferencia en el área de sensibilidad de resonancia entre los edificios alrededor de la Estación Guadalajara y Zapopan se debe a la diferencia en el ciclo natural del suelo que es un poco más blando en Zapopan, por lo que los edificios más altos son propensos a este fenómeno.

En el artículo científico “*Seismic resonance vulnerability assessment on shear walls and framed structures with different typologies: The case of Guadalajara, México*” por (Ramírez Gaytán, Preciado, Flores Estrella, Santos, & Alcántara, 2021) se indica que Los colapsos estructurales pueden ocurrir como resultado de una amplificación dinámica de cualquiera de los dos, la respuesta sísmica del edificio o la sacudida del suelo por efectos locales del sitio; una de las razones es un efecto de resonancia debido a la proximidad del período estructural elástico fundamental TE y el suelo período fundamental TS. Evaluamos la vulnerabilidad a los efectos de resonancia en Guadalajara, México, en un esquema de tres pasos: 1) definimos los

sistemas estructurales en el entorno edilicio del oeste de Guadalajara, en cuanto a sus materiales de construcción y componentes estructurales; 2) estimamos TE con diferentes ecuaciones, para obtener un valor representativo en condiciones elásticas para cada sistema estructural; y, 3) evaluamos la vulnerabilidad de resonancia mediante el análisis de la relación entre TE y TS. Observamos que cuanto mayor es el período fundamental del suelo, mayor es la vulnerabilidad de resonancia para edificios con altura entre 17 y 39 m. Para los sitios con un TS bajo, los edificios más vulnerables serán aquellos con una altura entre 2 y 9 m. Estos resultados pueden ser una herramienta útil para la prevención de desastres, evitando la construcción de edificios con ciertas alturas y características estructurales que resultarían en una peligrosa proximidad entre TE y TS.

En la investigación de (Damaj, Assi, & McClure, 2019) titulada “*Effect of soil-building resonance on the seismic structural vulnerability of schools designated as post-disaster shelters in Montréal*”, se indica que tiene como objetivo estudiar los efectos de la resonancia de la construcción del suelo en la vulnerabilidad estructural sísmica de dieciséis escuelas designadas como refugios post-desastre en Montreal por el Departamento de Seguridad Civil de la Ciudad de Montreal (Centre de sécurité civile de Montréal). La evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de estas escuelas se basa en un estudio previo realizado en la Universidad McGill utilizando un método de detección sísmica adaptado de la norma estadounidense FEMA 154 (Federal Emergency Management Agency) y las directrices de Nueva Zelanda. El método no tuvo en cuenta la posible resonancia de la edificación del suelo como parámetro que contribuye a la vulnerabilidad estructural. En el estudio actual, se estima un coeficiente de resonancia edificatoria del suelo (C.R) basado en las características dinámicas extraídas de las medidas de vibración ambiental (AVM) en los edificios escolares y en el exterior en el suelo local adyacente. Los principales parámetros de vulnerabilidad estructural se toman directamente del estudio anterior de McGill e incluyen el tipo de sistema de resistencia a la carga lateral, la altura de los edificios, el año de construcción, la sismicidad del sitio, las irregularidades estructurales (verticales y en plano) y la clase de suelo local definida en las disposiciones sísmicas del Código Nacional de Construcción del Canadá. Un índice de vulnerabilidad estructural determinista (VI) de estos edificios escolares se

calcula sobre la base del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). El AHP se aplica para estimar un factor de peso para cada uno de los parámetros mediante una comparación pareja de su contribución relativa a la vulnerabilidad estructural. La nueva VI determinista propuesta se clasifica en cuatro clases: baja, moderada, alta y muy alta. Los resultados obtenidos con este procedimiento de evaluación mejorada se comparan con los obtenidos del estudio anterior, y la comparación muestra que en algunos casos la adición del parámetro de resonancia edificante del suelo aumenta la clase de vulnerabilidad sísmica del edificio.

Según la investigación de (Pinzón, Pujades, Macau, & Figueras, 2019) titulada "*Increased seismic hazard in Barcelona (Spain) due to soil-building resonance effects*" se indica que En este estudio se revisaron estudios previos de microzonificación en Barcelona (España) y se recopilaron datos disponibles sobre los periodos predominantes de suelos en la ciudad para elaborar un mapa actualizado de microzonificación de la ciudad. Además, la base de datos del edificio se actualizó y se utilizó para crear un mapa de los períodos fundamentales de la construcción. El cruce del período predominante del suelo y la construcción de mapas del período fundamental condujeron a la detección de áreas en las que se esperan fenómenos de resonancia y, de hecho, una mayor amplificación de la respuesta estructural. Así, se identificaron zonas de Barcelona en las que el peligro sísmico es probablemente mayor por efectos de resonancia. La mejora de los mapas de microzonificación y la detección de áreas de resonancia del suelo contribuyen significativamente a aumentar la precisión y la conciencia del peligro y riesgo sísmico en Barcelona.

Bajo el mismo criterio se consultaron, como antecedentes nacionales, las siguientes investigaciones: En el proyecto titulado "Vulnerabilidad de edificios ante resonancia sísmica en Huancayo por el sismo del 7 de agosto de 2020 Mw=4.9 con la aplicación de la metodología de Bazán y Meli" por (Morillo Chamorro, 2021) se indica que, la investigación tuvo como objetivo utilizar la metodología de Bazán y Meli para determinar el grado de vulnerabilidad de la edificación ante la resonancia sísmica de Huancayo por el sismo del 7 de agosto de 2020. Se concluye que, en los sistemas estructurales de hormigón armado y acero los edificios de 9 a 21

metros de altura son vulnerables al refuerzo dinámico inducido. No se han informado vulnerabilidades para la mampostería. El factor de amplificación del movimiento sísmico (historia lineal elástica del terremoto del 7 de agosto de 2020) de las edificaciones susceptibles a fenómenos de resonancia sísmica obtenido del tiempo de análisis dinámico es el doble que el de las edificaciones no vulnerables.

En la tesis titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres”, (Arevalo Casas, 2020), se concluye que Las irregularidades estructurales encontradas en todos los compartimentos son la falta de muros antisísmicos en cada compartimento, los muros de carga y balaustradas del piso superior hechos de ladrillos pandereta, y la exposición de las barras de refuerzo a los elementos que provocan la corrosión. De estos elementos estructurales. El diseño de elementos estructurales, muros de carga y divisorias no se diseña ni distribuye de manera eficiente debido a la falta de orientación y asesoría técnica de ingenieros profesionales para los propietarios de los asentamientos humanos. De la tabla resumen creada para el desplazamiento del centro de gravedad de cada membrana del piso construido, se puede observar que cada vivienda tiene diferentes longitudes de desplazamiento en ambas direcciones de análisis. En este sentido, produce una traslación mayor en la dirección de análisis "X" porque tiene un momento de acción mayor para un sismo en particular.

En la investigación titulada “Evaluación sísmica visual rápida por el método fema 154 de los pabellones del campus Capanique 1 de la Universidad Privada de Tacna, 2021” por (Quispe Chipana & Mamani Gallegos, 2021) presenta como un estudio para determinar el nivel de vulnerabilidad de estos pabellones. El propósito es realizar una evaluación sísmica visual rápida del Pabellón en el campus Capanique 1 de la Universidad Privada Takuna utilizando el método Fema 154 para determinar la condición del edificio. Este tipo de estudio descriptivo y descriptivo se encuentra en el nivel de evaluación, preocupación y general, ya que tiene como objetivo realizar evaluaciones sísmicas visuales rápidas utilizando el método Fema154 del Pabellón en el campus Capanique 1 de la Universidad Privada Takuna. Se puede concluir que el puntaje final “s” para el Pabellón Campus Kapanique 1 por el método

FEMA154, que es el resultado de una evaluación sísmica visual rápida en formato de adquisición de datos, muestra un valor menor a 2 e indica el área de estudio. Se requiere una evaluación detallada de manera cuantitativa y sofisticada.

Como fundamento teórico se plantearon los siguientes conceptos y definiciones, de acuerdo a las variables, dimensiones e indicadores de la investigación:

Resonancia sísmica, La resonancia es un fenómeno que ocurre cuando el ciclo de vibración de un sistema estructural (principalmente en altura), es igual o coincide con el ciclo de vibración de la fuerza que actúa sobre el sistema, como lo son las fuerzas que se transmiten a través del suelo en durante los eventos sísmicos. Cuando una estructura resuena, la fuerza y el desplazamiento se amplifican enormemente, lo que provoca daños potenciales y el colapso de la estructura (López Ó. A., 2014).

Doble resonancia en edificaciones, En caso de terremoto, existe el riesgo de que aumente el impacto sobre la estructura. Este riesgo se denomina "doble resonancia" y se produce cuando el valor de la frecuencia de resonancia fundamental del piso de cimentación (suelo), es igual a la frecuencia de resonancia fundamental del edificio. Los efectos de la doble resonancia suelo/estructura son la principal causa de daño en los eventos sísmicos. Cada estructura tiene su propia frecuencia de resonancia F_b , por lo que es necesario investigar si existe amplificación de resonancia provocada por el terreno, debido a resonancia estratificada cerca de esta frecuencia (Villarreal Castro, 2016).

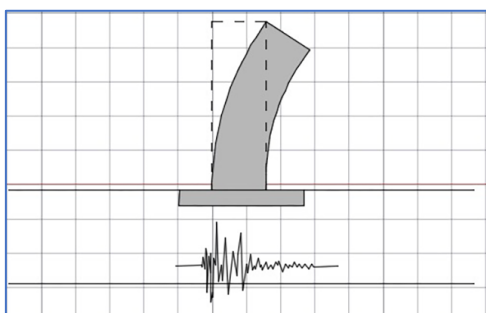


Figura 4: Efecto de doble resonancia suelo – estructura

Fuente: Doble resonancia suelo/estructura (*GeoStru*, 2020)

La fórmula reconocida se utiliza en la literatura especializada y en los estándares de la práctica para calcular la frecuencia de resonancia de la estructura. La frecuencia a la que aparece la resonancia en el suelo se explica por la siguiente ley.

$$f = \frac{V_s}{4H}$$

Dónde:

H = Altura desde el plano cimentación (o altura de la edificación)

Vs = Velocidad de las ondas de corte

Si la diferencia entre los porcentajes de frecuencia de resonancia del edificio/terreno es inferior al 50%, se logra el efecto de amplificación sísmica de la doble resonancia. Si la diferencia en los porcentajes de frecuencia de resonancia edificio/tierra supera el 50%, los efectos de la amplificación sísmica local debido a la doble resonancia pueden descartarse razonablemente.

Periodo fundamental de vibración del suelo, El período de vibración básico del suelo (T_s) es uno de los indicadores más utilizados en el mundo para estimar los efectos de la propagación de la carga sísmica bajo condiciones concretas y de manera local.

A menudo, esta propiedad está relacionada al comportamiento de las edificaciones, principalmente con los daños observados en estructuras después de un evento sísmico, principalmente por el fenómeno de resonancia en el que tanto el suelo como la estructura vibran sincrónicamente, dando a esta última mayor tensión y desplazamiento que conllevan daños, fallas y hasta el colapso de la estructura (Kuroiwa Horiuchi, 2016).

- Una forma económica de calcular el análisis del periodo de vibración del suelo (T_s), sin recurrir a costosas perforaciones o pruebas de laboratorio, ha

sido la instalación de una red local de acelerógrafos que se encargan de medir las vibraciones del suelo ante los constantes sismos moderados, y los no tan recurrentes sismos severos.

- A menudo no hay suficiente instrumentación y el número requerido de terremotos para describir un mapa de (T_s) de la ciudad. Por lo tanto, la herramienta más común utilizada actualmente para calcular T_s en microzonificación sísmica se olvida de la sismográfica local.
- La investigación de microzonificación sísmica utiliza métodos teóricos y empíricos para reforzar las debilidades.

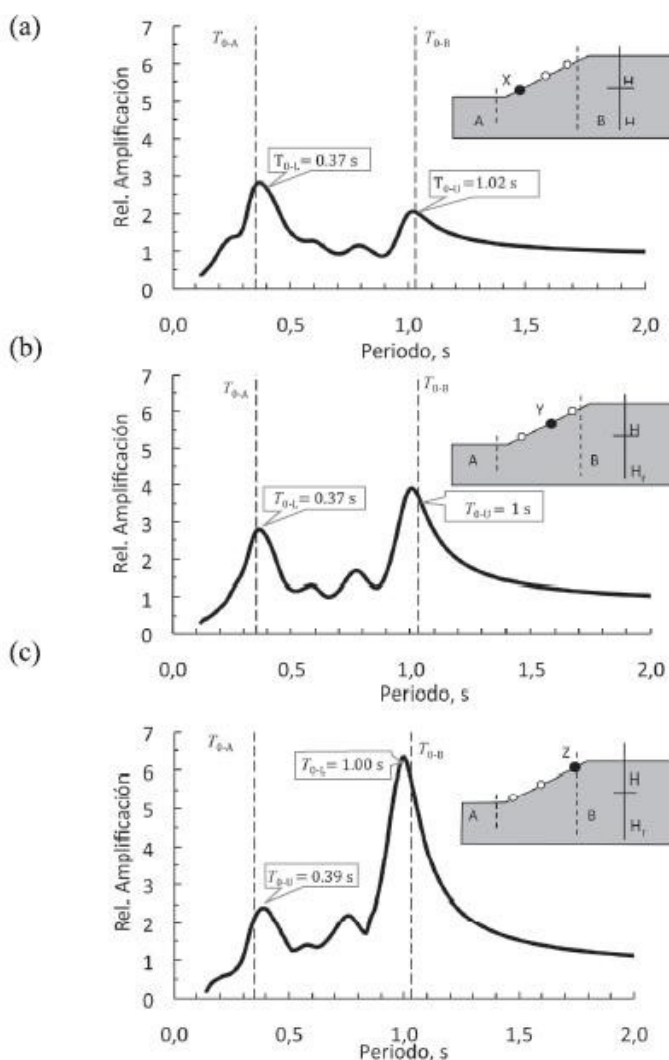


Figura 5: Relación de amplificación vs periodo fundamental de suelo

Fuente: Uncertainties in the estimation of characteristic site period of sloping terrains (*Díaz Segura, 2017*)

Velocidad de onda sísmica, Dado que la propagación de las ondas generadas por un sismo se rige por la dinámica del medio elástico, sus velocidades dependen de las propiedades elásticas del medio, cuya distribución se puede investigar observando los tiempos de tránsito y las amplitudes de estas ondas aumentan. Las soluciones obtenidas para ondas elásticas representan dos tipos de ondas (llamadas ondas internas u ondas en masa) que se propagan a diferentes velocidades. La más rápida, y por tanto la primera, viene la llamada onda P, que corresponde a la onda longitudinal. Segundo, debido a su baja velocidad, es esencialmente una onda S lateral (Venerdini et al, 2016).

Periodo fundamental de vibración de la estructura, En una edificación el periodo fundamental de vibración está relacionado a la rigidez de la masa, en el caso del comportamiento sísmico, el periodo se relaciona a la rigidez lateral de la estructura. El problema de calcular el período de vibración básico de una estructura es muy importante para el diseño sísmico de la edificación, ya que este valor se relaciona con el suelo de fundación, con la posible ocurrencia de la resonancia, un fenómeno de amplificación vibraciones por compatibilidad de periodos, que genera el incremento de los desplazamientos y esfuerzos en los elementos de la estructura. Este parámetro es muy importante para el comportamiento dinámico de la estructura. Por estas razones, es importante calcular su magnitud con la mayor precisión posible (Anil K. , 2014).

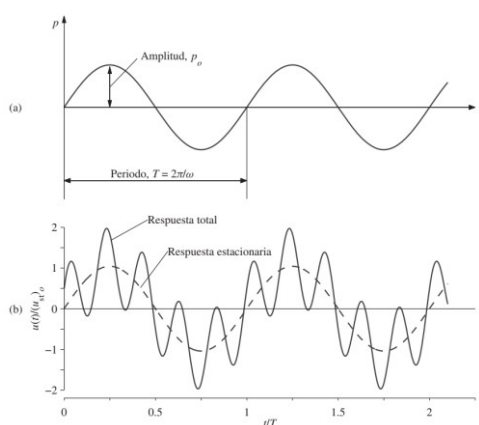


Figura 6: Periodo de vibración vs Amplitud

Fuente: Dinámica de estructuras (Anil K. , 2014).

Rigidez de la edificación, El diseño estructural de edificios de gran altura bajo cargas laterales a menudo se controla mediante el control de la deformación lateral. Con base en esta consideración, se sugiere que la propiedad estructural más importante de este tipo de sistema es su rigidez lateral y que el marco rígido por sí solo no puede proporcionar la rigidez lateral necesaria para un control de movimiento adecuado (Suárez Riestra, 2016).

Masa de la edificación, La masa de una edificación está relacionada al peso de los materiales y la formación geométrica de sus elementos, el peso de la estructura puede estimarse en un proceso de cálculo, cuantificación o metrado de cargas, por lo general en un modelo hipotético de análisis, la masa se idealiza como la acción del peso de la edificación por nivel ubicado en su centro de masa (Cacho Pérez, Frechilla, & Lorenzana, 2017).

Altura de la edificación, La altura de las estructuras está relacionada directamente a su comportamiento sísmico, existe una relación directamente proporcional entre la altura de la edificación y los desplazamientos laterales que se producen a partir del movimiento sísmico, esto significa que la altura juega un papel importante en el periodo y frecuencia de vibración de la edificación (San Bartolomé, 1998).

Amplificación dinámica inducida, Es la amplificación del movimiento del suelo inducida por el movimiento o vibraciones de las ondas S y ondas P. estos causan daños extensos en áreas de suelos que son blandos y están poco comprimidos. Dos mecanismos, la amplitud geométrica y la amplificación dinámica, contribuyen al efecto de amplificación de la señal en tierra y por lo tanto del movimiento (Reyes Roque, Aranda Leiva, & Castillejo Melgarejo, 2020).

Vulnerabilidad de edificaciones, La vulnerabilidad sísmica de un edificio es la cantidad que permite cuantificar el tipo de daño a la estructura, el modo de daño y la resistencia de la estructura bajo posibles condiciones sísmicas. La resistencia sísmica cuantifica el riesgo debido únicamente a las propiedades de la estructura. La amenaza sísmica es una escala que cuantifica los riesgos derivados del área geográfica en la que se ubica la estructura (Aroquipa Velasquez, 2018). Tanto la

vulnerabilidad sísmica de las estructuras como las amenazas sísmicas y el daño sísmico potencial asociado con su ubicación contribuyen a la cuantificación del riesgo sísmico asociado con el conjunto de las edificaciones. Por lo tanto, dos edificios idénticos muestran una vulnerabilidad sísmica similar en propiedades físicas, pero el riesgo sísmico depende de la ubicación del sitio.

En el libro “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones” de (Alonso G., 2014), La eficacia de un plan de respuesta ante emergencias o sismos se basa en la suposición de que los edificios críticos están preparados para responder a una crisis sísmica. En este sentido, el riesgo sísmico de una comunidad está íntimamente relacionado con el desempeño de las edificaciones que se consideran críticas. En general, el riesgo sísmico se caracteriza por su variabilidad temporal y espacial, la cual depende no solo de la actividad sísmica de la zona, sino también de la densidad de población, el nivel de desarrollo económico y el nivel de preparación para enfrentar la crisis sísmica.

La vulnerabilidad sísmica se define como la medida en que un elemento o grupo de elementos vulnerables no alcanzan los requisitos mínimos de rigidez, resistencia y comportamiento, como resultado de la posibilidad de que ocurra un evento sísmico catastrófico. Esta es una propiedad única de una estructura y una característica de su comportamiento que puede entenderse como una predisposición única a un elemento o grupo de elementos que pueden verse afectados o dañados ante un determinado evento sísmico. Una medida de la probabilidad de daño a un edificio debido a varios movimientos del suelo causados por un terremoto. Por lo general, se expresa en una escala que va desde ningún daño “0” hasta una pérdida total de “1”.

Sistema estructural de edificaciones, Un sistema de soporte es un conjunto de elementos de resistencia interconectados que transfieren la carga de un edificio a las columnas, asegurando el equilibrio y la estabilidad y evitando deformaciones intolerables. La estructura da presencia a la arquitectura y sostiene su forma. Por ello, integrar soluciones estructurales con un enfoque interdisciplinario desde el inicio del desarrollo del proyecto. En el proyecto de ejecución se realizan los

cálculos necesarios para dimensionar y optimizar el sistema previsto (Yuan-Yu, 1986).

Edificaciones de concreto armado, Los métodos de construcción de concreto armado o hormigón armado son una combinación de dos materiales, hormigón y barras de refuerzo. Estos materiales se combinan para formar elementos estructurales como vigas, columnas, muros, cimientos y losas. Al asegurar la adhesión entre estos dos materiales, los dos materiales pueden funcionar como uno solo. Para garantizar la adherencia, una mezcla de concreto, también llamada concreto, envuelve el interior de una barra de refuerzo o estera llamada refuerzo. El hormigón armado se utiliza en todo tipo de edificios, carreteras, puentes, presas, túneles y estructuras industriales (McCormac & Brown, 2017).

Los sistemas estructurales de concreto armado pueden ser aporticado, de muros estructurales y dual, el sistema estructural aporticado es una estructura de concreto armado formado por columnas y vigas. Las vigas inclinadas o planas se conectan en el área circundante para formar un ángulo de 90 grados en la parte inferior, superior y lateral. Este es un sistema de agujeros columnares. Como su nombre lo indica, soporta cargas muertas y ondas sísmicas al combinarse. El pórtico de entrada o tradicional consiste en el uso de pilares, losas y muros separados de ladrillo (Ortega García, 2015).

Edificaciones de albañilería, Se llama albañilería a una estructura construida sobre la base del empleo de ladrillos de cerámica, bloques de cemento, piedra o algún otro elemento de forma semi irregular los cuales están unidos entre sí por una capa de mortero. La albañilería es un sistema estructural cimentado en la base sobre la que se define a los muros como elementos portantes, los cuales resisten las cargas de gravedad y el efecto de la carga sísmica lateral (San Bartolome, 1994).

La albañilería confinada es un conjunto o sistema constructivo formado por muros de ladrillo reforzados en ambos extremos por columnas de anclaje y vigas de hormigón en la parte superior. Los muros son estructuras verticales que separan la

casa del exterior y de las calles. Es importante que estén bien construidas y perfectamente verticales. En la albañilería confinada la rigidez lateral de la edificación la aportan tanto el muro de ladrillo como las columnas de concreto, las vigas cumplen una función de amarre y de arriostre entre los elementos estructurales (Abanto Castillo, 2016).

Necesidad de evaluación, Para obtener una estimación de riesgo sísmico aceptable, es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica de los elementos expuestos. Esta condición es única para cada edificio y evaluarla es un proceso complejo y lento. Para las edificaciones críticas, las características de su uso, las condiciones especiales para afrontar casos de emergencia, el alto costo de reparación de los daños, y sobre todo, de especial importancia en la atención de emergencias por sismos, las características de las edificaciones, equipamientos y contenidos para la salud , la alta dependencia de los servicios, las características de los materiales y equipos utilizados y la complejidad de las instalaciones hacen que ciertas edificaciones sean particularmente vulnerables a los efectos de los terremotos (CENEPRED, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación planteado en el presente proyecto fue “investigación aplicada”, La investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas y enfoques específicos, y se centra en la búsqueda e integración de conocimientos para su aplicación y, por lo tanto, la mejora del desarrollo cultural y científico.

Para (Vargas Cordero, 2009), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, Los estudios empíricos son estudios que sacan conclusiones solo de evidencia empírica concreta y verificable. Esta evidencia se puede recopilar utilizando técnicas de investigación de mercado cuantitativas y cualitativas.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es un diseño no experimental transeccional, Este tipo de investigación es uno de los diseños básicos. Este es un procedimiento no experimental, transversal (sin seguimiento) en el que se investiga a la muestra representativa en momentos específicos. Al mismo tiempo, se evalúan las variables, asegurándose de que la muestra que seleccione represente la población de estudio. Cada tema se evalúa una sola vez. (Gauchi Risso, 2017)

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014), en su libro “Metodología de la Investigación”; señalan que, Un diseño transversal recopila datos en un momento determinado del estudio. Su propósito es describir variables y analizar su ocurrencia e interrelaciones en momentos específicos.

El modelo de investigación se basa en tres etapas de correlación.

Tabla 1

Modelo de la investigación

Estudio de Mecánica de suelos y geofísicos	Representación y modelamiento estructural	Identificación de vulnerabilidades por resonancia
Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos blandos	Análisis del comportamiento sísmico estructural de las edificaciones	Verificación de la existencia de vulnerabilidades por resonancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 Se propone un modelo de investigación y se representa básicamente por una serie de procesos propuestos para lograr los objetivos del proyecto.

El diseño no experimental - transeccional se puede expresar de la siguiente manera:

$$O \rightarrow X \rightarrow M_y$$

O : Objeto de estudio/unidad de análisis

X : Análisis no experimental – transeccional de la variable independiente

M_y : Medición de la variable dependiente

Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es Investigación explicativa: Investigación que tiene una relación causal. No solo explica o aborda el problema, sino que también trata de encontrar la causa. La investigación explicativa se aplica con fines de estudiar específicamente fenómenos que no se habían estudiado previamente o que no se habían explicado completamente

anteriormente. La intención es proporcionar detalles para los cuales hay poca información disponible.

Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es del tipo cuantitativo. La investigación cuantitativa asume que el conocimiento debe ser objetivo y se genera a partir de un proceso deductivo de prueba de hipótesis previamente formuladas utilizando análisis estadísticos numéricos y de inferencia. Este enfoque se basa en el caso "tipo", con el objetivo de obtener resultados que permitan la generalización (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

Resonancia sísmica

Variable dependiente

Vulnerabilidad de edificaciones

Variable interviniente

Suelos blandos

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

La población de la presente investigación estará conformada por todas las edificaciones de concreto armado y albañilería estructural en el distrito de San Antonio – Moquegua, siendo esta población de carácter finito.

Según García Ramírez, (2019), La población es una colección de individuos, elementos, tipos, etc. que tienen características comunes en un lugar determinado, y el tiempo es el universo de los individuos.

Muestra

Para Tamayo, (2003) Si no es posible medir todas las unidades de la población, la muestra se determina a partir de la población cuantificada. La población cuyo ámbito de análisis corresponde a la muestra seleccionada.

La muestra de estudio está constituida por una edificación de pórticos de concreto armado y una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio - Moquegua.

Unidades de análisis

Las unidades analíticas del estudio se basan en el análisis de la vulnerabilidad de las edificaciones sobre suelo blando a las resonancias sísmicas en la zona de San Antonio Moquegua:

- Periodo de vibración del suelo.
- Periodo de vibración de las edificaciones.
- Comportamiento sísmico de pórticos de concreto armado.
- Comportamiento de los muros de albañilería confinada.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Según Bavaresco De Prieto (2013), la recopilación de información requiere el uso de técnicas y herramientas que puedan ejecutar o procesar datos de campo necesarios para el estudio.

En este estudio, utilizamos una técnica de análisis de documentos para recopilar la información necesaria. Esto es principalmente la implementación de análisis de documentos para identificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales considerados en el proyecto, el RNE en las normas E.020 de Cargas, E.030 de diseño sismorresistente, E.060 de concreto armado y E.050 de suelos y cimentaciones.

Instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de información, además de procesar la información en el marco de este proyecto, se utilizará la ficha de observación de datos y la ficha de recolección de datos para sistematizar la información requerida para los modelos estructurales, así como los estudios obligatorios según la NTP. Se utilizará los siguientes instrumentos:

- Una ficha de recolección de datos que permite adquirir los datos físicos y mecánicos de los materiales necesarios para ejecutar modelos de análisis matemático.
- Hoja de análisis de documentos utilizada para recopilar todos los parámetros técnicos especificados por las NTP y RNE.
- El software ETABSv20 para realizar el modelado y análisis estructural y aplicar análisis estático y dinámico de la estructura.
- El software Excel 2019 para obtener los resultados numéricos del análisis de datos. Esta es una herramienta para primero resumir información sobre el trabajo generado por la estructura. El software también se utilizó para crear tablas y graficas. Una hoja de cálculo para procesar información de análisis y diseño estructural además de la validación requerida por la norma.

3.5. Procedimientos

Este proyecto utiliza los siguientes pasos del diseño para obtener resultados de la recopilación de datos, análisis estructural y prueba de hipótesis.

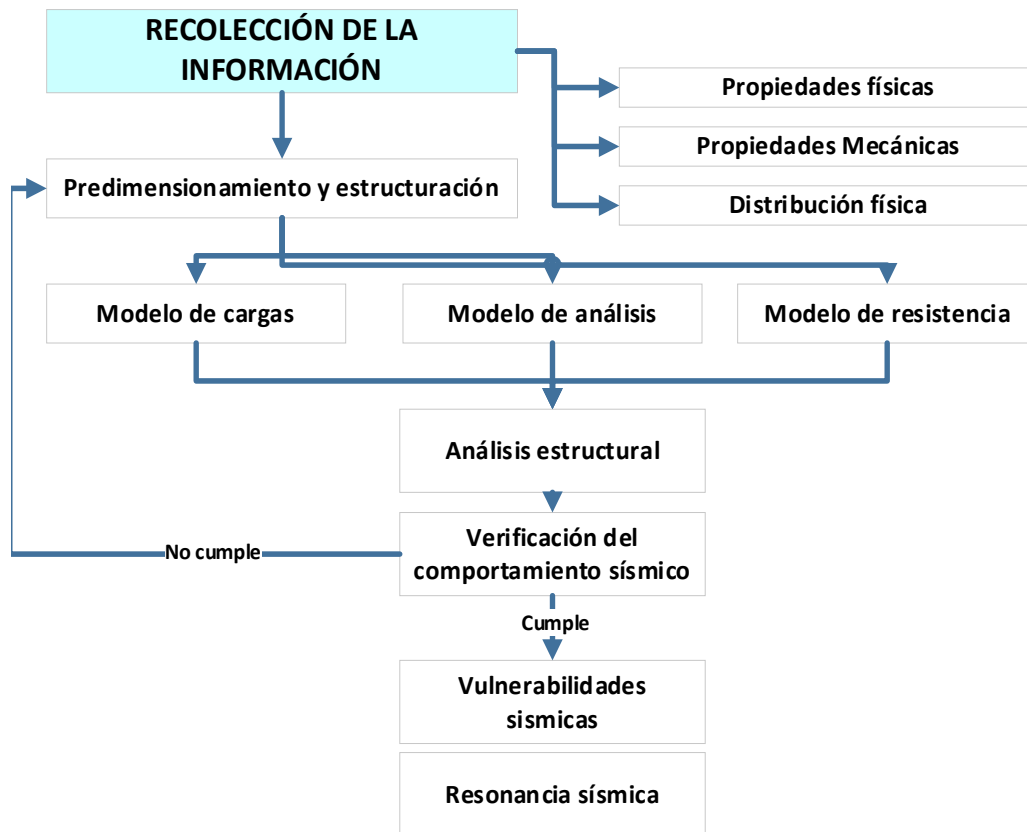


Figura 7: Diagrama para el proceso y análisis de datos

Fuente: Elaboración propia

3.6. Métodos de análisis de datos

Según Córdova Zamora (2003), en su libro Estadística Descriptiva y Estadística de Inferencia, la estadística descriptiva es el área de responsabilidad de recopilar, almacenar, ordenar, crear y calcular parámetros básicos de conjuntos de datos para tablas o gráficos.

El método de análisis de datos utilizado en este estudio es utilizar el software Etabs v20 y Excel 2019 para recopilar y organizar los datos en forma tabular, además de realizar cálculos básicos basados en los lineamientos de las normas técnicas peruanas, es una estadística descriptiva por lo que se propone. Organizar la información de forma gráfica.

El siguiente proceso fue utilizado por la metodología de análisis de datos aplicada para obtener los resultados:

- Propuesta de estructuración y predimensionamiento de la edificación utilizando el software AutoCAD v2022.
- Análisis de carga estructural según los parámetros de la norma E.020 para la carga de la normativa nacional de edificación.
- Modelado y análisis estructural utilizando el software ETABS v20 para aplicar análisis estático y dinámico y verificar el comportamiento sísmico además de determinar el trabajo de diseño de elementos estructurales. En este paso se aplicaron los estándares y restricciones de la norma E.030 para diseño sísmico.
- Proyectar elementos estructurales mediante el método de cálculo de esfuerzos admisibles utilizando los criterios y procedimientos de tratamiento de los datos de diseño especificados en la norma E.060 para concreto armado, utilizando como tabla de cálculo una hoja de cálculo Excel 2019.
- Propuesta de refuerzo de elementos portantes y no portantes mediante cálculo de cantidad de acero y análisis y diseño.

3.7. Aspectos éticos

En el proceso de toda investigación científica y el uso del conocimiento generado por la ciencia, requieren que los investigadores y docentes actúen éticamente. El comportamiento poco ético no tiene sentido en la práctica científica, se tiene que sacar y erradicar. El desarrollo de esta investigación debe ser transparente en los siguientes aspectos:

- Los recursos utilizados como referencias bibliográficas, citas conceptuales, antecedentes de investigación serán reconocidos adecuadamente bajo citación del autor intelectual de los cuales se tomaron los diversos conceptos e ideas. Por lo tanto, la originalidad significa que las ideas y otras partes de la investigación no pueden incluirse sin la debida referencia. Para tal caso

este proyecto será sometido a una evaluación de originalidad mediante “turnitin”.

- Los datos requeridos para realizar el proceso de análisis y diseño estructural para lograr los resultados deseados son completamente ciertos y se basan no solo en los estándares establecidos en el proyecto, sino también en parámetros normativos.
- La precisión de los resultados se basa en las normas y restricciones establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma E.030 para diseño sísmico y la E.060 para concreto armado se profundizan en el método de diseño por esfuerzos permisibles.

IV. RESULTADOS

Resultados del estudio de Mecánica de suelos

En el presente estudio, se realizó un estudio de mecánica de suelos para estructuras, con el objetivo de conocer las propiedades físico mecánicas de suelo de fundación de las edificaciones a ser evaluadas, el EMS se realizó directamente en laboratorio siguiendo los procedimientos establecidos en las normas ASTM y NTP. Las características del suelo evaluadas en el estudio fueron:

- Propiedades mecánicas y físicas in situ a el suelo de fundación.
- Comprensibilidad.
- Asentamiento inmediato, método elástico.
- Cálculo de la capacidad de carga del suelo.
- Elaboración del perfil estratigráfico de estudio.

El estudio se ubicó en la región Moquegua, provincia de mariscal nieto, distrito de san Antonio. A una altitud aproximada de 1,518 m.s.n.m. geológicamente se ubica en la carta 35-u del sistema cuaternario de formación de Moquegua.

Según los lineamientos de la Norma E-030, en su Anexo II de zonificación sísmica, el área de estudio se ubica en una zona 4 de peligro sísmico, esto evidencia, que el distrito de san Antonio se ubica en la zona de más riesgo sísmico.

Capacidad de carga admisible

Tabla 2

Cálculo de la capacidad de carga

Características	Uni.	Qa Zapata	Qa cimiento corrido
Uso del suelo		Fundación	Fundación
Sub estructura		Zapata	Cimentación corrida
Profundidad de desplante (Df)	cm	120	60
Ancho de cimentación (B)	cm	100	60
Densidad Natural Global "in situ" (Dn)	gr/cm3	1.681	1.681
Coeficiente de carga (Nq)		18.82	18.82

Coeficiente de carga ($N\gamma$)		23.08	23.08
Coeficiente de carga (Nc)		30.63	30.63
Factor de seguridad		3.00	3.00
Capacidad de carga admisible (q_a)	(Kg/cm²)	1.79	1.02

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Del análisis de la capacidad de carga el terreno de fundación, el valor de la capacidad de carga, para la consideración de una fundación cuadrada (zapata), fue de 1.79 kg/cm², mientras que el valor de la capacidad de carga para una cimentación lineal (cimiento corrido), fue de 1.02 kg/cm².

Cálculo del periodo fundamental de vibración del suelo en el distrito de San Antonio-Moquegua.

Con el objetivo de determinar el comportamiento sísmico del suelo, en el distrito de San Antonio, se realizaron estudios geofísicos sísmicos para determinar la velocidad de propagación de las ondas P (V_p) mediante pruebas de refracción sísmica de superficie y para determinar las velocidades de propagación de las ondas S (V_s) mediante pruebas MASW. Además, se realizó una prueba de microtremor para obtener la frecuencia de vibración y en consecuencia el periodo fundamental de vibración.

La información obtenida es muy útil para determinar indirectamente el espesor del suelo y las características de estratificación que se encuentran a varias profundidades en el área de estudio. También puede calcular la velocidad promedio de la onda de corte V_{s30} para otorgar las características sísmicas adecuadas del suelo con base en el “*International Building Code*” (IBC, 2018) y la NTP E.030 de diseño sismorresistente en su última versión 2019.

