



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad  
sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa  
María Magdalena, Ayacucho – 2022”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Br. Condori Cacñahuaray, Pedro (ORCID: 0000-0002-3805-4720)

**ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID:0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA — PERÚ**

**2022**

**Dedicatoria:**

A Dios, por realizarme y guiarme, tener una bendición de estar al lado de las personas que me aman y las personas que más amo.

A mis queridos padres Juan y Elisa, por su comprensión y consejos. A mi amada esposa Mónica, esa persona que tuvo amor, cariño, paciencia, apoyo y creer en mi capacidad. A mis adorados hijos, que son el motivo y fuerza de mi razón que, impulsa a hacer realidad los objetivos trazados. A mis hermanos y sobrinos por estar en momentos más importantes de mi vida.

**Agradecimiento:**

A la Universidad César Vallejo, por la oportunidad que me da formar parte de esta casa de estudios, para cumplir mi objetivo como ingeniero civil.

Al PBRO. Raúl, por haber depositado su confianza, para realizar mi tesis en la Parroquia Santa María Magdalena.

Al Dr. Luis Alberto Chacaltana, por su capacidad, sugerencia, paciencia y guía para la conclusión de mi tesis.

A mi hermano Rubén, por su apoyo incondicional, para que se lleve a cabo la presente tesis.

**Indice.**

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Indice .....	iv
Indice de figuras.....	v
Indice de gráficos.....	vii
Indice de tablas.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. MARCO TEÓRICO .....	16
III. METODOLOGÍA .....	37
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	37
3.2 Variables y operacionalización.....	37
3.3. Población, muestra y muestreo.....	39
3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	39
3.5. Procedimiento.....	40
3.6. Método de análisis de datos.....	56
3.7 Aspectos éticos.....	56
IV. RESULTADOS.....	57
V. DISCUSIÓN .....	86
VI. CONCLUSIÓN .....	102
VII. RECOMENDACIÓN.....	104
VIII.REFERENCIAS .....	105
IX. ANEXOS.....	109

## Indice de figuras.

Figura 1. Figura de la curva de esfuerzo versus deformación.....	23
Figura 2. Métodos de iteración. ....	24
Figura 3. Procedimiento y fases del método pushover.....	25
Figura 4. Curva de capacidad.....	25
Figura 5. Curva de capacidad en espectro de capacidad.....	25
Figura 6. Cambio de espectro de respuesta a espectro de demanda. ....	26
Figura 7. Gráfica de bilinealidad del espectro de capacidad. ....	27
Figura 8. Niveles de comportamiento sísmico esperado. ....	28
Figura 9. Tipo de elementos disponibles en software de elementos finitos.....	29
Figura 10. Recomendaciones de discretización, según el gradiente de esfuerzo y deformación.....	30
Figura 11. Micro modelo y macro modelo, para modelar en mampostería.....	31
Figura 12. Tipos de mampostería utilizada en edificios históricos.....	32
Figura 13. Refuerzo con viga collar de madera. ....	35
Figura 14. Refuerzo con viga collar de madera externa. ....	35
Figura 15. Refuerzo con elementos de Madera Confinantes.....	36
Figura 16. Geomalla como Refuerzo en Construcciones de Adobe. ....	36
Figura 17. Obtención de datos geométricos, con equipo de teodolito digital.....	41
Figura 18. Plano geométrico en planta del templo Santa María Magdalena. ....	42
Figura 19. Obtención de muestras de adobe y mortero. ....	43
Figura 20. Apertura de calicata, para determinar el perfil estratigráfico y extracción de muestra. ....	44
Figura 21. Ensayo de esclerometría de Schmidt, para dos tipos de rocas en el templo.....	45
Figura 22. Procedimiento de los especímenes de adobe, hasta la rotura a compresión axial.....	45
Figura 23. Proceso para el ensayo granulométrico por tamizado y límite de Atterberg, para el adobe y mortero.....	46
Figura 24. Procedimiento del ensayo de corte directo, para determinar la capacidad portante del suelo. ....	47
Figura 25. Geometría isométrica en 3D, del templo Santa María Magdalena, en programa de AutoCAD. ....	48

Figura 26. Geometría tipo sólido en 3D, del templo Santa María Magdalena, en el programa DIANA FEA. ....	48
Figura 27. Materiales estructurales encontrados, de acuerdo al tipo de material. ....	49
Figura 28. Aplicación de propiedades de los materiales en el software DIANA FEA. ....	49
Figura 29. Aplicación de cargas distribuidas de la cobertura, en los muros. ....	52
Figura 30. Restricción en la base del modelo, como apoyo fijo.....	52
Figura 31. Distribución de la malla mesh, en los elementos estructurales. ....	53
Figura 32. Formas modales, del análisis por peso propio del edificio histórico. ...	54
Figura 33. Gráfica del procedimiento de aplicación.....	55
Figura 34. Mapa político del Perú y departamento de Ayacucho. ....	57
Figura 35. Mapa provincial de Huamanga.....	58
Figura 36. Mapa distrital de Ayacucho. ....	58
Figura 37. Ubicación del Templo Santa María Magdalena.....	59
Figura 38. Mampostería de adobe en muros del templo. ....	61
Figura 39. Mampostería de tipo colonial en la fachada principal del templo. ....	61
Figura 40. Mampostería de piedra irregular, parte del sobrecimiento. ....	62
Figura 41. Izquierda, extracción de bloques de adobe y derecha probetas preparadas de adobe, de 0.1x0.1x0.1 m.....	67
Figura 42. Ensayo de rotura a comprensión uniaxial de cubos de adobe. ....	67
Figura 43. Ensayo de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar brecha volcánica o checco. ....	69
Figura 44. Ensayo de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar blanco o tufo dacítico. ....	69
Figura 45. Dirección en el modelamiento del monumento histórico, para las direcciones X-X, Y-Y. ....	71
Figura 46. Pre dimensionamiento de contrafuerte, para muros de adobe. ....	84
Figura 47. Inclusión de un contrafuerte, parte lateral norte de la nave del templo. ....	85

## Indice de gráficos.

Gráfico 1. Gráfico comparativo de la curva granulométrica del adobe y mortero.	64
Gráfico 2. Gráfico comparativo en porcentaje de contenido de finos, arena y grava, para el adobe y mortero. ....	65
Gráfico 3. Gráfico comparativo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para el adobe y mortero.....	65
Gráfico 4. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior de la nave principal norte. ....	73
Gráfico 5. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior del Transepto . ....	73
Gráfico 6. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior del Presbiterio .....	74
Gráfico 7. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior de la nave principal sur. ....	74
Gráfico 8. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior del Presbiterio sur. ....	75
Gráfico 9. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior del Transepto sur. ....	75
Gráfico 10. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior de la Sacristía. ....	76
Gráfico 11. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior hastial del altar. ....	77
Gráfico 12. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior del Transepto sur. ....	78
Gráfico 13. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior del Transepto norte. ....	78
Gráfico 14. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior de la Sacristía. ....	79
Gráfico 15. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -Y, muro frontal de fachada del templo. ....	79
Gráfico 16. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior de la torre norte. ....	80