Estudio de Refracción Sísmica

El principio de la exploración sísmica es básicamente generar una onda sísmica (onda P) con activación de liberación de energía repetitiva por una carga aplicada, producto de un golpe, con un martillo de 20 libras. Esta acción crea, en la superficie

del suelo, una onda que viaja a diferentes velocidades, condicionada por la distribución de partículas, además de las propiedades de masa y/o del medio, desde la fuente de energía (el punto en el que se produce el golpe que representa la fuente de energía) hasta el sensor (geófono). El proceso de dispersión de la energía ocurre en estas interfases, donde parte de la energía continúa propagándose dentro de la Tierra, mientras que otras pasan por la interfase entre las capas sísmicas antes de regresar a la superficie, donde son registradas por detectores (geófono).

Tabla 3

Velocidad de propagación de onda sísmica P por refracción

Estrato	Tipo de onda	Profundidad	Velocidad de propagación	Descripción
E-1	Onda P	0.8 m a 2.30 m	100 m/s a 300 m/s	Suelo granular suelto
E-2	Onda P	4.10 m a 8.40 m	300 m/s a 700 m/s	Suelo granular de densidad media
E-3	Onda P	12.80 m a 15.00 m	700 m/s a 1500 m/s	Suelo granular denso

Fuente: Estudio de Refracción Sísmica

En la tabla 2, se puede observar los resultados del estudio de refracción de onda sísmica para determinar la velocidad de propagación de onda P en los distintos estratos del suelo en el distrito de San Antonio – Moquegua. Se identificaron 3 estratos, por la forma en la que se transmiten las ondas sísmicas, el primer estrato representa la capa superficial de la formación geológica de la zona, con una profundidad de 0.80 m a 2.30 m, la velocidad de propagación de onda sísmica en este estrato fue de 100 m/s a 300 m/s clasificando, la composición de el estrato como un suelo granular suelto. El segundo estrato representa la capa intermedia de la formación geológica de la zona, con una profundidad de 4.10 m a 8.40 m, la velocidad de propagación de onda sísmica en este estrato fue de 300 m/s a 700 m/s clasificando, la composición de el estrato, como un suelo granular de densidad media. El tercer estrato representa la capa más profunda de la formación geológica de la zona, con una profundidad de 12.80 m a 15.00 m, la velocidad de propagación de onda sísmica en este estrato fue de 700 m/s a 1500 m/s clasificando, la composición de el estrato, como un suelo granular denso.

Estudio MASW 2D

La prueba MASW 2D, o análisis de ondas (S) superficiales en una matriz multicanal, es una onda superficial (onda de Rayleigh) registrada en una matriz multicanal generada por una fuente de energía de impacto en puntos dispuestos a intervalos predeterminados a lo largo del eje de análisis. El estudio muestra el perfil de velocidad de onda de corte (V_s) en el punto medio de la línea en la superficie del suelo de estudio.

Tabla 4

Velocidad de propagación de onda S

Estrato	Tipo de onda	Profundidad	Velocidad de propagación	Descripción
E-1	Onda S	6.00 m	145 m/s a 222 m/s	Suelo granular de densidad baja
E-2	Onda S	25.00 m	275 m/s a 417 m/s	Suelo granular de densidad media

Fuente: Estudio de MASW

En la tabla 3, se muestra los resultados del estudio del comportamiento del suelo para ondas S, con el fin de determinar la velocidad de corte del terreno, en el estudio de identificaron dos estratos según el comportamiento del suelo, es estudio se aplicó en un eje longitudinal de 70 m y se estableció 25 m de profundidad como base para obtener resultados confiables. El primer estrato, según el estudio, se identificó a la profundidad de 6.00 m desde la capa superficial del terreno, en este estrato la velocidad de propagación de ondas S fue de 145 m/s a 222 m/s, definiéndose la capa de terreno como un suelo granular de densidad baja. El segundo estrato, según el estudio, se identificó a la profundidad de 25.00 m desde la capa superficial del terreno, en este estrato la velocidad de propagación de ondas S fue de 275 m/s a 417 m/s, definiéndose la capa de terreno como un suelo granular de densidad media.

Estudio de vibración ambiental – microtremor

El estudio de vibración ambiental o también denominado microtremor, se realiza con la finalidad de obtener la frecuencia de vibración del suelo, esta, representa una característica dinámica del terreno que el comportamiento del mismo ante un evento sísmico en una zona en específico. Para la obtención de los resultados se utilizó la metodología del coeficiente espectral, El método de la relación espectral es el método de análisis más simple, la respuesta espacial se estima a partir del análisis espectral de los microtremores utilizando el espectro de amplitud de Fourier.

Tabla 5

Frecuencia y periodo de vibración del suelo

Zona de estudio	Ensayo	Punto	Frecuencia (Hz)	Periodo Fundamental (Seg.)
San Antonio - Moquegua	SM-Mic-1	HV 1	4.2345	0.2362
	SM-Mic-2	HV 2	4.3927	0.2277
	SM-Mic-3	HV 3	4.4588	0.2243

Fuente: Estudio microtremor

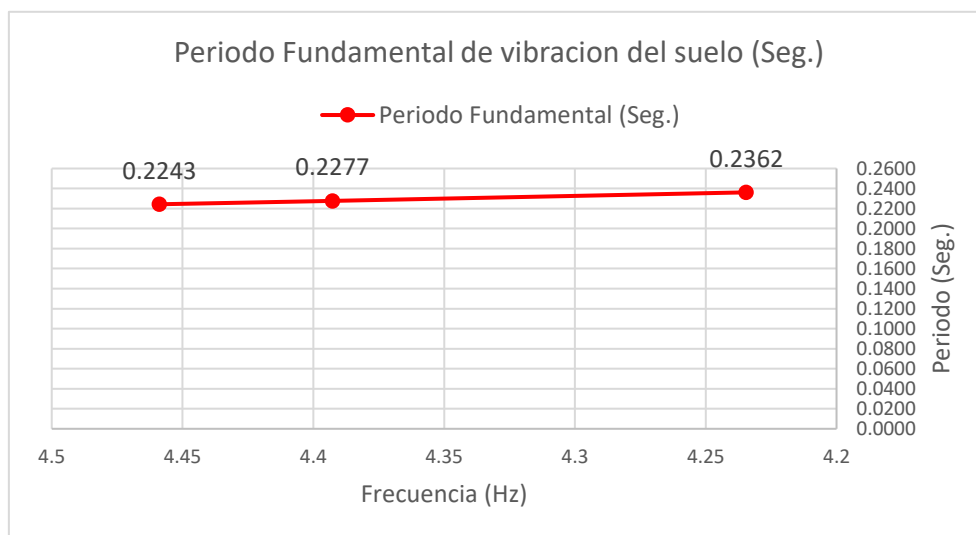


Figura 8: Periodos fundamentales de vibración del suelo Distrito de San Antonio - Moquegua

Fuente: Estudio Microtremor

En la tabla 8, se tiene los resultados de del estudio de microtremor realizado en el distrito de San Antonio del departamento Moquegua, lo resultados obtenidos se aplicaron en la ubicación del estudio, donde están referencias las estructuras a ser evaluadas, se tomaron datos en 3 puntos distintos del área de influencia del proyecto, en el primer punto HV 1 la frecuencia de vibración del suelo fue de 4.2345 Hz, por lo tanto, el periodo fundamental de vibración del suelo en esa zona es de 0.2362 segundos. Para el segundo punto de estudio HV 2 la frecuencia encontrada a través de ensayos fue de 4.3927 Hz, en consecuencia, el periodo fundamental de vibración del suelo fue de 0.2277 segundos. Finalmente, en el tercer punto evaluado, la frecuencia de vibración fue de 4.4588 Hz, por lo tanto, el periodo de vibración fundamental de suelo fue de 0.2243 segundos.

En la figura 8, se grafica la relación existente entre la frecuencia y el periodo de vibración obtenido del análisis de influencia del estudio en el distrito de San Antonio, los periodos de vibración mantienen una tendencia lineal, y la diferencia en la escala de variación entre los datos verticales es mínima. Como el estudio se está aplicando en una zona específica, para la evaluación de una estructura de concreto armado y una edificación de albañilería confinada, el periodo fundamental de vibración considerado para medir el nivel de vulnerabilidad en la zona de estudio es de 0.2362 segundos, este periodo se puede considerar el más crítico con fines de análisis sísmico estructural, además es el punto de análisis que abarca la zona de influencia donde se encuentran las estructuras a analizar.

Finalmente, el periodo fundamental de vibración del suelo para el estudio $T_s=0.2362$ Seg.

Vulnerabilidad de edificaciones por su sistema estructural

Al considerar un enfoque estructural de la resonancia, el cálculo del período de vibración fundamental del suelo combinado con el período de vibración fundamental de la estructura determinará si el edificio es susceptible a este fenómeno a través del intervalo máximo de respuesta (Bazán & Meli, 2002).

$$0.70 \leq \frac{T_E}{T_S} \leq 1.2$$

Dónde:

T_E : Periodo fundamental de vibración de la edificación.

T_S : Periodo fundamental de vibración del suelo.

En función a lo descrito por Bazán y Meli, se puede definir los siguientes niveles de vulnerabilidad:

Tabla 6

Niveles de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Intervalo de intervención
Nulo	$\frac{T_E}{T_S} \leq 0.70$
Bajo	$0.70 \leq \frac{T_E}{T_S} \leq 0.80$
Medio	$0.80 \leq \frac{T_E}{T_S} \leq 1.00$
Alto	$1.00 \leq \frac{T_E}{T_S} \leq 1.20$
Nulo	$1.2 \leq \frac{T_E}{T_S}$

Fuente: Elaboración propia

Periodo fundamental de vibración en edificaciones de pórticos de concreto armado

Se considera que las edificaciones de concreto armado en el distrito de San Antonio de la región Moquegua, varían desde 1 piso a 12 pisos como máximo, y la altura típica de piso es de 3.00 m para las estructuras de eso común, entonces los resultados del análisis de vulnerabilidad por resonancia se calcularán dentro de los rangos mencionado. Para determinar el periodo de vibración del sistema estructural se utilizó la fórmula establecida en los códigos:

Se utilizó el método UBC “*Uniform Building Code*”, el cual expresa que el periodo fundamental de vibración de la estructura de concreto armado se determina en función a:

$$T_E = 0.0731h_n^{\left(\frac{3}{4}\right)}$$

Dónde:

hn: Representa la altura total de la edificación

Bajo el mismo criterio, se utilizó el procedimiento descrito en la norma E.030 de diseño sismorresistente para el cálculo del periodo fundamental de vibración:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Dónde:

hn: Altura total de la edificación.

Ct: coeficiente para la estimación del periodo, siendo 35 para sistemas estructurales de pórticos de concreto armado y 60 para sistemas estructurales de albañilería confinada

Tabla 7

Periodo fundamental de vibración para edificios de concreto armado.

Niveles	Altura	UBC	NTP E-030
Piso 1	3	0.167	0.086
Piso 2	6	0.280	0.171
Piso 3	9	0.380	0.257
Piso 4	12	0.471	0.343
Piso 5	15	0.557	0.429
Piso 6	18	0.639	0.514
Piso 7	21	0.717	0.600
Piso 8	24	0.793	0.686

Piso	9	27	0.866	0.771
Piso	10	30	0.937	0.857
Piso	11	33	1.006	0.943
Piso	12	36	1.074	1.029

Fuente: Elaboración propia

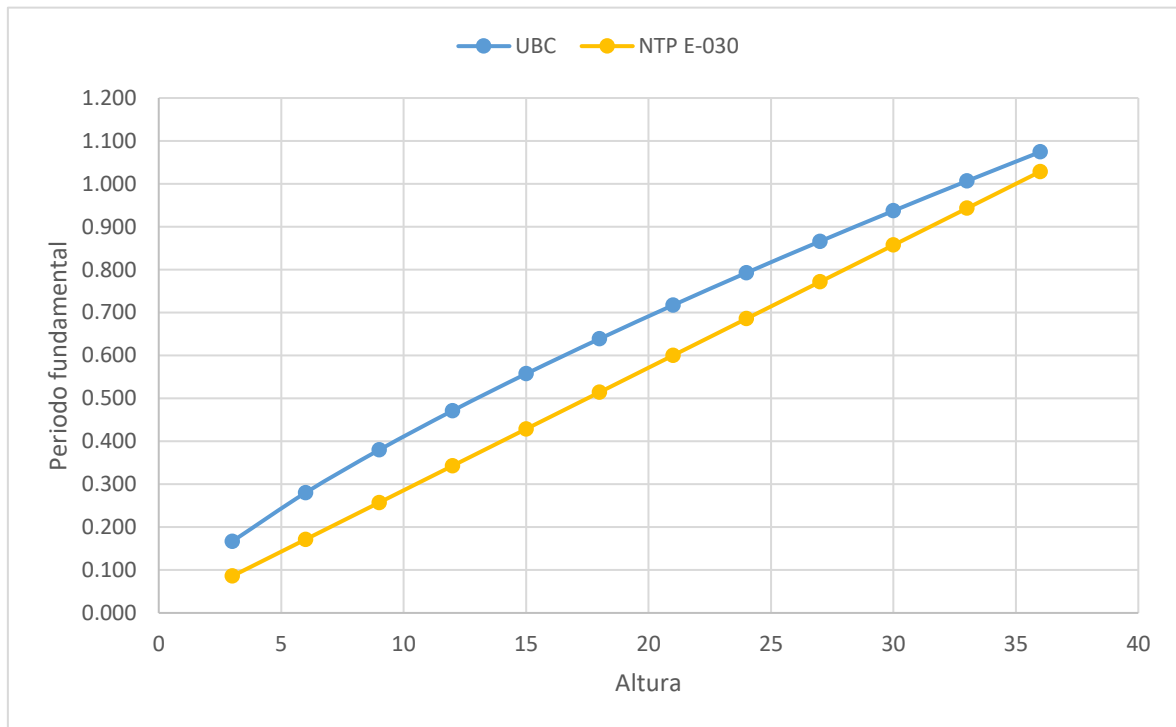


Figura 9: Comparación de Periodos de vibración de pórticos de concreto armado según ASCE, UBC y NTP

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 así como en la figura 9, se visualiza los resultados del estudio, para los periodos de vibración de las edificaciones de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio, el análisis se hizo para edificaciones de 1 a 12 pisos según lo establece la norma ASCE, además se consideró la altura típica de entrepiso de 3 m, se realizó el procedimiento, comparando la metodología que se establece en la norma ASCE, UBC y NTP, dando como resultados más conservadores lo planteado por la norma NTP en la norma E.030 de diseño sismorresistente.

Determinación del nivel de vulnerabilidad de los edificios de pórticos de concreto armado

Tabla 8

Periodo fundamental de vibración para edificios de concreto armado.

Ts= 0.2362 Seg.				
	Niveles	Altura	NTP E-030 (T _E)	T _E /T _s
	Piso 1	3	0.086	0.36
	Piso 2	6	0.171	0.73
	Piso 3	9	0.257	1.09
	Piso 4	12	0.343	1.45
	Piso 5	15	0.429	1.81
	Piso 6	18	0.514	2.18
	Piso 7	21	0.600	2.54
	Piso 8	24	0.686	2.90
	Piso 9	27	0.771	3.27
	Piso 10	30	0.857	3.63
	Piso 11	33	0.943	3.99
	Piso 12	36	1.029	4.35

Fuente: Elaboración propia

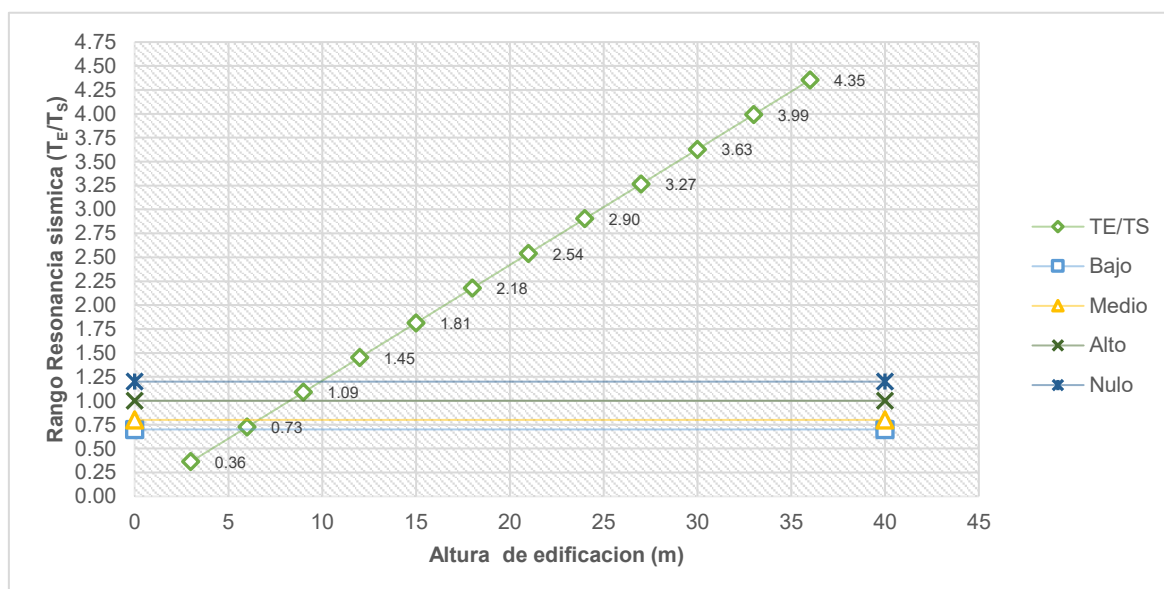


Figura 10: Nivel de vulnerabilidad de edificaciones de concreto armado

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N 8, se muestra los resultados de vulnerabilidad sísmica ante resonancia para las edificaciones de concreto armado, resultando que las edificaciones dentro del rango de 6.00 m tienen un nivel de vulnerabilidad Bajo, no hay edificaciones en un rango de vulnerabilidad medio, las edificaciones en el rango de 9.00 m de altura tienen un rango de vulnerabilidad alto, y todas las edificaciones de 12.00 a más metros tienen un nivel de vulnerabilidad nulo.

Nivel de vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada

Tabla 9

Periodo fundamental de vibración para edificios de albañilería confinada

Ts= 0.2362 Seg.				
	Niveles	Altura	NTP E-030 (T _E)	T _E /T _s
	Piso 1	3	0.050	0.21
	Piso 2	6	0.100	0.42
	Piso 3	9	0.150	0.64
	Piso 4	12	0.200	0.85
	Piso 5	15	0.250	1.06
	Piso 6	18	0.300	1.27

Fuente: Elaboración propia

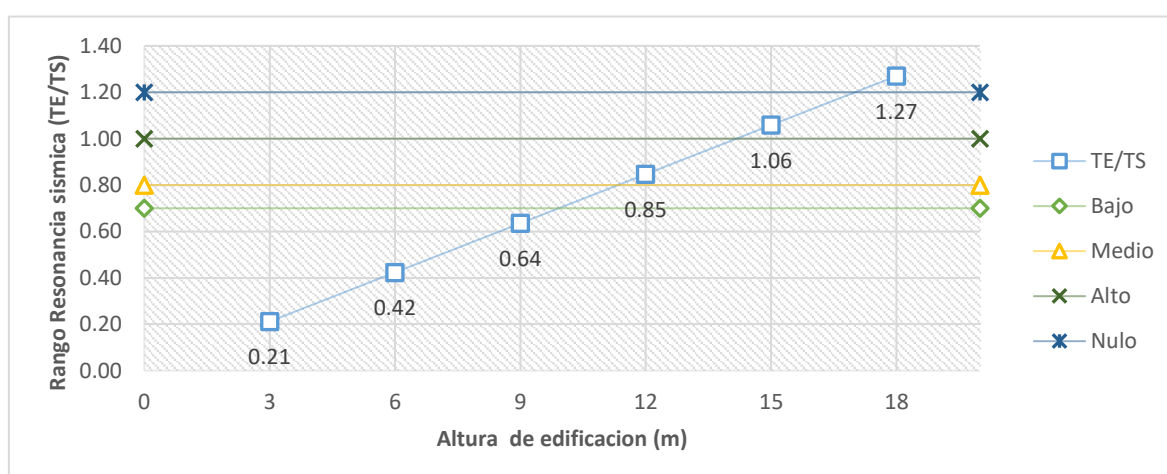


Figura 11: Nivel de vulnerabilidad de edificaciones de albañilería confinada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, se presentan los periodos de vibración por sistema estructural de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de San Antonio, para determinar el valor del periodo se utilizó el principio descrito en la norma E.030, considerando un valor de $C_t=60$, además por tratarse de edificaciones de albañilería solo se evaluó 6 pisos, que es el límite establecido para edificaciones de este tipo, de acuerdo al rango de vulnerabilidad, las edificaciones de hasta 9.00 m de altura no tienen riesgo de vulnerabilidad ante resonancia sísmica, las edificaciones en el rango de 12.00 m tienen un nivel de vulnerabilidad medio, las edificaciones en el rango de 15.00 m presentan un nivel de vulnerabilidad alto, y finalmente las edificaciones mayores a 18.00 m de altura no presentan vulnerabilidad a resonancia sísmica.

Vulnerabilidad de edificaciones por su número de pisos

Para determinar el periodo fundamental de vibración de las edificaciones según su número de pisos se utilizó la metodología descrita en ASCE 7-16:

$$T_e = 0.1N$$

Dónde:

N: Representa el número de pisos de la edificación

Periodo fundamental de vibración de las edificaciones por su número de pisos.

Tabla 10

Periodo fundamental de vibración para edificios según su número de pisos ASCE 7-16.

Niveles	ASCE 7-16 (T_E)
Piso 1	0.10
Piso 2	0.20
Piso 3	0.30

Piso	4	0.40
Piso	5	0.50
Piso	6	0.60
Piso	7	0.70
Piso	8	0.80
Piso	9	0.90
Piso	10	1.00
Piso	11	1.10
Piso	12	1.20

Fuente: Elaboración propia

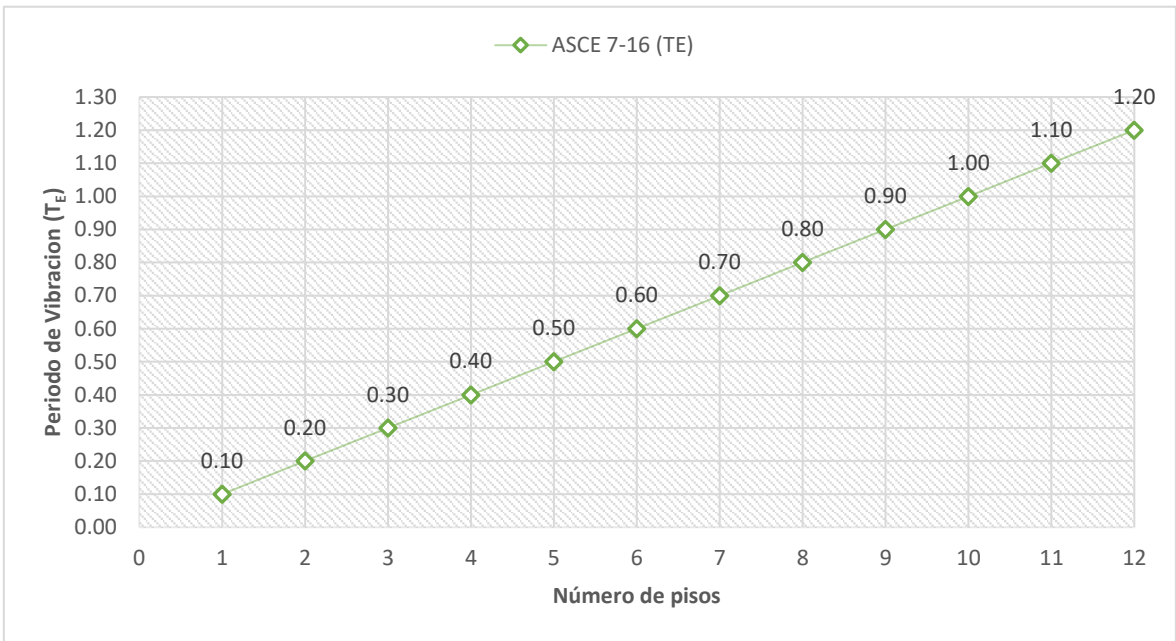


Figura 12: tendencia de los periodos de vibración de la estructura por su número de pisos según ASCE 7-16

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se observa los resultados para el periodo de vibración de las edificaciones según su número de niveles, para poder determinar este valor se utilizó la fórmula descrita en la norma ASCE 7-16, además se evaluó casos de edificaciones de hasta 12 niveles. En la figura 12, se puede identificar la variación de los periodos de vibración de las estructuras por cada nivel, siendo el periodo más bajo de 0.10 segundos y el más alto de 1.20 segundos.

Tabla 11

Periodo fundamental de vibración para edificios según su número de pisos ASCE 7-16.

T_s= 0.2362 Seg.			
Niveles		ASCE 7-16 (T_E)	T_E/T_s
Piso	1	0.1	0.42
Piso	2	0.2	0.85
Piso	3	0.3	1.27
Piso	4	0.4	1.69
Piso	5	0.5	2.12
Piso	6	0.6	2.54
Piso	7	0.7	2.96
Piso	8	0.8	3.39
Piso	9	0.9	3.81
Piso	10	1	4.23
Piso	11	1.1	4.66
Piso	12	1.2	5.08

Fuente: Elaboración propia

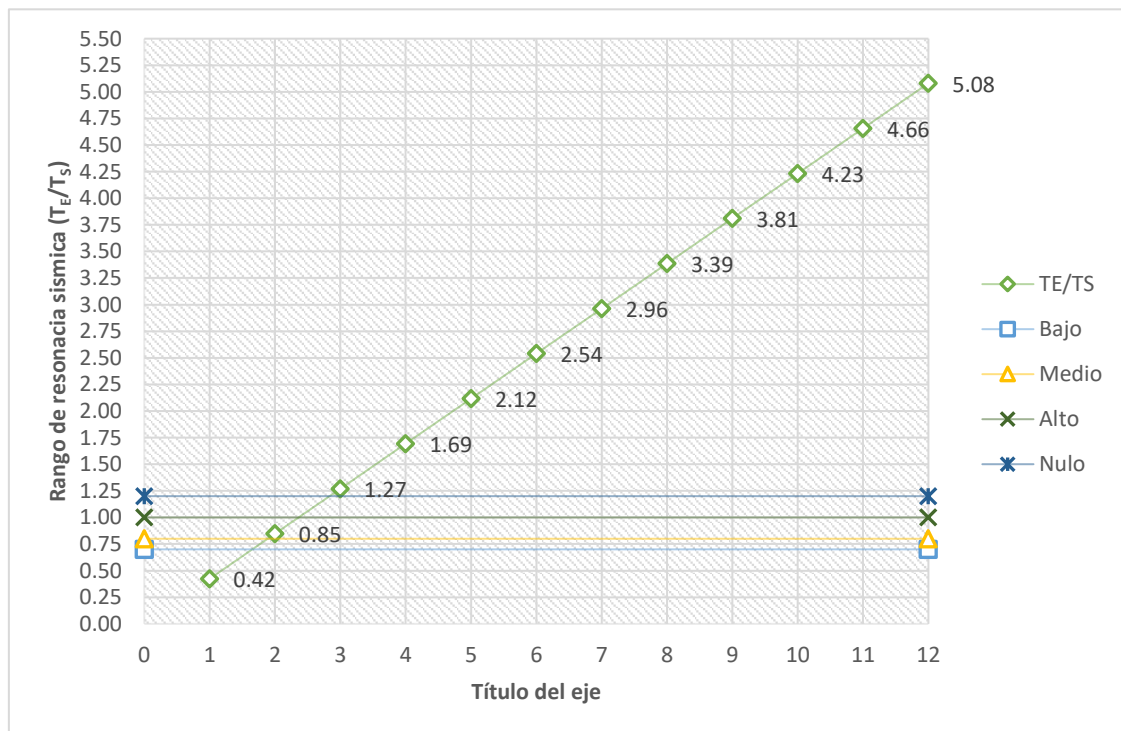


Figura 13: Nivel de vulnerabilidad de edificaciones según su número de pisos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, se puede identificar los resultados obtenidos para medir el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones, según su número de niveles, en el distrito de San Antonio de la región Moquegua, se puede identificar que en edificaciones de 1 piso el nivel de vulnerabilidad es nulo, en edificaciones de 2 pisos el nivel de vulnerabilidad es medio ante la resonancia sísmica, y en edificaciones de 3 pisos en adelante el nivel de vulnerabilidad es nulo, es decir no se producirá resonancia sísmica.

Evaluación de la vulnerabilidad ante resonancia sísmica en una edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio Moquegua.

Para evaluar el nivel de vulnerabilidad de una edificación de concreto armado en el distrito de San Antonio, se planteó realizar el modelo matemático de una estructura formada por pórticos de concreto armado ($f_c: 280 \text{ kg/cm}^2$), ubicada en la zona de influencia del estudio. La estructura es de 3 niveles más Azotea, su uso es de vivienda multifamiliar.

Para realizar el modelo matemático, el análisis estructural, se utilizó en programa Etabs V20, y se tuvieron en cuenta los lineamientos indicados en las normas: E.020 Norma de Cargas – Resolución Ministerial N° 290-2005-Vivienda; E.030 Norma de Diseño Sismorresistente – Resolución Ministerial N° 355-2018-Vivienda; E.050 Norma de Suelos y Cimentaciones – Resolución N° 406-2018-Vivienda; E.060 Norma de Concreto Armado – Resolución N° 290-2005-Vivienda y E.070 Norma de Albañilería – Resolución N° 290-2005-Vivienda.

En el modelo de análisis se consideraron las siguientes cargas:

Tabla 12

Cargas consideradas en la estructura de concreto armado

Nivel	Uso	Carga Muerta (kg/m²)	Carga Viva (kg/m²)
1er piso	vivienda	200.00	200
2do piso	vivienda	550.00	200
3er piso	vivienda	550.00	200
Azotea		475.00	100

Fuente: Elaboración propia

Tabiquería Perimetral: 0.50 Tn/ml

Vanos: 0.285 Tn/ml

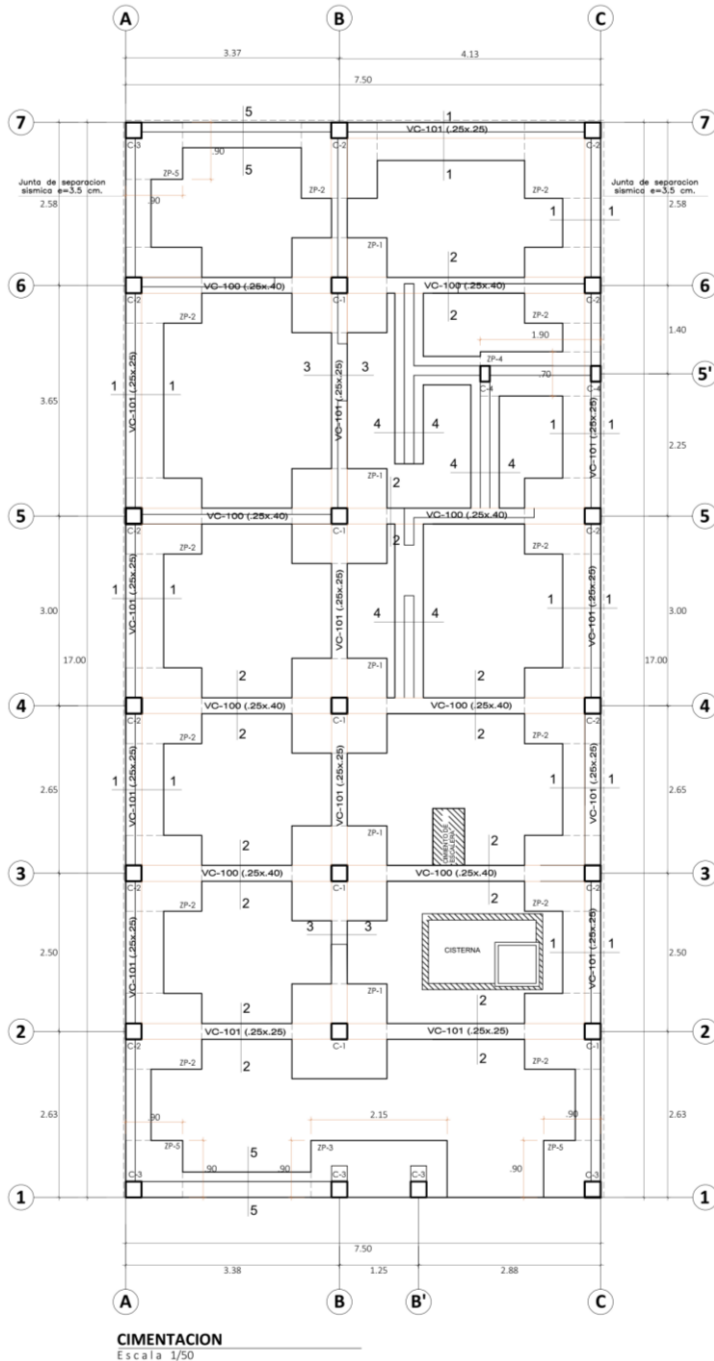


Figura 14: Plano de cimentaciones de estructura de concreto armado

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda concreto armado.

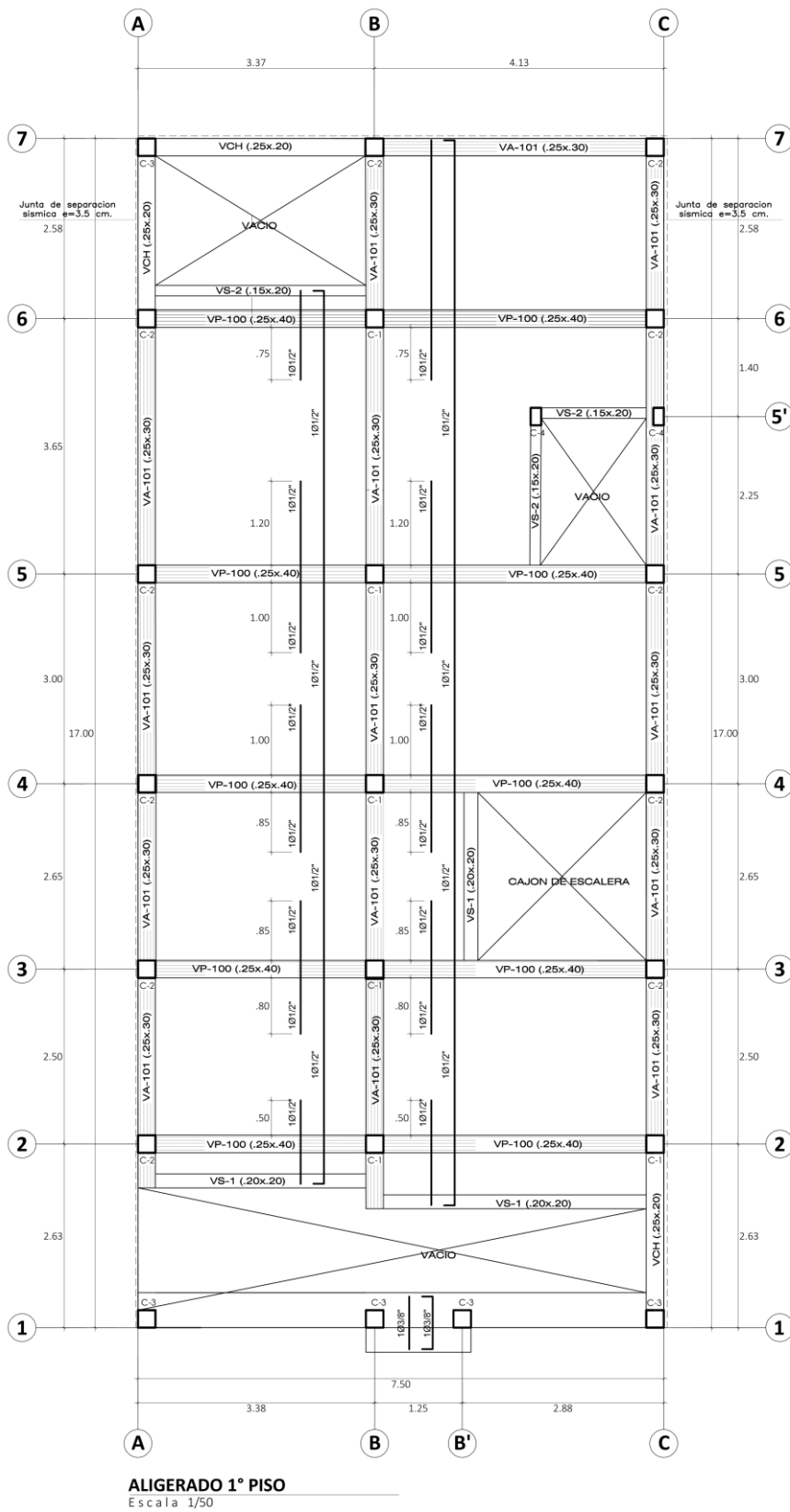


Figura 15: Plano de primer nivel de estructura de concreto armado

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda concreto armado.

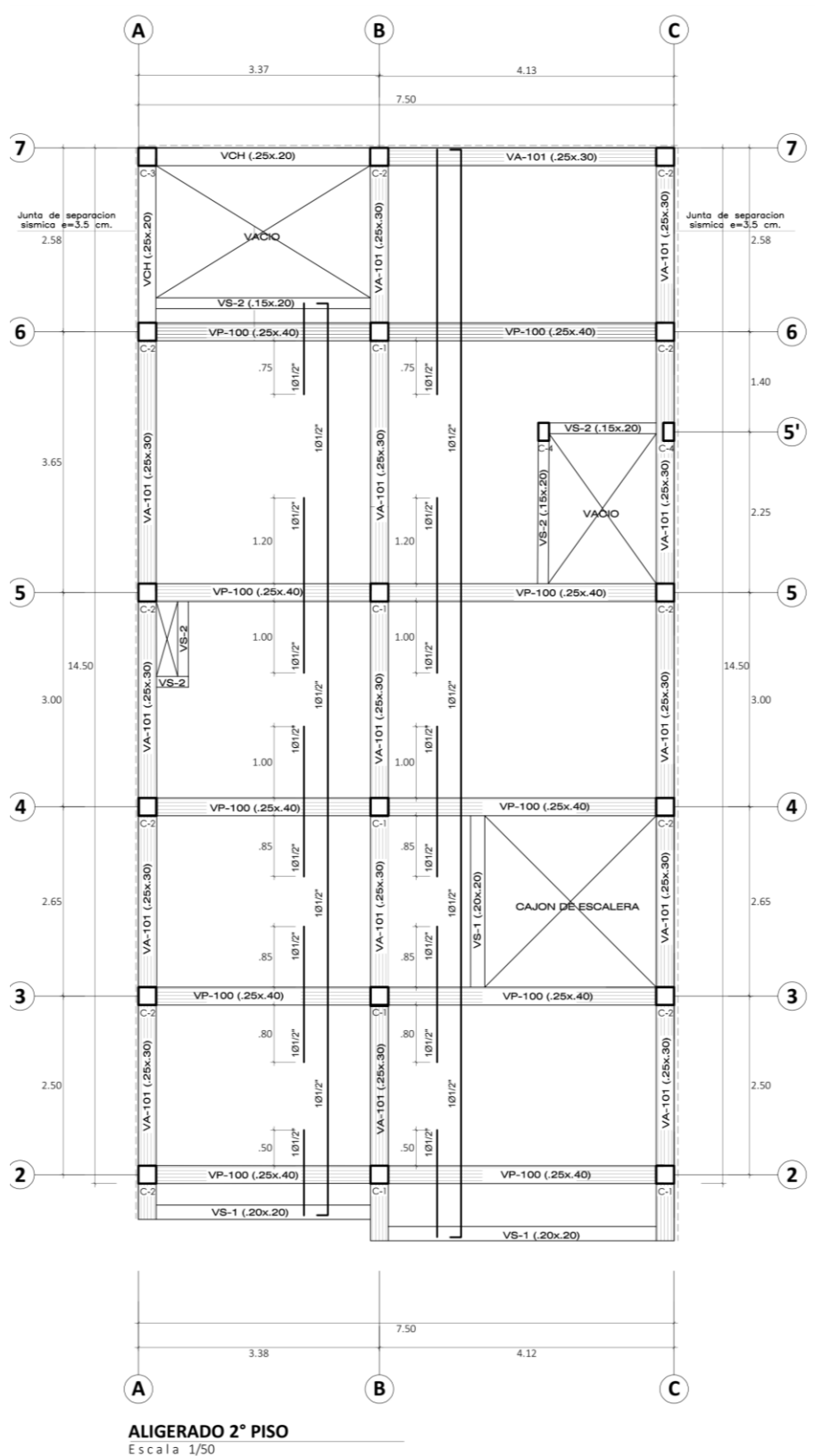


Figura 16: Plano de planta típica de estructura de concreto armado

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda concreto armado.

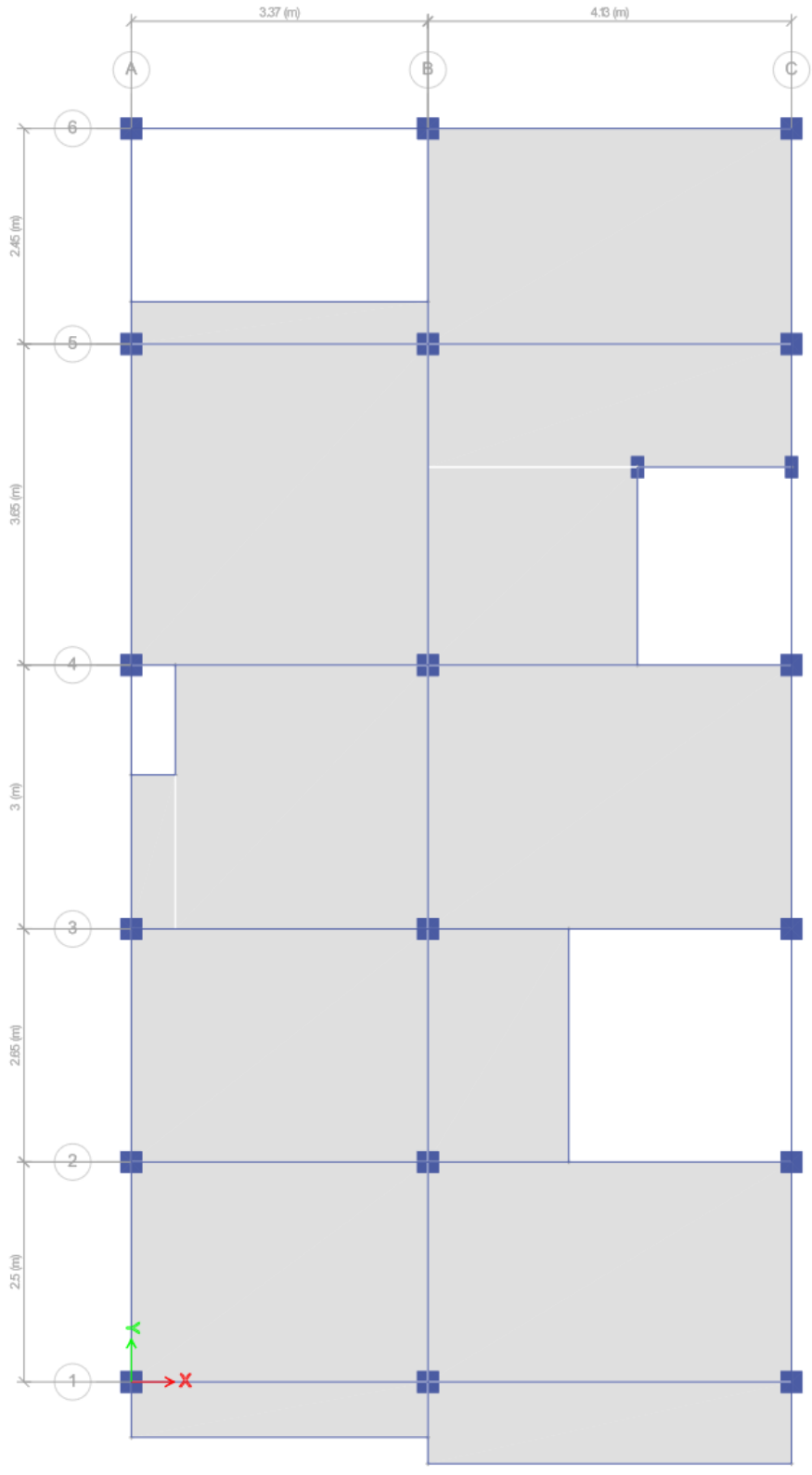


Figura 17: Vista en planta de la estructura de concreto armado Modelo de análisis.

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

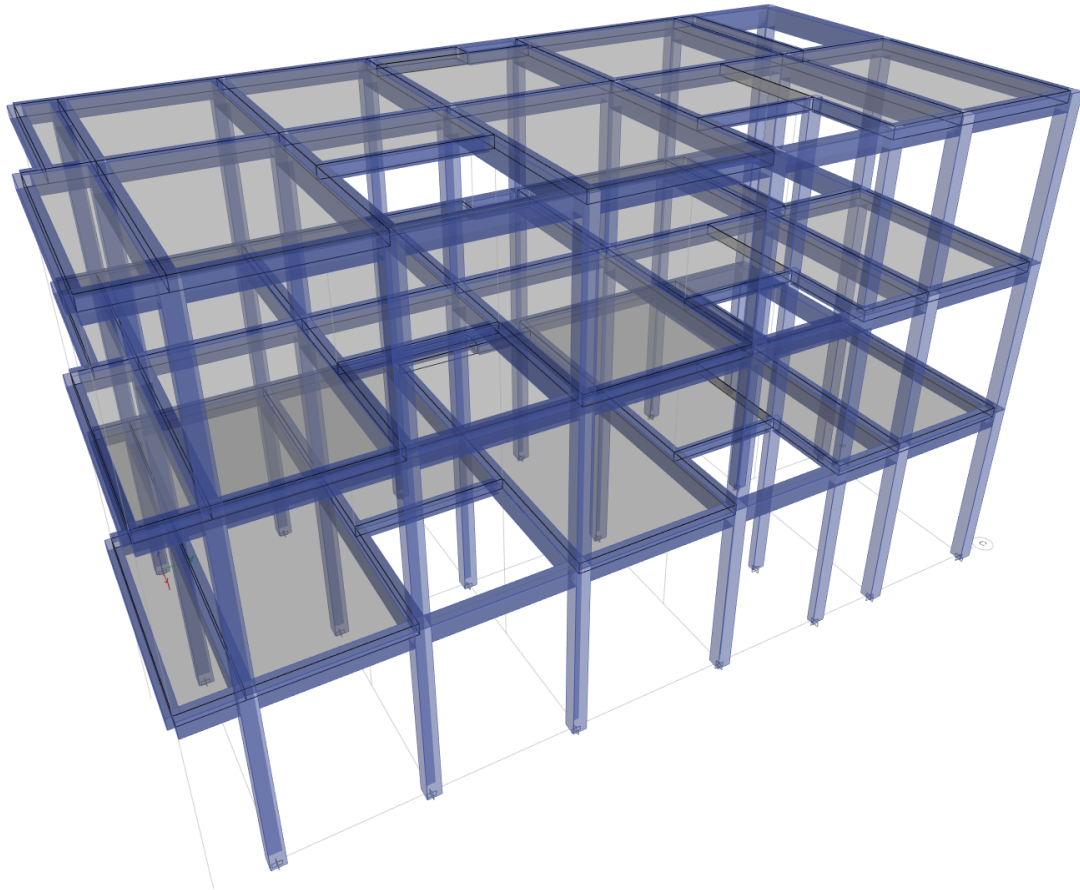


Figura 18: Vista 3D de la estructura de concreto armado Modelo de análisis.

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

Comportamiento sísmico de la estructura de concreto armado

Desplazamientos máximos en la dirección X

Tabla 13

Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección X

TABLE: Story Response			
Story	Elevation m	Location	X-Dir mm
Story3	9.5	Top	22.134
Story2	6.5	Top	18.471
Story1	3.5	Top	11.408
Base	0	Top	0

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

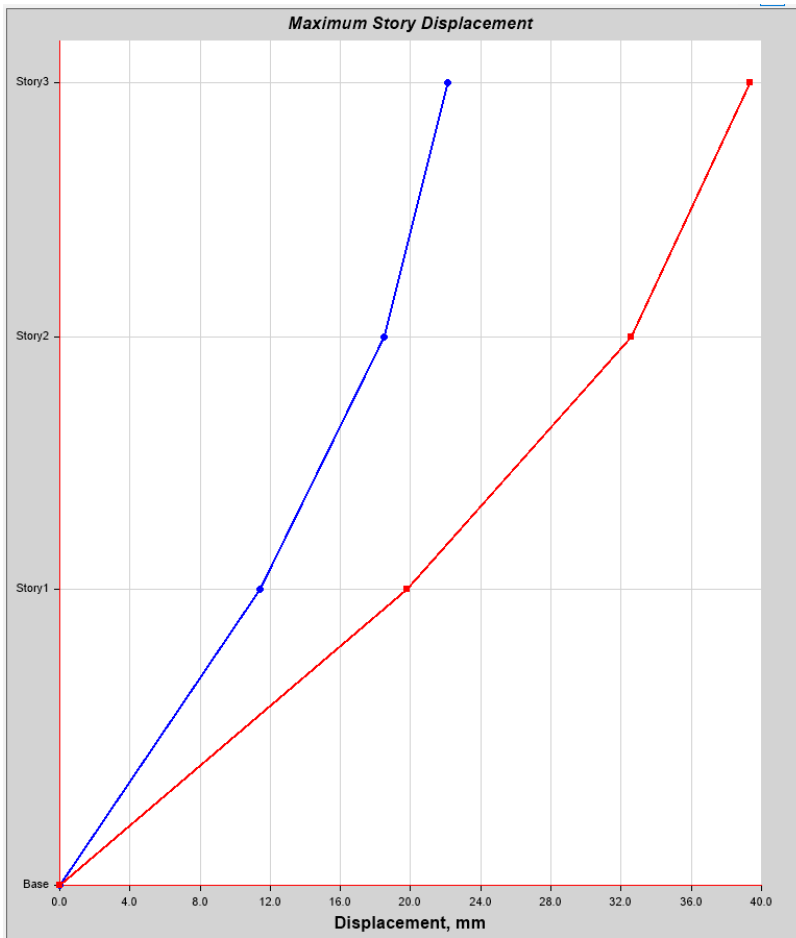


Figura 19: Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección X

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 13, se observa los resultados del análisis y comportamiento sísmico de la estructura de concreto armado, ubicada en el distrito de San Antonio región Moquegua, se identifica los desplazamientos máximos generados en el análisis dinámico para la dirección X, el desplazamiento máximo se encuentra en el tercer nivel con un valor de 22.134 mm. En la figura 19, se grafica los desplazamientos según cada nivel y cada valor obtenido.

Desplazamientos máximos en la dirección Y

Tabla 14

Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección Y

TABLE: Story Response			
Story	Elevation m	Location	Y-Dir mm

Story3	9.5	Top	19.391
Story2	6.5	Top	16.087
Story1	3.5	Top	9.798
Base	0	Top	0

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

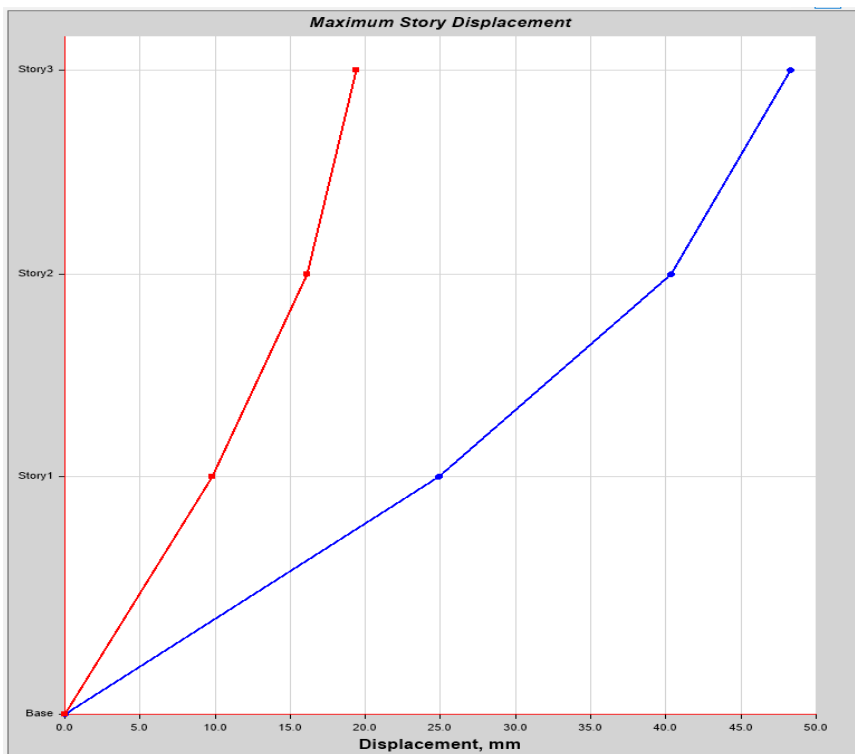


Figura 20: Desplazamientos máximos estructura de concreto armado en la dirección Y

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 14, se observa los resultados del análisis y comportamiento sísmico de la estructura de concreto armado, ubicada en el distrito de San Antonio región Moquegua, se identifica los desplazamientos máximos generados en el análisis dinámico para la dirección Y. El desplazamiento máximo se encuentra en el tercer nivel con un valor de 19.391 mm. Además, en la figura 20, se grafican los resultados de los desplazamientos para cada nivel en la dirección Y de análisis.

Distorsiones máximas según E.030 dirección X

Tabla 15

distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección X

TABLE: Story Response						
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Deriva	Limite Max	Control
Story3	9.5	Top	0.001247	0.009976	0.007	No cumple
Story2	6.5	Top	0.002367	0.018936	0.007	No cumple
Story1	3.5	Top	0.003147	0.025176	0.007	No cumple
Base	0	Top	0			

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

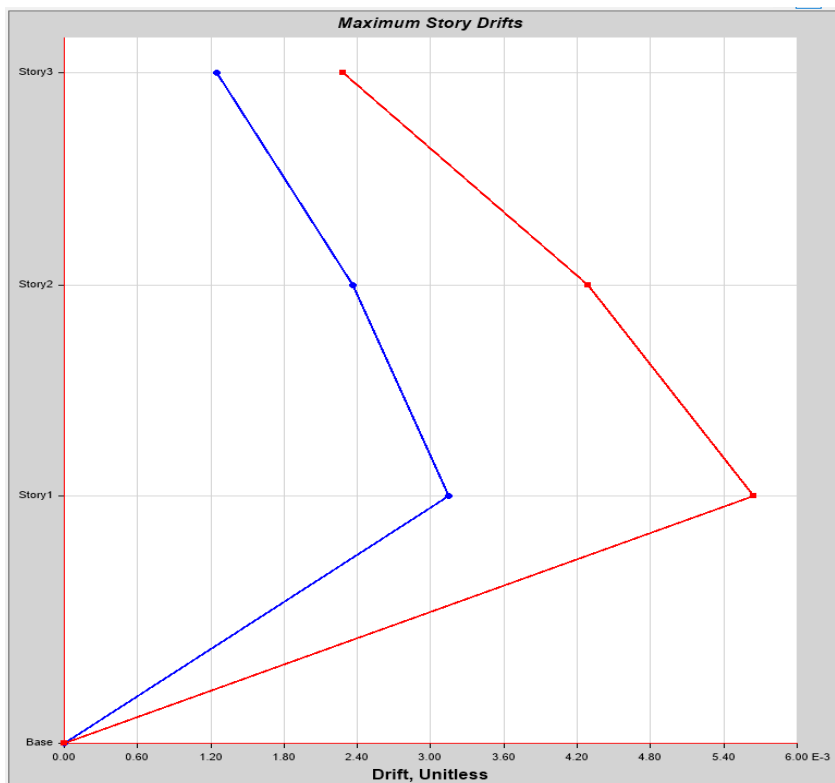


Figura 21: Distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección X

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 15, se observan los resultados de las distorsiones máximas en la dirección X, obtenidas del análisis sísmico de la edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio, se pudo identificar que la distorsión máxima hallada según los principios de la Norma E.030 de diseño sismorresistente, es de 0.025176, en la tabla 11 de la norma E.030 se indica que la distorsión máxima establecida para edificaciones de concreto armado es de 0.007, por lo tanto el modelo estructural de una edificación de concreto armado no cumple con el

adecuado comportamiento sísmico, se tiene una deficiencia de rigidez que puede conllevar a fallas estructurales ante eventos sísmicos.

Distorsiones máximas según E.030 dirección Y

Tabla 16

distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección Y

TABLE: Story Response						
Story	Elevation m	Location	Y-Dir	Deriva	Limite Max	Control
Story3	9.5	Top	0.001123	0.008984	0.007	No cumple
Story2	6.5	Top	0.002107	0.016856	0.007	No cumple
Story1	3.5	Top	0.0028	0.0224	0.007	No cumple
Base	0	Top	0			

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

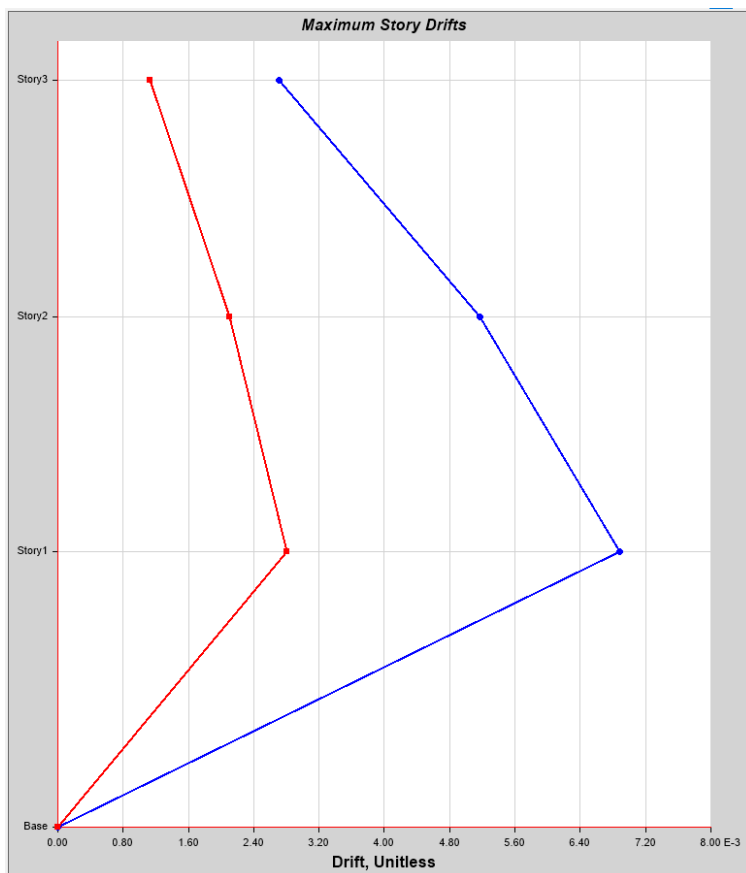


Figura 22: Distorsiones máximas estructura de concreto armado en la dirección Y

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 16, se observan los resultados de las distorsiones máximas en la dirección Y, obtenidas del análisis sísmico de la edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio, se pudo identificar que la distorsión máxima hallada según los principios de la Norma E.030 de diseño sismorresistente, es de 0.0224, en la tabla 11 de la norma E.030 se indica que la distorsión máxima establecida para edificaciones de concreto armado es de 0.007, por lo tanto el modelo estructural de una edificación de concreto armado no cumple con el adecuado comportamiento sísmico, se tiene una deficiencia de rigidez que puede conllevar a fallas estructurales.

Evaluación del periodo fundamental de vibración de la edificación de concreto armado.

Tabla 17

Periodos fundamentales de vibración de la estructura de concreto armado

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.657	1.522	9.5604	91.4019
Modal	2	0.646	1.549	9.7309	94.69
Modal	3	0.57	1.753	11.0141	121.3094
Modal	4	0.216	4.626	29.0638	844.7062
Modal	5	0.212	4.727	29.7025	882.2369
Modal	6	0.188	5.33	33.4921	1121.7212
Modal	7	0.135	7.406	46.5359	2165.5914
Modal	8	0.131	7.648	48.0567	2309.4445
Modal	9	0.117	8.566	53.8216	2896.7666
Modal	10	0.0004403	2271.071	14269.5606	203620361
Modal	11	0.0003273	3054.981	19195.0098	368448403
Modal	12	0.0001934	5170.693	32488.4204	1055497463

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

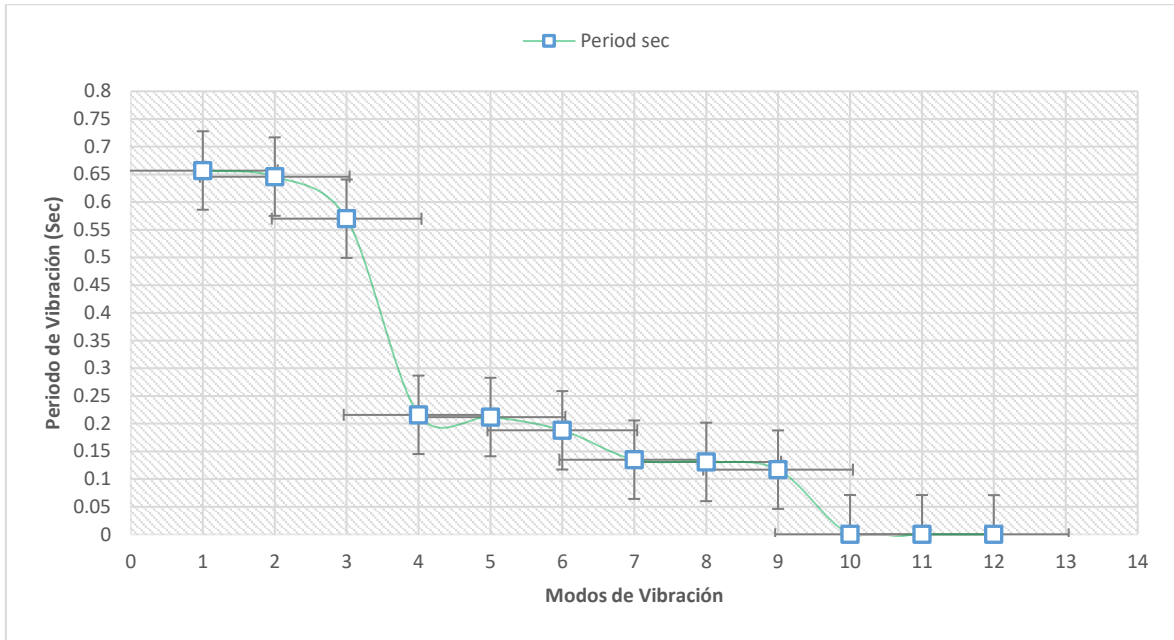


Figura 23: Periodos de vibración de la estructura de concreto armado para cada modo de comportamiento.

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 17, se puede visualizar los resultados obtenidos de los periodos de vibración de la edificación de concreto armado, para cada modo de vibración, los periodos máximos en cada dirección de análisis fueron, 0.657 segundos en la dirección X, 0.646 segundos en la dirección Y, además de 0.57 en la dirección Z. en la figura 23, se grafica la tendencia en el comportamiento de los periodos de vibración para cada modo analizado, claramente los 3 valores máximos representan los periodos en las 3 direcciones de análisis.

Verificación del nivel de vulnerabilidad de la edificación de análisis.

Tabla 18

Control de vulnerabilidad de la edificación de concreto armado

Ts= 0.2362 Seg.			
TABLE: Modal Periods and Frequencies			
Case	Mode	Period sec	T _E /T _s
Modal	1	0.657	2.78
Modal	2	0.646	2.73

Modal	3	0.57	2.41
Modal	4	0.216	0.91
Modal	5	0.212	0.90
Modal	6	0.188	0.80
Modal	7	0.135	0.57
Modal	8	0.131	0.55
Modal	9	0.117	0.50
Modal	10	0.0004403	0.00
Modal	11	0.0003273	0.00
Modal	12	0.0001934	0.00

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

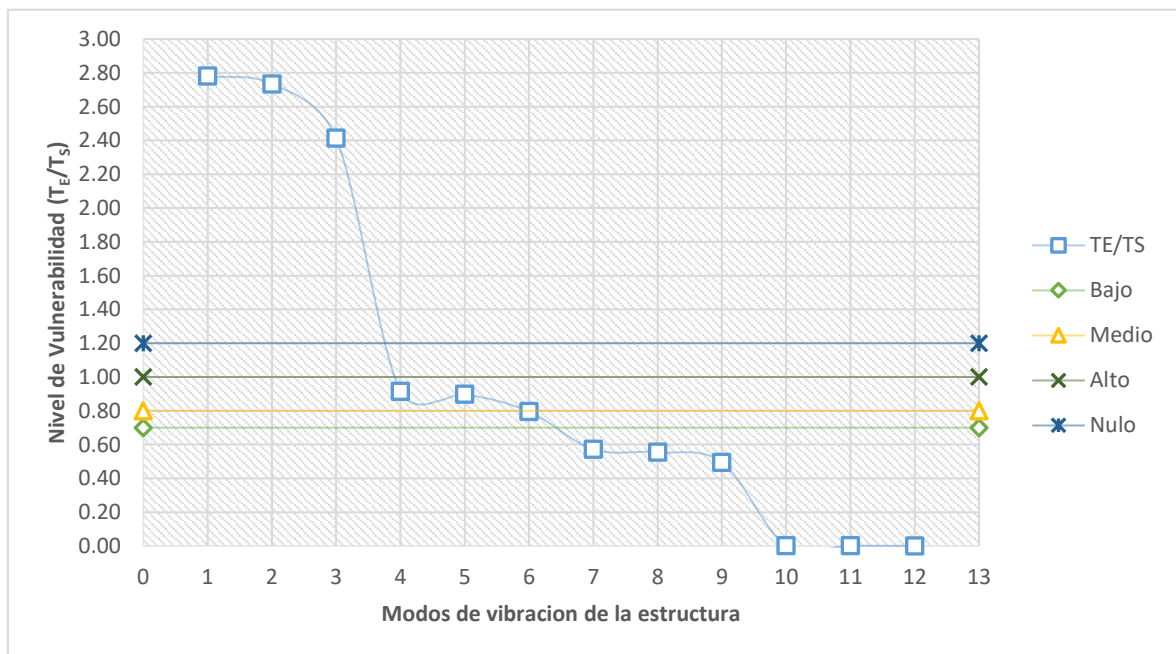


Figura 24: Vulnerabilidad a resonancia sísmica de la edificación de concreto armado

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18, se tiene los resultados de medir la vulnerabilidad de la estructura de concreto armado, en función al comportamiento modal y los periodos de vibración de la estructura en cada modo, se puede verificar que la estructura no es vulnerable ante resonancia sísmica ya que los periodos de vibración obtenidos arrojan como resultado de la relación T_E/E_s , que hasta el modo 3 no existe un nivel de vulnerabilidad considerable que vaya afectar a la edificación, los modos de vibración 4 y 5 y 6 ofrecen a la estructura un nivel de vulnerabilidad Medio, el resto

de modos de vibración no presentan ningún nivel de vulnerabilidad ante resonancia sísmica.

Es necesario aclarar que la estructura es vulnerable para los modos de comportamiento sísmico 4 y 5 y 6, aunque estos no son los principales modos, si se les debe prestar especial atención, ya que se la participación de masa se concentra de manera focalizada para estos modos, la estructura será vulnerable a resonancia sísmica y corre un riesgo alto de fallar.

Evaluación de la vulnerabilidad ante resonancia sísmica en una edificación de albañilería confinada en el distrito de San Antonio Moquegua.

El análisis consistió en modelar la edificación, por medio del Software de análisis y diseño estructural Etabs V20, para esto la edificación se estructuró y se procedió a efectuar el modelo matemático respectivo. El sistema estructural considerado es de Albañilería confinada en la dirección X, y de Albañilería Estructural en la dirección Y. Los análisis de cada una de las condiciones, se efectuó respetando la Normatividad vigente. El análisis sísmico efectuado se encuentra estipulado en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente “Procedimientos de Análisis”, en donde se establece que se pueden efectuar tanto un análisis dinámico como de fuerzas estáticas equivalentes.

Tabla 19

Características de Vivienda de Albañilería confinada

Nivel	Uso	Carga Muerta (kg/m²)	Carga Viva (kg/m²)
1er piso	vivienda	200.00	200
2do piso	vivienda	550.00	200
3er piso	vivienda	550.00	200
4to piso	vivienda	550.00	200
Azotea		475.00	100

Fuente: Elaboración propia

Tabiquería Perimetral: 0.50 Tn/ml

Vanos: 0.285 Tn/ml

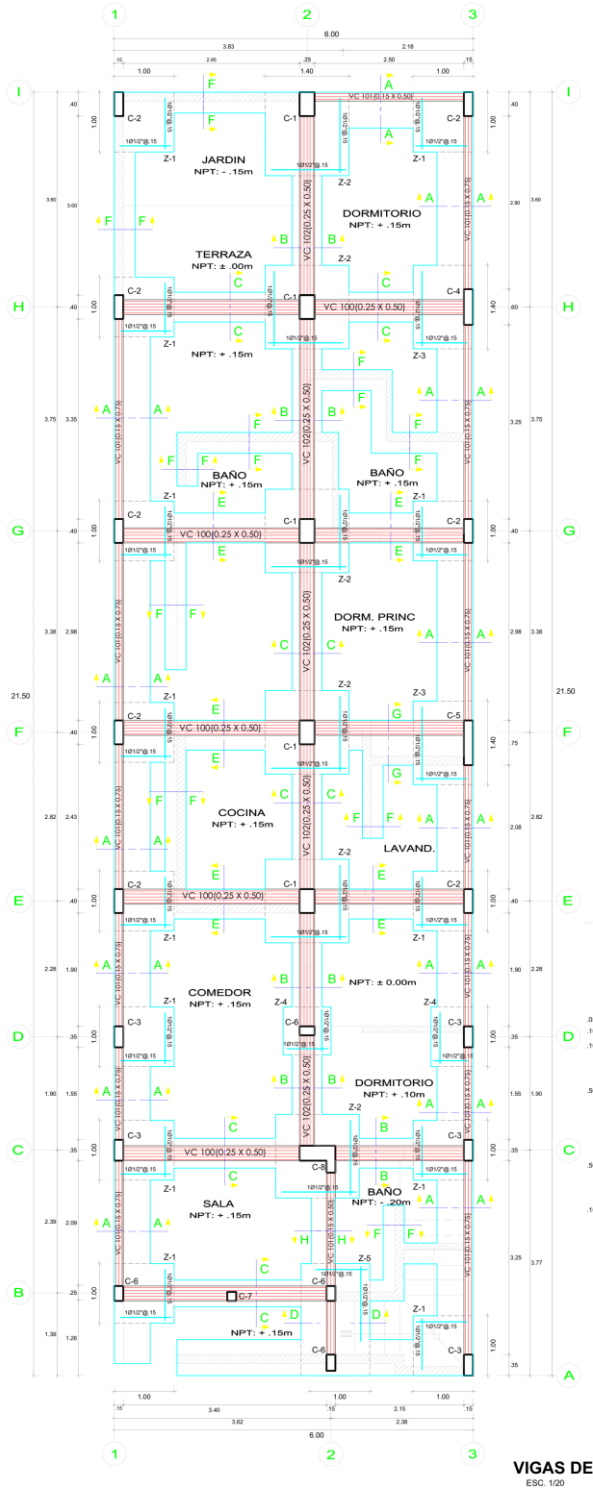


Figura 25: Plano de cimentaciones de estructura de Albañilería confinada

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda Albañilería confinada.