Gráfico 17. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior de la torre sur.....	81
Gráfico 18. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior de la torre sur.....	81
Gráfico 19. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -Y, muro superior de la torre norte.....	82
Gráfico 20. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en la dirección +X, con inclusión de un contrafuerte. ....	85
Gráfico 21. Gráfico comparativo granulométrico del adobe y mortero, para el templo Santa María Magdalena. ....	87
Gráfico 22. Distribución granulométrica del material de adobe y mortero, templo Santa María Magdalena. ....	87
Gráfico 23. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad, para otros edificios. ....	88
Gráfico 24. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad, para el templo de Santa María Magdalena.....	89
Gráfico 25. Compresión axial para adobe por KUBIAK, VEGA, CUADROS y LOURENCO. ....	90
Gráfico 26. Valor de compresión axial para adobe del templo Santa María Magdalena.....	90
Gráfico 27. Valores a compresión axial de roca por esclerometría , por KUBIAK, VEGA y MELI. ....	91
Gráfico 28. Valores obtenidos, para las rocas del Templo Santa María Magdalena. ....	92
Gráfico 29. Factor de carga (g), para las direcciones X-X, Y-Y, para el Templo Huaytará - Huancavelica. ....	93
Gráfico 30. Desplazamiento (mm), para las direcciones X-X, Y-Y, para el Templo Huaytará – Huancavelica. ....	93
Gráfico 31. Factor de carga (g), para las direcciones X-X, Y-Y, para el templo de Kuñotambo – Cusco. ....	94
Gráfico 32. Factor de carga (g), para la dirección X-X, para la iglesia Santa Marta - Arequipa. ....	95

Gráfico 33.Factor de carga (g), para las dirección X-X, para el templo Santa María Magdalena.....	96
Gráfico 34.Factor de carga (g), para las dirección Y-Y, para el templo Santa María Magdalena.....	96
Gráfico 35.Desplazamiento (mm), para las dirección X-X, para el templo Santa María Magdalena.....	96
Gráfico 36.Desplazamiento (mm), para las dirección Y-Y, para el templo Santa María Magdalena.....	97
Gráfico 37.Factor de carga (g), para las dirección X-X, Y-Y, en torre del campanario, para el templo Santa María Magdalena.....	97
Gráfico 38.Desplazamiento (mm), para las dirección X-X, -Y, en torre del campanario, el templo Santa María Magdalena. ....	98
Gráfico 39.Factor de carga (g), sin refuerzo y con refuerzo, para el templo de Kuñotambo. ....	99
Gráfico 40.Desplazamiento (mm), sin refuerzo y con refuerzo, para el templo, San Cristóbal - Ayacucho. ....	100
Gráfico 41.Factor de carga (g), sin refuerzo y con refuerzo, para el templo Santa María Magdalena.....	101

## Indice de tablas.

Tabla 1.	Resistencia mínima a compresión de ciertas rocas (Norma DIN 1053). .....	33
Tabla 2.	Propiedades de morteros de cal y arena extraídos de monumentos...	34
Tabla 3.	Validación de fichas, por expertos.....	40
Tabla 4.	Datos recomendados, para edificios históricos de mampostería de adobe .....	50
Tabla 5.	Datos recomendados, para edificios históricos de mampostería de piedra desordena o irregular. ....	50
Tabla 6.	Datos recomendados, para edificios históricos de mampostería de piedra tipo colonial .....	50
Tabla 7.	Tabla de metrado de cargas de la cobertura del techo. ....	51
Tabla 8.	Número de mallas mesh, para el modelamiento. ....	53
Tabla 9.	Cuadro de distribución granulométrico por tamizado del adobe.....	63
Tabla 10.	Cuadro de distribución granulométrico por tamizado del mortero. ....	64
Tabla 11.	Resultados de los límites de Atterberg del adobe y mortero. ....	65
Tabla 12.	Propiedades de resistencia a la compresión de unidades de adobe...	68
Tabla 13.	Resultados de ensayo in situ de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar brecha volcánica o checco - pilar de la nave.....	70
Tabla 14.	Resultados de ensayo in situ de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar tufo dacítico - pilar del campanario. ....	70
Tabla 15.	Ubicación, factor de carga y desplazamiento en las direcciones +X, -X. .....	76
Tabla 16.	Ubicación, factor de carga y desplazamiento en las direcciones +Y, -Y. .....	80
Tabla 17.	Ubicación, factor de carga y desplazamiento en las direcciones +X, -X , -Y. Para las torres del campanario. ....	82
Tabla 18.	Contenido de finos y gruesos para el adobe y mortero, para edificios históricos. ....	86

## RESUMEN

La presente investigación **titulado:** “Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022”. Se propuso con el **objetivo:** de conocer el grado de vulnerabilidad sísmica, que presenta la estructura con la evaluación estructural mediante el análisis estático no lineal pushover, al templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022. Como **metodología:** se aplicó el análisis estático no lineal pushover, con la utilización del software DIANA FEA v. 10.5 a la estructura del templo Santa María Magdalena, para determinar la curva de capacidad. Con un patrón de cargas horizontales, aplicadas en forma monotónica. Además, se realiza el estudio de algunas propiedades mecánicas de los materiales de construcción empleados en el templo. La investigación fue del tipo: aplicada, nivel: descriptivo y diseño: cuasi experimental transversal. Los **resultados:** obtenidos, con el análisis pushover no lineal en la curva de capacidad, analizadas en las direcciones X-X, Y-Y, para las orientaciones negativas y positivos. En todos los casos de análisis aplicados al templo histórico, se obtuvo un factor de carga que oscilan, de 0.11 g. hasta 0.19 g. y desplazamientos que oscilan de 0.86 mm. a 29.2 mm. En todos los casos, los factores de carga obtenidos no alcanzan al factor de zona de aceleración máxima del suelo (PGA), para la ciudad de Ayacucho es de 0.25 g. Por lo que se analizó con la incorporación de muro de contrafuerte de piedra irregular, como reforzamiento estructural. Se obtuvo un factor de carga de 3.3 g. superando a los factores de carga obtenidos. **Conclusión:** con el análisis pushover, se conoció el factor de carga máxima y los desplazamientos máximos en la curva pushover. Con estos datos obtenidos, se puede conocer el comportamiento global del edificio histórico, ante ocurrencias de eventos sísmicos.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad sísmica, pushover, evaluación estructural.

## ABSTRACT

The present investigation **entitled**: "Structural evaluation and determination of seismic vulnerability, through nonlinear pushover analysis of the Santa María Magdalena temple, Ayacucho - 2022". The **objective** was proposed: to know the degree of seismic vulnerability, which the structure presents, with the structural evaluation through the nonlinear static pushover analysis, to the Santa María Magdalena temple, Ayacucho - 2022. As a **methodology**: the nonlinear static analysis was applied pushover, with the use of DIANA FEA v. 10.5 to the structure of the Santa María Magdalena temple, to determine the capacity curve. With a pattern of horizontal loads, applied monotonically. In addition, the study of some mechanical properties of the construction materials used in the temple is carried out. The research was of the type: applied, level: descriptive and design: cross-sectional quasi-experimental. The **results**: obtained, with the non-linear pushover analysis, on the capacity curve, analyzed in the X-X, Y-Y directions, for the negative and positive orientations. In all cases of analysis applied to the historic temple, a load factor of 0.11 g. was obtained. up to 0.19 g. and offsets ranging from 0.86 mm. at 29.2 mm. In all cases, the load factors obtained do not reach the maximum ground acceleration zone factor (PGA), for the city of Ayacucho, which is 0.25 g. Therefore, it was analyzed with the incorporation of an irregular stone buttress wall, as structural reinforcement. A loading factor of 3.3 g. was obtained. exceeding the load factors obtained. **Conclusion**: with the pushover analysis, the maximum load factor and the maximum displacements in the pushover curve were known. With these obtained data, it is possible to know the global behavior of the historical building, before occurrences of seismic events.