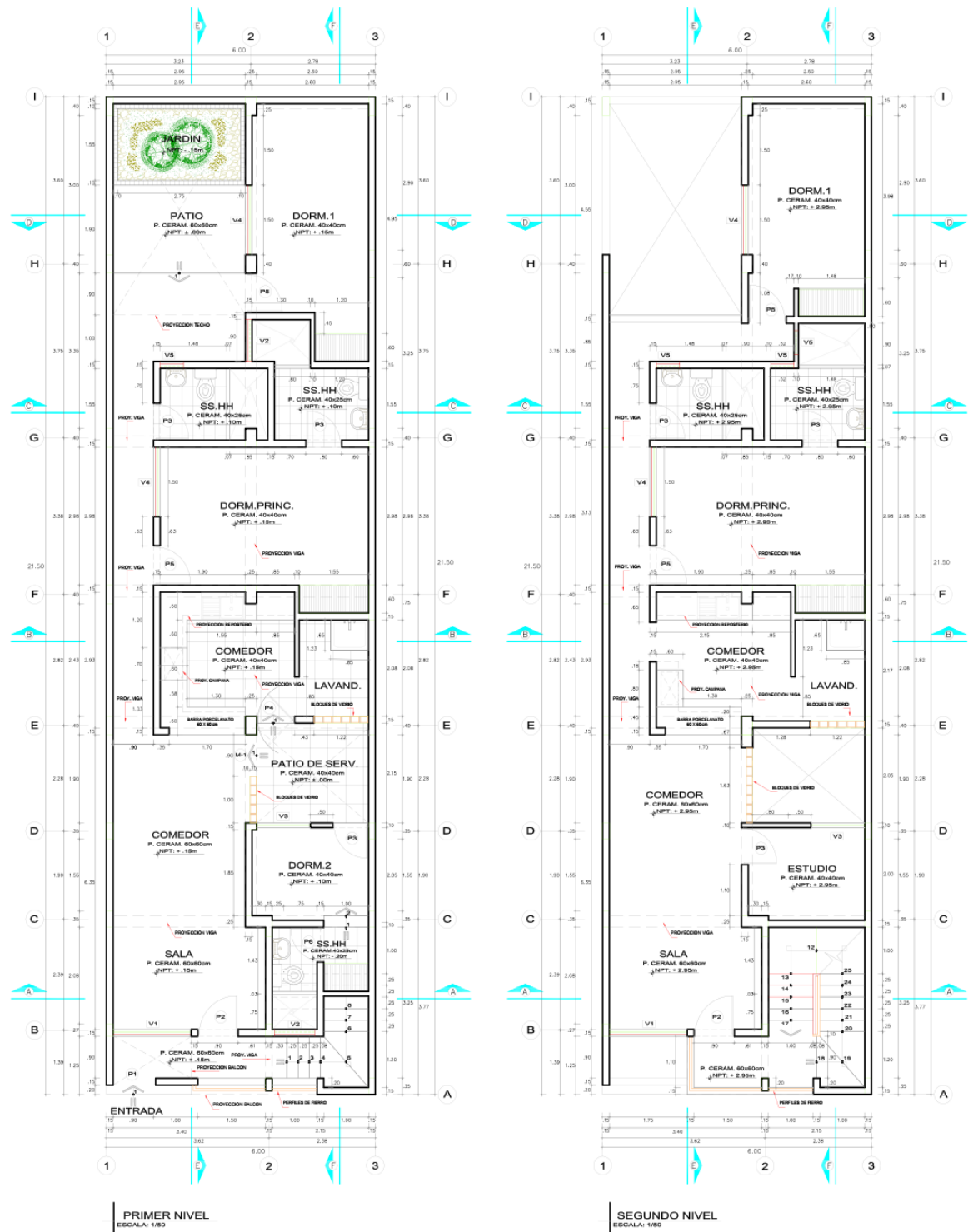


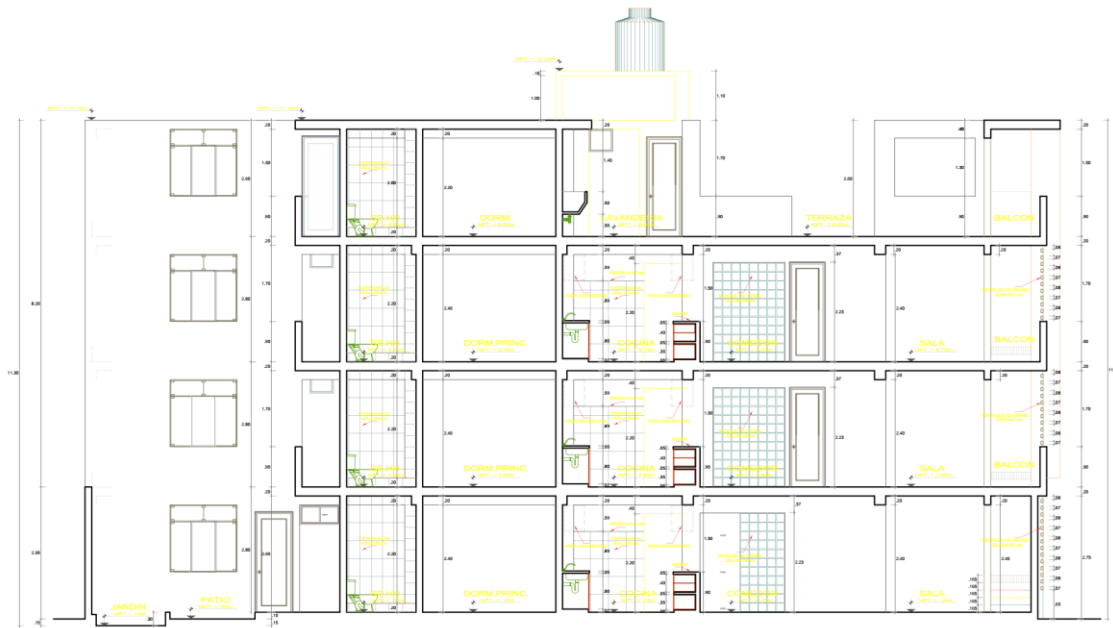
Figura 26: Plano de arquitectura primer y segundo nivel estructura de albañilería confinada.

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda Albañilería confinada.



Figura 27: Plano de arquitectura tercer y cuarto nivel estructura de albañilería confinada.

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda Albañilería confinada.



CORTE E-E
ESC 1/50



CORTE F-F
ESC 1/50

Figura 28: Plano de elevación estructura de albañilería confinada.

Fuente: Archivos del autor – planimetría expediente vivienda Albañilería confinada.

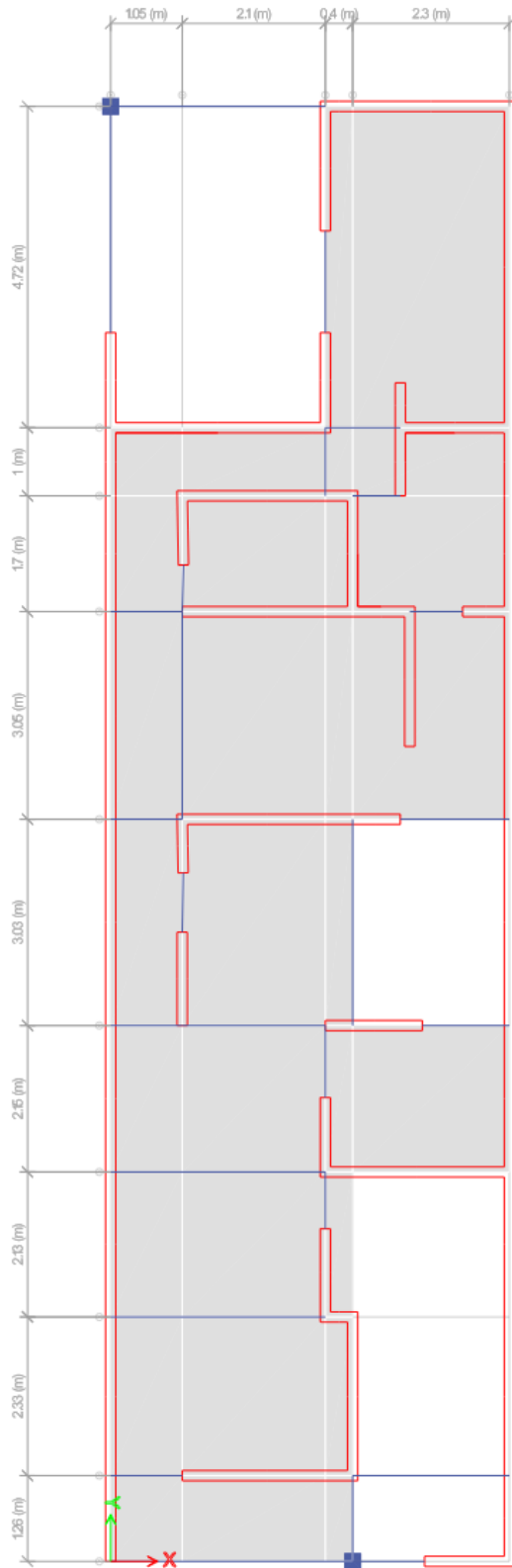


Figura 29: Modelamiento en planta, estructura de albañilería confinada

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

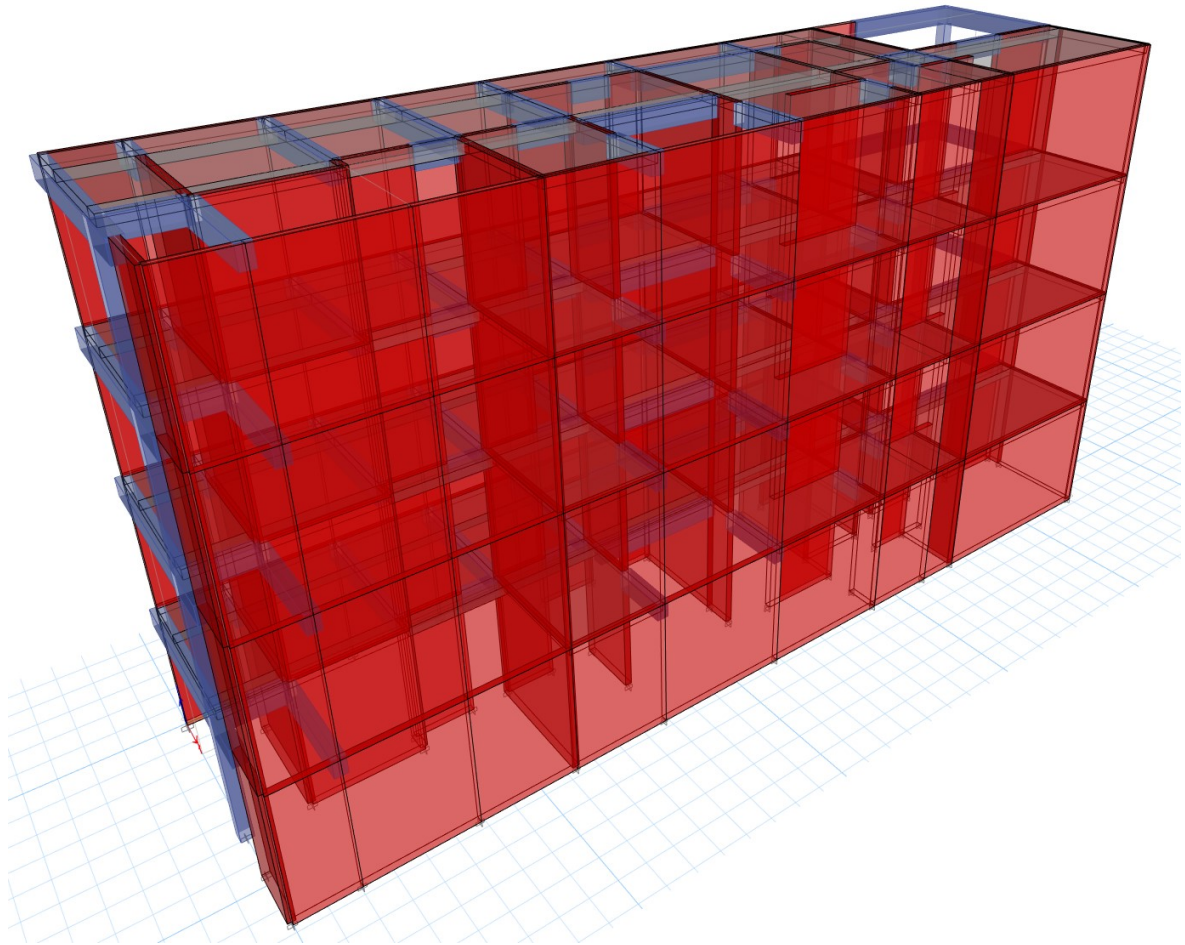


Figura 30: Modelamiento 3D, estructura de albañilería confinada

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

Comportamiento sísmico de la estructura de Albañilería confinada

Desplazamientos máximos en la dirección X

Tabla 20

Desplazamientos máximo edificación de albañilería confinada X

TABLE: Story Response			
Story	Elevation	Location	X-Dir
	m		mm
Story4	12	Top	7.237
Story3	9	Top	5.851
Story2	6	Top	3.856
Story1	3	Top	1.586
Base	0	Top	0

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

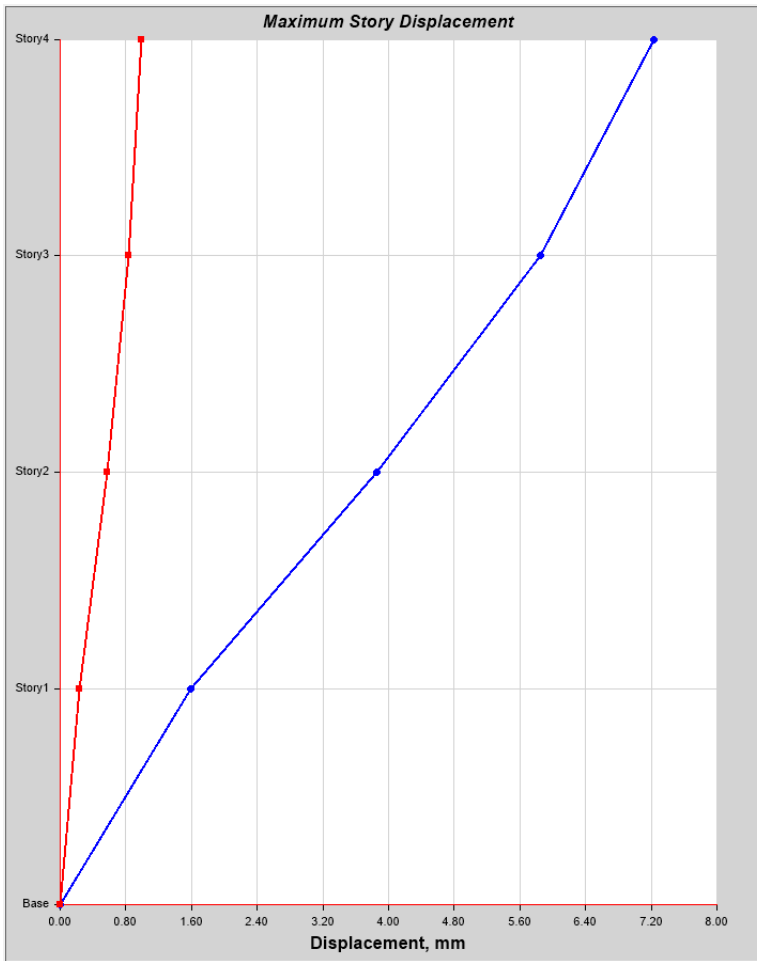


Figura 31: Desplazamientos máximos estructura de albañilería confinada en la dirección Y

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 20, se observa los resultados del análisis y comportamiento sísmico de la estructura de albañilería confinada, ubicada en el distrito de San Antonio región Moquegua, se identifica los desplazamientos máximos generados en el análisis dinámico para la dirección X, el desplazamiento máximo se encuentra en el cuarto nivel con un valor de 7.237 mm. En la figura 31, se grafica los desplazamientos según cada nivel y cada valor obtenido.

Desplazamientos máximos en la dirección Y

Tabla 21

Desplazamientos máximo edificación de albañilería confinada Y

TABLE: Story Response			
Story	Elevation	Location	Y-Dir

	m		mm
Story4	12	Top	1.28
Story3	9	Top	1.099
Story2	6	Top	0.782
Story1	3	Top	0.373
Base	0	Top	0

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

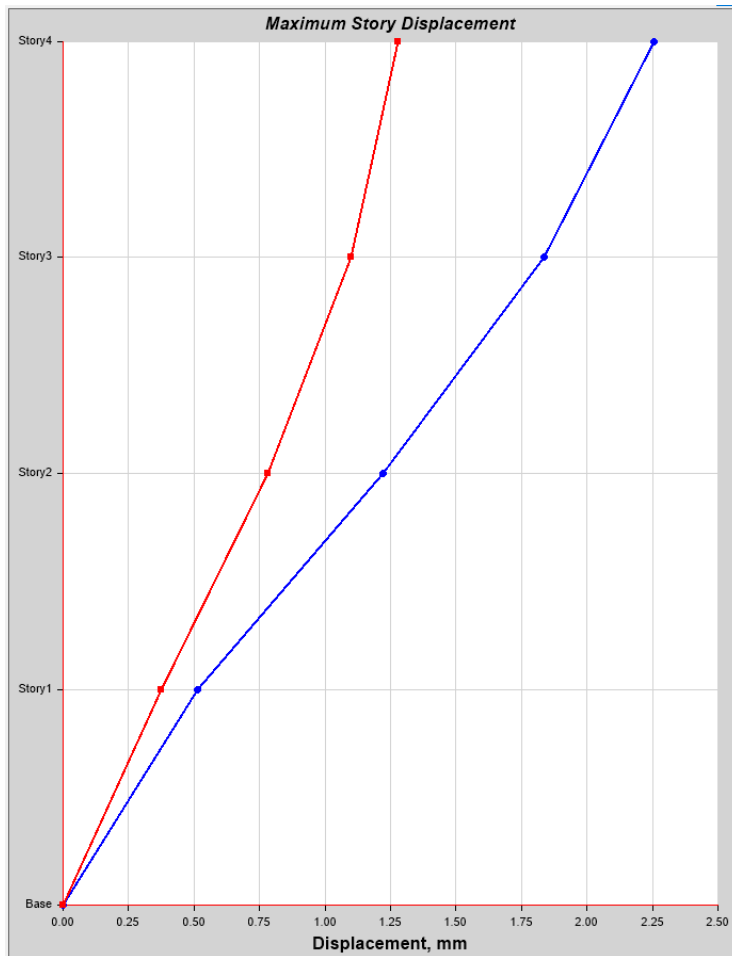


Figura 32: Desplazamientos máximos estructura de albañilería confinada en la dirección Y

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 21, se observa los resultados del análisis y comportamiento sísmico de la estructura de albañilería confinada, ubicada en el distrito de San Antonio región Moquegua, se identifica los desplazamientos máximos generados en el análisis dinámico para la dirección Y, el desplazamiento máximo se encuentra en el cuarto nivel con un valor de 1.28 mm. En la figura 32, se grafica los desplazamientos según cada nivel y cada valor obtenido.

Distorsiones máximas en la dirección X

Tabla 22

Distorsiones máximas edificación de albañilería confinada X

TABLE: Story Response						
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Deriva	Distorsión Limite	Control
Story4	12	Top	0.00047	0.00141	0.005	Cumple
Story3	9	Top	0.000673	0.002019	0.005	Cumple
Story2	6	Top	0.000759	0.002277	0.005	Cumple
Story1	3	Top	0.000529	0.001587	0.005	Cumple
Base	0	Top	0	0		

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

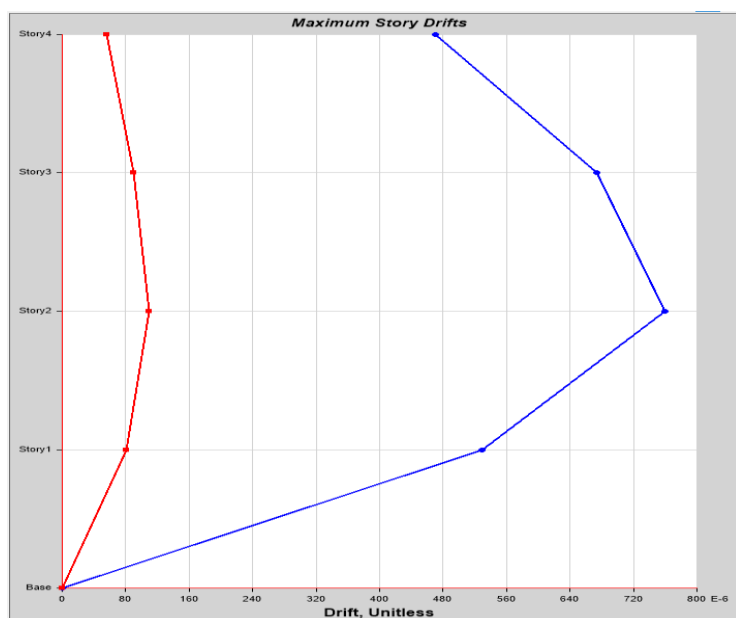


Figura 33: Distorsiones máximas de estructura de albañilería confinada en la dirección X

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 22, se observan los resultados de las distorsiones máximas en la dirección X, obtenidas del análisis sísmico de la edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio, se pudo identificar que la distorsión máxima hallada según los principios de la Norma E.030 de diseño sismorresistente, es de 0.002277, en la tabla 11 de la norma E.030 se indica que la distorsión máxima establecida para edificaciones de concreto armado es de 0.005, por lo tanto el

modelo estructural de una edificación de albañilería confinada cumple con el adecuado comportamiento sísmico.

Distorsiones máximas en la dirección Y

Tabla 23

Distorsiones máximas edificación de albañilería confinada Y

TABLE: Story Response						
Story	Elevation m	Location	Y-Dir	Deriva	Distorsión Limite	Control
Story4	12	Top	0.00062	0.00186	0.005	Cumple
Story3	9	Top	0.00107	0.00321	0.005	Cumple
Story2	6	Top	0.00137	0.00411	0.005	Cumple
Story1	3	Top	0.00124	0.00372	0.005	Cumple
Base	0	Top	0	0		

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

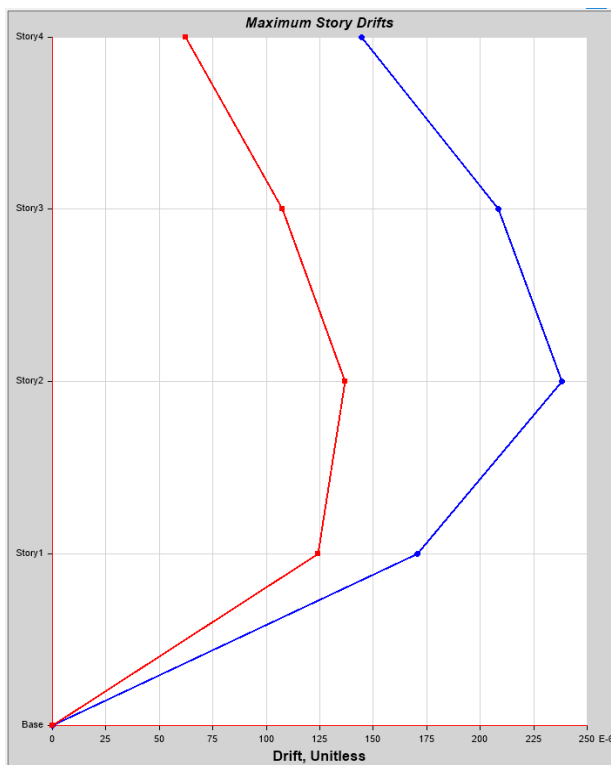


Figura 34

Distorsiones máximas de estructura de albañilería confinada en la dirección Y

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 23, se observan los resultados de las distorsiones máximas en la dirección Y, obtenidas del análisis sísmico de la edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio, se pudo identificar que la distorsión máxima hallada según los principios de la Norma E.030 de diseño sismorresistente, es de 0.00411, en la tabla 11 de la norma E.030 se indica que la distorsión máxima establecida para edificaciones de concreto armado es de 0.005, por lo tanto el modelo estructural de una edificación de albañilería confinada cumple con el adecuado comportamiento sísmico.

Evaluación del periodo fundamental de vibración de la edificación de albañilería confinada.

Tabla 24

Periodos de vibración de edificación de albañilería confinada

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad²/sec²
Modal	1	0.199	5.031	31.6084	999.0932
Modal	2	0.128	7.785	48.9133	2392.5066
Modal	3	0.096	10.364	65.1162	4240.121
Modal	4	0.06	16.653	104.6354	10948.5744
Modal	5	0.042	23.716	149.0131	22204.9154
Modal	6	0.034	29.642	186.2432	34686.5372
Modal	7	0.032	30.926	194.3109	37756.7394
Modal	8	0.026	38.668	242.9585	59028.8135
Modal	9	0.026	39.19	246.235	60631.6767
Modal	10	0.021	48.702	306.0019	93637.1323
Modal	11	0.02	50.434	316.8841	100415.5137
Modal	12	0.016	61.413	385.8666	148893.0513

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

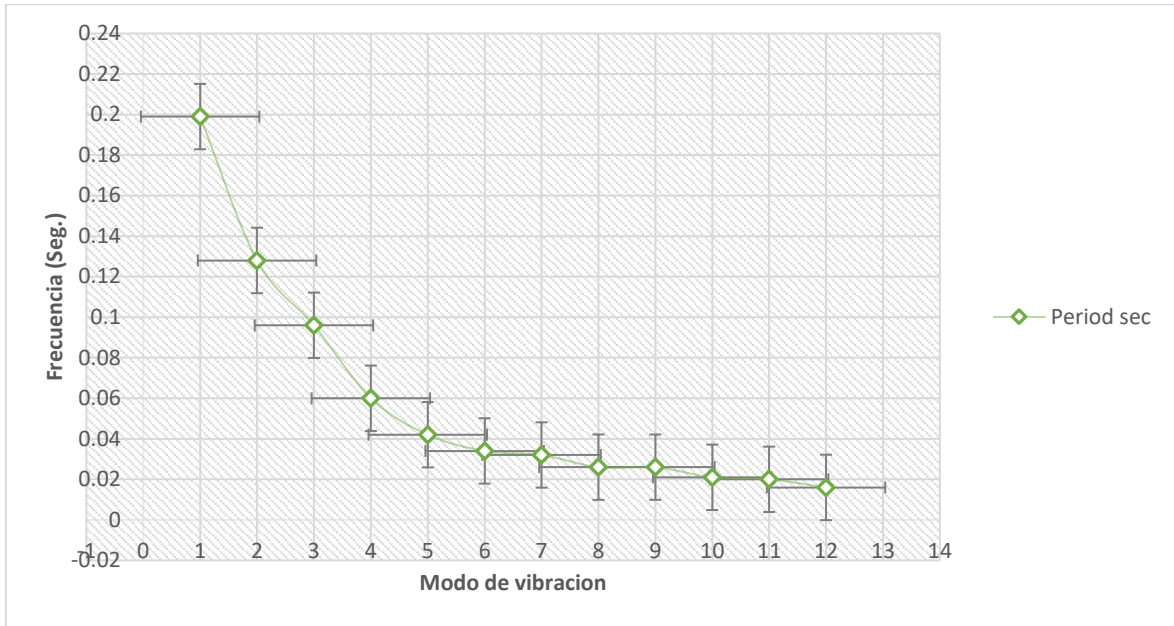


Figura 35: Frecuencias de vibración de edificación de albañilería confinada

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 24, se puede visualizar los resultados obtenidos de los periodos de vibración de la edificación de Albañilería confinada, para cada modo de vibración, los periodos máximos en cada dirección de análisis fueron, 0.199 segundos en la dirección X, 0.128 segundos en la dirección Y, además de 0.096 en la dirección Z. en la figura 35, se grafica la tendencia en el comportamiento de los periodos de vibración para cada modo analizado, claramente los 3 valores máximos representan los periodos en las 3 direcciones de análisis.

Tabla 25

Control de vulnerabilidad de la edificación de albañilería Confinada

T_s= 0.2362 Seg.			
TABLE: Modal Periods and Frequencies			
Case	Mode	Period sec	T_E/T_s
Modal	1	0.199	0.84
Modal	2	0.128	0.54
Modal	3	0.096	0.41
Modal	4	0.06	0.25
Modal	5	0.042	0.18
Modal	6	0.034	0.14

Modal	7	0.032	0.14
Modal	8	0.026	0.11
Modal	9	0.026	0.11
Modal	10	0.021	0.09
Modal	11	0.02	0.08
Modal	12	0.016	0.07

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

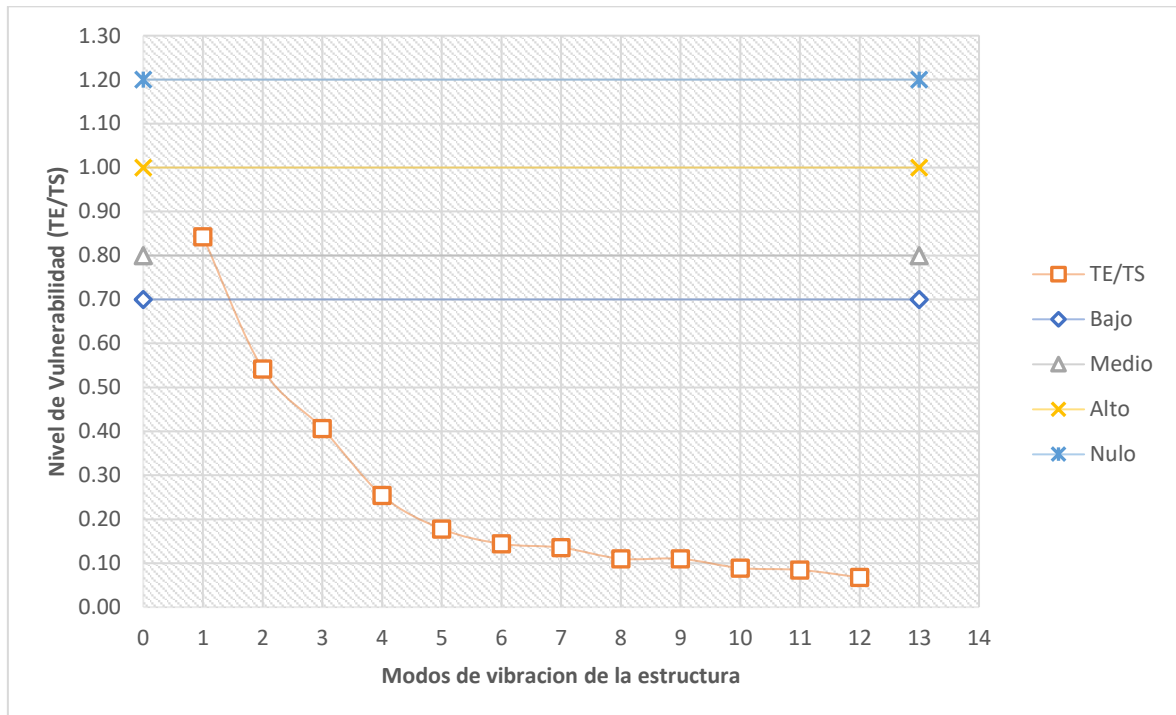


Figura 36: Control de vulnerabilidades por resonancia en edificación de albañilería confinada

Fuente: Modelo de análisis Software Etabs v20.

En la tabla 25, se tiene los resultados de medir la vulnerabilidad de la estructura de albañilería confinada, en función al comportamiento modal y los periodos de vibración de la estructura en cada modo, se puede verificar que la estructura es vulnerable ante resonancia sísmica ya que el periodo de vibración obtenido para el primer modo arroja como resultado de la relación T_E/E_S un valor igual a 0.84, lo que evidencia que existe una vulnerabilidad media ante resonancia sísmica para la edificación de albañilería confinada.

Es necesario aclarar que la estructura no es vulnerable para el resto de modos de vibración, se puede interpretar que la vulnerabilidad sísmica ante resonancia es en la dirección X, pero terminan afectando a toda la edificación.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación se centró en determinar la Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua 2022, para la obtención de los resultados de la investigación se planteo un estudio aplicado, para la obtención de resultados se hizo un estudio geofísico en la zona el cual incluyo el estudio MASW y microtremor para la obtención de la vibración de ondas sísmicas P y S, así mismo para la obtención de la frecuencia natural de vibración y el periodo de vibración del suelo en la zona de estudio.

El objetivo principal de la investigación fue determinar la Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio Moquegua 2022.

Para este planteamiento se obtuvieron como resultados que, a partir del estudio geofísico en la zona, se realizó el estudio de microtremor obteniendo un periodo de vibración fundamental del suelo en el distrito de San Antonio de $T_s=0.2362$ Segundos para una frecuencia de vibración por ondas sísmicas de 4.2345 Hz, este periodo fundamental de vibración principalmente está relacionado al comportamiento del suelo en la capa superior, a una profundidad máxima de 2.30 m a nivel de terreno natural, con el periodo de vibración del suelo obtenido se verifico la vulnerabilidad de las edificaciones de concreto armado, demostrando que para este sistema estructural, la vulnerabilidad está en el rango de altura de 6m a 9m, ya que es en esta altura que el periodo de vibración es de la estructura es de 0.257, catalogándose como una vulnerabilidad alta por resonancia sísmica. De la misma manera para las edificaciones conformadas principalmente por el sistema estructural de albañilería la vulnerabilidad se encuentra a una altura de 15m, para un periodo fundamental de 0.250, dando como resultado una vulnerabilidad alta, esto indica que a nivel de sistema estructural y a nivel de altura si existen edificaciones vulnerables ante resonancia sísmica en el distrito de San Antonio en la ciudad de Moquegua.

Lo antes descrito se puede contrastar como lo planteado por (Morillo Chamorro, 2021) en su proyecto titulado “Vulnerabilidad de edificios ante resonancia sísmica en Huancayo por el sismo del 7 de agosto de 2020 $M_w=4.9$ con la aplicación de la

metodología de Bazán y Meli” se indica que, en los sistemas estructurales de hormigón armado y acero los edificios de 9 a 21 metros de altura son vulnerables al refuerzo dinámico inducido. No se han informado vulnerabilidades para la mampostería. El factor de amplificación del movimiento sísmico (historia lineal elástica del terremoto del 7 de agosto de 2020) de las edificaciones susceptibles a fenómenos de resonancia sísmica obtenido del tiempo de análisis dinámico es el doble que el de las edificaciones no vulnerables.

En este contexto se puede comprender que la vulnerabilidad por resonancia sísmica en edificaciones, ya sea por sistema estructural o por altura de la edificación, esta asociada directamente al periodo de vibración de la estructura y el periodo de vibración de suelo, esto conlleva a que en cada zona de análisis existe una micro sismicidad que genera un comportamiento único de la edificaciones, esto conlleva a mencionar que el estudio de vulnerabilidad por resonancia sísmica es eficiente y permite identificar el fenómeno de resonancia sísmica en edificaciones antes de la construcción de las mismas, pero esta vulnerabilidad esta ligada directamente al estudio de micro sismicidad de la zona de estudio.

En cuanto a el primer objetivo específico se quiso Identificar la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su sistema estructural, ante resonancia sísmica del distrito de San Antonio – Moquegua.

Para este objetivo específico se realizó el análisis de vulnerabilidad por resonancia sísmica en el distrito de san Antonio, para tal caso se tuvo en consideración dos tipos de sistemas estructurales que son los más comunes en cuanto a la construcción en la región Moquegua, el sistema estructural de pórticos de concreto armado y el sistema de albañilería confinada, según el sistema estructural, se obtuvo que en las edificaciones de concreto armado la vulnerabilidad critica se presenta a una altura de 9m, es preciso indicar que para determinar este tipo de vulnerabilidad se aplicó los criterios para el cálculo del periodo de vibración de la estructura planteados en la norma E 030 de diseño sismorresistente, es por esta razón que las edificaciones con altura dentro del rango de los 9 m son las más vulnerables a resonancia sísmica, ya que el valor de la relación TE/TS es de 1.09,

y se sabe que las fuerzas se amplifican y se genera la resonancia cuando los periodos fundamentales se asemejan entre sí. Además, en las edificaciones de albañilería confinada la vulnerabilidad alta se da a una altura 15m donde el valor de la relación TE/TS es de 1.06.

En su investigación (Morillo Chamorro, 2021), tuvo por objetivo utilizar el método de Bazán y Mely para determinar el nivel de susceptibilidad a la construcción de resonancias sísmicas para los pisos de Huancayo del sismo del 7 de agosto de 2020, presentado en un alto nivel en un edificio de sistema de marco de hormigón armado con una altura de 15 metros. Asociadas a vulnerabilidad media se encuentran estructuras con altura de 18 metros y estructuras con altura de 12 y 15 metros en un sistema estructural de pórticos de hormigón armado. Estructura de acero. Finalmente, la categoría de baja vulnerabilidad incluye edificios de 12 y 21 metros de altura con estructura de hormigón armado y sistema estructural de acero, y edificios de 9 y 18 metros de altura. Para los sistemas estructurales de mampostería, no se han reportado niveles de vulnerabilidad para edificios de hasta 15 metros de altura.

En un análisis comparativo de los resultados en la ciudad de Moquegua y el distrito de San Antonio, la vulnerabilidad sísmica de la edificación se encuentra dentro de el rango de los 9 m de altura en el caso de pórticos de concreto armado, mientras que en la investigación de morrillo C. la vulnerabilidad en la ciudad de Huancayo se encuentra dentro del rango de los 15 m. esto da a entender claramente que la vulnerabilidad por resonancia sísmica esta completamente ligada a la zona de estudio, los resultados difieren, principalmente por el hecho de que el tipo de suelo es distinto en las diferentes zonas.

Para el caso del segundo objetivo específico se quiso determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su número de pisos, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio – Moquegua.

Para identificar el número de niveles de las edificaciones, se planteó un rango de edificaciones de 3 metros de altura por entrepiso y 10 pisos para el caso de pórticos

de concreto armado, mientras que para el caso de edificaciones de albañilería confinada se planteó 6 niveles como máximo. De los resultados de medir la vulnerabilidad de las edificaciones, en el distrito de San Antonio, ante la resonancia sísmica por el número de pisos se encontró que, las edificaciones de concreto armado tiene un comportamiento particular ante resonancia sísmica, la vulnerabilidad crítica, en este, caso se dio en las edificaciones de 2 pisos, para edificaciones cuyo sistema resistente es el de pórticos de concreto armado, presentando una vulnerabilidad por resonancia alta ya que TE/TS fue de 0.85, el resto de edificaciones, por su número de pisos no debería presentar vulnerabilidades ante resonancia. En el caso de edificaciones de albañilería por el número de pisos no se debería de tener problemas de resonancia sísmica ya que este valor se aleja del 1.20 como relación de periodos fundamentales de vibración del suelo y la estructura.

En su investigación (Morillo Chamorro, 2021) Se demuestra la susceptibilidad a resonancias sísmicas de la edificación para el número de pisos en Huancayo de seis pisos, aplicando la metodología de Bazán y Mely. Nivel más alto que los de los pisos 5 y 7, que son moderadamente vulnerables. en relación a lo obtenido en la investigación el nivel de vulnerabilidad se encuentra principalmente en edificaciones de 2 pisos en la ciudad de Moquegua siendo las edificaciones de 6m de altura las más vulnerables para pórticos de concreto armado.

Para el caso del tercer objetivo específico se quiso determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.