**Keywords:** Seismic vulnerability, pushover, structural evaluation.

## I. INTRODUCCIÓN

A **nivel internacional**, se sabe que el movimiento sísmico, pueden ocurrir en cualquier momento. Siendo muy vulnerables las edificaciones de monumentos históricos construidos de mampostería de tierra y de rocas. En los últimos años, se han producido los fenómenos sísmicos, como en Italia en 1997 (Umbría-Marche), Bam (Irán - 2003), l'Aquila (2009 - Italia) y el de Zagreb (Croacia - 2020). Frente a estos sismos la defensa y preservación del patrimonio cultural, no puede ser ignorado a nivel nacional e internacional. Como resultado los fenómenos telúricos, producen los daños a elementos estructurales y no estructurales, que dañan la viabilidad y el uso de los edificios y pérdidas humanas por muertes, a consecuencia del derrumbe de edificios, **(MANZONI, 2021)**. Actualmente, el legado patrimonial de las edificaciones arquitectónicas históricas, requieren la conservación y preservación, ya que forman parte del legado de la nación. El acto ceremonial de la misa, es un elemento de la identidad y de la sociedad. El conocimiento de la vulnerabilidad, se observa desde diferentes enfoques y disciplinas, para determinar los daños y efectos en los materiales en el sistema constructivo, por ello para contribuir su conservación, es necesario conocer sus posibles fallas y afectaciones.

A **nivel nacional**, el Perú geográficamente se ubica en la placa de nazca, por ello las edificaciones están sometidas a una vulnerabilidad sísmica. Por la conquista española hacia el imperio incaico, se introdujeron sistemas constructivos de tipo peninsulares y europea. Dando origen a una arquitectura colonial de tipo peruana con personalidad propia, siendo estas estructuras las iglesias, catedrales, cabildos y casas. Estas edificaciones con pasar el tiempo ya cumplieron su vida útil, tal es así que requieren el mantenimiento y refacción de sus estructuras y arquitectura. Por otra parte, el Perú geográficamente forma parte de las placas tectónicas del círculo de fuego del océano pacífico. Produciéndose casi el 85 % de los fenómenos sísmicos, más aún por la presencia de las placas de Nazca y continental, que generan los fenómenos telúricos.

A **nivel regional**, la ciudad de Ayacucho cuenta con 33 iglesias, edificadas por los españoles en la época virreinal. Posee un pasado histórico por sus numerosas construcciones de casonas e iglesias coloniales, las cuales son parte del legado del pasado histórico, como patrimonio cultural del país, que han sido edificados por los españoles que se quedaron a radicar en esta ciudad. Estas edificaciones

presentan un sistema estructural de mampostería de adobe y rocas, así lo menciona el cronista Pedro Cieza de León, que en Huamanga se edificaron las mejores casonas de todo el reino del Perú.

Así Ayacucho, posee en su legado edificaciones del siglo XVI hasta XIX, actualmente la arquitectura colonial es una fuente generadora de ingresos económicos por parte del turismo local, regional, nacional e internacional, por la que requiere ser protegido. Por su legado histórico debe ser preservado y conservado, estructuralmente y arquitectónicamente. **(KUBIAK, VEGA, 2021)**.

Se plantea el **problema general**: ¿Qué grado de vulnerabilidad sísmica presenta la estructura, con la evaluación estructural mediante el análisis estático no lineal pushover, al templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022?.

De la misma manera se formulan los **problemas específicos**: ¿Cuáles serán las propiedades físicas y mecánicas de los materiales empleados en la construcción, del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022?., ¿Cuál es la vulnerabilidad estructural obtenido, del análisis pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022? y ¿Qué, técnica de reforzamiento será el más adecuado ante la presencia de vulnerabilidad estructural obtenido del análisis pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022?

Se tiene la **justificación teórica**, que el templo de Santa María Magdalena, está en pie por más de IV siglos, que ha pasado por diferentes eventos sísmicos. Presentando actualmente diferentes patologías estructurales y no estructurales. No existiendo hasta la fecha un estudio de vulnerabilidad sísmica de este templo. Para ello se pretende cumplir con la filosofía del diseño sísmico y brindar seguridad a las personas que asisten al culto y preservar este patrimonio con procedimientos y técnicas de ingeniería. Se tiene la **justificación metodológica**; para cumplir con los objetivos propuestos, se tiene que pasar por un proceso metodológico ordenado de acuerdo a guías metodológicas de la investigación, proponiéndose para su estudio los métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica. Así se utilizarán ensayos de laboratorio para la obtención de datos y el modelamiento en un software por elementos finitos y la propuesta en la utilización de materiales permitidos, que no afecten su arquitectura. **En la Justificación técnica**; los materiales utilizados en la edificación de los monumentos históricos, prioritariamente son de materiales de tierra y piedra, con el pasar el tiempo ya cumplieron con su vida útil. Es necesario

realizar un análisis estructural del templo, para conocer su grado de vulnerabilidad sísmica y conocer su comportamiento ante eventos sísmicos y proponer un material de refuerzo. Además, esta investigación cuenta con una **justificación social**; el templo de Santa María Magdalena, es considerado como un monumento del patrimonio de la Nación, actualmente se ofician misas cotidianas, que reúne a muchas personas en su interior. Para la **Justificación económica**, el templo por sus características arquitectónicas coloniales, es un atractivo turístico nacional e internacional, que atrae a personas visitantes, generando un movimiento económico en el sector turismo.

Se plantea, como **objetivo general**: Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica que presenta la estructura, mediante el análisis estático no lineal pushover al templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022. Siendo los **objetivos específicos**: Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados, para el templo Santa María Magdalena. Determinar la vulnerabilidad estructural, mediante el análisis pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022. y Proponer refuerzos estructurales apropiados, para mejorar la condición estructural del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022. La **hipótesis general**: El grado de vulnerabilidad sísmica, con la evaluación estructural mediante el análisis estático no lineal pushover, al templo Santa María Magdalena, presentan un grado de vulnerabilidad alta. Las **hipótesis específicas** serán: Con los ensayos de laboratorio conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales constituyentes del templo Santa María Magdalena, La evaluación de vulnerabilidad estructural, mediante el análisis pushover no lineal, del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022, presenta un índice de vulnerabilidad alta y Al evaluar la propuesta de técnica de reforzamiento estructural, mediante el análisis estático no lineal, se obtendrá una solución viable para la restauración del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Para la presente investigación, se ha referenciado a trabajos de investigación realizadas, con anterioridad a la presente fecha, teniendo como antecedentes en el ámbito **internacional** a **(CUADROS, 2020)**, en su tesis de análisis estructural avanzado para el templo de Huaytará - Huancavelica, indica que su **objetivo** es: conocer su antecedente histórico, al realizar trabajos de levantamiento de geometría en planta y elevación del templo, determinar las propiedades físicas y mecánicas de materiales y finalmente someter a modelamiento de análisis estructural no lineal con FEM, aplicándose una **metodología** cualitativa y cuantitativa, que involucren trabajos de campo y gabinete como: diagnóstico, daño y su deterioro del patrimonio, descripción de materiales conformantes de la iglesia, utilizando ensayos no destructivos, mediciones en planta y elevación para generar planos 2D y 3D y el modelamiento en un software, con el método no lineal pushover, obteniendo como **resultados**; para el pushover en dos fases; para el peso propio y aplicación gradual de fuerza horizontal, para la nave y dos torres del templo. Para la nave en sentido +X, la carga lateral máxima fue de 0.091 g., desplazamiento 6.67 mm. en el sentido -X, la carga de capacidad máxima es de 0.1001 g., con desplazamiento de 8.7 mm. Para el sentido +Y, se obtuvo una capacidad de carga 0.0922 g. y 3.34 mm. de desplazamiento, en la dirección -Y, se obtuvo un factor de carga 0.0945 g. y 3.60 mm de desplazamiento, para la torre norte sentido +X, la carga lateral máxima de 0.0385 g., desplazamiento 5.69 mm. en -X, el factor de capacidad máxima es de 0.0451 g., con desplazamiento de 6.62 mm. Para el sentido +Y, una capacidad de carga 0.04313 g. y 6.2 mm. de desplazamiento, en la dirección -Y, un factor de carga 0.042 g. y 5.94 mm de desplazamiento, se **concluye**, del análisis no lineal pushover al templo, se ha encontrado daños a la estructura por su propio peso y la identificación de elementos débiles frente a cargas vertical, obteniéndose las curvas de capacidad para la nave principal con máximas en "+X, +Y" 0.091 g. y 0.092 g., para la torre norte capacidad máxima -Y, +Y, 0.042 g. y 0.038 g., y finalmente para la torre sur las direcciones con menos capacidad es la -Y (0.042 g.).