Se planteo una edificación conformada por un sistema estructural resisten de pórticos de concreto armado tanto para la dirección X como para la dirección Y, esta edificación hipotética se le dio las características de la zona de estudio, además de evaluarla según los resultados de microtremor planteados en la zona. Se evaluó la vulnerabilidad sísmica ante resonancia, de una edificación de concreto armado de 3 niveles, ubicada en el distrito de San Antonio, utilizando el Software Etabs v20. Para lograr adecuados resultados, se realizó el análisis sísmico estático

y el análisis sísmico dinámico de la edificación, además de plantear una carga espectral, los resultados del análisis de los periodos de vibración en el comportamiento modal, arrojaron un periodo de vibración predominante de 0.657 segundos, en consecuencia la relación T_E/T_S fue de 2.78, esto permite afirmar que en las edificaciones de 3 niveles de pórticos de concreto armado no existe un nivel de vulnerabilidad por resonancia sísmica en la ciudad de Moquegua, específicamente en el distrito de San Antonio, una de las razones principales que derivan para esto es la tipología del suelo blando que es predominante en la zona. El valor obtenido de relación entre el periodo de vibración del suelo y el periodo de vibración de la estructura está muy lejos de la relación de vulnerabilidad, pero se pudo verificar que para los modos de vibración de la estructura 4, 5 y 6, se tiene una vulnerabilidad alta, lo que quiere decir que, si no se controla la masa participativa en el comportamiento de la estructura, se puede generar vulnerabilidades por resonancia.

Finalmente, para el caso del cuarto objetivo específico se quiso determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.

Para este objetivo se planteó una edificación de albañilería confinada, siendo este sistema estructural el que predomina en la zona de estudio, además de considerar el sistema que es más utilizado tanto en la construcción formal como en la informal en la ciudad de Moquegua, Se analizó una edificación de albañilería confinada de 4 niveles para determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia, el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20, se realizó el análisis y verificación sísmica de los desplazamientos de la edificación así como las distorsiones, además de plantear el análisis sísmico estático como el análisis sísmico dinámico. Se obtuvo un periodo fundamental de vibración de 0.199 segundos, resultando de la relación T_E/T_S un valor de 0.84, este valor se categoriza como un nivel de vulnerabilidad medio, se pudo demostrar que las edificaciones de albañilería confinada presentan un nivel de vulnerabilidad medio ante resonancia sísmica.

Según todo lo descrito anteriormente se puede asegurar que: los resultados obtenidos de vulnerabilidad por resonancia sísmica, en las edificaciones conformadas por pórticos de concreto armado, son las de baja altura, entre el primer, el segundo y el tercer piso, las que son susceptibles al fenómeno de resonancia sísmica son las edificaciones con una altura de 6 a 12 metros. Mientras que las edificaciones de albañilería confinada, la vulnerabilidad se encuentra en los edificios de mediana altura, entre los 12 y 18 metros de altura.

De acuerdo al artículo titulado “Vulnerabilidad de los Edificios al Sismo Resonante de Guadalajara y Zapopan por el Sismo del 11 de mayo de 2016 Mw=4.9”, el edificio es vulnerable al fenómeno de resonancia o amplificación de la Estación Guadalajara, que presenta un periodo básico de 0.602 segundos. La estructura tiene una altura de 9 a 18 metros y tiene es un sistema estructural de pórticos de concreto armado y acero.

Existe una relación directa entre el periodo de vibración de las edificaciones y su altura, se puede afirmar que el periodo fundamental de vibración de la estructura aumenta en relación al aumento de la altura, aumenta gradualmente a medida que aumenta el número de pisos de la estructura. Esto quiere decir que el periodo de vibración de la edificación puede variar y se puede controlar de cierta manera, pero el periodo de vibración del suelo no, ya que siempre tendrá las mismas propiedades físico mecánicas. Se puede evitar el efecto de la resonancia conociendo esos valores y criterio. FEMA, que destaca que uno de los factores más importantes que afectan el período es la altura del edificio, hechos que también se observan en la cuando los rascacielos tiemblan, ya que el periodo de una edificación de gran altura es más lento que un edificio de baja altura. Por ejemplo, un edificio de cuatro pisos tiene un ciclo natural de alrededor de 0,5 segundos, pero un edificio de 60 pisos tiene un ciclo de hasta 7 segundos, por lo que este factor puede tener un efecto devastador en la respuesta estructural.

VI. CONCLUSIONES

En el presente estudio, después del análisis de cada uno de los resultados, de llego a las siguientes conclusiones:

Primera. El periodo de vibración fundamental del suelo en el distrito de San Antonio, fue de $T_s=0.2362$ Segundos para una frecuencia de vibración por ondas sísmicas de 4.2345 Hz, la vulnerabilidad de las edificaciones de concreto armado está en el rango de altura de 6m a 9m, ya que es en esta altura que el periodo de vibración es de la estructura es de 0.257, catalogándose como una vulnerabilidad alta por resonancia sísmica. En el caso de las edificaciones de albañilería la vulnerabilidad la vulnerabilidad se encuentra a una altura de 15m, para un periodo fundamental de 0.250, dando como resultado una vulnerabilidad alta.

Segunda. Del análisis de vulnerabilidad por resonancia sísmica en el distrito de san Antonio, según el sistema estructural, se obtuvo que en las edificaciones de concreto armado la vulnerabilidad critica se presenta a una altura de 9m, ya que el valor de la relación T_E/T_S es de 1.09, y se sabe que las fuerzas se amplifican y se genera la resonancia cuando los periodos fundamentales se asemejan entre sí. Además, en las edificaciones de albañilería confinada la vulnerabilidad alta se da a una altura 15m donde el valor de la relación T_E/T_S es de 1.06.

Tercera. De los resultados de medir la vulnerabilidad de las edificaciones, en el distrito de San Antonio, ante la resonancia sísmica por el número de pisos se encontró que, la vulnerabilidad critica se da en edificaciones de 2 pisos, principalmente para edificios de concreto armado, presentando una vulnerabilidad por resonancia alta ya que T_E/T_S fue de 0.85, el resto de edificaciones, por su número de pisos no debería presentar vulnerabilidades ante resonancia.

Cuarta. Se evaluó la vulnerabilidad sísmica ante resonancia, de una edificación de concreto armado de 3 niveles, ubicada en el distrito de San Antonio, utilizando el Software Etabs v20.los resultados del análisis de los

periodos de vibración en el comportamiento modal, arrojaron un periodo de vibración predominante de 0.657 segundos, en consecuencia la relación T_E/T_S fue de 2.78, estando este valor muy lejos de la relación de vulnerabilidad, pero se pudo verificar que para los modos de vibración de la estructura 4, 5 y 6, se tiene una vulnerabilidad alta, lo que quiere decir que si no se controla la masa participativa en el comportamiento de la estructura, se puede generar vulnerabilidades por resonancia.

Quinta. Se analizó una edificación de albañilería confinada de 4 niveles para determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia, el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20, se obtuvo un periodo fundamental de vibración de 0.199 segundos, resultando de la relación T_E/T_S un valor de 0.84, este valor se categoriza como un nivel de vulnerabilidad medio, se puso a demostrar que las edificaciones de albañilería confinada presentan un nivel de vulnerabilidad medio ante resonancia sísmica.

VII. RECOMENDACIONES

Como recomendación de la presente investigación tenemos que:

Primera. La resonancia sísmica es un fenómeno muchas veces ignorado, pero que puede traer graves consecuencias sobre una estructura, para construir una edificación, se recomienda realizar una evaluación de resonancia, para identificar a que altura o en que numero de pisos de la edificación se puede producir este fenómeno, y tener en cuenta los resultados para realizar lo diseños estructurales.

Segunda. Se recomienda siempre tener claro el tipo de sistema estructural predominante en la edificación a construir, ya que el sistema estructural influye en gran medida en el comportamiento sísmico de la edificación, además por los estudios planteados, de determinó que las edificaciones de concreto armado en el distrito de san Antonio, presentan vulnerabilidad ante resonancia sísmica a altura den 6 a 9 metros cuando la edificación es de 2 p 3 pisos, en el caso de la albañilería la resonancia sísmica se presenta a una altura de 15m.

Tercera. En el distrito de san Antonio, se recomienda construir edificaciones de más de 3 niveles, para el caso predominante de un sistema de pórticos de concreto armado, ya que la resonancia sísmica se presenta en edificaciones de 2 niveles, en el caso de las edificaciones de albañilería se recomienda construir estructuras menores a 4 pisos.

Cuarta. El análisis de estructuras mediante un software, como el ETABS v20, proporciona una perspectiva más real del comportamiento de una edificación, se recomienda en la medida de lo posible utilizar el software como una herramienta para evaluar posibles condiciones de vulnerabilidad ante resonancia de edificaciones de concreto armado y de albañilería estructural.

REFERENCIAS

- Abanto Castillo, T. F. (2016). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima, Perú: Editorial San Marcos. <https://idoc.pub/documents/analisis-y-diseño-de-edificaciones-de-albaileria-flavio-abanto-castillo-edicion-actualizada-vlr9qo5e5jlz>
- Alonso G., J. L. (2014). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones*. Caracas, Venezuela: PAG MARKETING SOLUCIONES C.A. obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319206199_Vulnerabilidad_Sismica_de_Viviendas_Populares_en_Caracas
- Anil K., C. (2014). *Dinámica de estructuras*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. obtenido de https://www.academia.edu/36451323/Dinamica_de_Estructuras_4Ed_Anil_K_Chopra
- Arevalo Casas, A. S. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). doi: <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.19083/tesis/648665>
- Arias, F. (2017). *Metodología de la investigación. Serie integral por competencias (3ra Ed.)*. México: Grupo Editorial Patria. doi: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Aroquipa Velasquez, H. (2018). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificaciones: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en C°A° mediante análisis dinámico no lineal simplificado*. Lima, Perú: Editorial Académica Española. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1992/13900>
- Bazán, E., & Meli, R. (2002). *Diseño Sísmico De edificios*. México: LIMUSA Noriega Editores.

- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación de Colombia Ltda. doi: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Cacho Pérez, M., Frechilla, N., & Lorenzana, A. (2017). Estimación de las masas modales de una estructura en servicio mediante transformación en el espacio de estados. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 123-128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.02.002>
- Castro Cuba, M., Chang, L., & A Salas, L. (2003). *ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA SÍSMICA DE LA CIUDAD DE MOQUEGUA*. Lima: ICG Instituto de la Construcción y Gerencia.
- CENEPRED. (2017). *Manual para la Evaluación del Riesgo Por Sismos*. Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Centro de Investigación sobre Epidemiología de Desastres (CRED). (28 de Enero de 2016). *The International Disaster Database*. Obtenido de The International Disaster Database: <https://www.emdat.be/index.php>
- Damaj, G., Assi, R., & McClure, G. (2019). Effect of soil-building resonance on the seismic structural vulnerability of schools esignated as post-disaster shelters in Montréal. *12th Canadian Conference on Earthquake Engineering*, 17-25. Obtenido de <https://espace2.etsmtl.ca/id/eprint/22311>
- Diaz Segura, E. G. (2017). Uncertainties in the estimation of characteristic site period of sloping terrains. *Obras y Proyectos 21*, 38-44.
- Dr. Hernando Tavera. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en el Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

- Fidias G, A. (2012). *El poryecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
- Gauchi Risso, V. (2017). Estudio de los métodos de investigación y técnicas de recolección de datos utilizadas en bibliotecología y ciencia de la información. *Revista Española de Documentación Científica*, 1-13.
- GeoStru. (09 de Noviembre de 2020). <https://blog.geostru.eu/es/>. Obtenido de GeoStru: <https://blog.geostru.eu/es/doble-resonancia-suelo-estructura/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Obtenido de https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
- Herráiz Sarachaga , M. (1997). *Conceptos Básicos de SISMOLOGÍA PARA INGENIEROS*. Lima, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - CISMID, 1997.
- Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sanchez Blanco, V., & Ángel del Val, M. (2017). *Ingeniería de Carretera*. Madrid: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A.U.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2016). *Manual para la reducción del riesgo Sísmico de viviendas en el Perú*. Lima, Perú: MInisterio de Vivienda, COnstrucción y Saneamiento.
- López, O. A. (2014). *Guía para la Evaluación de Edificaciones Existentes con Fines de Adecuación Sísmica*. Caracas: CAF-banco de desarrollo de América Latina.

- López, Ó. A. (2014). *Guía para la Evaluación de Edificaciones Existentes con Fines de Adecuación Sísmica*. Caracas, Venezuela: Corporación Andina de Fomento.
- McCormac, J., & Brown, R. (2017). *Diseño de Concreto Reforzado*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Morillo Chamorro, D. R. (2021). *Vulnerabilidad de edificios ante resonancia sísmica en Huancayo por el sismo del 7 de agosto de 2020 Mw=4.9 con la aplicación de la metodología de Bazán y Meli*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10659?locale=fr>
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., & Romero Delgado, H. (2018). *Metodología de la investigación de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis 5a.Edición*. Lima, Perú: Ediciones de la U Conocimiento a su alcance. Obtenido de https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia_Ñaupas_5aEd.pdf
- Ortega García, J. E. (2015). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Perú: Empresa Editora MACRO EIRL.
- Pinzón, L., Pujades, L., Macau, A., & Figueras, S. (2019). Increased seismic hazard in Barcelona (Spain) due to soil-building resonance effects. *Universitat Politècnica de Catalunya, Department of Civil and Environmental Engineering*, 27-36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.11.022>
- Preciado, A., Ramirez Gaytán, A., Lazcano, S., Preciado, I., Gutierrez, N., & Santos, J. C. (2017). Vulnerabilidad de Edificios Ante Resonancia Sísmica en Guadalajara y Zapopan Por el Sismo del 11 de Mayo de 2016 Mw=4.9. *OCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA SÍSMICA A. C*, 50-64. Obtenido de <https://cutt.ly/ILP3AGS>

- Quispe Chipana, G. L., & Mamani Gallegos, J. E. (2021). *Evaluación sísmica visual rápida por el método fema 154 de los pabellones del campus Capanique 1 de la Universidad Privada de Tacna, 2021*. Tacna: Universidad Privada De Tacna (UPT). Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2108>
- Ramírez Gaytán, A., Preciado, A., Flores Estrella, H., Santos, C. J., & Alcántara, L. (2021). Seismic resonance vulnerability assessment on shear walls and framed structures with different typologies: The case of Guadalajara, México. *Earthquakes and Structures*, 263-275. doi: <http://dx.doi.org/10.12989/eas.2022.22.3.263>
- Reyes Roque, R., Aranda Leiva, R., & Castillejo Melgarejo, R. (2020). Evaluación de efectos de amplificación topográfica del suelo debidos a la respuesta sísmica en laderas de las urbanizaciones Shancayán y Nueva Esperanza de la ciudad de Huaraz en el año 2018. *Aporte Santiaguino*, 35-47. doi: <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.679>
- San Bartolome, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, Á. (1998). *Análisis de Edificios*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Suárez Riestra, F. (2016). *Equilibrio, resistencia, estabilidad. Conceptos fundamentales de resistencia y mecánica de materiales*. La Coruña: Universidad de A Coruña. Obtenido de <https://acortar.link/2N9KQh>
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Revista Educación*, 155-165.
- Venerdini, A., Sánchez, G., Alvarado, P., Bilbao, I., & Baptiste Ammirati, J. (2016). Nuevas determinaciones de velocidades de ondas P y ondas S para la corteza sísmica del terreno Cuyania en el retroarco andino. *REVISTA*

MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS, 59-71. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742016000100059

Villarreal Castro, G. (2016). *Dinámica Estructural*. Lima – Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. Obtenido de <https://acortar.link/GaMITQ>

Yuan-Yu, H. (1986). *Teoría Elemental de Estructuras*. México, D.F.: Editora PRENTICE-HALL Hispanoamericana, S.A.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Título: “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua”

Autor: Bach. Brajan José Baldárrago Chipana

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable independiente: Resonancia sísmica	La resonancia sísmica se define como el fenómeno naciente de la coincidencia del periodo de vibración del suelo con el periodo predominante de la estructura, así como cuando la atenuación de la amplitud de los mismos da lugar a interferencias destructivas (Herráiz S. 1997, p83).	En el estudio, se identificará la resonancia sísmica que se produce entre el periodo de vibración de los suelos blandos y el periodo predominante de las edificaciones a evaluar.	Periodo de vibración del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de onda sísmica. 	Razón
			Periodo de vibración de la estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidez • Altura 	Razón
			Amplificación dinámica inducida	<ul style="list-style-type: none"> • Excentricidad • Torsión 	Razón
Variable dependiente: Vulnerabilidad de edificaciones	La vulnerabilidad sísmica de una estructura puede definirse como el límite en el que se sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto disponible ante una amenaza sísmica conocida, la respuesta de una estructura determinada ante una carga sísmica (Alonso G. 2014, p39).	Se identificará la vulnerabilidad sísmica producida por la resonancia, en dos edificaciones, de concreto armado y albañilería confinada, evaluando el comportamiento sísmico según microzonificación sísmica y RNE.	Sistema estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto armado • Albañilería 	Razón
			Número de pisos	<ul style="list-style-type: none"> • Altura • Cantidad de niveles 	Razón
			Pórticos de concreto armado	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo • Frecuencia 	Razón
			Muros de albañilería	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo • Frecuencia 	Razón

Anexo 2: Matriz de consistencia

Título: “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua”

Autor: Bach. Brajan José Baldarrago Chipana

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable independiente: Resonancia sísmica	Periodo de vibración del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de onda sísmica. 	Tipo de investigación: Investigación aplicada. Diseño de la investigación No experimental transeccional. Nivel de la investigación: Investigación explicativa.
¿Cuál es el nivel de Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua?	Determinar la Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua	Existe un nivel de Vulnerabilidad alto de las edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua		Periodo de vibración de la estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidez • Altura 	
				Amplificación dinámica inducida	<ul style="list-style-type: none"> • Excentricidad • Torsión 	
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable dependiente: Vulnerabilidad de edificaciones	Sistema estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto armado • Albañilería 	Enfoque de la investigación: Cuantitativo Variables: Variable independiente Resonancia sísmica Variable dependiente Vulnerabilidad de edificaciones Variable interviniente
¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su sistema estructural, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio – Moquegua?	Identificar la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según su sistema estructural, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio - Moquegua.	La vulnerabilidad de las edificaciones ante resonancia sísmica es similar según el sistema estructural predominante en el distrito de San Antonio – Moquegua.				
¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según	Determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios, según	Las estructuras con mayor número de niveles son más vulnerables ante la		Número de pisos	<ul style="list-style-type: none"> • Altura 	

su número de pisos, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio – Moquegua?	su número de pisos, ante resonancia sísmica el distrito de San Antonio - Moquegua.	resonancia sísmica en el distrito de San Antonio - Moquegua.			<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de niveles 	Suelos blandos Población: todas las edificaciones de concreto armado y albañilería estructural en el distrito de San Antonio.
¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20?	Determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de pórticos de concreto armado en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.	La resonancia sísmica genera excedentes en la amplificación del movimiento de una edificación de pórticos de concreto armado incrementando su nivel de vulnerabilidad en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.		Pórticos de concreto armado	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo • Frecuencia 	Muestra: Una edificación de pórticos de concreto armado y una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de san Antonio
¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20?	Determinar la vulnerabilidad sísmica ante resonancia de una edificación de muros de albañilería confinada en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.	La resonancia sísmica genera excedentes en la amplificación del movimiento de una edificación de albañilería confinada incrementando su nivel de vulnerabilidad en el distrito de San Antonio utilizando Software ETABSv20.		Muros de albañilería	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo • Frecuencia 	

Anexo 3: Estudio Geofísico san Antonio

**ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD**



APV César Vizcarra Vargas, calle Jerusalén A-15, C. P. Chen Chen
Celular n° 953965527


=====

**VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES SOBRE SUELOS BLANDOS ANTE
RESONANCIA SÍSMICA EN EL DISTRITO DE SAN ANTONIO
MOQUEGUA – 2022**

Para: Brajan José Baldárrago Chipana

Preparado por: GEORYS INGENIEROS S.A.C.
APV César Vizcarra Vargas, calle Jerusalén A-15, C. P. Chen Chen
Celular n° 953965527


Ing. Civil SIMÓN ORDOÑO FAJARDO
CIP. 54333

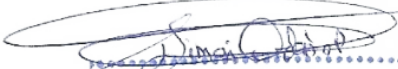
	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final


RESUMEN

La empresa ARYU E.I.R.L., realizó el estudio geofísico por los métodos de Refracción Sísmica, MASW, y MICROTREMOR para el proyecto “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022”.

Los ensayos geofísicos se realizaron en el departamento de Moquegua, provincia de mariscal nietao y el distrito de san Antonio.

La evaluación geofísica consistió en realizar la exploración del terreno por medio de ensayos de refracción sísmica, mediante las cuales se determinó la potencia de los estratos sísmicos, con la interpretación de las velocidades de ondas “P”, además se realizaron ensayos de medición de ondas superficiales en arreglos multicanal (MASW) para obtener perfiles unidimensionales y bidimensionales de velocidades de ondas de corte “S”, los mismos que nos permiten calibrar adecuadamente las líneas de refracción sísmica ejecutadas. Se ejecutaron también mediciones de MICROTREMORES para hallar el periodo fundamental de vibración del suelo. Estos ensayos nos permitieron poder analizar las propiedades elásticas del subsuelo obtenidos de los perfiles sísmicos.



 Ing. Civil SIMON ORDOÑO FAURÓ
 CIP. 84303


	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- Realizar ensayos geofísicos de campo en los terrenos de la ubicación del estudio “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022”, los que deben incluir: ensayos de medición puntual mediante microtremores, ensayos MASW y de Refracción Sísmica.
- La exploración geofísica sísmica fue ejecutada con el objeto de determinar la velocidad de propagación de las ondas P (V_p) mediante ensayos de refracción sísmica superficial y la velocidad de propagación de las ondas S (V_s), mediante ensayos MASW que permiten obtener perfiles unidimensionales de ondas S (V_s). Además, se realizaron ensayos MASW que permiten obtener perfiles bidimensionales de ondas S (V_s) y ensayos de microtremor para definir el periodo de vibración fundamental.
- La información obtenida es de gran utilidad para determinar en forma indirecta los espesores y las características estratigráficas de los suelos que se encuentran a diferentes profundidades en el área de estudio; además nos permite calcular la velocidad promedio de ondas de corte V_{s30} , con el propósito de caracterizar sísmicamente el tipo de suelo en función del International Building Code (IBC, 2012) y la norma técnica peruana E-030 (Actualizada en febrero del 2019).


 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAUCO
 CIP. 54303

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

2 Ubicación y descripción del área en estudio

REGION : Moquegua
 PROVINCIA : Mariscal Nieto
 DISTRITO : San Antonio
 SECTOR : Avenida Alfonso Ugarte

El Proyecto de investigación, se encuentra ubicado en el sector de la avenida Alfonso Ugarte.

2.1 Fases del estudio

- Recopilación de información existente
- Investigación de campo
- Ensayos de Laboratorio
- Trabajos de gabinete
- Elaboración del Informe Técnico

2.2 Acceso al área del Proyecto

Vía de acceso

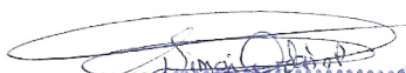
Al sector del Proyecto se accede por Interoceánica Sur-Avenida Alfonso Ugarte y por la Avenida Santa Fortunata del distrito de San Antonio, según croquis de ubicación del Proyecto.


2.3 Condición climática y altitud de la zona

De acuerdo a la información meteorológica suministrada por el SENAMHI, establece que el clima se caracteriza por su luminosidad (8.7 horas de sol como promedio al día); la temperatura varía entre los 11°C y 29°C, con marcada variación entre el día y la noche, baja a regular precipitación fluvial en la estación de invierno y una humedad relativa que varía entre 46% y 68%.

Características climáticas.

Precipitación líquida media anual	75.15mm
Humedad relativa promedio	57%
Temperatura máxima promedio anual	25 °C
Temperatura mínima promedio anual	11 °C
Temperatura media promedio anual	21.5 °C

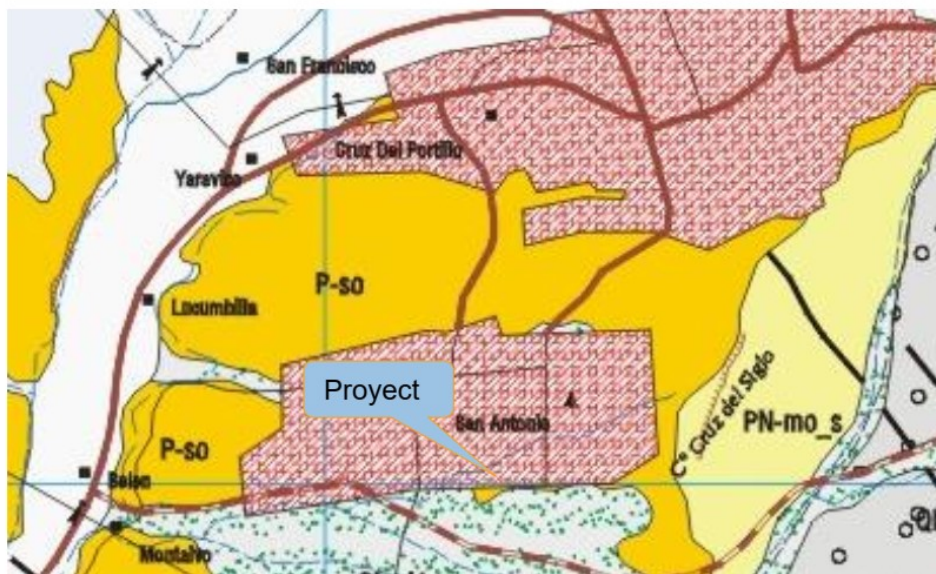

 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FAJARDO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

Se encuentra ubicado aproximadamente a 1400 m.s.n.m.

3 GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

El proyecto de Investigación, se ubica geológicamente en la carta 35-u4 Moquegua; del Eratema Cenozoica, Sistema Paleógeno, Serie Eocena-Oligocena, Formación Sotillo, conformado por arcillas y limolitas rojas (P-so),

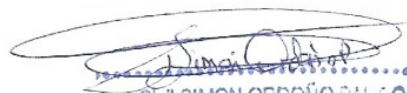



UBICACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Efectos del Sismo

El factor de suelo contemplado en las Normas Técnicas de Edificación Peruana, depende de las características y espesores de los suelos que conforman el perfil estratigráfico del terreno de fundación. En el presente caso, el Proyecto se encuentra ubicado en la Zona 4, $Z=0.45$.

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido como una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALATO
CIP. 94303

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

En el presente Proyecto de investigación, se ha realizado la excavación con una retroexcavadora hasta 1.50 metros de profundidad en suelo lodolítico.

La subrasante en el sector del Proyecto, corresponde al Perfil Tipo S₂: Suelos Intermedios corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s, entre 180m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N₆₀ entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia a la corte en condiciones no drenada.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada, S_u, entre 50 kPa (0.5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Y los parámetros de Sitio son: factor de suelo de S₂= 1.05 y un periodo predominante de vibración T_p de 0.6 seg y TL= 2.0

3.2 Geodinámica Interna y externa

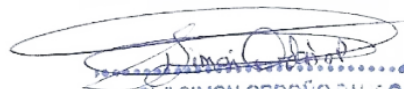
Geodinámica interna.


La distribución de sismos en tiempo y espacio es una materia elemental en sismología, observaciones sísmicas han acumulado una extensa información de la actividad sísmica (Sismicidad).

La definición de la palabra "sismicidad" no es muy precisa, pero podemos describirla como la actividad sísmica en un área particular durante un cierto período de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no sólo el número de eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia y distribución espacial, así como su modo de ocurrencia.

Sismicidad Histórica

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968)


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FAJARDO
 CIP. 94303

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

y Tesis de los cuales hacemos algunas referencias de eventos sísmicos hasta antes del 23 de junio de 2001.

19 de febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza oscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

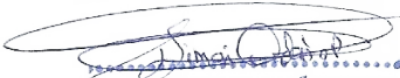
18 de Setiembre de 1833.- A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue, sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.


24 de agosto de 1942.- A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue, situado entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados.

Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S. y -76° long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

03 de octubre de 1951.- A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S. y -71° Long. W., y su profundidad de 100 Km.

15 de enero de 1958.- A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAUCÓ
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizada en las siguientes coordenadas: -16.479° Lat. y -71.648° long. W., con una profundidad focal de 60 Km y una magnitud 6.3.

23 de junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna, Arequipa y parte de Ayacucho, Adjunto al presente se muestran las isosistas del terremoto, elaborado por el Instituto Geofísico - UNSA. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas.

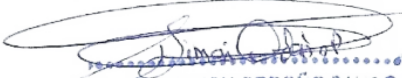
La localidad más afectada por el terremoto fue la ciudad de Moquegua, donde las casonas de tipo colonial por ser de material rústico de desplomaron, y el centro poblado de San Francisco las viviendas construidas en zonas de fuerte pendiente por pérdida de fricción colapsaron inevitablemente, trayendo consigo destrucción y lamentable pérdida de vidas humanas.


El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado en el departamento de Moquegua la muerte de 35 personas, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas.

Tectonismo de la Región Andina

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, están relacionadas con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. En esa interacción también deben ser considerados los efectos que causan las placas menores próximas como la de Cocos y la del Caribe en la porción norte y la placa de Escocia en la porción sur, principalmente por presentar diferentes velocidades y direcciones del movimiento con relación a las Placas principales.

Geodinámica externa


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAUCO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

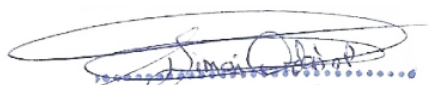
La zona donde se ubica el Proyecto de Investigación, es vulnerable; puesto que está sujeta a peligros de inundación, erosión e infiltración a la subrasante de las vías existente, en las épocas de lluvias extremas que ocurren en los meses de diciembre a marzo.


4 METODOLOGÍA DE ENSAYOS GEOFÍSICOS.

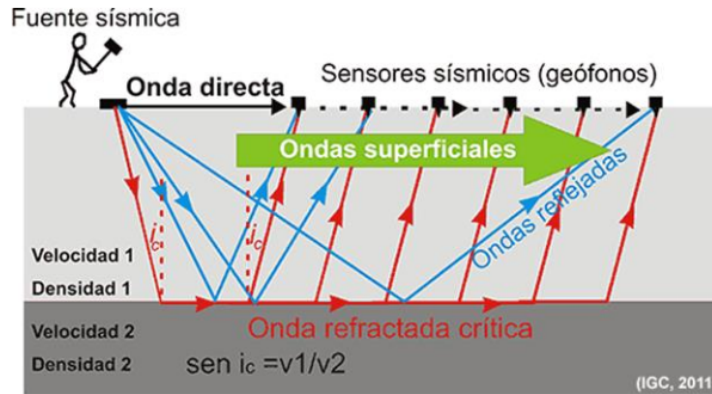
Los ensayos de refracción sísmica y medición de ondas superficiales en arreglos multicanales (MASW) consisten en generar ondas vibratorias en la superficie del terreno y registrar a distancias variables el arribo de las ondas compresionales (Ondas P) y de las ondas de corte (Ondas S) respectivamente, con las cuales se determinan los cambios de velocidades a lo largo de los contactos. En los casos de los ensayos MAM y microtremor no es necesario generar ondas vibratorias ya que estos ensayos miden las vibraciones ambientales, el ensayo MAM en un arreglo bidimensional y el microtremor en una medición puntual. Para realizar el servicio solicitado, con el alcance indicado en los objetivos, se realizaron las siguientes actividades:

4.1 Ensayo de Refracción Sísmica

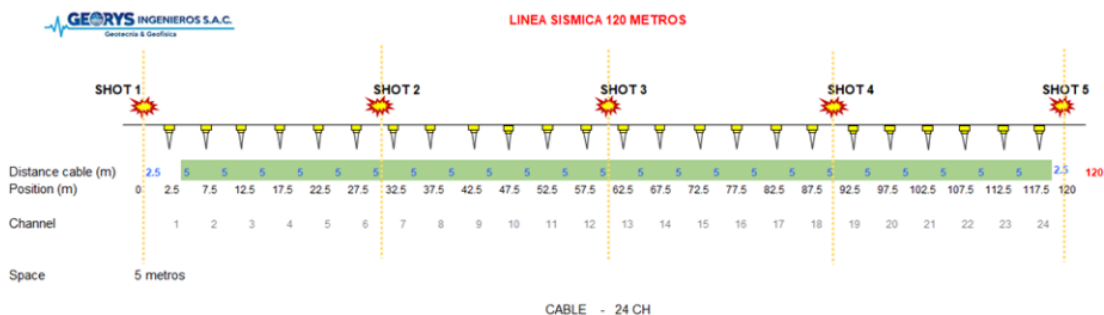
El principio de la prospección sísmica es básicamente generar ondas sísmicas (ondas P) con iterativas activaciones de liberación de energía mediante una comba de 20 lb (fuente), esta acción genera frentes de onda que viajan a diferentes velocidades en el medio geológico, debido a las características de la masa y/o medio, desde la fuente de energía (el punto donde se realiza el golpe que constituye la fuente) hasta los sensores (geófonos). En esas interfaces, ocurre un proceso de disgregación de la energía, por lo cual una porción de la energía continúa su propagación hacia el interior de la tierra, mientras que la otra porción va por la interface entre los estratos sísmicos y luego regresa a la superficie, donde es registrada por dispositivos detectores (geófonos).


 Tng. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final



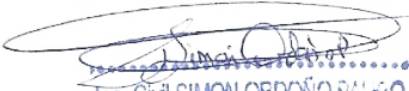
Esquema de la refracción sísmica y la llegada de ondas a los geófonos




Esquema: Tendido Sísmico Característico y Disposición de los Puntos de impacto “Shot Points”

Los arribos de las ondas producen vibraciones que son registrados en cada uno de los geófonos y estos son amplificadas por el sismógrafo y visualizados en la pantalla de una laptop. El esquema nos muestra un tendido sísmico característico y la distribución de los impactos en la línea geofísica.

Las ondas que se generan son las de tipo “P” y “S”, las más usadas en los estudios de ingeniería geotécnica se producen mediante explosivos, martillo semi-hidráulico y de manera usual con un martillo y/o comba. Resultados obtenidos del estudio de refracción sísmica


Ing. Civil SIMÓN ORDOÑEZ FALCO
CIP. 54303


	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

Estrato	Tipo de onda	Profundidad	Velocidad de propagación	Descripción
E-1	Onda P	0.8 m a 2.30 m	100 m/s a 300 m/s	Suelo granular suelto
E-2	Onda P	4.10 m a 8.40 m	300 m/s a 700 m/s	Suelo granular de densidad media
E-3	Onda P	12.80 m a 15.00 m	700 m/s a 1500 m/s	Suelo granular denso

La profundidad máxima de investigación (Z_{max}) será determinada por la longitud de onda más larga (L_{max}) de las ondas superficiales utilizadas para el análisis como $Z_{max} \approx 0.5L_{max}$. Entonces, L_{max} se rige por la potencia de impacto de la fuente sísmica, que puede ser de un tipo controlado como un martillo en un levantamiento activo (o un automóvil que se mueve sobre un bache en el caso del levantamiento pasivo al borde de la carretera). En general, una L_{max} más larga (por lo tanto, una Z_{max} más profunda) se logra con una mayor potencia de impacto.

Un mazo bastante pesado (por ejemplo, 12 libras) puede ser una buena opción, aunque otras fuentes más sofisticadas que pueden entregar más potencia de impacto en el suelo (por ejemplo, una caída de peso como un martillo de SPT de 140 libras) pueden ser una ventaja sobre un mazo debido a su potencial para generar frecuencias más bajas (longitudes de onda más largas) de ondas superficiales. La ganancia de usar estas otras fuentes a menudo no es suficiente para justificar el costo del equipo y los inconvenientes en la operación de campo, a menos que estén cuidadosamente diseñados y construidos. Por ejemplo, un simple aumento de la potencia de impacto no acompañado de una cuidadosa consideración del mecanismo de acoplamiento de energía puede no lograr el objetivo. El uso de una placa de impacto (también llamada placa base) ayudará a que el punto de impacto de la fuente se inmiscuya menos en el suelo. Todavía no se ha realizado un estudio detallado sobre el papel de la placa base en la


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAUCO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

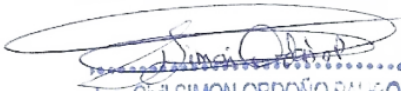
generación de ondas superficiales y debe de realizarse en un futuro cercano. Se debe consultar las tablas para conocer la fuente óptima para diferentes profundidades de investigación.


Recientemente, se ha informado de que una placa no metálica (por ejemplo, una placa de caucho o polietileno firme) puede generar una energía notablemente más fuerte en la parte de frecuencia más baja de las ondas superficiales (por ejemplo, <10 Hz) que una placa metálica convencional. Esto parece estar relacionado con la especulación de que el neumático de automóvil puede actuar como un amortiguador eficaz que libera el poder del impacto gradualmente, lo que resulta en una deformación a mayor escala de la superficie alrededor del punto de origen al evitar la deformación permanente (plástica) causada por una liberación abrupta de la potencia de un impacto. Para una investigación inusualmente superficial, se debe usar una fuente de luz relativamente para que la frecuencia dominante pueda cambiarse hacia frecuencias más altas (longitudes de onda más cortos).

El apilamiento vertical de impactos múltiples puede suprimir el ruido ambiental de manera significativa y, por lo tanto, siempre se recomienda, especialmente si el estudio se lleva a cabo en un área urbana.

El número óptimo de impactos de apilamiento se puede determinar cuando hay pocos cambios en la relación señal-ruido (S/N) en el registro sísmico mostrado durante el apilamiento. A menudo se utilizan 3 a 5 apilamientos verticales (impactos). Este número, sin embargo, debería aumentar a medida que aumenta el nivel de ruido ambiental y/o aumenta la longitud total del conjunto de receptores (D).

5 Fundamento del ensayo MASW


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALCO
 CIP. 84303

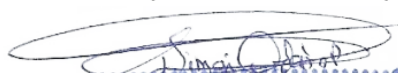
	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final


El ensayo MASW o análisis de múltiples canales de ondas superficiales permite por medio del registro y posterior análisis de ondas superficiales, generadas por una fuente activa, la estimación del perfil de velocidad de ondas de corte del sitio en estudio. Presenta una serie de ventajas técnicas y logísticas que lo han llevado a ser uno de los principales métodos utilizados para definir la clasificación sísmica del suelo, según el International Building Code (IBC, 2012). Utiliza equipos semejantes a la refracción sísmica y presenta un procedimiento parecido, lo que la hace una técnica muy eficiente, combinando una buena precisión, poco tiempo de consumo por ensayo y un bajo costo de operación en relación a otras técnicas sísmicas.

Fue presentado por primera vez en la Geofísica el año 1999, el análisis de múltiples canales de ondas superficiales es uno de los métodos de investigación sísmica que evalúan la condición elástica del suelo para fines de ingeniería geotécnica. El ensayo MASW primero mide las ondas sísmicas superficiales generadas a partir de diferentes tipos de fuentes sísmicas (como un martillo), realiza el análisis de las velocidades de propagación de estas ondas de superficie, y, finalmente, calcula la variación de la velocidad de ondas de corte (V_s) por debajo de la zona de estudio a partir de un modelo patrón de velocidad de propagación de las ondas de superficie.

Estrato	Tipo de onda	Profundidad	Velocidad de propagación	Descripción
E-1	Onda S	6.00 m	145 m/s a 222 m/s	Suelo granular de densidad baja
E-2	Onda S	25.00 m	275 m/s a 417 m/s	Suelo granular de densidad media

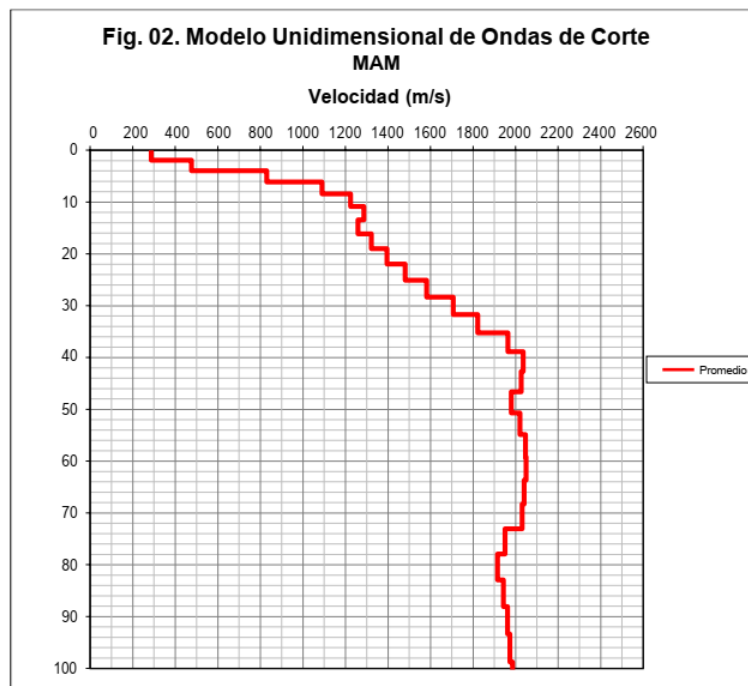
La velocidad de ondas de corte (V_s) permite hallar una de las constantes elásticas y está estrechamente relacionado con el módulo de Young. Bajo la mayoría de circunstancias, V_s es un indicador directo de la rigidez del suelo y por lo tanto se utiliza comúnmente para estimar la capacidad de soporte de


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FAJARDO
 CIP. 54303

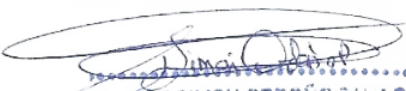
	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final


carga. Después de un procedimiento relativamente simple, se puede definir V_s por medio de los modelos 1-D, 2-D y 3-D.

La combinación de los métodos MASW y MAM, permite obtener perfiles de ondas S hasta profundidades promedios de 40 hasta 80 m, en algunos casos, se ha logrado alcanzar profundidades de hasta 100 m. Esto es muy importante cuando se estudia estructuras bastante pesadas, que van a esforzar al suelo en mayor medida, también nos permite analizar mejor la cimentación de puentes, presas de agua, presas de tierra, pads de lixiviación y estructuras con cimentación profunda (edificaciones con varios sótanos), obtenemos buenas correlaciones con los perfiles estratigráficos del suelo en los casos donde se han realizado perforaciones diamantinas, así como con los resultados de los ensayos SPT, por lo que tiene una buena confiabilidad y constituye una alternativa muy económica para la evaluación de los parámetros dinámicos del suelo de fundación.



Perfil de velocidades de Ondas S Método MAM


 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

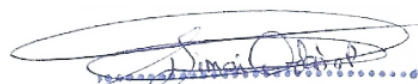
6 Fundamento del ensayo de Vibración Ambiental (Microtremor).


El período de vibración del suelo es un parámetro dinámico que define el comportamiento sísmico de un determinado lugar. En la actualidad, este parámetro es normalmente obtenido de las mediciones de microtremores.

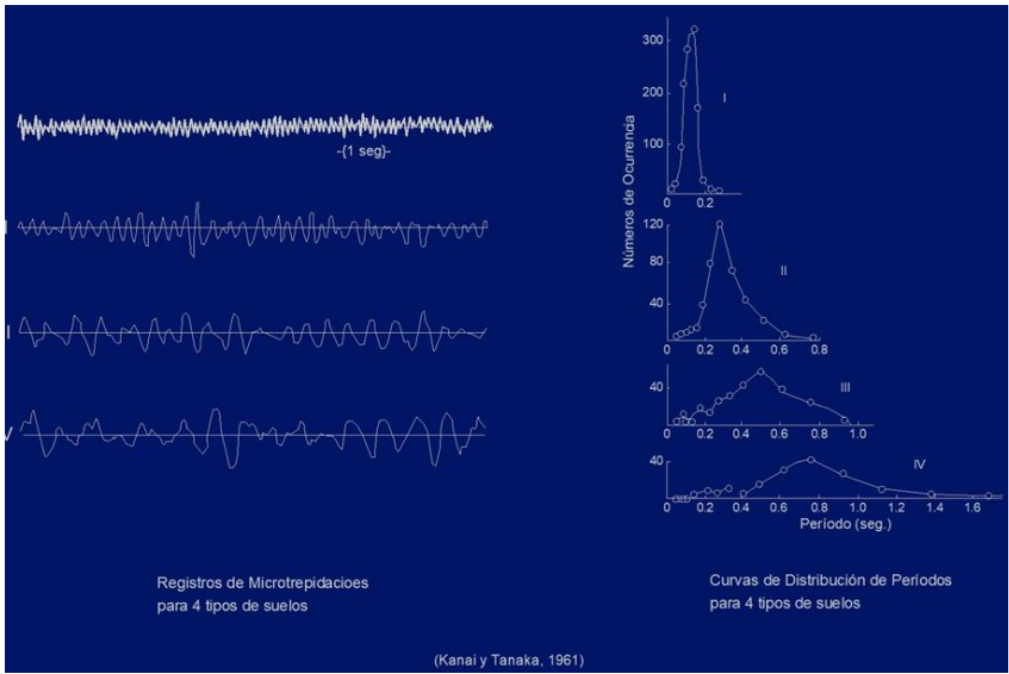
Los microtremores son conocidos como microsismos, ruido sísmico de fondo, campo natural, vibración o ruido ambiental, oscilaciones omnipresentes o microtemblores (Flores, 2004). Lermo (1992) y Lermo y Chávez-García (1994) definen los microtremores como vibración o ruido ambiental.

Estas vibraciones están conformadas básicamente por ondas superficiales Rayleigh y Love que están afectadas por la estructura geológica del sitio donde se miden (Bard, 1998). De acuerdo a la frecuencia los microtremores son originados por:

- A bajas frecuencias (por debajo de 0.3 Hz a 0.5 Hz) son causados por las ondas oceánicas que ocurren a grandes distancias.
- A frecuencias intermedias (0.3 - 0.5 Hz y 1 Hz) los microtremores son generados por las olas del mar cercanas a las costas.
- Para altas frecuencias (mayores a 1 Hz), las fuentes están ligadas a la actividad humana.

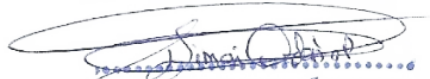

 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 5433J


	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final



Registros y curvas de periodos para 04 tipos de suelos (Kanai y Tanaca,1961).

La técnica de medición de microtremores ha sido utilizada desde principios del siglo XX para determinar las propiedades dinámicas del terreno. Omori (1908) inició las investigaciones sobre microtremores empleando un instrumento muy simple para observar la vibración natural del suelo que no correspondía a una vibración sísmica ni a alguna oscilación pulsatoria y encontró que dicha vibración natural podría ser causada por el viento, olas marinas, o perturbaciones artificiales como el tráfico, vibración de máquinas, etc. Para definir este tipo de vibraciones, que tiene periodos cortos y sus amplitudes son más pequeñas que las oscilaciones pulsatorias, Omori utilizó el término de “microtrepidaciones”.


 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 5433J

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

7 Cálculo de la frecuencia y periodo de vibración del suelo en el área de estudio


Zona de estudio	Ensayo	Punto	Frecuencia (Hz)	Periodo Fundamental (Seg.)
San Antonio - Moquegua	SM-Mic-1	HV 1	4.2345	0.2362
	SM-Mic-2	HV 2	4.3927	0.2277
	SM-Mic-3	HV 3	4.4588	0.2243


El método de espectro H/V fue propuesto por Nakamura (1989) y es conocido como el cociente espectral H/V ya que realiza el cociente del espectro de Fourier de las componentes horizontales del registro de microtremores entre el espectro de Fourier de la componente vertical. El cociente obtenido permite estimar el periodo fundamental.

Este método es el más utilizado para analizar los registros de microtremores por su bajo costo y corto tiempo de aplicación, sin embargo, es el más discutido por sus bases teóricas y sus resultados (Flores, 2004).

El espectro H/V presenta en teoría, un máximo en el periodo fundamental del suelo. Generalmente, para este periodo la curva muestra un pico bien definido por valle-cresta-valle. Estos picos son más definidos en suelos formados por depósitos blandos, mientras son más anchos en suelos duros o intermedios, o compuestos de materiales heterogéneos (Ordaz y Veras, 2003).

En general, cuanto mayor sea el contraste entre los depósitos de suelo y el semi-espacio o estrato duro resistente, se tendrá una mejor definición en los picos del espectro H/V y se podrán identificar más fácilmente los periodos fundamentales.


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAJERO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

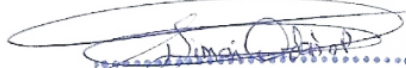
El uso de estudios de vibración ambiental resulta económico y los resultados se obtienen con relativa facilidad, rapidez y ventaja, desde el punto de vista de la caracterización de la respuesta dinámica sobre todo en sitios donde no se cuenta con información acelerográfica (Ordaz y Veras, 2003).


En el presente estudio, se ha empleado la relación o cociente espectral H/V propuesta por Nakamura (1989) para estimar el periodo fundamental de vibración del suelo. El espectro H/V puede ser expresado en términos de una o dos componentes horizontales, lo cual se muestra en la siguiente relación.

$$\begin{aligned}
 H/V &= S_{NS}/S_V \\
 H/V &= S_{EW}/S_V \\
 H/V &= \frac{\sqrt{S_{NS}^2 + S_{EW}^2}}{S_V}
 \end{aligned}$$

Actualmente se sabe que el periodo fundamental del suelo determinado por medición de microtemores tiene una gran correlación con los efectos de sitio, aun cuando la respuesta dinámica del suelo durante movimientos severos no es exactamente predicha por el análisis de los microtemores.

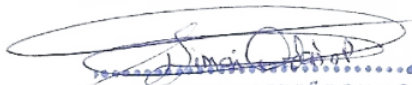
Para obtener valores de período fundamental confiables, se utilizó el criterio SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), el cual brinda recomendaciones en terreno, análisis y verificación posterior de datos y resultados. Las mediciones en terreno se hicieron a través de un sismómetro triaxial, el cual capta y graba vibraciones ambientales en la superficie del terreno en dirección Norte-Sur, Este-Oeste y en sentido vertical, como vemos este es un método de medición no intrusivo y de bajo costo.



 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
 CIP. 54303

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

8 Conclusiones

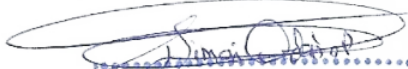
- Como parte del Servicio de Caracterización Geofísica del terreno destinado a la implementación del proyecto “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022”, se han realizado ensayos de medición puntual de vibración ambiental (microtremores), ensayos MASW y líneas de Refracción Sísmica.
- Estos ensayos permitieron determinar los perfiles sísmicos del material existente en la zona de estudio y los periodos de vibración de las zonas de estudio. Los ensayos consistieron en la medición de la velocidad de propagación de las ondas P por medio de ensayos de refracción sísmica para determinar el perfil sísmico estratigráfico del terreno y ensayos de ondas de corte (MASW) para determinar las velocidades de propagación de las ondas S en sus formatos unidimensionales y bidimensional. Los ensayos de vibración ambiental nos permitieron obtener los periodos de vibración fundamentales de ambas zonas de estudio.
- Estas caracterizaciones geofísicas son muy importantes porque van a permitir conocer las características geofísicas sísmicas de los suelos de la zona de estudio para el proyecto “Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022”.



 Ing. Civil SIMON ORDOÑO FALCO
 CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

9 REFERENCIAS

- Araei¹ A., Razeghi¹, H., y Ghalandarzadeh A (2010), "Dynamic Properties of Gravelly Materials",
Transaction A: Civil Engineering, Vol. 17, No. 4, pp. 245-261, Sharif University of Technology.
- Astier, J., L. (1975), "Geofísica Aplicada a la Hidrogeología", PARANINFO, Madrid, España.
- ASTM D5777 Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation. (American society for testing and material).
- Ayashi, K (2003), "Data Acquisition and Analysis of Active and Passive Surface Wave Methods".
Short Course - SAGEEP 2003.
- CISMID (1991), "Memorias del Seminario Taller de Dinámica de Suelos".
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Das, B. M., (2001), "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", Cuarta Edición, Internacional Thomson Editores, México.
- Fahey M. y Carter J.P. (1993). "A finite element study of the pressurometer in sand using non-linear elastic plastic model", Canadian Geotech. Jour., 30: 348-362.
- Figuerola, J., C. (1974), "Tratado de Geofísica Aplicada", LITOPRINT, Madrid.
- Kramer, S. L., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering". Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Lankston, R. W., "High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation", Geo-Compu- Graph, Inc., U.S.A.
- Mayne P.W. (2001). "Stress-strain-strength-flow parameters from enhanced insitu tests", Proc. Int.
Conf. on In-Situ Measurements of Soil Properties and Case Histories, Bali, Indonesia, 27-48.


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 54333

	ARYU E.I.R.L	Abril 2022
	SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD	Moquegua
	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua – 2022	GEORYS Informe final

Miller, R. D., Pullan, S.E., Waldner, J. S., Haeni, F. P., (1986), “Field comparison of shallow seismic sources”, Geophysics, Vol. 51, N° 11, Pag. 2067 – 2092, U.S.A.

Park, C., Miller, R. y Xía, J. 1999, “Multichannel analysis of surface waves”. Geophysics. Vol. 64. N° 3. p: 800-808.


Park., C.B., R. D. Miller, and J. Xia, Julian M.(1999), Multichannel Analysis of Surface Waves to Map Bedrock, Kansas Geological Survey, Lawrence, Kansas, U.S.

Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. 2001^a. “Seismic characterization of geotechnical sites by Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW) method”. Tenth International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering (SDEE), Philadelphia.

Redpath, B., B. (1973), “Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations”, Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A.

U. S. Army Corps of Engineers, (1995), “Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations”, Engineer Manual 1110-1-1802, Washington, U. S. A.

Underwood, D.; Hayashi, K. (2006), Surface Wave Data Acquisition and Field Methods, Geometrics Inc, U.S.


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALERO
CIP. 84303

Anexo 4: Estudio de mecánica de suelos

INFORME TECNICO

1. Generalidades

1.1. Objeto de estudio.

La contratación de este servicios de consultoría permitirá que se disponga del Estudio de Mecánica de Suelos del Proyecto de Tesis: IOARR: "Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua" a solicitud del Bach. Baldarrago Chipana, Brajan José.

- Determinar las propiedades físicas mecánicas de los materiales a nivel del terreno de fundación.
- Determinar la compresibilidad del terreno de fundación.
- Calculo del asentamiento inmediato mediante el método elástico.
- Determinar el grado de agresividad química del terreno de fundación al concreto y al acero.
- Calculo de la capacidad de carga admisible del terreno de fundación con fines de cimentación.
- Confección de la columna estratigráfica de la calicata.

1.2. Normatividad

RM-406-2018-VIVIENDA Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones

1.3. Ubicación

La ubicación donde se efectuará la inversión, se encuentra en:

Región	:	Moquegua.
Provincia	:	Mariscal Nieto.
Distrito	:	San Antonio
Urbanización	:	López Albuja.
Altitud	:	1,518 m.s.n.m

1.4. Acceso al proyecto

A la zona donde se ubica el proyecto, tiene acceso por la Av. San Antonio Sur y la Av. Mariano Lino Urquiza, en la Urb. Lopez Albuja del distrito de San Antonio.

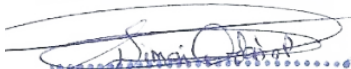
1.5. Condición climática y altitud de la zona.

De acuerdo a la información meteorológica suministrada por el SENAMHI, establece que el clima se caracteriza por su luminosidad (8.7 horas de sol como promedio por día); la temperatura varía entre los 11°C y 29°C, con marcada variación entre el día y la noche, baja precipitación fluvial en la estación de Invierno y humedad relativa que varía entre 46% y 68%.

Características climáticas:

Precipitación líquida media anual 15.15 mm
Humedad relativa promedio 57%
Temperatura máximo promedio anual 25 °C
Temperatura mínimo promedio anual 11°C
Temperatura media promedio anual 19.5 °C

Se encuentre aproximadamente a 1518 m.s.n.m.


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALATO
CIP. 54333

2. Geología y sismicidad del área del estudio.

El proyecto se ubica geológicamente en la carta 35-u Moquegua; del Sistema cuaternario, Serie reciente, pertenece a la formación Aluvio Coluviales (Q-al)

2.1. Efectos del Sismo

De acuerdo a la Norma Técnica E - 030 de Diseño Sismo Resistente, el terreno y considerando las condiciones del sitio observadas, al proyecto le corresponden los siguientes parámetros:

Vivienda de cuatro Niveles		
Zona	4	Mapa de zonificación sísmica
Factor de zona (Z)	0.45	Tabla 1
Perfil tipo de suelo	S2	Suelos Intermedios, según clasificación de suelos.
Factor de Amplificación del Suelo	1.20	Tabla 3
Parámetro del suelo	$T_P = 0,6$ $T_L = 2,0$	Tabla 4

2.2. Geodinámica interna y externa

Geodinámica interna

Sismicidad


La distribución de sismos en tiempo y espacios es una materia elemental en sismología, observaciones sísmicas han acumulado una extensa información de la actividad sísmica (sismicidad).

La definición de la palabra "Sismicidad" no es muy precisa, pero podemos describirla como la actividad sísmica en un área particular durante un cierto periodo de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no solo el número de eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia y distribución espacial, así como su modo de ocurrencia.

Sismicidad histórica

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968) y Tesis. 19 de Febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los m s pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

18 de Setiembre de 1833.- A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALERO
CIP. 54333

destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue, sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.

24 de Agosto de 1942.- A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fu, situado entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados. Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S. y -76° long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

03 de Octubre de 1951.- A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S. y - 71° Long. W., y su profundidad de 100 Km.

15 de Enero de 1958.- A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K.(Medvedev, Sponheuer y Karnik)(Fig. 4), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizado en las siguientes coordenadas: - 16.479° Lat. y -71.648° long. W., con una profundidad focal de 60 Km. y una magnitud 6.3.

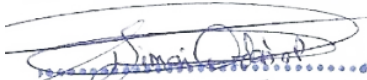
23 de Junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa.

Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas. Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, algunos pueblos del interior y Camaná por el efecto del Tsunami.

El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado la muerte de 35 personas en los departamentos antes mencionados, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas.

Tectonismo de la región Andina

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, están relacionadas con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. En esa interacción también deben ser considerados los efectos que causan las placas menores próximas


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 5433J

como la de Cocos y la del Caribe en la porción norte y la placa de Escocia en la porción sur, principalmente por presentar diferentes velocidades y direcciones del movimiento con relación a las Placas principales.

Sismicidad de la zona de Moquegua

Dentro del territorio peruano se han establecido tres zonas sísmicas las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. Según los mapas de zonificación sísmica del Peru, propuesto por la nueva norma Sismo-Resistente E-30 del RNE la ciudad de Moquegua se encuentra en la zona 4, correspondiéndoles una alta sismicidad con un factor de zona $Z(g) = 0.45$, que corresponde a la máxima aceleración de terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Geodinámica externa

En la zona del estudio, al estar ubicado en un terreno con una pendiente de aproximadamente $m = -7\%$ en la dirección Este – Oeste, existe peligro de inundación que puedan ser ocasionados por las precipitaciones pluviales extremas; debiendo preverse sistemas de drenaje.

3. Investigaciones de campo

2.1. Trabajos de campo.

Los trabajos de campo consistieron en:

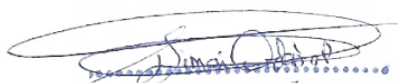
- ✓ Reconocimiento del área.
- ✓ Ejecución de 1 calicatas en la Infraestructura proyectada.
- ✓ Descripción y clasificación visual de 1 columnas estratigráficas en campo.
- ✓ Muestreo de Suelos en calicatas aperturadas.
- ✓ Preservación y transporte de muestras alteradas de suelos.
- ✓ Muestra alterada para humedad en bolsa plástica.
- ✓ Ejecución de 1 Ensayos de Densidad de Campo.

4. Ensayos De Laboratorio.

Para determinar las características físicas mecánicas del terreno de fundación, se realizaron con las muestras alteradas e inalteradas, los ensayos estándares normalizados siguientes:

Ensayos estándar

Descripción	Norma
NTP 339.127:1998 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127
NTP 339.128:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos	NTP 339.129


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAUCÓ
CIP. 54333

NTP 339.134:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)	NTP 339.134
Sistema de Clasificación de suelos AASHTO	AAHSTO
Ensayo: NTP 339.143:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo Estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena	NTP 339.143

Ensayos Especiales

Descripción	Norma
Método estándar para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D 3080-72).	ASTM D-3080
NTP 339.177 2002 (revisada el 2015) SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea	NTP 339.177
NTP 339.152 2002 (revisada el 2015) SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea	NTP 339.152
NTP 339.178 2002 (revisada el 2015) SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.178

5. Columnas estratigráficas

De acuerdo a los resultados de los ensayos estándar y la clasificación SUCS de los materiales a nivel del terreno de fundación, se ha elaborado la columna estratigráfica correspondiente; cuya descripción detallada se adjunta al presente informe técnico.

6. Análisis de la cimentación

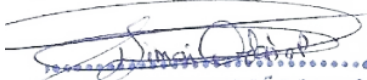
1. Profundidad de la cimentación

De acuerdo a la calicata aperturada, el terreno de fundación está conformada por material gravo limoso arenoso (GP-GM), medianamente consolidada, con presencia de cierta humedad, producto de la filtración ocasionada por las lluvias y el riego de jardines en la parte exterior.

De acuerdo al perfil del terreno, superficialmente, hasta aproximadamente 1.20 m., de profundidad, presenta una densidad suelta y a partir de ahí una densidad media observándose además la presencia de botonería en aproximadamente 50% de tamaño máximo 14" de diámetro, que mejora sustancialmente la calidad del terreno de fundación. Recomendándose el desplante de la cimentación a una profundidad no menor de $D_f = -1.20$ m.

2. Compresibilidad

Se ha determinado los coeficientes de compresibilidad, valiéndonos de los límites de


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAUCAR
 CIP. 54303

consistencia y haciendo uso de la ecuación siguiente:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CALICATA
		C-1 E-1
Límite Líquido	%	24.60
Coefficiente de compresibilidad	Cc	0.13

Coefficiente de Compresibilidad
 $C_c = 0.009$ (LL-10)

Se determina que los materiales del terreno de fundación en la zona del proyecto, son de baja compresibilidad.

3. Cálculo de asentamiento

Para el cálculo de asentamientos inmediatos se ha utilizado el método elástico.

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	UNIDAD	CALICATA
			C-01
Clasificación SUCS		E-01	SM
Capacidad de carga última	Q	tn/m ²	17.80
Ancho de cimentación	B	m	1
Relación de Poisson adoptado	μ		0.15
Factor de influencia	If	cm/m	82
Módulo de Young adoptado	Es	tn/m ²	5000.00
Asentamiento Diferencial calculado	Si	cm	0.29

Teniendo en consideración que el asentamiento permisible es 1".
 El asentamiento diferencial rápido a producirse es menor que el máximo permisible: $S_i < S_p$.

7. Evaluación de Agresividad del suelo.

Los suelos bajo el cual se cimienta toda estructura tienen un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos y cloruros principalmente).

Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero.

Sólo considera el ataque externo por suelos y aguas subterráneas y no toma en cuenta ningún otro tipo de agresión.



Ing. Civil SIMON ORDOÑO FAURO
 CIP. 54333

Presencia en el suelo de:	ppm	Grado de alteración	Observación
*Sulfatos	0-1000 1000-2000 2000-20,000 >20,000	Leve Moderado Severo Muy Severo	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
**Cloruros	>6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos Metálicos
**Sales Solubles	>15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación

*Comité 318-83 ACI

**Experiencia existente

Tipo de cemento requerido para el concreto expuesto al ataque de los sulfatos

Grado de ataque de los sulfatos	Porcentaje de sulfatos solubles (SO ₄) en la muestra de suelo (%)	Partes por millón de sulfatos (SO ₄) en agua (p.p.m.)	Tipo de cemento	Relación agua/cemento máxima (concreto normal)
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	I	
Moderado	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II	0.50
Agresivo	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45
Muy Agresivo	> de 2.00	> 10,000	V + puzolana	0.45

P.C.A. Asociación Cemento Portland

Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua subterránea que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar o presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias, inundaciones, etc.).

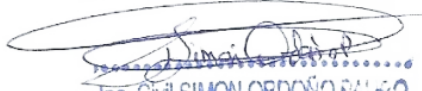
Resultados de los ensayos químicos, sobre muestras de suelos, en ppm, se presentan a continuación.

ESTRUCTURA	Código Calicata	Prof. (m)	Cloruros (mg/kg)	Sulfatos (mg/kg)	Sales Solubles (mg/kg)	Observaciones		
						Cloruros	Sulfatos	Sales Solubles
Terreno de fundación	C-1 E-1	1.70	2 864	13 532	22 500	No Perjudicial	Severo	Perjudicial

De acuerdo al contenido de sulfatos de todas las exploraciones realizadas; se recomienda la utilización del **cemento tipo V**. Y por el contenido de cloruros y sales solubles totales, si existe peligro de alteración y corrosión del acero.

8. Calculo de Capacidad de Carga Admisible

Realizado los ensayos de corte directo para la determinación del ángulo de fricción interna de los medios incoherente y cohesión (θ , C); tomando en cuenta el peso específico del suelo natural, la estimación de la profundidad de desplante, el ancho de la cimentación, aplicados los coeficientes de carga y el factor de seguridad 3 (zona altamente sísmica) en la ecuación de Terzaghi y modificados por Meyerhof, se ha determinado las capacidades de carga admisibles, para las obras de arte: captación, reservorio y acueducto; cuyos resultados se muestran en el cuadro de análisis siguiente:


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALERO
 CIP. 54303

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA RECTANGULAR

DESCRIPCION	UNIDAD	C-1 E-1	C-1 E-1
Terreno de Ubicación		Fundación Zapata Cuadrada	Fundación Cimentación corrida
Angulo de fricción interna, ϕ	ϕ°	30.2	30.2
Cohesión, c	kg/cm2	0.0004	0.0004
Compacidad		Media	Media

PARAMETROS

DESCRIPCION	UNIDAD	C-01, E-01	C-01, E-01
Terrreno de fundación Estructura		Fundación Zapata Cuadrada	Fundación Cimentacion corrida
Profundidad de desplante (Df)	cm	120	60
Ancho de cimentación (B)	cm	100	60
Densidad Natural Global "in situ" (Dn)	gr/cm3	1.681	1.681
Coficiente de carga (Nq)		18.82	18.82
Coficiente de carga (N γ)		23.08	23.08
Coficiente de carga (Nc)		30.63	30.63
Factor de seguridad		3.00	3.00
Capacidad de carga admisible (qa)	(Kg/cm2)	1.79	1.02

Capacidad de carga última, qu =	$cNcSc + \gamma DfNq + 0.5\gamma B\gamma SN\gamma$
---------------------------------	--

Dónde:

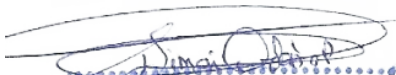
- c = cohesión
- γ = peso específico del suelo
- B = ancho de cimentación
- Df = profundidad del desplante
- Factor de carga**
- $Nq = \text{Tang}^2(45^\circ + \phi/2) \text{epi tang}\phi$
- $N\gamma = (Nq + 1) \gamma \text{ tang}\phi$
- $Nc = (Nq - 1) \text{cotg}\phi$

Factores de forma o de Geometría

- Sc = 1.30
- S γ = 0.80

9. Conclusiones y Recomendaciones.

1. El proyecto, se ubica geológicamente en la carta 35-u Moquegua,; del sistema cuaternarios, Serie Reciente, perteneciente a la formación Aluvio Coluviales (Q-al).
2. De acuerdo a la Norma Técnica E - 030 de Diseño Sismo Resistente, el terreno y considerando las condiciones del sitio observadas, al proyecto le corresponden los siguientes parámetros:


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALERO
 CIP. 54303

Vivienda de cuatro Niveles		
Zona	4	Mapa de zonificación sísmica
Factor de zona (Z)	0.45	Tabla 1
Perfil tipo de suelo	S2	Suelos Intermedios, según clasificación de suelos.
Factor de Amplificación del Suelo	1.20	Tabla 3
Parámetro del suelo	T _P = 0,6 T _L = 2,0	Tabla 4

3. Las capacidades de carga admisibles del terreno de fundación donde se proyecta la edificación, son los siguientes:

Capacidad de carga admisible para zapata cuadrada:

Calicata	Pe(kg/m3)	Ø	C	qa(kg/cm2)
C-01	1.681	30.18	0.0004	1.78

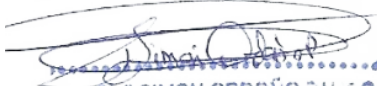
Capacidad de carga admisible para cimiento corrido:

Calicata	Pe(kg/m3)	Ø	C	qa(kg/cm2)
C-01	1.681	30.18	0.0004	1.02

4. De acuerdo a la clasificación SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas del terreno de fundación; califica como de regular a buena calidad como terreno de fundación. El terreno de fundación presenta baja compresibilidad y el asentamiento rápido a producirse es menor que el máximo permisible.
5. Para rellenos estructurales y generales, se recomienda el uso de material propio (Clasificación SUCS: GP-GM), eliminando el material mayor a 3" de diámetro. Para el cálculo del empuje deberá utilizarse el peso específico del material propio en su densidad máxima y humedad óptima, que en el presente caso es: 2240 kg/m³, de acuerdo al ensayo proctor Modificado realizado, con material propio. Se recomienda colocar una base de al menos 0.20 metros de espesor, utilizando material de préstamo granular.
6. Para la producción del concreto se recomienda, el uso de agregados de buena calidad, debiendo dosificarse de acuerdo al diseño de mezclas elaborado por el laboratorio de mecánica de suelos y concretos.
7. De acuerdo al contenido de sulfatos, el grado de alteración que puede ocasionar al concreto es Severo, recomendándose la utilización de cemento tipo V.
8. El abastecimiento del agua para la producción del concreto, se recomienda el uso de agua libre de impurezas perjudiciales.
9. Durante el proceso constructivo, deberá contarse con los servicios de un técnico laboratorista en control y aseguramiento de calidad.

10. Referencias

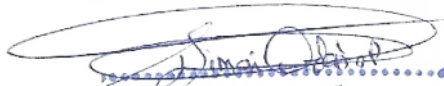
1. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-30 Diseño Sismo Resistente
2. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-50 Suelos y Cimentaciones.
3. Manual de Ensayo de Materiales MTC, edición 2016.
3. Joseph E Bowles, "Foundation Analysis And Design" Ed. McGraw Hill. 4ta Edición.
4. Braja M. Das, "Principios de Ingeniería de Cimentaciones" Thomson Editores. 7ma Edición.
5. Braja M. Das, "Principios de Ingeniería de Cimentaciones" Thomson Editores. 5ta Edición
6. M. Neville. "Tecnología Del Concreto" Editorial Limusa S.A.
7. Astier J.L. Geofísica Aplicada A La Hidrología. Edit. Paraninfo. Madrid 1975.


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALERO
 CIP. 94333

8. Cantos Figuerola J. Geofísica Aplicada, Edit. Omega, Barcelona 1976. Dobrin M.B. Introducción A La Prospección Geofísica, Ed. Omega. Barcelona 1969
9. Griffiths D.H., King R.F. Geofísica Aplicada Para Ingenieros Y Geólogos, Edit. Paraninfo Madrid 1972.
10. Parasnis D.S. Principios De Geofísica Aplicada, Edit. Paraninfo Madrid, España 1971.
11. Svs Ingenieros S.A.C. Proyecto De Exploración Minera El Padrino - Categoría Ii. Estudio De Impacto Ambiental Semidetallado, Agosto 2009.