**(LOURENCO, 2020)**, en su informe de investigación con el **objetivo** de, evaluar y conocer su estado actual, mediante análisis estructural no lineal del templo Santiago de Kuñotambo - Cusco, de una edificación de estructura de tierra, utiliza

una **metodología** cuantitativa, con obtención de las propiedades mecánicas del material y el uso de norma nacional y internacional (FEMA 306 1998; NTC 2008; EC6 2005). Proponiendo un modelamiento del templo con análisis sísmico no lineal con el software DIANA, aplicando elementos tipo viga de dos nodos para las vigas de anclaje, elementos lineales piramidales isoparamétricos en mampostería, armadura de dos nodos en vigas de amarre. Se obtuvo los **resultados** del análisis pushover en los ejes X-X, Y-Y, para saber su comportamiento sísmico y capacidad de carga máxima. Para el eje X-X la capacidad máxima 0.28 g., con falla de grietas verticales a lo largo de las esquinas y la capacidad lateral 0.22 g. con desplazamientos máximos en la parte superior media del muro, como **conclusión**, se menciona el daño que posee por los análisis de modelamiento no lineal, es por sismos y asentamientos, erosión y un drenaje incorrecto del templo y el sistema de vigas de amarre existente a nivel del alero y el presbiterio, entre las vigas soleras de madera es discontinuo y el confinamiento es algo precario.

Como, **antecedentes nacionales**, (**VALDEZ, 2021**), en su tesis de "Comportamiento estructural de monumentos, con metodologías convencionales – de la iglesia San Cristóbal - Ayacucho". Plantea como **objetivo**, conocer el comportamiento estructural del templo y saber los desplazamientos alcanzados, finalmente al aplicar el peso propio y fuerzas horizontales, para estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales con pushover, con el software DIANA FEA. Propone una **metodología** cuantitativa, para mostrar que se presentan sucesos específicos y verificables de razón y tipo aplicada como sustento de descubrimientos. Además, plantea para su trabajo de investigación la observación cualitativa y recojo de datos del templo, levantamiento geométrico y el análisis estructural con modelamiento con análisis de elementos finitos de tipo pushover y finalmente proponer como refuerzo, la incorporación de contrafuertes y refuerzo de malla. Como **resultados**, se obtuvieron al aplicar la norma técnica de cargas E-020, sismo E-030, adobe E-080, propiedades del material, con el modelamiento la cuantificación de desplazamiento y factores de carga con pushover. Para el elemento muro de adobe del templo, para el desplazamiento del lado lateral X de 0.04 m. y lado frontal Y 0.05 m., los esfuerzos obtenidos, para  $X = (-68.91; 14.15)$ ,  $Y = (-34.56; 9.07)$  tn/m<sup>2</sup> y con aceleración espectral de 9.56 a 0.11 m/s<sup>2</sup> en un periodo de 0 a 10 segundo, finalmente el autor **concluye**, por análisis pushover el

máximo desplazamiento en dirección X de 0.04 m., Y de 0.05m, de los resultados observados la estructura presenta desplazamientos mayores y ante la presencia de evento sísmico, siendo el templo inhabitable, por tanto se debe incorporar un refuerzo estructural de contrafuerte de muro para atenuar la deriva y desplazamientos que superen a 5/1000 según la norma E-030. Para los esfuerzos se obtuvo los esfuerzos mínimos y máximo en dirección X (-6.81;1.42) kg/cm<sup>2</sup>., Y (-3.46;0.91) kg/cm<sup>2</sup>., siendo los esfuerzos cortantes máximos, mayores a 0.25 kg/cm<sup>2</sup>., no cumpliendo con la norma E-0.80.

Para, **(CACERES, 2020)**, en su trabajo de investigación de: “Comportamiento estructural sísmico estático no lineal de la iglesia de Santa Marta – Arequipa”, con el **objetivo** de conocer el comportamiento estructural sísmico no lineal, ante fuerzas sísmicas de las bóvedas de sillar y proponer un reforzamiento estructural a la iglesia de Santa Marta, con una **metodología** experimental, con realización de ensayos de carga lateral monotónica en bóvedas de mampostería de sillar, con los resultados y comparación de los ensayos obtenidos, para conocer los beneficios de los materiales que constituyen el templo, en ductilidad, desplazamiento y resistencia. Por último se someterá a un análisis sísmico lineal y no lineal pushover, mediante elementos finitos, con un software de modelamiento en 3D. y se da a conocer los **resultados**, obteniéndose con el análisis pushover, la curva de capacidad en direcciones X y Y, siendo en la dirección X, el factor de carga mayor de 0.84, por poseer en esta dirección, mayor cantidad de muros, para la dirección Y, el factor de carga de 0.8 hasta 0.45, siendo menor que la dirección X, para el espectro de capacidad, es necesario convertir la curva de capacidad. en curva de espectro de capacidad y conversión del espectro de capacidad a formato ADRS, teniendo cuatro escenarios propuestos por SEAOC, para tener los espectros de respuesta, que se obtienen escalando el espectro de demanda elástica para un sismo, para la **conclusión**, el análisis no lineal pushover, da como respuesta el elemento con mayor vulnerabilidad, siendo esta la zona frontal de la edificación, como: las torres, fachada y capilla. No se cumple los objetivos de desempeño para una edificación patrimonial, el cual establece que los daños deben ser leves para sismos frecuentes, ocasionales raros y se propone un reforzamiento estructural en estas zonas.

(KUBIAK, VEGA, 2021), realizó un trabajo de investigación de: “Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho – 2021”, plantea uno de los **objetivos**: Determinar propiedades mecánicas de los materiales de construcción de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y comparar los valores encontrados en estudios similares, utiliza una **metodología** experimental con ensayos no destructivos de esclerometría de rebote de martillo Schmidt para las rocas de los pilares del edificio histórico y ensayo de rotura de especímenes de adobe extraído del mismo edificio, para determinar la resistencia a compresión axial de los materiales, como **resultados**, se obtuvo del ensayo no destructivo para la roca con un promedio de  $f_m = 302.83 \text{ kg/cm}^2$  y para el adobe un promedio de cuatro muestras de  $5.11 \text{ kg/cm}^2$ , como **conclusión**, se concluye un resultado promedio a compresión axial de  $f_m = 302.83 \text{ kg/cm}^2$ , para la roca y  $5.11 \text{ kg/cm}^2$  para el adobe.