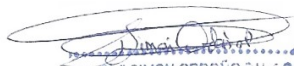
11. Anexos

- ✓ Ensayos Estándar de laboratorio.
- ✓ Ensayos Especiales de laboratorio.
- ✓ Ensayos Químicos de laboratorio.
- ✓ Perfiles Estratigráficos
- ✓ Certificados de Calibración de Equipos


Ing. Civil SIMON ORDOÑO FAJARDO
CIP. 54333



Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio


Ing. Civil SIMON ORDOÑO FAJARDO
CIP. 54333

UBICACION DEL ESTUDIO DE SUELOS

SOLICITANTE: Baldarrago Chipana, Brajan José



ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15, C.P. CHEN CHEN

PROYECTO : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

UBICACIÓN : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

SOLICITANTE : Baldarrago Chipana, Brajan José

FECHA : Moquegua, Abril del 2022

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA RECTANGULAR

DESCRIPCION	UNIDAD	C-1 E-1	C-1 E-1
Terreno de Ubicación		Fundación Zapata Cuadrada	Fundación Cimentacion corrida
Angulo de fricción interna, ϕ	ϕ°	30.2	30.2
Cohesión, c	kg/cm2	0.0004	0.0004
Compacidad		Media	Media

PARAMETROS

DESCRIPCION	UNIDAD	C-01, E-01	C-01, E-01
Terreno de fundación Estructura		Fundación Zapata Cuadrada	Fundación Cimentacion corrida
Profundidad de desplante (Df)	cm	120	60
Ancho de cimentación (B)	cm	100	60
Densidad Natural Global "in situ" (Dn)	gr/cm3	1.681	1.681
Coefficiente de carga (Nq)		18.82	18.82
Coefficiente de carga (N γ)		23.08	23.08
Coefficiente de carga (Nc)		30.63	30.63
Factor de seguridad		3.00	3.00
Capacidad de carga admisible (qa)	(Kg/cm2)	1.79	1.02

$$\text{Capacidad de carga última, } q_u = cN_c S_c + \gamma D_f N_q + \gamma 0.5 B \gamma N_\gamma$$

Donde:

- c = cohesión
- γ = peso específico del suelo
- B = ancho de cimentación
- Df = profundidad del desplante

Factor de carga

$$N_q = \text{Tang}^2(45^\circ + \phi/2) e^{\pi \text{ tang} \phi}$$
$$N_\gamma = (N_q + 1) 2 \text{ tang} \phi$$
$$N_c = (N_q - 1) \text{cotg} \phi$$

Factores de forma y geometria

$$S_c = 1.30$$
$$S_\gamma = 0.80$$


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAUCO
CIP. 54333



PROYECTO : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

UBICACIÓN : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

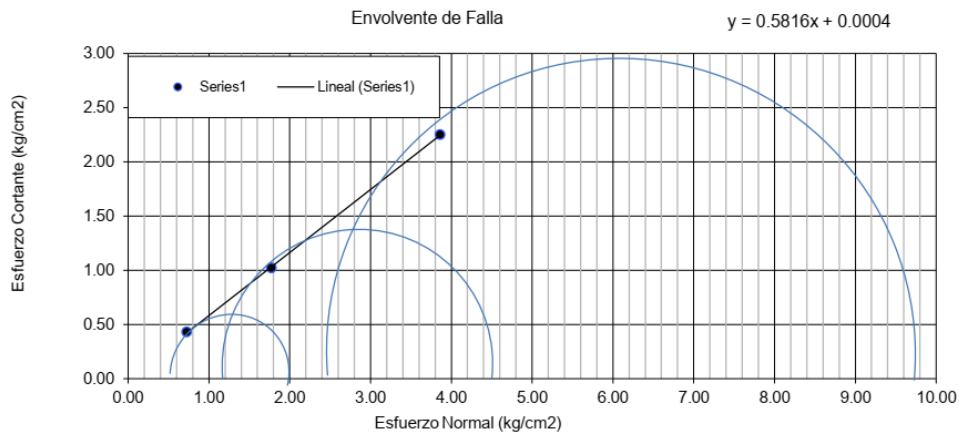
SOLICITANTE : Baldarrago Chipana, Brajan José

FECHA : Moquegua, Abril del 2022

CORTE DIRECTO (CD)

(ASTM D-3080)

Contenido de Humedad	Muestra N°		Calicata C-01	
	Ubicación		Terreno de fundación	
Ensayo N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad Inicial	4.04	4.04	4.04	
Contenido de Humedad Final	17.98	19.57	17.82	
Características de la muestra	Diámetro	5.00		Área
	Altura	2.30		Volumen
				19.635
				45.16
APLICACIONES DE CARGA				
Velocidad de Carga (mm/min)	0.350	0.350	0.350	
Peso de la semi caja superior (kg)	0.033	0.033	0.033	
Peso del Pistón de Carga (kg)	0.036	0.036	0.036	
Carga Normal	14.283	34.803	75.843	
Esfuerzo Normal	0.727	1.773	3.863	
Esfuerzo Tangencial	0.431	1.020	2.251	



Cohesión (kg/cm²) = 0.0004

∅ Residual = 30.18 °

Observaciones: muestra remoldeada


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
 CIP. 54333



ARVU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
ASOCIACIÓN DE VIVIENDA C. VIZCARRA V. A-15 CHEN CHEN
Celular N° 953965527

PROYECTO : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

UBICACIÓN : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

SOLICITANTE : Baldarrago Chipana, Brajan José

FECHA : Moquegua, Abril del 2022

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

EQUIPO/TIPO	: Equipo de Corte Directo/Digital	UBICACIÓN DEL EQUIPO	: Laboratorio ARYU
FABRICANTE	: PINZUAR LTDA.	FECHA DE CALIBRACIÓN	: 25 enero del 2022
MODELO	: PS-107-C	CERTIFICA CALIBRACIÓN	: Punto de Precisión SAC
SERIE	: 138	CERTIFICADO CALIBRACIÓN N°	: LFP-031-2022
CARGA MÁXIMA	: 2 498 N	RELACION DE PIÑONES	: 66/20

PROPIEDADES ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Descripción del suelo:	Grava Limosa Pobremente graduada con Limos	SUCS	GP-GM
	Calicata C-01	AASHTO	A-1-a
		Volumen muestra	45.16
		Densidad natural	1.681
		Peso muestra	75.93

CONTENIDO DE HUMEDAD

Contenido de Humedad Inicial

Ensayo N°	1	2	3	4
N° Recipiente	A-1	A-2	A-3	
Peso Recipiente + Suelo húmedo	500.0	500.0	500.0	
Peso Recipiente + Suelo seco	480.6	480.6	480.6	
Contenido de agua	19.40	19.40	19.40	
Peso Recipiente	0	0	0	
Peso muestra seca	480.6	480.6	480.6	
Humedad	4.04	4.04	4.04	

Contenido de Humedad Final

Ensayo N°	1	2	3	4
N° Recipiente	Tara	Tara	Tara	
Peso Recipiente + Suelo húmedo	75.93	75.93	75.93	
Peso Recipiente + Suelo drenado	86.11	87.27	85.99	
Contenido de agua añadida	10.18	11.34	10.06	
Peso Recipiente	0	0	0	
Peso muestra seca	72.98	72.98	72.98	
Contenido de humedad añadida	13.95	15.54	13.78	
Contenido de humedad al final del ensayo	17.99	19.58	17.82	

Dimensiones de la muestra	Diámetro	5.00	Area	19.63
	Altura	2.30	Volumen	45.16

CARGA NORMAL

Velocidad de Carga (mm/min)	1	1	1	
Peso de filtro metálico superior (kg)	0.033	0.033	0.033	
Peso de la piedra porosa (kg)	0.036	0.036	0.036	
Peso del Pistón de soporte (kg)	0.233	0.233	0.233	
Peso placa base de pesas (kg)	3.721	3.721	3.721	
Valor de la pesa (kg)	1	3	7	
Coefficiente de amplificación	10.26	10.26	10.26	
Carga Normal (kg)	14.283	34.803	75.843	

Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALATO
CIP. 54303



ARV E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
ASOCIACIÓN DE VIVIENDA C. VIZCARRA V. A-15 CHEN CHEN
CELULAR Nº 953965527

PROYECTO : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

UBICACIÓN : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

SOLICITANTE : Baldarrago Chipana, Brajan José

FECHA : Moquegua, Abril del 2022

CORTE DIRECTO (CD)

Calicata: C-01

Prueba Nº : 01

tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Esf. Norm.	Esf. Cort.	F Corte	DH	DV
--------	----------	--------	------	----------	---------	------------	------------	---------	----	----

tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Esf. Norm.	Esf. Cort.	F Corte	DH	DV
0.00	5.00	2.30	19.63	14.3	0.00	0.727	0.000	0.00	0.000	0.000
60.00	5.00	2.30	19.63	14.3	3.10	0.727	0.158	3.10	0.250	0.013
120.00	5.00	2.30	19.63	14.3	5.19	0.727	0.264	5.19	0.500	0.025
180.00	5.00	2.30	19.63	14.3	6.41	0.727	0.326	6.41	0.750	0.032
240.00	5.00	2.30	19.63	14.3	7.25	0.727	0.369	7.25	1.000	0.030
300.00	5.00	2.30	19.63	14.3	7.90	0.727	0.402	7.90	1.250	0.033
360.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.41	0.727	0.428	8.41	1.500	0.034
420.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.55	0.727	0.435	8.55	1.750	0.031
480.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.77	0.727	0.447	8.77	2.000	0.032
540.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.00	0.727	0.458	9.00	2.250	0.030
600.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.08	0.727	0.462	9.08	2.500	0.029
660.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.15	0.727	0.466	9.15	2.750	0.032
720.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.22	0.727	0.470	9.22	3.000	0.028
780.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.34	0.727	0.476	9.34	3.250	0.030
840.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.46	0.727	0.482	9.46	3.500	0.031
900.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.50	0.727	0.484	9.50	3.750	0.033
960.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.53	0.727	0.485	9.53	4.000	0.040
1020.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.56	0.727	0.487	9.56	4.250	0.040
1080.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.61	0.727	0.489	9.61	4.500	0.042
1140.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.64	0.727	0.491	9.64	4.750	0.043
1200.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.60	0.727	0.489	9.60	5.000	0.040
1260.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.55	0.727	0.486	9.55	5.250	0.039
1320.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.48	0.727	0.483	9.48	5.500	0.038
1380.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.42	0.727	0.480	9.42	5.750	0.039
1440.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.38	0.727	0.478	9.38	6.000	0.039
1500.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.22	0.727	0.470	9.22	6.250	0.040
1560.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.08	0.727	0.462	9.08	6.500	0.038
1620.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.05	0.727	0.461	9.05	6.750	0.041
1680.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.89	0.727	0.453	8.89	7.000	0.038
1740.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.77	0.727	0.447	8.77	7.250	0.037
1800.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.70	0.727	0.443	8.70	7.500	0.034
1860.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.59	0.727	0.437	8.59	7.750	0.035
1920.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.52	0.727	0.434	8.52	8.000	0.035
1980.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.50	0.727	0.433	8.50	8.250	0.036
2040.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.46	0.727	0.431	8.46	8.500	0.035


Ing. Civil SIMON ORDOÑO FAJARO
CIP. 84303



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
ASOCIACIÓN DE VIVIENDA C. VIZCARRA V. A-15 CHEN CHEN
CELULAR N° 953965527

PROYECTO : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

UBICACIÓN : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

SOLICITANTE : Baldarrago Chipana, Brajan José

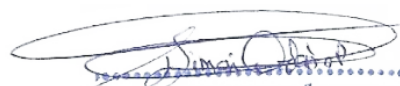
FECHA : Moquegua, Abril del 2022

CORTE DIRECTO (CD)

Calicata: C-01

Prueba N° : 02

					Kg		Kg	mm	mm	
Tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Est. Norm.	Est. Cort.	F Corte	DH	DV
0.00	5.00	2.30	19.63	34.8	0.00	1.773	0.000	0.00	0.000	0.000
60.00	5.00	2.30	19.63	34.8	6.70	1.773	0.341	6.70	0.250	0.019
120.00	5.00	2.30	19.63	34.8	10.77	1.773	0.549	10.77	0.500	0.055
180.00	5.00	2.30	19.63	34.8	13.55	1.773	0.690	13.55	0.750	0.072
240.00	5.00	2.30	19.63	34.8	15.69	1.773	0.799	15.69	1.000	0.090
300.00	5.00	2.30	19.63	34.8	16.95	1.773	0.863	16.95	1.250	0.106
360.00	5.00	2.30	19.63	34.8	17.90	1.773	0.912	17.90	1.500	0.113
420.00	5.00	2.30	19.63	34.8	18.69	1.773	0.952	18.69	1.750	0.122
480.00	5.00	2.30	19.63	34.8	19.65	1.773	1.001	19.65	2.000	0.129
540.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.25	1.773	1.031	20.25	2.250	0.135
600.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.50	1.773	1.044	20.50	2.500	0.140
660.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.65	1.773	1.052	20.65	2.750	0.142
720.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.91	1.773	1.065	20.91	3.000	0.144
780.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.88	1.773	1.063	20.88	3.250	0.145
840.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.00	1.773	1.070	21.00	3.500	0.147
900.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.05	1.773	1.072	21.05	3.750	0.150
960.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.19	1.773	1.079	21.19	4.000	0.151
1020.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.28	1.773	1.084	21.28	4.250	0.152
1080.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.30	1.773	1.085	21.30	4.500	0.151
1140.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.30	1.773	1.085	21.30	4.750	0.151
1200.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.25	1.773	1.082	21.25	5.000	0.156
1260.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.22	1.773	1.081	21.22	5.250	0.162
1320.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.13	1.773	1.076	21.13	5.500	0.162
1380.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.00	1.773	1.070	21.00	5.750	0.164
1440.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.91	1.773	1.065	20.91	6.000	0.168
1500.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.78	1.773	1.058	20.78	6.250	0.172
1560.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.61	1.773	1.050	20.61	6.500	0.179
1620.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.53	1.773	1.046	20.53	6.750	0.182
1680.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.49	1.773	1.044	20.49	7.000	0.188
1740.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.34	1.773	1.036	20.34	7.250	0.190
1800.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.42	1.773	1.040	20.42	7.500	0.194
1860.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.31	1.773	1.034	20.31	7.750	0.197
1920.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.22	1.773	1.030	20.22	8.000	0.196
1980.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.15	1.773	1.026	20.15	8.250	0.195
2040.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.03	1.773	1.020	20.03	8.500	0.196


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALCO
CIP. 8433J



ARVU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
ASOCIACIÓN DE VIVIENDA C. VIZCARRA V. A-15 CHEN CHEN
CELULAR N° 953965527

PROYECTO : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

UBICACIÓN : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

SOLICITANTE : Baldarrago Chipana, Brajan José

FECHA : Moquegua, Abril del 2022

CORTE DIRECTO (CD)

Calicata: C-01

Prueba N° : 03

					Kg			Kg	mm	mm
Tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Esf. Norm.	Esf. Cort.	F Corte	DH	DV
0.00	5.00	2.30	19.63	75.8	0.00	3.863	0.000	0.00	0.000	0.000
60.00	5.00	2.30	19.63	75.8	9.78	3.863	0.498	9.78	0.250	0.055
120.00	5.00	2.30	19.63	75.8	15.55	3.863	0.792	15.55	0.500	0.088
180.00	5.00	2.30	19.63	75.8	20.72	3.863	1.055	20.72	0.750	0.110
240.00	5.00	2.30	19.63	75.8	24.69	3.863	1.257	24.69	1.000	0.135
300.00	5.00	2.30	19.63	75.8	28.00	3.863	1.426	28.00	1.250	0.167
360.00	5.00	2.30	19.63	75.8	30.67	3.863	1.562	30.67	1.500	0.179
420.00	5.00	2.30	19.63	75.8	33.01	3.863	1.681	33.01	1.750	0.197
480.00	5.00	2.30	19.63	75.8	34.38	3.863	1.751	34.38	2.000	0.217
540.00	5.00	2.30	19.63	75.8	35.71	3.863	1.819	35.71	2.250	0.229
600.00	5.00	2.30	19.63	75.8	36.59	3.863	1.864	36.59	2.500	0.234
660.00	5.00	2.30	19.63	75.8	37.46	3.863	1.908	37.46	2.750	0.253
720.00	5.00	2.30	19.63	75.8	38.59	3.863	1.965	38.59	3.000	0.267
780.00	5.00	2.30	19.63	75.8	39.15	3.863	1.994	39.15	3.250	0.270
840.00	5.00	2.30	19.63	75.8	39.61	3.863	2.017	39.61	3.500	0.280
900.00	5.00	2.30	19.63	75.8	40.26	3.863	2.050	40.26	3.750	0.284
960.00	5.00	2.30	19.63	75.8	40.80	3.863	2.078	40.80	4.000	0.294
1020.00	5.00	2.30	19.63	75.8	41.46	3.863	2.112	41.46	4.250	0.302
1080.00	5.00	2.30	19.63	75.8	42.00	3.863	2.139	42.00	4.500	0.305
1140.00	5.00	2.30	19.63	75.8	42.46	3.863	2.162	42.46	4.750	0.307
1200.00	5.00	2.30	19.63	75.8	42.70	3.863	2.175	42.70	5.000	0.311
1260.00	5.00	2.30	19.63	75.8	42.99	3.863	2.189	42.99	5.250	0.317
1320.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.11	3.863	2.196	43.11	5.500	0.322
1380.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.22	3.863	2.201	43.22	5.750	0.326
1440.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.46	3.863	2.213	43.46	6.000	0.324
1500.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.79	3.863	2.230	43.79	6.250	0.325
1560.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.88	3.863	2.235	43.88	6.500	0.325
1620.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.03	3.863	2.242	44.03	6.750	0.327
1680.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.11	3.863	2.247	44.11	7.000	0.324
1740.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.13	3.863	2.248	44.13	7.250	0.322
1800.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.28	3.863	2.255	44.28	7.500	0.324
1860.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.26	3.863	2.254	44.26	7.750	0.323
1920.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.21	3.863	2.252	44.21	8.000	0.326
1980.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.23	3.863	2.253	44.23	8.250	0.323
2040.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.20	3.863	2.251	44.20	8.500	0.322

Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PÁEZ
CIP. 54303



LABORATORIO DE ENSAYO ROEL CyMA EIRL

INFORME DE ENSAYO N°S-032/2022

Página 1 de 6

Ensayo: NTP 339.127:1998 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

Proyecto	:	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua			
Ubicación	:	E:296021, N:8097745	Color	:	Marron Oliva Oscuro
Solicitante	:	Baldarrago Chipana, Brajan José	Fecha	:	Abril 2022
Dirección	:	Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio	Ensayado en	:	Lab. ROEL CYMA E.I.R.L.
Cantera	:	Material Propio	Código Muestra	:	C-01, E-01
Sondeo	:	Calicata	Tipo de Muestra	:	Suelo
Profundidad	:	1.70 m	Condición	:	Muestra Alterada

Peso del Suelo Humedo + Capsula	512.00	gr
Peso del Suelo Seco + Capsula	492.10	gr
Peso de la Capsula	0.00	gr
Peso del Suelo seco	492.10	gr
Peso del Agua	19.90	gr
Contenido de Humedad	4.04	%


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 54333

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad. Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CYMA E.I.R.L. Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

LABORATORIO DE ENSAYO ROEL CyMA EIRL
INFORME DE ENSAYO N°S-032/2022
Página 2 de 6

Ensayo: NTP 339.131:1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo. 1ª Edición

Proyecto	:	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua		
Ubicación	:	E:296021, N:8097745		
Solicitante	:	Baldarrago Chipana, Brajan José	Fecha	: Abril 2022
Dirección	:	Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio	Ensayado en	: Lab. ROEL CYMA E.I.R.L.
Cantera	:	Material Propio	Código Muestra	: C-01, E-01
Sondeo	:	Calicata	Condición	: Muestra Alterada
Profundidad	:	1.70 m	Pasante malla # 4 (%)	: 36.1

Masa del Picnometro	g	170.68	170.68
Mf Ma masa del picnometro + agua a Ti	g	668.59	668.59
Ti observada	°C	26.5	26.5
Densidad del agua a Ti	g/cm3	0.9968156	0.9968156
Densidad del agua a Tx	g/cm3	0.9986244	0.9986244
Densidad del agua a T=20°C	g/cm3	0.9982343	0.9982343
Ma Masa del picnometro + agua a Tx	g	669.49	669.49
Mo Masa de la muestra de suelo seco al horno	g	50	50
Mb Masa del picnometro lleno con agua y suelo a la Tx, en gramos	g	699.79	699.79
Tx Temperatura del agua en Mb	°C	19.0	20.0
Peso Especifico a Tx	g/cm3	2.54	2.54
Peso Especifico (Tx/20°C)	g/cm3	2.538	2.538


Gravedad especifica Tx/20°C (g/cm3)	± 0.03	2.538
--	--------	--------------

Ensayo: Peso Especifico (ASTM D-854)

Características

Peso muestra sumergida	156.00	gr.
Peso muestra húmeda (Sup. Seca)	262.00	gr.
Peso muestra seca	256.00	gr.

Peso específico aparente	2.560	gr. / cm3
Peso específico masivo (BULK)	2.415	gr. / cm3
Peso específico sat. (Sup. Seca)	2.472	gr. / cm3



Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALATO
CIP. 54333

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad
Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CYMA E.I.R.L.
Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

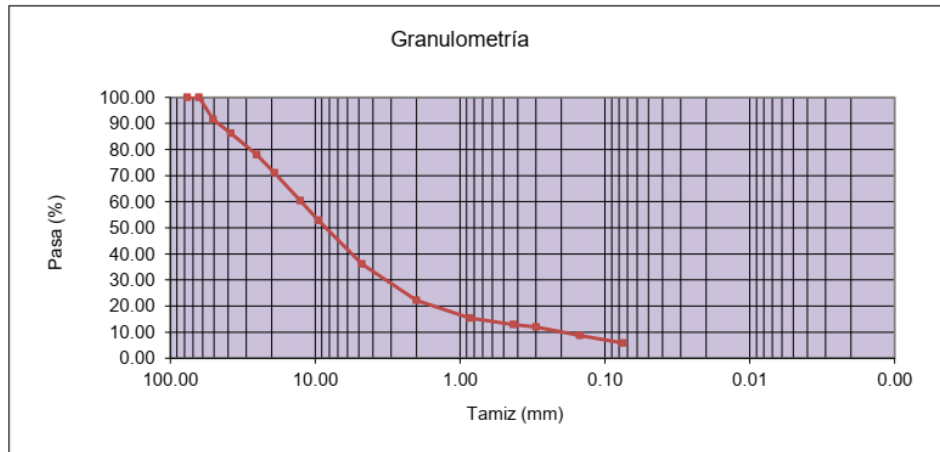
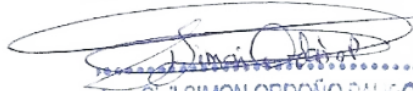
LABORATORIO DE ENSAYO ROEL CyMA EIRL
INFORME DE ENSAYO N°S-032/2022
 Página 3 de 6

Ensayo: NTP 339.128:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico

Proyecto	:	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua			
Ubicación	:	E:296021, N:8097745			
Solicitante	:	Baldarrago Chipana, Brajan José	Fecha	:	Abril 2022
Dirección	:	Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio	Ensayado en	:	Lab. ROEL CYMA E.I.R.L.
Cantera	:	Material Propio	Código Muestra	:	C-01, E-01
Sondeo	:	Calicata	Tipo de Muestra	:	Suelo
Profundidad	:	1.70 m	Condición	:	Muestra Alterada

TAMIZ	Diametro	Peso Retenido (g)	% Peso Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasante
Nombre	mm				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	943.54	8.48	8.48	91.52
1 1/2"	38.10	582.92	5.24	13.72	86.28
1"	25.40	917.61	8.25	21.97	78.03
3/4"	19.05	784.08	7.05	29.02	70.98
1/2"	12.70	1180.18	10.61	39.62	60.38
3/8"	9.53	849.75	7.64	47.26	52.74
N° 4	4.76	1854.00	16.66	63.93	36.07
N° 10	2.00	1548.31	13.92	77.84	22.16
N° 20	0.850	763.94	6.87	84.71	15.29
N° 40	0.426	264.53	2.38	87.09	12.91
N° 50	0.297	112.15	1.01	88.10	11.90
N° 100	0.149	355.21	3.19	91.29	8.71
N° 200	0.075	320.44	2.88	94.17	5.83
< N° 200		648.72	5.83	100.00	0.00

Fracciones		
Grava	:	63.93 %
Arena	:	30.24 %
Finos	:	5.83 %
D60	:	12.54 mm
D30	:	3.56 mm
D10	:	0.21 mm
Cu	:	60.09
Cc	:	4.83
Limite Liquido	:	24.60 %
Limite Plastico	:	21.46 %
I. de Plasticidad	:	3.14
Clasificación		
AASHTO:	:	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena
SUCS:	:	Grava mal graduada con limo con arena GP-GM



 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 54333

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad. Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CYMA E.I.R.L. Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

Ensayo: NTP 339.129:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

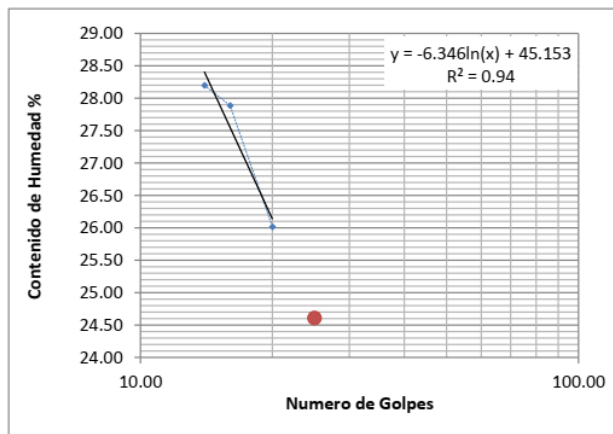
Proyecto	:	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua	Fecha	:	Abril 2022
Ubicación	:	E:296021, N:8097745	Ensayado en	:	Lab. ROEL CYMA E.I.R.L.
Solicitante	:	Baldarrago Chipana, Brajan José	Código Muestra	:	C-01, E-01
Dirección	:	Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio	Tipo de Muestra	:	Suelo
Cantera	:	Material Propio	Condición	:	Muestra Alterada
Sondeo	:	Calicata			
Profundidad	:	1.70 m			

Determinación del Límite Líquido

Descripción	B-1	B-2	B-3
Peso del Suelo Humedo + Capsula	36.99	37.05	35.69
Peso del Suelo Seco + Capsula	32.89	33.09	32.11
Peso de la Capsula	18.35	18.89	18.35
Peso del Suelo seco	14.54	14.20	13.76
Peso del Agua	4.10	3.96	3.58
Contenido de Humedad	28.20	27.89	26.02
Numero de Golpes	14	16	20

Límite Plástico

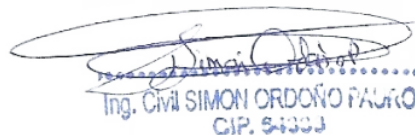
B-4	B-5	B-6
25.19	26.08	
23.81	24.58	
17.42	17.54	
6.39	7.04	
1.38	1.5	
21.60	21.31	



Ranurador Utilizado	Metalico
Equipo de Rolado en LP	Manual
Retenido Aprox N° 40 (%)	87.09

Cuadro de Resultados

Límite Líquido (LL) (%)	24.60
Límite Plástico (LP) (%)	21.46
Índice de Plasticidad (IP) (%)	3.14



Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 94333

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad

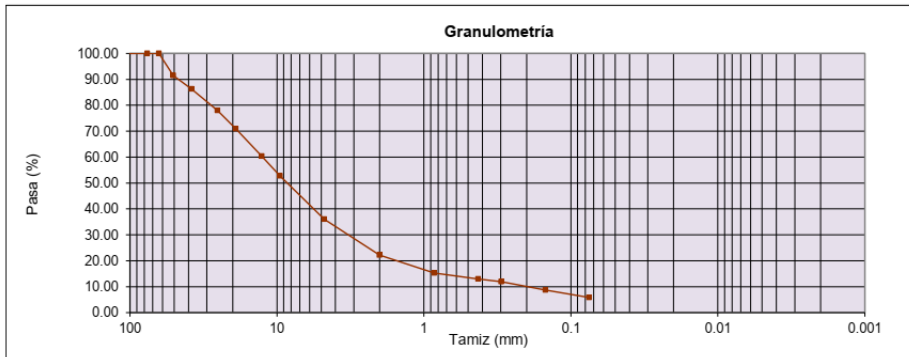
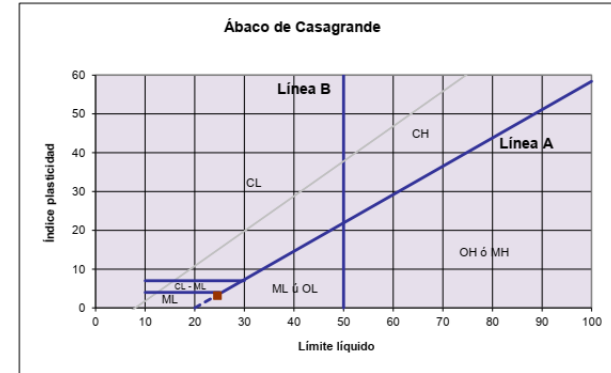
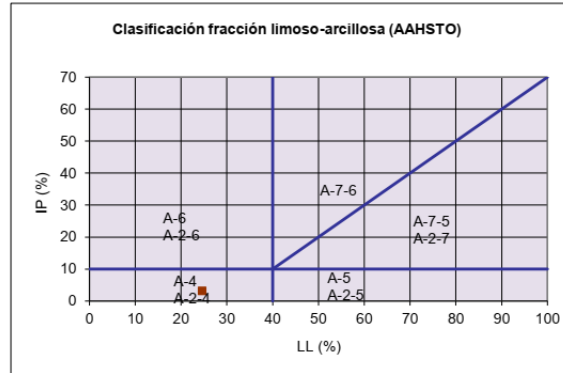
Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CYMA E.I.R.L.

Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

Ensayo: NTP 339.135 Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte (Clasificación AASHTO), NTP 339.134:1999 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)


Proyecto:	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua		
Ubicación:	E:296021, N:8097745	Dirección :	Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio
Cantera:	Material Propio	Condición Inicial:	Muestra Alterada
Solicita:	Baldarrago Chipana, Brajan José	Tipo de material:	Suelo
		Código muestra :	C-01, E-01
		Ensayado en :	Lab. ROEL CYMA E.I.R.L.
		Fecha de Ensayo:	Abril 2022

Tamiz	Pasa (%)
Nombre	(mm)
4"	125
3"	76.20
2 1/2"	63.50
2"	50.80
1 1/2"	38.10
1"	25.40
3/4"	19.05
1/2"	12.70
3/8"	9.53
N° 4	4.76
N° 10	2.00
N° 20	0.85
N° 40	0.43
N° 50	0.30
N° 100	0.15
N° 200	0.08
< N° 200	0.00



Pass # 4:	36.07	%	LL:	24.60	%
Pass # 200:	5.83	%	LP:	21.46	%
D60:	12.54	mm	IP:	3.14	
D30:	3.56	mm	Cu:	60.1	
D10:	0.21	mm	Cc:	4.8	

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble). Grava mal graduada con limo con arena GP-GM
Clasificación AASHTO Material granular Excelente a bueno como subgrado A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena


 Ing. Civil SIMON ORDONÓ PÁJARO
 CIP. 84333

Condiciones de uso del informe de ensayos:
 El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad. Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CYMA E.I.R.L. Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

Ensayo: NTP 339.143:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo Estandar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el metodo del cono de arena

Proyecto : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

Ubicación : E:296021, N:8097745 Ensayado en : Campo

Solicitante : Baldarrago Chipana, Brajan José Fecha de Ensayo : Abril 2022

Dirección : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio Código Muestra : C-01, E-01

Cantera : Material Propio Profundidad : 1.70 m


Sondeo : Calicata

Item	Descripcion	Unidades	1	2
1	Peso Suelo + Tara	g	1884	
2	Tara	g	0	
3	Peso de Arena + Frasco + Cono	g	6258	
4	Peso de Arena Remanente + Frasco + Cono	g	2930	
5	Peso Neto Suelo	g	1884	
6	Peso Neto de Arena Empleada	g	3328	
7	Volumen del Hoyo	cm3	1095.5	
8	Desnsidad Humeda del Suelo en campo	g/cm3	1.720	
9	Contenido de Humedad	%	2.28	
9	Densidad seca del suelo en campo	g/cm3	1.681	
10	Peso Unitario seco en campo	kN/m3	16.489	

Arena Calibrada	
Codigo de Equipo:	
Peso Arena cono:	1704.4 g
Vol Cono:	1149.8 cm3
Densidad Arena:	1.482 g/cm3

Porcentaje de Humedad: NTP 339.127:1998 (revisada el 2014)

11	Peso de Muestra Humeda + capsula	g	1884	
12	Peso de Muestra seca + capsula	g	1842	
13	Peso de Capsula	g	0	
14	Contenido de Humedad	%	2.28	



Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAUCO
 CIP. 54333

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad
 Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CYMA E.I.R.L.
 Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

NTP 339.178 2002 (revisada el 2015) SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.

Proyecto : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

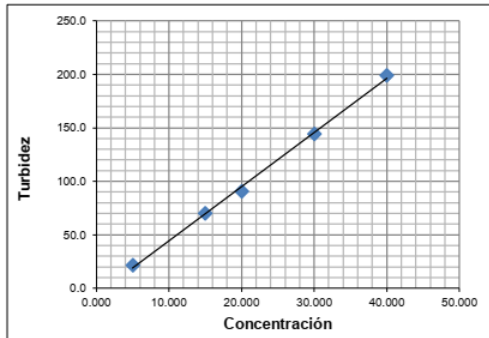
Solicitante : Baldarrago Chipana, Brajan José

Fecha de Ensayo: 22/04/2022

Dirección : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio

Ensayado en: ROEL CyMA EIRL.

DESCRIPCION	UNIDAD	C-01, E-1
Coordenadas de Ubicacion	UTM	E:296021, N:8097745
Fecha de Muestreo	dd/mm/aa	20/04/2022
Peso de la muestra seca	g	50.00
volumen de extractante (agua)	ml	150.00
Alicuota	ml	1.00
Volumen final	ml	100.00
Lectura blanco Turbidimetro	NTU	0.80
Lectura Muestra Turbidimetro	NTU	223.00
Contenido de Sulfatos (SO4)	mg/Kg	13532



Nombre / Código	Concentración (mg/L)	Turbidez (NTU)	Turbidez (corregida)
Bk-Cal	0.0	0.930	0.000
Std-Cal N° 1	5.0	22.30	21.37
Std-Cal N° 2	15.0	71.00	70.07
Std-Cal N° 3	20.0	91.70	90.77
Std-Cal N° 4	30.0	145.00	144.07
Std-Cal N° 5	40.0	200.00	199.07

K	=	-6.4519	Verificar si:
m	=	5.0692	R ² ≥ 0.995
R ²	=	0.9982	Cumple


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 54303

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad

Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CyMA EIRL

Cualquier enmienda en el documento lo invalida.



ROEL CYMA EIRL
SERVICIOS DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO ROEL CyMA EIRL

INFORME DE ENSAYO N°S-033/2022

Página 2 de 3

NTP 339.177 2002 (revisada el 2015) SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea

Proyecto : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

Solicitante : Baldarrago Chipana, Brajan José Fecha de Ensayo: 22/04/2022

Dirección : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio Ensayado en: ROEL CyMA EIRL.

DESCRIPCION	UNIDAD	C-01, E-1
Coordenadas de Ubicacion	UTM	E:296021, N:8097745
Fecha de Muestreo	dd/mm/aa	20/04/2022
Peso de la muestra seca	g	50.00
Volumen de extractante (agua)	ml	150.00
Alicuota dilución	ml	1.00
Volumen final dilución	ml	1.00
Volumen de muestra a titular	ml	10.00
Volumen gasto titulación muestra	ml	10.20
Volumen gasto titulación blanco	ml	0.30
Solucion estandar de Cl ⁻ (1 mg/ml)	ml	10.00
Solucion de AgNO ₃ eq. (1 ml / 1 mg Cl ⁻)	ml	10.37
Título	mg/ml	0.9643
Contenido de Cloruros	mg/Kg	2864


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 84303

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad
Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CyMA EIRL
Cualquier enmienda en el documento lo invalida.


NTP 339.152 2002 (revisada el 2015) SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.

Proyecto : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

Solicitante : Baldárrago Chipana, Brajan José Fecha de Ensayo: 22/04/2022

Dirección : Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio Ensayado en: ROEL CyMA EIRL.

DESCRIPCION	UNIDAD	C-01, E-1
Coordenadas de Ubicación	UTM	E:296021, N:8097745
Fecha de Muestreo	dd/mm/aa	20/04/2022
Peso de la muestra seca	g	50.00
Volumen de extractante (agua)	ml	150.00
Volumen de Alicuota	ml	10.00
Peso Crisol	g	124.694
Peso crisol + muestra seca	g	124.769
Contenido de Sales Solubles	mg/Kg	22500



Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 54303

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad

Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CyMA EIRL

Cualquier enmienda en el documento lo invalida.


ROEL CYMA EIRL
 SERVICIOS DE CALIDAD
LABORATORIO DE ENSAYO ROEL CyMA EIRL
PERFIL ESTRATIGRAFICO C - 01

Proyecto : Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua

Ubicación : E:296021, N:8097745 San Antonio

Solicitante : Baldarrago Chipana, Brajan José

Dirección

: Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33
: San Antonio

Sondeo : Calicata

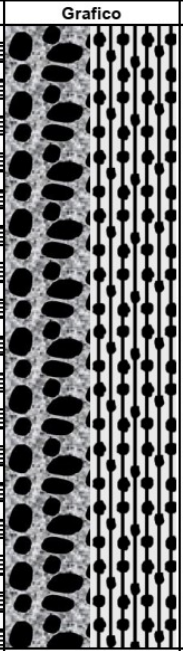

Código Calicata

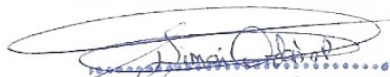
: C-01

Profundidad : 1.70 m.