(TORREALVA, VICENTE Y MICHIELS, 2019), realizó un trabajo de investigación de proyecto de estabilización sismorresistente: Ensayo de materiales y componentes de la construcción de edificios históricos de adobe de Perú, con el **objetivo**: de conocer las propiedades de los materiales de adobe y ladrillo, con una **metodología** experimental laboratorial, con una metodología de ensayos estándares internacionales, las muestras fueron recolectadas de los edificios históricos de: templo Kuñotambo, Catedral de Ica, Hotel el Comercio y otros edificios de Lima, con la finalidad de realizar ensayos granulométricos mayores a  $74 \mu\text{m}$ . y también determinar las partículas más finas menores a la malla #200. También se realizó los ensayos laboratoriales de límites de Atterberg como: límite líquido, límite plástico y límite de contracción para los edificios históricos mencionados y obtuvieron los siguientes **resultados**, para el ensayo granulométrico en promedio para todas las muestras ensayados, se obtuvo un resultado promedio de 30 – 40 % material grueso y de 60 – 70 % material fino. Para los ensayos de límites de Atterberg, se obtuvo resultados para cada uno de los edificios y se tiene para el Hotel el Comercio de ( $LL=0.32$ ;  $LP= 0.2$ ;  $IP=0.12$ ); Catedral de Ica ( $LL=0.26$ ;  $LP= 0.19$ ;  $IP=0.07$ ); Templo de Kuñotambo ( $LL=0.3$ ;  $LP= 0.19$ ;  $IP=0.11$ ); hotel el Comercio ( $LL=0.3$ ;  $LP= 0.19$ ;  $IP=0.11$ ), como **conclusión**, se determina, que los adobes y morteros poseen arcillas de baja plasticidad y los

suelos de la Catedral de Ica poseen más cantidad de limo. Los porcentajes del análisis granulométrico de 30 – 40 % de material grueso y de 60 – 70 % de finos, indica que los materiales utilizados de adobe y mortero son similares en su distribución granulométrica, se concluye el mismo material se utilizó como material de adobe y mortero. Para los límites de Atterberg fueron determinados como materiales con arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, y para la Catedral de Ica se determinó presencia de arcillas inorgánicas y limos inorgánicos.

In **other languages, (AIMASSI, 2021)**, in his publication in Press of technological science in Assessment of Seismic Damage in Nativity Church in Bethlehem Using Pushover, in **order** to know in the current state, the behavior of seismic vulnerability, with nonlinear static pushover analysis, using a quantitative **methodology** , with the collection of data and properties of the material, we proceed to make a modeling of the building in 3D, with the use of the DIANA FEA program, with the pushover method, applying the forces of gravity and seismic, as **results**, Through the DIANA FEA analysis, in width of the crack is at the upper limit of the X direction. While in the Y address exceeds IBC code limits, with a maximum width of 13.7 mm. As a conclusion, the investigation has proposed a procedure of pushover analysis, to know the behavior of the structure and it is observed crack propagation in both directions.

A continuación, se presenta las **bases teóricas**, que fundamentan el presente proyecto de investigación, tomando en cuenta la información recopilada de diversas investigaciones:

**Sismos**, son vibraciones perceptibles y no perceptible al sentido, originadas en la corteza terrestre, con características de intensidad y magnitud. Identificándose sies tipos de ondas; dos son ondas internas y cuatro ondas superficiales. <sup>1</sup>

**Causas de un sismo**, por el origen, pueden ser tectónicos, volcánicos y artificiales, los tectónicos son devastadores. La teoría moderna acepta sobre el origen la tectónica de placas en la superficie terrestre, llamados placas que tienen movimientos relativos entre las placas, es donde se concentran los sismos. Clasificadas como **placas continentales** conformadas por la placa africana, placa americana, placa de la Antártida, placa de Australia, placa europea y la placa del

---

<sup>1</sup> (BAZAN, y otros)

Pacífico **y placa subcontinental**, las más conocidas son: La placa Nazca, placa Cocos, placa del Caribe. 2 . **La sismicidad en el Perú**, desde tumbes hasta Tacna está posicionada, sobre la placa de nazca, siendo esta la fosa peruano chilena, por ello el Perú posee una geomorfología de la cordillera andina, zona sub andina y la llanura del oriente la Amazonía. Los sismos de magnitud intermedia, se dividen en tres zonas, el primero paralelo al marítimo, debajo 8° latitud - Sur, el segundo en la sub andina en nor este del norte y tercero toda la región sur del país.3 **La sismicidad para Ayacucho**, se originan por mecanismos tectónicos y subducción de la placa. Para Ayacucho en los últimos 50 años, del año 1913 al 1963 se han producido 18 eventos sísmicos.

Se define la **vulnerabilidad sísmica**, como las características del sistema estructural, mecánicas, físicas internas de la estructura, de resistir frente a un evento sísmico, bajo la ley de causa (sismo) y efecto (daño). Entonces puede haber edificios más vulnerables y edificios menos vulnerables. 4. **El riesgo sísmico**, es el tiempo que permanece el edificio ante la acción sísmica o definida como periodo de exposición, parametrizada con el grado de pérdidas que sufren las estructuras después de un sismo. Para mitigar, se realizan los estudios de vulnerabilidad y mejorar el comportamiento ante los sismos. 5. La **amenaza o peligro sísmico**, se mide por una probabilidad, que los sismos potenciales catastróficos se pueden repetir, para un sitio geográfico y en un periodo de tiempo o retorno.6

**Clasificación de la vulnerabilidad Sísmica**, se clasifica como **vulnerabilidad física**, definida como la exposición de los elementos estructurales a una pérdida o daño del elemento estructural de una edificación, siendo de tipo estructural y no estructural. La **vulnerabilidad estructural**, es la exposición a perdida o daño de los elementos del sistema estructural como: cimentaciones, columnas, vigas, muros y losas.7. La **vulnerabilidad no estructural**, como la exposición a perdida o daño

---

2 (GRACIELA)

3 (TALAVERA, y otros)

4 (BARBAT)

5 (BARBAT)

6 (BARBAT)

7 (KUBIAK, y otros)

de los elementos no estructurales, siendo estos los elementos que no son parte del sistema estructural del edificio y la **vulnerabilidad funcional**, es el servicio de funcionamiento que debe continuar el sistema estructural de la edificación, para que fue diseñado, mostrando un desempeño estructural, aunque con colapso funcional, siendo estas los hospitales, centros de salud y clínicas.<sup>8</sup>

Clasificación de las metodologías, para la evaluación de la **vulnerabilidad sísmica**, existen diversos métodos que se han creado, para evaluar la vulnerabilidad sísmica, que utilizan diferentes criterios de procedimientos, por ubicación geográfica y parámetros empleados. **Un método cualitativo o subjetivo**, que utiliza un procedimiento de observación directa, siendo las más aceptadas; Corsanero y Petrini, Kappos, Kalvi, FEMA 154, Chang, y **los métodos exactos o cuantitativo**, que utiliza una metodología de cálculo numérico; como resistencia de materiales, análisis estructural o el modelamiento de estructuras en: análisis estático lineal y no lineal, análisis dinámicos lineal y no lineal. Para **(LOURENCO, 2020)**, define al **análisis lineal**, como la relación entre deformación y esfuerzo, que obedecen a la ley de Hooke, cuando se someten los materiales a una fuerza. En las edificaciones históricas es muy problemática su uso, ya que los materiales constituyentes se agrietan con esfuerzos muy bajos, además cuestiona y evita su uso en el análisis lineal, por las siguientes razones: a.- las mamposterías históricas tienen muy baja resistencia a la tracción y no se puede cubrir en las zonas que puedan aparecer esfuerzos de tracción, b.- con un análisis lineal no se pueden responder el esfuerzo de tracción máxima. ver ecuación (1). y figura 1.

#### **Ecuación 1. Ley de elasticidad de Hooke.**

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{F}{A E}$$

---

<sup>8</sup> (BARBAT)

**De dónde:**

L : longitud original.

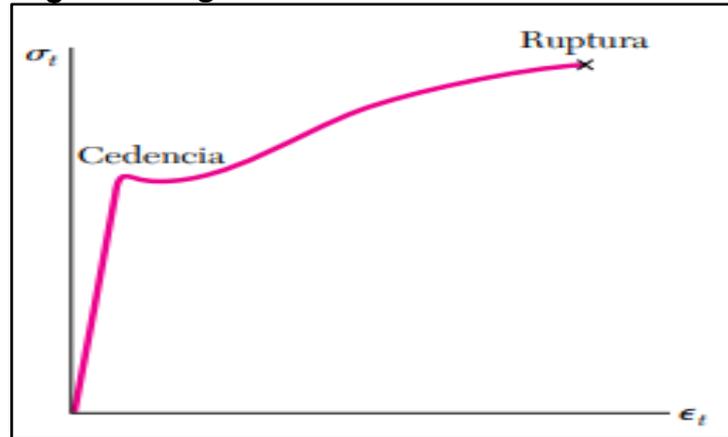
A: área de la sección transversal.

E: módulo de elasticidad.

F: fuerza aplicada.

$\Delta L$ : variación de alargamiento.

**Figura 1. Figura de la curva de esfuerzo versus deformación.**



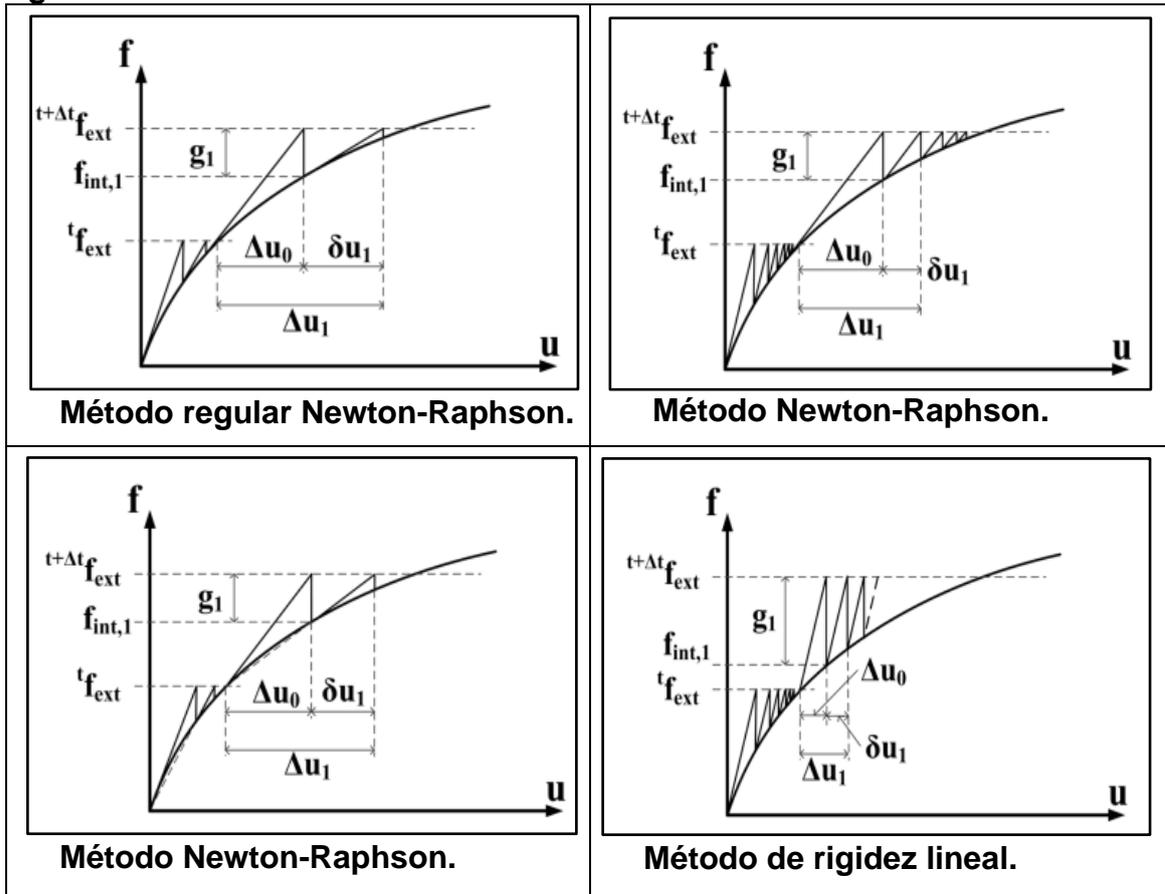
**FUENTE: Beer, 2010.**

El **análisis sísmico no lineal**, se define, como la relación entre la fuerza y el desplazamiento, con un comportamiento inelástico de los materiales, utilizado para determinar el comportamiento de una estructura, aplicando fuerzas horizontales en forma vertical en el análisis estructural, originando grietas, rotulas plásticas. 9. En este tipo de análisis, el vector de fuerza interna, dependen del desplazamiento no lineal, así como los materiales tienen un comportamiento no lineal. Se pueden resolver estos tipos de no linealidad de manera implícita y explícita, en el primer caso, no toma en cuenta el tiempo y en el segundo caso es importante porque dependen del tiempo para resolver problemas de alta deformación. Los softwares de análisis de elementos finitos, usan diferentes métodos de iteración, como el método de Newton-Raphson, el método cuasi-Newton y el método de rigidez lineal, estos utilizan para la longitud del arco, tamaño del incremento y algoritmo de iteración del vector de desplazamiento, ver figura 2.

---

9 (LOURENCO)

Figura 2. Métodos de iteración.

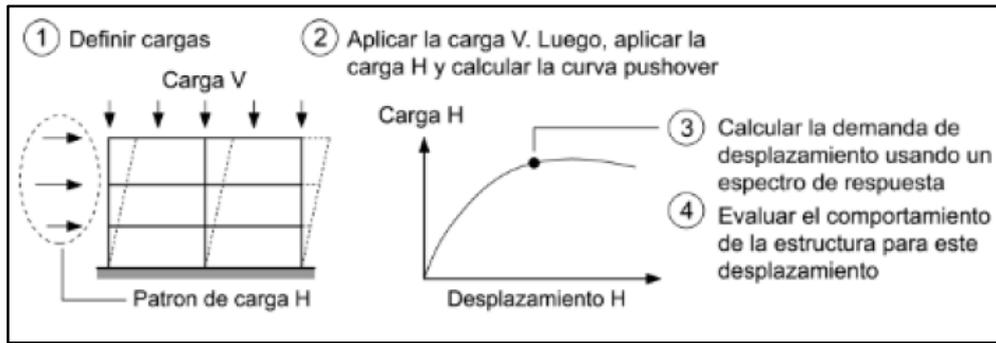


FUENTE: Lourenco, 2020.

El **Análisis pushover**, es un método estático de análisis no lineal, en condición de que la estructura, está sujeta por su carga gravitatoria y aplicando una carga lateral monotónica, hasta llegar a un comportamiento inelástico de la estructura. Para el análisis se procede en diferentes etapas, primero se aplica el peso propio gravitacional y como segunda etapa se aplica una aceleración horizontal proporcional a su masa, generándose la curva estática pushover.<sup>10</sup>, ver figura 3. Para, (LOURENCO, 2020), al aplicar el patrón de cargas para el pushover, existen varios métodos siendo: a.- distribución proporcional a la masa de la estructura, b.- proporcional a la primera forma modal c.- triangular invertido, siendo el análisis por el método de pushover uno de los análisis más sólidos para edificios históricos.

<sup>10</sup> (CUADROS)

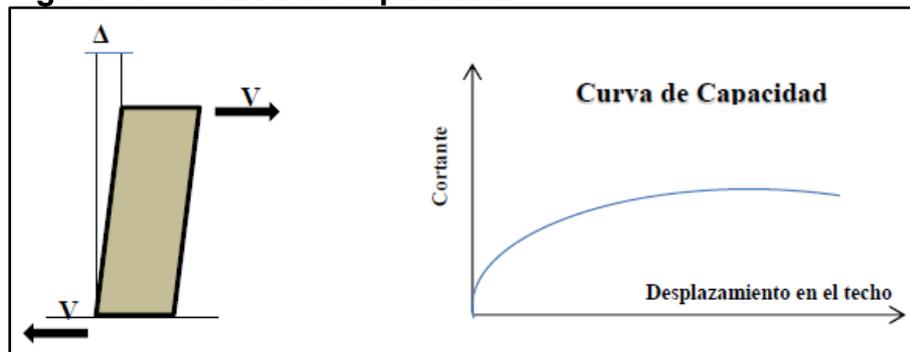
**Figura 3. Procedimiento y fases del método pushover.**



**FUENTE: Lourenco, 2020.**

**Curva de capacidad o curva pushover**, correspondencia entre cortante basal ( $V_b$ ) y desplazamiento ( $d$ ), ver figura 4.