Fecha de Exploracion

: Abril - 2022

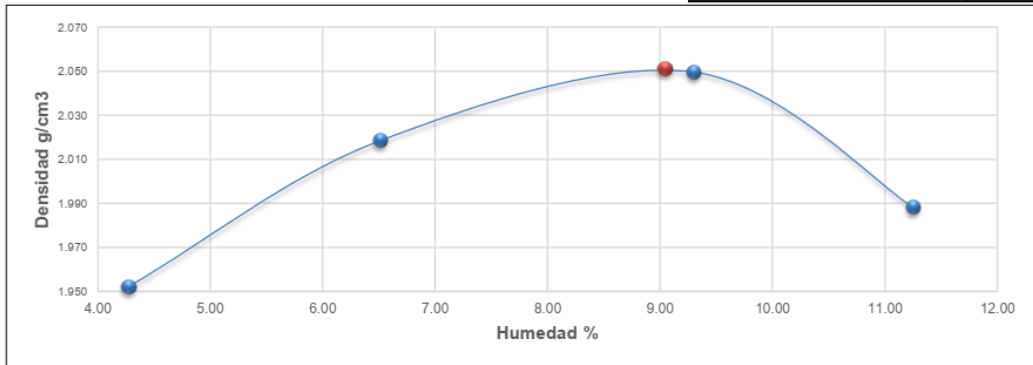

Prof. (cm)	Grafico	SUCS	Descripcion del Suelo	
10		GP-GM		<p>Conformado por gravas limosas pobremente graduadas con arenas, con finos limosos de baja plasticidad, de color marron oliva oscuro y medianamente humedo, se observa la presencia de bolonera en aproximadamente 50% de tamaño maximo de 14" de diametro a partir de 1.45 metros de profundidad. Presenta una compactad suelta superficialmente incrementandose a medida que se profundiza.</p> <p>Material de Origen relleno atuvio coluvial</p> <p>A la profundidad maxima no se hubico nivel freatico</p>
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
110				
120				
130				
140				
150				
160				
170				
180				
190				
200				
210				
220				
230				
240				
250				
260				
270				
280				
290				
300				
310				
320				


 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 5433J

Proctor Modificado ASTM D-1557

Proyecto	:	Vulnerabilidad de edificaciones sobre suelos blandos ante resonancia sísmica en el distrito de san Antonio Moquegua			
Ubicación	:	E:296021, N:8097745			
Solicitante	:	Baldarrago Chipana, Brajan José	Fecha de Ensayo	:	Abril 2022
Dirección	:	Urb. López Albújar Mz. 7-Lt.33 – San Antonio	Ensayado en	:	ROEL CyMA EIRL.
Cantera	:	Material Propio	Código Muestra	:	C-01, E-01
Sondeo	:	Calicata	Profundidad	:	1.70 m.
Tipo de Muestra	:	Suelo	Condición	:	Muestra Alterada
N° de Golpes por capa	:	56	Altura	:	11.65
N° Capas	:	5	Diametro	:	15.27
Peso del Martillo	:	10 lbs	Volumen	:	2124.0

DESCRIPCION		1	2	3	4	5	6	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso de capsula	g.	0.00	0.00	0.00	0.00			
Peso de capsula + suelo humeda	g.	427.88	419.33	405.69	441.77			
Peso de capsula + suelo seco	g.	410.37	393.71	371.20	397.11			
Peso de agua	g.	17.51	25.62	34.49	44.66			
Peso de suelo seco	g.	410.37	393.71	371.20	397.11			
Contenido de humedad	%	4.27	6.51	9.29	11.25			
DETERMINACION DE LA DENSIDAD								
Contenido de humedad	%	4.27	6.51	9.29	11.25			
Peso del molde + suelo	g.	10691	10934	11126	11066			
Peso del molde	g.	6368	6368	6368	6368			
Peso del suelo	g.	4323	4566	4758	4698			
Densidad Humeda	g/cm3	2.035	2.150	2.240	2.212			
Densidad Seca	g/cm3	1.952	2.018	2.050	1.988			
						Densidad Maxima	g/cm3	2.051
						Humedad Optima	%	9.04

Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 64333

Condiciones de uso del informe de ensayos:

El presente informe es válido solo a las muestras analizadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto como certificado del sistema de calidad. Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de ROEL CyMA EIRL. Cualquier enmienda en el documento lo invalida.

Anexo 5: Certificados de calibración de equipos



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 03843 - 2022

PROFORMA : 1329A Fecha de emisión : 2022-03-10

SOLICITANTE : ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.
Dirección : AV. EJERCITO MZA. Ñ LOTE. 32 MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
N° de Serie : 8339450115
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 1 g
División de Verificación : 1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 50 g
Procedencia : CHINA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Variación de ΔT Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2022-03-08

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Certificado de Calibración
TC - 03843 - 2022

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2021 Agosto 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-134-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-135-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	No Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	No Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	No Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

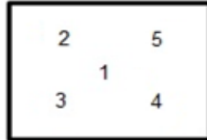
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,7 °C
Humedad Relativa	63 %	62 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	15 000	0,6	-0,1	1	30 000	30 000	0,6	-0,1
2		15 000	0,5	0,0	2		30 000	0,6	-0,1
3		15 000	0,5	0,0	3		30 000	0,6	-0,1
4		15 000	0,5	0,0	4		30 001	0,9	0,6
5		15 001	0,9	0,6	5		30 001	0,9	0,6
6		15 000	0,5	0,0	6		30 000	0,5	0,0
7		15 001	0,9	0,6	7		30 000	0,6	-0,1
8		15 000	0,5	0,0	8		30 000	0,6	-0,1
9		15 000	0,6	-0,1	9		30 001	0,9	0,6
10		15 000	0,6	-0,1	10		30 000	0,5	0,0
Emáx - Emín (g)				0,7	Emáx - Emín (g)				0,7
error máximo permitido ($\pm g$)				2,0	error máximo permitido ($\pm g$)				3,0



Certificado de Calibración
TC - 03843 - 2022



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,7 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	62 %	63 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	10	10	0,6	-0,1	10 000	10 000	0,5	0,0	0,1	2,0
2		10	0,7	-0,2		10 001	0,8	0,7	0,9	
3		10	0,6	-0,1		10 000	0,6	-0,1	0,0	
4		10	0,5	0,0		10 000	0,6	-0,1	-0,1	
5		10	0,7	-0,2		10 001	0,9	0,6	0,8	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,7	-0,2						
50	50	0,7	-0,2	0,0	50	0,7	-0,2	0,0	1,0
3 000	3 000	0,6	-0,1	0,1	3 000	0,6	-0,1	0,1	1,0
6 000	6 000	0,7	-0,2	0,0	6 000	0,6	-0,1	0,1	2,0
8 000	8 000	0,6	-0,1	0,1	8 000	0,6	-0,1	0,1	2,0
10 000	10 001	0,6	0,9	1,1	10 000	0,5	0,0	0,2	2,0
12 000	12 000	0,9	-0,4	-0,2	12 000	0,6	-0,1	0,1	2,0
15 000	15 000	0,6	-0,1	0,1	15 000	0,5	0,0	0,2	2,0
20 000	20 000	0,6	-0,1	0,1	20 000	0,5	0,0	0,2	2,0
25 000	25 000	0,5	0,0	0,2	25 000	0,5	0,0	0,2	3,0
30 000	30 000	0,6	-0,1	0,1	30 000	0,6	-0,1	0,1	3,0

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
ΔL : Carga adicional
E : Error del instrumento
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R - 7,95 \times 10^{-6} \times R$
Incertidumbre Expandida	:	$U_R = 2 \times \sqrt{3,41 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 6,48 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 29 994 g para una carga de valor nominal 30000 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 03844 - 2022

PROFORMA : 1329A Fecha de emisión : 2022-03-10

SOLICITANTE : ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.
Dirección : AV. EJERCITO MZA. N° LOTE. 32 MOQUEGUA - MARISCAL
NIETO - MOQUEGUA

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : DIGITAL PRECISION
Modelo : YP-B20002
N° de Serie : No Indica
Capacidad Máxima : 2000 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,01 g
Clase de Exactitud : I
Capacidad Mínima : 1 g
Procedencia : No Indica
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Variación de ΔT Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2022-03-08

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Certificado de Calibración
TC - 03844 - 2022

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2021 Agosto 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-134-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-135-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	No Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	No Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	No Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

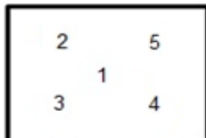
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	68 %	67 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 000,000	1 000,00	6	-1	1	2 000,000	1 999,99	5	-10
2		1 000,00	6	-1	2		1 999,99	5	-10
3		999,99	2	-7	3		1 999,99	5	-10
4		1 000,00	5	0	4		1 999,99	5	-10
5		1 000,00	6	-1	5		1 999,98	2	-17
6		1 000,00	6	-1	6		1 999,99	6	-11
7		999,99	2	-7	7		1 999,99	5	-10
8		1 000,00	6	-1	8		1 999,98	2	-17
9		1 000,00	6	-1	9		1 999,99	5	-10
10		1 000,00	5	0	10		1 999,99	6	-11
Emáx - Emín (mg)				7	Emáx - Emín (mg)				7
error máximo permitido (±mg)				20	error máximo permitido (±mg)				20



Certificado de Calibración
TC - 03844 - 2022



ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	67 %	67 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	0,100	0,10	6	-1	600,000	600,00	6	-1	0	20
2		0,10	7	-2		600,00	7	-2	0	
3		0,10	6	-1		600,00	6	-1	0	
4		0,10	5	0		599,98	2	-17	-17	
5		0,10	5	0		599,98	2	-17	-17	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,7 °C
Humedad Relativa	67 %	66 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	6	-1						
1,000	1,00	6	-1	0	1,00	6	-1	0	10
200,000	200,00	7	-2	-1	200,00	6	-1	0	10
400,000	400,00	6	-1	0	400,00	5	0	1	10
600,000	600,00	7	-2	-1	600,00	6	-1	0	20
800,000	800,00	6	-1	0	800,00	6	-1	0	20
1 000,002	1 000,00	6	-3	-2	1 000,00	6	-3	-2	20
1 200,002	1 200,00	6	-3	-2	1 200,00	6	-3	-2	20
1 500,002	1 500,00	5	-2	-1	1 500,00	5	-2	-1	20
1 700,002	1 700,00	5	-2	-1	1 700,00	5	-2	-1	20
2 000,005	1 999,99	5	-14	-13	2 000,00	8	-8	-6	20

Donde:

I : Indicación de la balanza ΔL : Carga adicional Eo : Error en cero
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g) E : Error del instrumento Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida : $R_{\text{corregida}} = R + 2,45 \times 10^{-6} \times R$

Incumbre Expandida : $U_R = 2 \times \sqrt{2,90 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 1,43 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 2 000,96 g para una carga de valor nominal 2000 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



- Ciente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Cazuela Casagrande Manual
Marca : PINZUAR LTDA.
Modelo : PS - 11
Serie : 1938
Tipo : Manual
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022

- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones calibrados por Laboratorio Acreditado INACAL. Tomando como referencia la Norma ASTM D-4318

6. Trazabilidad

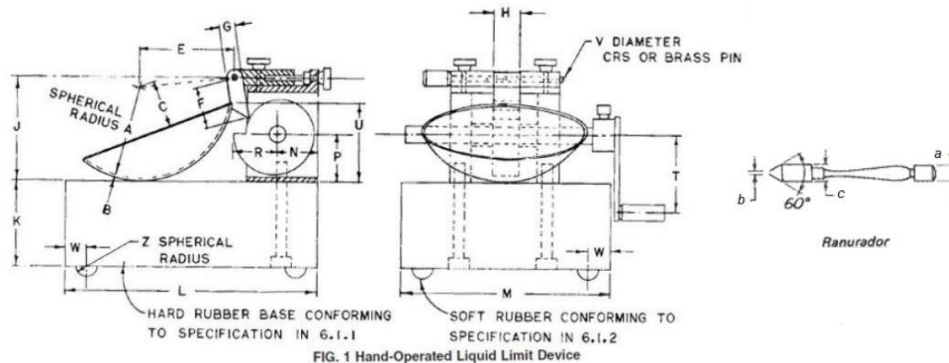
Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Medidas	Copa Casa Grande							Ranurador		
	Conjunto de la cazuela			U	K	Base		Ranurador metálico		
	A	B	C			L	M	a	b	c
Actual	54.30	2.07	27.05	47.00	50.50	150.87	125.39	10.02	2.07	13.41
Estándar	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13.5
Tolerancia	±0.50	±0.10	±0.50	±1.00	±2.00	±2.00	±2.00	±0.10	±0.10	±0.10
Error	-0.20	0.07	0.05	0.00	0.50	0.87	0.39	0.02	0.07	-0.09



9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados del manual del equipo.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
Jefe de Laboratorio de Calibración
ROELCYMA



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 031 - 2022

Página : 1 de 1

Expediente : T 025-2022
Fecha de emisión : 2022-01-25

1. Solicitante : ARYU E.I.R.L.

Dirección : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.
CHEN CHEN - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE
DIRECTO

Marca de Corte Directo : PINZUAR
Modelo de Corte Directo : PS-107 - C
Serie de Corte Directo : 138
Código de Identificación : NO INDICA

Marca de Celda : NING B BOARD ELECTRIC CO.LTD
Modelo de Celda : TSA-300 kg
Serie de Celda : G03AC21080
Capacidad de Celda : 2500 N

Marca de Indicador : PINZUAR
Modelo de Indicador : PS-107 - C
Serie de Indicador : 138

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE ARYU E.I.R.L.
22 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	ELICROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,9	25,1
Humedad %	61	60

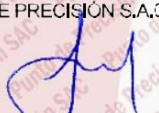
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

El Equipo de medición con el modelo número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad. Dirección de Metrología del INACAP otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración aquí declarados.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 031 - 2022

Página : 2 de 3

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" N	SERIES DE VERIFICACIÓN (N)				PROMEDIO "B" N	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
250	249,51	249,32	0,20	0,27	249,42	0,23	0,08
500	499,85	499,51	0,03	0,10	499,68	0,06	0,07
750	752,72	755,41	-0,36	-0,72	754,07	-0,54	-0,36
1000	998,83	1001,63	0,12	-0,16	1000,23	-0,02	-0,28
1250	1249,82	1250,49	0,01	-0,04	1250,16	-0,01	-0,05
1500	1504,91	1503,52	-0,33	-0,23	1504,22	-0,28	0,09
1750	1749,69	1751,49	0,02	-0,09	1750,59	-0,03	-0,10
2000	1998,44	1998,71	0,08	0,06	1998,58	0,07	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 1x + 0,9034$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (N)

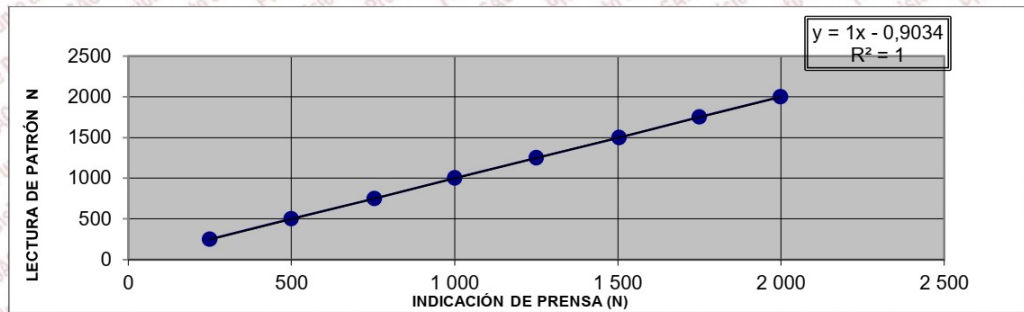
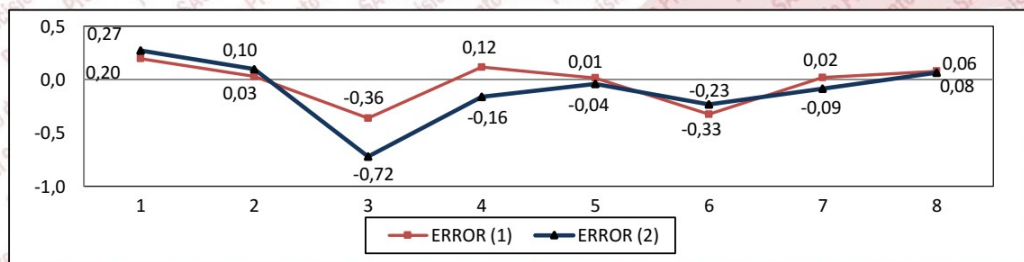


GRÁFICO DE ERRORES



[Firma manuscrita]

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 031 - 2022


Página : 3 de 3

PESAS DE CORTE DIRECTO

IDENTIFICACIÓN	VALOR NOMINAL	VALOR DETERMINADO	CORRECCIÓN
	g	g	g
1	900	902,6	-2,6
2	900	903,8	-3,8
3	1800	1798,8	1,2
4	1800	1805,6	-5,6
5	3600	3606,7	-6,7
6	3600	3607,5	-7,5
7	7200	7205,7	-5,7
8	7200	7205,3	-5,3

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 2022

Página : 1 de 4

Expediente : T 025-2022
Fecha de emisión : 2022-01-25

1. Solicitante : ARYU E.I.R.L.
Dirección : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.
CHEN CHEN - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

2. Instrumento de Medición : ESTUFA
Indicación : DIGITAL
Marca del Equipo : PINZUAR
Modelo del Equipo : PG190
Serie del Equipo : 322
Capacidad del Equipo : 83 L
Código de Identificación : NO INDICA

Marca de indicador : AUTONICS
Modelo de indicador : TZ4ST
Serie de indicador : NO INDICA
Temperatura calibrada : 110 °C

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE ARYU E.I.R.L.
22 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración
PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	APPLENT	150-CT-T-2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,1	25,6
Humedad %	60	59


7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde, con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 20

Página : 2 de 4

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔT _{max} - T _{Mi} (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,5	109,4	111,2	110,0	109,7	110,2	110,2	110,2	111,2	110,2	112,3	110,5	2,9
2	110,3	109,4	111,2	110,3	109,8	110,3	110,4	110,4	111,2	110,4	112,3	110,6	2,9
4	110,2	109,4	111,3	110,2	109,8	110,2	110,3	110,3	111,3	110,2	112,4	110,5	3,0
6	110,3	109,6	111,6	110,3	109,9	110,2	110,2	110,3	111,4	110,3	112,0	110,6	2,4
8	110,2	109,9	111,3	110,2	109,6	110,6	110,1	110,3	111,2	110,2	112,0	110,5	2,4
10	110,3	109,6	111,2	110,1	109,6	110,3	110,3	110,6	111,3	110,6	112,0	110,6	2,4
12	110,2	109,6	111,5	110,2	109,5	110,0	110,2	110,5	111,2	110,2	112,1	110,5	2,6
14	110,2	109,6	111,3	110,3	109,6	110,2	110,3	110,6	111,3	110,3	112,3	110,6	2,7
16	110,2	109,6	111,6	110,6	109,5	110,3	110,2	110,3	111,5	110,2	112,2	110,6	2,7
18	110,5	109,9	111,2	110,2	109,3	110,2	110,3	110,4	111,3	110,5	112,2	110,6	2,9
20	110,3	109,9	111,1	110,3	109,6	110,4	110,2	110,2	111,6	110,3	112,2	110,6	2,6
22	110,3	109,8	111,2	110,2	109,8	110,5	110,3	110,3	111,3	110,2	112,0	110,6	2,2
24	110,6	109,9	111,0	110,3	109,6	110,3	110,1	110,2	111,4	110,6	112,0	110,5	2,4
26	110,3	109,5	111,3	110,2	109,6	110,3	110,2	110,3	111,2	110,2	112,0	110,5	2,5
28	110,4	109,6	111,3	110,1	109,5	110,2	110,0	110,2	111,3	110,3	112,1	110,5	2,6
30	110,2	109,5	111,6	110,0	109,9	110,3	110,3	110,3	111,1	110,2	112,3	110,6	2,8
32	110,0	109,6	111,2	110,1	109,6	110,1	110,2	110,3	111,2	110,3	112,2	110,5	2,6
34	110,2	109,6	111,5	110,2	109,6	110,2	110,5	110,5	111,3	110,3	112,1	110,6	2,5
36	110,3	109,9	111,3	110,3	109,6	110,3	110,3	110,6	111,2	110,6	112,2	110,6	2,6
38	110,3	109,6	111,2	110,5	109,6	110,6	110,3	110,1	111,3	110,3	112,3	110,6	2,7
40	110,5	109,6	111,4	110,3	109,5	110,2	110,2	110,0	111,2	110,3	112,4	110,5	2,9
42	110,3	109,6	111,3	110,6	109,3	110,5	110,2	110,4	111,2	110,2	112,5	110,6	3,2
44	110,2	109,5	111,2	110,2	109,3	110,3	110,0	110,2	111,3	110,3	112,6	110,5	3,3
46	110,3	109,3	111,3	110,5	109,9	110,5	110,0	110,3	111,3	110,6	112,5	110,6	3,2
48	110,5	109,2	111,2	110,3	109,8	110,3	110,3	110,6	111,2	110,2	112,3	110,5	3,1
50	110,3	109,6	111,3	110,4	109,6	110,2	110,3	110,2	111,6	110,4	112,5	110,6	2,9
52	110,2	109,5	111,2	110,2	109,8	110,4	110,1	110,3	111,4	110,2	112,3	110,5	2,8
54	110,3	109,6	111,3	110,3	109,6	110,5	110,2	110,3	111,3	110,3	112,5	110,6	2,9
56	110,4	109,9	111,6	110,2	109,5	110,3	110,5	110,5	111,2	110,5	112,3	110,7	2,8
58	110,3	109,5	111,5	110,3	109,9	110,2	110,3	110,3	111,3	110,3	112,5	110,6	3,0
60	110,5	109,6	111,2	110,3	109,6	110,3	110,4	110,6	111,1	110,6	112,3	110,6	2,7
T. PROM		110,3	109,6	111,3	110,3	109,6	110,3	110,2	110,3	111,3	110,3	112,3	110,6
T. MAX		110,6	109,9	111,6	110,6	109,9	110,6	110,5	110,6	111,6	110,6	112,6	
T. MIN		110,0	109,2	111,0	110,0	109,3	110,0	110,0	111,1	110,2	112,0		
DTT		0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,6	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,2	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,7	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,6	0,3
Estabilidad Media (±)	0,35	0,02
Uniformidad Media	3,4	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.



Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



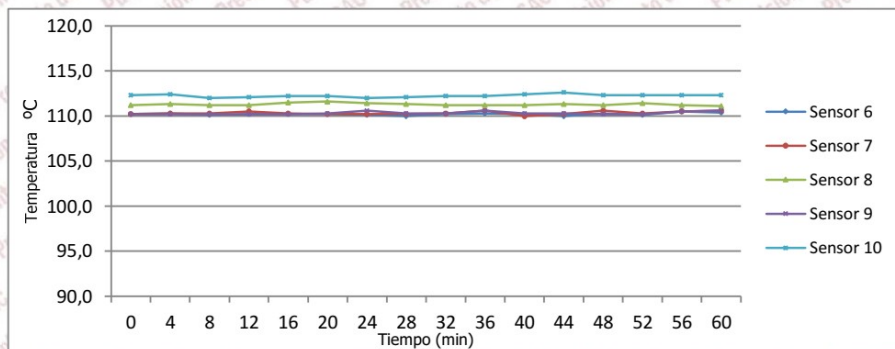
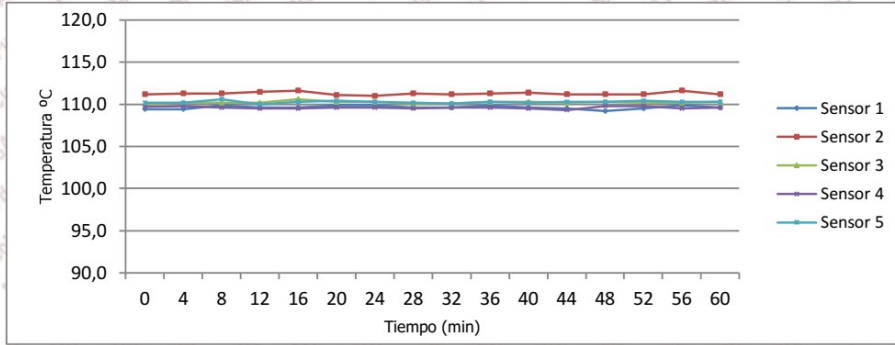
Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 202

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42. Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

- Ciente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejercito N° 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 1 Pulg.
Serie : 67144
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

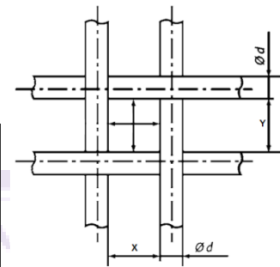
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
25.07	25.49	0.217	3.51
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



Medidas Tomadas															
X	25.01	25.12	25.49	25.06	25.40	25.18	24.90	24.96	25.43	24.83	25.31	24.70	25.03	25.04	25.08
Y	25.25	25.00	24.87	25.05	25.25	25.23	24.78	24.82	25.39	25.38	24.86	24.96	24.77	25.05	24.96
d	3.49	3.49	3.51	3.50	3.51	3.48	3.51	3.51	3.49	3.56	3.52	3.54	3.52	3.50	3.51

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Máx. Desviación Estándar mm	Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Diámetro Nominal mm		EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	
25.00	24.24	25.76	26.38	0.553	3.55	3.02	4.08	

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
Jefe de Laboratorio de Calibración
ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejercito Ñ 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 1 1/2 Pulg.
Serie : 67910
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

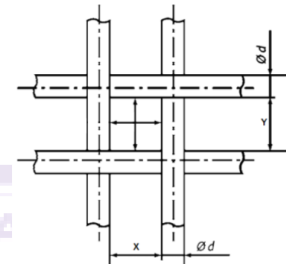
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
38.26	39.35	0.552	3.99
Cumple	Cumple	--	Cumple



Medidas Tomadas

X	37.14	38.45	39.35	39.30	37.47	38.11	38.06	39.22	37.73	38.00	37.72	38.33			
Y	37.86	38.22	38.44	38.27	38.43	38.83	38.57	37.73	38.47	38.12	37.88	38.51			
d	3.98	4.00	3.97	3.98	4.03	3.99	4.01	3.98	3.98	4.02	4.02	4.00	3.98	3.97	3.98

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min)	EMP (Max)	Máxima Individual	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
37.50	36.37	38.63	39.35	--	4.50	3.83	5.18

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
Jefe de Laboratorio de Calibración
ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejercito Ñ 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 2 1/2 Pulg.
Serie : 67360
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

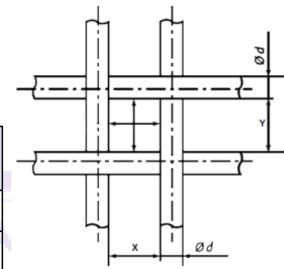
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
63.77	65.18	0.695	5.01
Cumple	Cumple	--	Cumple



Medidas Tomadas

	X	Y	d												
X	63.70	63.05	65.18	63.69											
Y	64.14	63.06	63.35	63.99											
d	5.03	5.00	4.98	5.07	5.09	5.01	5.00	4.98	4.97	5.06	4.97	5.08	4.98	5.00	5.00

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min)	EMP (Max)	Máxima Individual	Máx. Desviación Estándar	Diámetro Nominal	EMP (Min)	EMP (Max)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
63.00	61.13	64.87	65.71	--	5.60	4.76	6.44

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
Jefe de Laboratorio de Calibración
ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 2 Pulg.
Serie : 67513
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

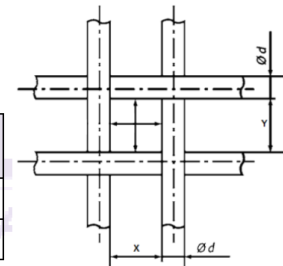
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
49.61	50.08	0.234	5.00
Cumple	Cumple	--	Cumple


Medidas Tomadas

X	49.42	49.86	49.60	49.54	49.74										
Y	49.40	50.08	49.68	49.40	49.37										
d	4.97	4.99	4.99	4.98	4.96	5.08	4.98	4.98	4.98	5.04	5.01	5.06	4.97	5.00	4.99

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
50.00	48.51	51.49	52.29	--	5.00	4.25	5.75

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomadas de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

 Fecha de Emisión:
20-03-2022

FRANK RONY TOLEDO RAMOS
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos
 Jefe de Laboratorio de Calibración
 ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 3/4 Pulg.
Serie : 67903
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

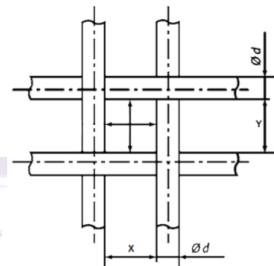
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
19.00	19.29	0.206	3.09
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



Medidas Tomadas

X	18.69	19.12	19.09	18.96	19.19	18.82	19.20	18.44	18.42	18.92	18.94	19.04	18.97	18.99	19.02
Y	19.17	19.16	18.99	18.78	19.00	19.07	19.01	18.95	19.16	19.07	19.10	19.19	19.04	19.26	19.29
d	3.06	3.08	3.10	3.10	3.07	3.08	3.11	3.12	3.07	3.05	3.09	3.15	3.12	3.14	3.08

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min)	EMP (Max)	Máxima Individual	Máx. Desviación Estándar	Diámetro Nominal	EMP (Min)	EMP (Max)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
19.00	18.42	19.58	20.13	0.418	3.15	2.68	3.62

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
Jefe de Laboratorio de Calibración
ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 3/8 Pulg.
Serie : 67438
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

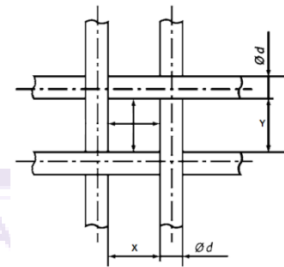
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
9.44	9.53	0.056	2.33
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple


Medidas Tomadas

X	9.36	9.43	9.47	9.42	9.40	9.50	9.43	9.46	9.33	9.43	9.40	9.46	9.28	9.42	9.38
Y	9.46	9.39	9.43	9.40	9.48	9.51	9.46	9.46	9.41	9.49	9.50	9.46	9.51	9.49	9.53
d	2.44	2.38	2.32	2.24	2.28	2.35	2.29	2.30	2.29	2.33	2.36	2.35	2.35	2.35	2.34

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Máx. Desviación Estándar mm	Alambre	
	EMP (Min)	EMP (Max)	Máxima Individual	Diámetro Nominal mm		EMP (Min)	EMP (Max)
	mm	mm	mm	mm		mm	mm
9.50	9.21	9.80	10.18	0.222	2.24	1.90	2.58

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

 Fecha de Emisión:
20-03-2022

 FRANK RONY TOLEDO RAMOS
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos
 Jefe de Laboratorio de Calibración
 ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 3
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 3 Pulg.
Serie : 65899
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

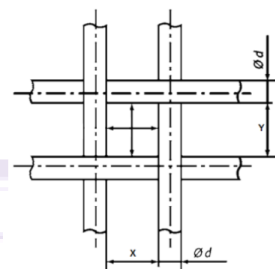
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
74.49	75.29	0.67	6.33
Cumple	Cumple	--	Cumple



Medidas Tomadas

X	Y	d																
74.76	74.11	6.32	75.29	6.37	6.34	6.31	6.31	6.30	6.33	6.33								

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
75.00	72.78	77.22	78.09	--	6.30	5.36	7.25

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
Jefe de Laboratorio de Calibración
ROELCYMA

1. **Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL

2. **Dirección** : Avenida Ejército N° 32

3. **Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 1/2 Pulg.
Serie : 67857
Diámetro : 8 Pulg.

4. **Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022

5. **Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. **Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

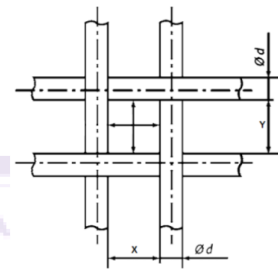
7. **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. **Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
12.41	12.88	0.160	2.61
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



Medidas Tomadas

X	12.29	12.45	12.65	12.41	12.37	12.26	12.51	12.38	12.48	12.29	12.57	12.00	12.10	12.57	12.53
Y	12.49	12.42	12.34	12.53	12.43	12.43	12.33	12.30	12.35	12.35	12.42	12.50	12.88	12.43	12.36
d	2.63	2.54	2.62	2.58	2.63	2.62	2.61	2.62	2.65	2.63	2.61	2.61	2.63	2.63	2.61

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Máx. Desviación Estándar mm	Alambre	
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Diámetro Nominal mm		EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
12.50	12.12	12.89	13.33	0.283	2.50	2.13	2.88

9. **Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS
 INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos
 Jefe de Laboratorio de Calibración
 ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**
Instrumento de medición : Tamiz
Marca : PINZUAR LTDA.
Tamiz N° : 3/8 Pulg.
Serie : 68354
Diámetro : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**
Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA
Fecha : 18-03-2022
- Método de Calibración**
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

6. Trazabilidad

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

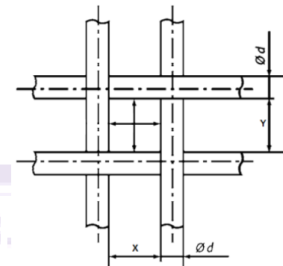
7. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. Resultados

Resumen Resultados

Abertura Nominal mm	Abertura Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
4.78		4.91	0.092	1.51
Cumple		Cumple	Cumple	Cumple


Medidas Tomadas

X	4.68	4.79	4.61	4.82	4.55	4.72	4.66	4.77	4.73	4.84	4.66	4.79	4.75	4.82	4.61
Y	4.83	4.81	4.82	4.87	4.91	4.91	4.84	4.90	4.84	4.75	4.79	4.77	4.80	4.87	4.84
d	1.54	1.60	1.50	1.52	1.49	1.50	1.49	1.52	1.49	1.47	1.56	1.48	1.49	1.49	1.51

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min)	EMP (Max)	Máxima Individual	Máx. Desviación Estándar	Diámetro Nominal	EMP (Min)	EMP (Max)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
4.75	4.60	4.90	5.16	0.123	1.60	1.36	1.84

9. Observaciones

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

 Fecha de Emisión:
20-03-2022

 FRANK RONY TOLEDO RAMOS
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos
 Jefe de Laboratorio de Calibración
 ROELCYMA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 03811 - 2022

PROFORMA : 1329A Fecha de emisión: 2022-03-06

SOLICITANTE : **ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL EIRL**
Dirección : Av. Ejército Mza. Ñ Lote. 32-Moquegua-Mariscal Nieto-Moquegua

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PIE DE REY
Tipo : Digital
Marca : INSIZE
Modelo : 1108-200W
N° de Serie : 2310171214
Intervalo de Indicación : 0 mm a 200 mm
División de Escala : 0,01 mm
Procedencia : No Indica
Identificación : No Indica
Fecha de Calibración : 2022 - 03 - 06

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa con nuestro bloques patrón según procedimiento PC - 012 " Procedimiento de calibración de pie de rey". Quinta Edición - Agosto 2012. SNM - INDECOPI

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	57,9 %	55,8 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado : TC - 03811 - 2022

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Bloques Patrón Grado K DM-INACAL	Bloques Patrón de Longitud 0,5 mm a 100 mm Grado 0	LLA-261-2021
Bloques Patrón Grado K DM-INACAL	Bloques Patrón de Longitud 200 mm Grado 0	LLA-008-2022
Comparador Horizontal Incertidumbre de $0,2 \mu\text{m} + 0,78 \mu\text{m}/\text{m}$ DM-INACAL	Varilla Cilíndrica 10 mm	LLA-004-2022
Máquina de Medición por Coordenadas DM-INACAL	Anillo Patrón 5 mm	LLA-003-2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Error de referencia inicial (I) = 0 μm

Error de indicación del pie de rey para medición de exteriores

Valor Patrón (mm)	Promedio de la indicación del Pie de Rey (mm)	Error (μm)
50,000	50,000	0
100,000	100,000	0
150,000	150,000	0
200,000	200,000	0

Error de contacto superficie parcial (E)

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
200,000	0



RESULTADOS DE MEDICIÓN

Error de repetibilidad (R)

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
200,000	0

Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E,I})

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
10,000	-7

Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{E,P})

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
10,000	-7

Error de contacto lineal (L)

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
10,000	10

Error de contacto de superficie completa (J)

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
10,000	10

Error debido a la distancia de cruce de las superficies de medición para medición de interiores (K)

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
5,000	0

Incertidumbre de Medición : $(10,72^2 + 0,01^2 \times L^2)^{1/2} \mu\text{m}$

L: Indicación del pie de rey expresado en milímetros (mm)

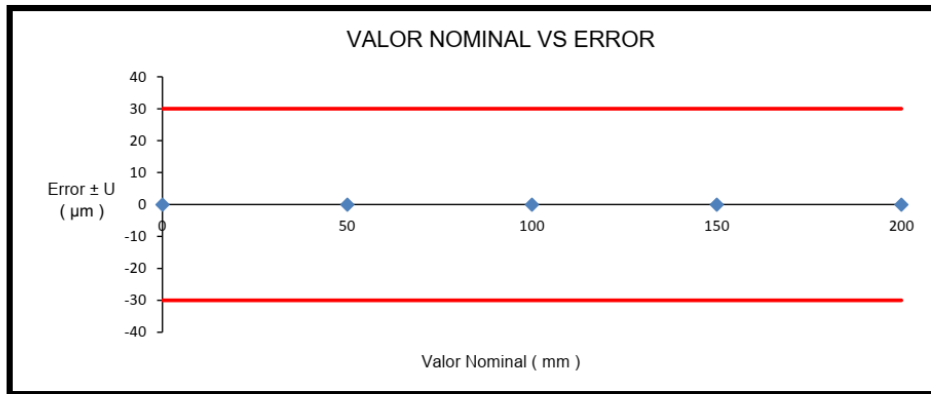
Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores e interiores (SE-I).

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (SE-P).

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permitido de $\pm 30 \mu\text{m}$, según norma DIN 862.



RESULTADOS DE MEDICIÓN



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Anexo 6: Panel fotográfico



Descripción: Ubicación de la zona de estudio



Descripción: Ubicación de la zona de estudio



Descripción: excavación de la calicata



Descripción: Profundidad de la calicata estudio



Descripción: Toma de muestras



Descripción: Cuarteo de muestras para estudios



Descripción: Ensayos de límites de consistencia



Descripción: Ensayos de granulometría



Descripción: Ensayos de peso unitario suelto de muestras



Descripción: Muestras de límites de consistencia



Descripción: Ensayo de gravedad específica de los suelos