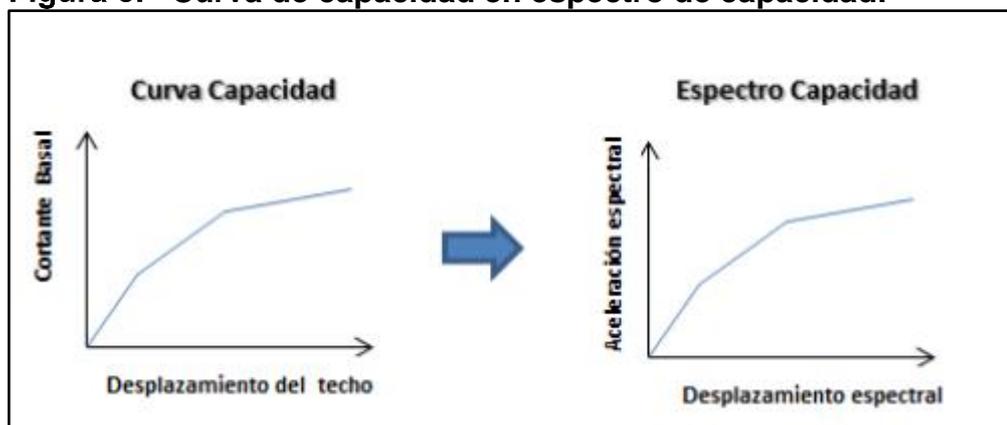
**Figura 4. Curva de capacidad.**



**FUENTE: Lourenco y otros, 2020.**

**Espectro de capacidad**, es la transformación de curva pushover, en una gráfica de espectro de capacidad (aceleración espectral,  $S_a$ , desplazamiento espectral,  $S_d$ ), ver figura 5, mediante la ecuación del ATC- 40, ecuación (2).

**Figura 5. Curva de capacidad en espectro de capacidad.**



**FUENTE: Cuadros, 2020.**

**Ecuación 2. Ecuación del ATC-40, para el desplazamiento y aceleración espectral.**

$$S_{di} = \frac{\Delta n_i}{(\beta_1 * \varphi_{1,n})}$$

$$S_{ai} = \frac{V_i}{\alpha_1}$$

**De dónde:**

$\alpha_1$  = masa modal referente al primer modo de vibración.

$\beta_1$  = factor de participación.

$\varphi_{1,n}$  = amplitud en el nivel n

$S_{di}$  = desplazamiento espectral.

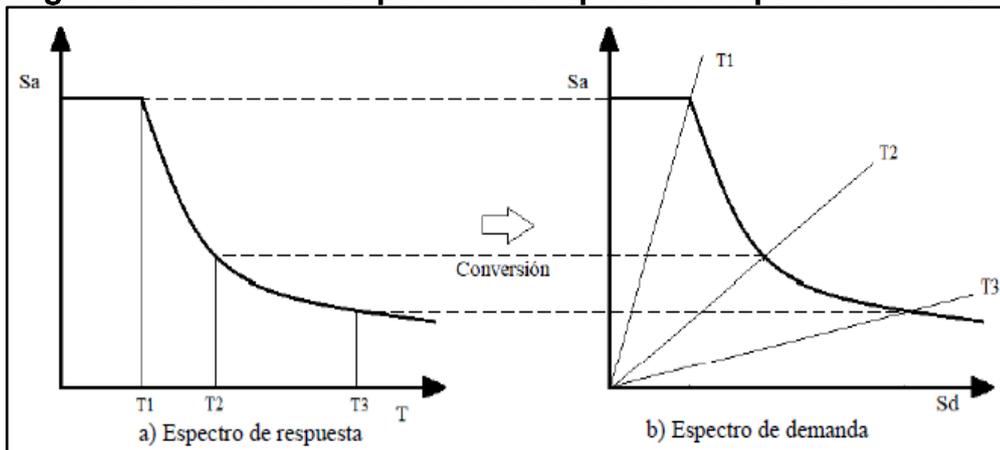
$S_{ai}$  = aceleración espectral.

$\Delta n_i$  = desplazamiento del nivel i.

$V_{ni}$  = fuerza cortante del nivel i.

**Espectro de demanda**, surge en el cambio del espectro de respuesta, en función de aceleración espectral ( $S_a$ ) y desplazamiento ( $S_d$ ), ver figura 6 y la ecuación (3).

**Figura 6. Cambio de espectro de respuesta a espectro de demanda.**



**FUENTE: Cáceres, 2020.**

**Ecuación 3. Ecuación, para el desplazamiento espectral.**

$$S_{di} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{ai} g$$

**De dónde:**

$S_{di}$  = desplazamiento espectral.

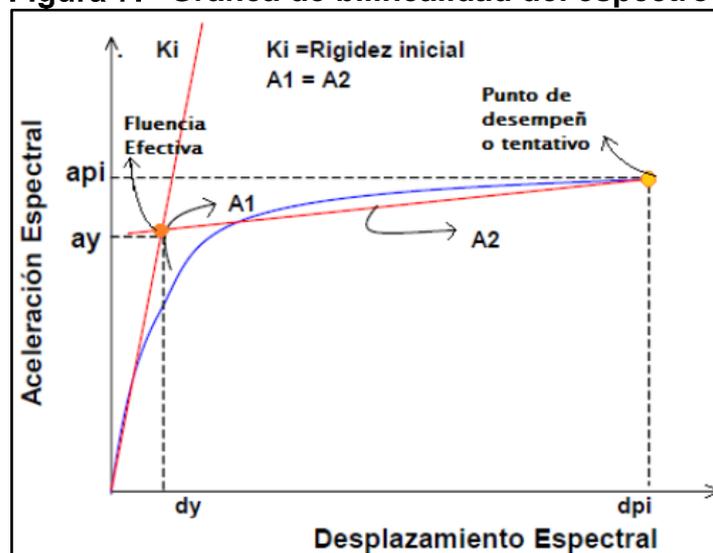
$S_{ai}$  = aceleración espectral.

$g$  = aceleración de la gravedad.

$T_i$  = periodo estructural

**Representación bilineal del espectro de capacidad**, nos sirve para conocer algunas propiedades de linealidad y no linealidad, se grafican dos líneas, la primera desde el origen hasta el punto de fluencia y la segunda interceptando desde el punto de desempeño tentativo a la primera línea, siendo este punto de desempeño, deben cumplir las dos áreas A1 y A2 ser iguales. Indica desde el inicio hasta el punto de fluencia es inelástico y del punto de fluencia al punto de desempeño tentativo es inelástico, ver figura. 7

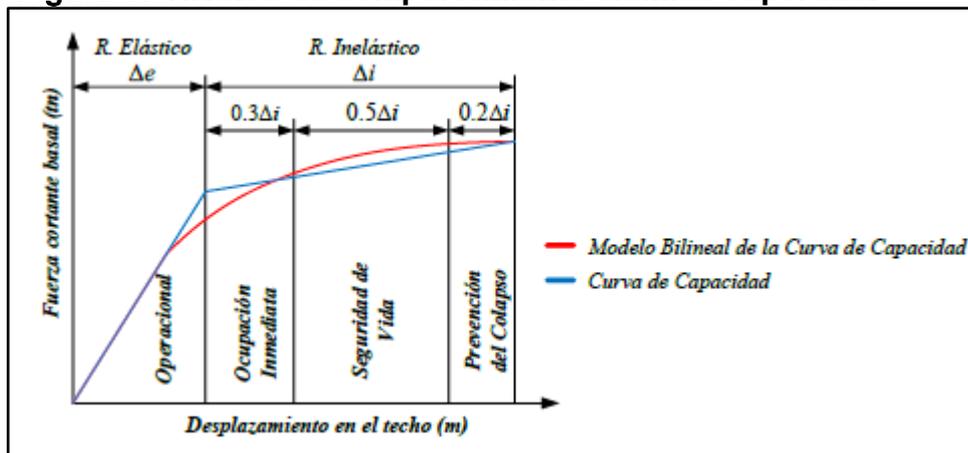
**Figura 7. Gráfica de bilinealidad del espectro de capacidad.**



**FUENTE: Cáceres, 2020.**

**Niveles de desempeño**, con el grafico de capacidad bilineal, se puede delimitar desde el punto de desempeño, según ATC-40, en función de resistencia, ductilidad, rigidez lateral, que permite identificar el nivel de daño y seguridad del edificio, para diferentes niveles de sismo. Las mismas reglamentadas por normas internacionales; Comité, 2000; SEAOC, 1995; ATC-40, 1996; FEMA 273.11, fig. 8.

**Figura 8. Niveles de comportamiento sísmico esperado.**



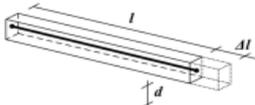
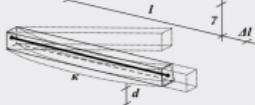
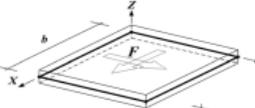
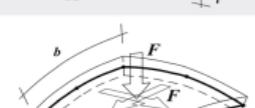
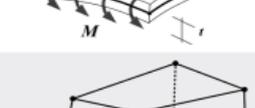
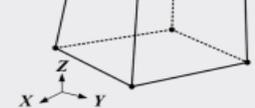
**FUENTE: Comité Visión 2000- SEAOC, 1995.**

Para, (LOURENCO, 2020), la geometría del modelo, en el modelamiento de edificios históricos hay que tomar en cuenta dos aspectos, que son muy importantes en la respuesta de la estructura, la primera es la idealización de la geometría y la segunda la idealización de los materiales. Sí no se toman en cuenta estos aspectos se pueden obtener un modelamiento como: datos incompletos de la geometría, datos de la composición interna de los elementos estructurales incompleta, cambios significativos en la composición de los elementos estructurales y el daño existente en la estructura es desconocido. Para el tipo de elemento, en el análisis de elementos finitos (FEM), los softwares de programas informáticos, proveen varios tipos de elementos para idealizar el problema para edificios históricos, se pueden idealizar de varias formas como elementos lineales (tipo vigas), bilineales (tipo cáscara) o tridimensionales (sólidos), ver figura 9. Para las edificaciones históricas su sistema estructural es muy compleja y no es fácil definir su geometría apropiada y a veces no existe una diferencia de un elemento estructural y no estructural tipos de elementos disponibles en software de modelamiento. El mismo investigador

11 (CACERES)

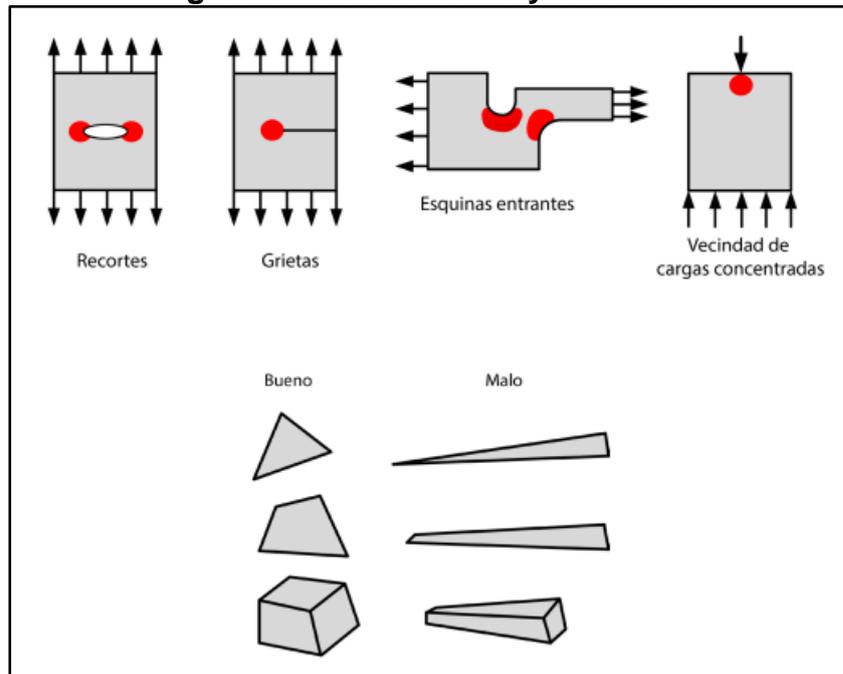
menciona, para **el mallado**, en el modelamiento de edificios históricos, se debe tener en cuenta el tamaño y la forma de la malla. Se pueden introducir mallas con geometrías grandes o finas. Aplicando las geometrías grandes los resultados pueden ser incorrectos y mallas con geometrías finas la desventaja es su tiempo de cálculo, que requiere mucho tiempo. Para ello se debe realizar pruebas de convergencia de la malla, comprobar y comparar uno al otro hasta lograr un porcentaje aceptable. Otra recomendación es utilizar el mallado con geometrías grandes en regiones con bajo gradiente de esfuerzos y enmallar más finos, en las zonas con alto gradiente de esfuerzos. ver figura 10. Lourenco, menciona a **(Atamturktur, 2006)**, para los monumentos históricos la malla puede oscilar de 10 a 30 cm. con un resultado apropiado.

**Figura 9. Tipo de elementos disponibles en software de elementos finitos.**

Elemento tipo	Breve descripción	Esquema genérico
<b>Elemento tipo armadura</b>	Los elementos tipo armadura son elementos lineales en los que la deformación solo puede ser por elongación axial ( $\Delta l$ ).	
<b>Elemento tipo viga</b>	Los elementos tipo viga son elementos lineales en los que la deformación puede ser por elongación axial ( $\Delta l$ ), deformación a corte ( $g$ ), curvatura ( $k$ ) y torsión ( $t$ ).	
<b>Elemento de esfuerzo plano</b>	Los elementos de esfuerzo plano son elementos de dos dimensiones en los cuales la deformación solo puede ser por traslación ( $u_x$ y $u_y$ ) en el plano del elemento.	
<b>Elemento de superficie de flexión</b>	Los elementos de superficie de flexión son elementos de dos dimensiones en los cuales la deformación solo puede ser por rotación en la dirección del plano del elemento ( $\phi_x$ y $\phi_y$ ) y por traslación en la dirección perpendicular al plano del elemento ( $u_z$ ).	
<b>Elemento tipo cáscara</b>	Los elementos tipo cáscara son elementos de dos dimensiones en los cuales la deformación solo puede ser por traslación en las tres direcciones generales ( $u_x$ , $u_y$ y $u_z$ ) y por rotación en las direcciones del plano del elemento ( $\phi_x$ y $\phi_y$ ).	
<b>Elemento tipo sólido</b>	Los elementos tipo sólido son elementos de tres dimensiones con propósito general, en los cuales la deformación puede ser por traslación en las tres direcciones generales ( $u_x$ , $u_y$ y $u_z$ ).	
<b>Elemento de contacto/ interfaz</b>	Los elementos de contacto o interfaz son elementos especiales que permiten describir un comportamiento específico entre dos otros elementos, proporcionando una relación entre los esfuerzos (tracciones) en las superficies y sus desplazamientos relativos.	

**FUENTE: Lourenco, 2020.**

**Figura 10. Recomendaciones de discretización, según el gradiente de esfuerzo y deformación.**

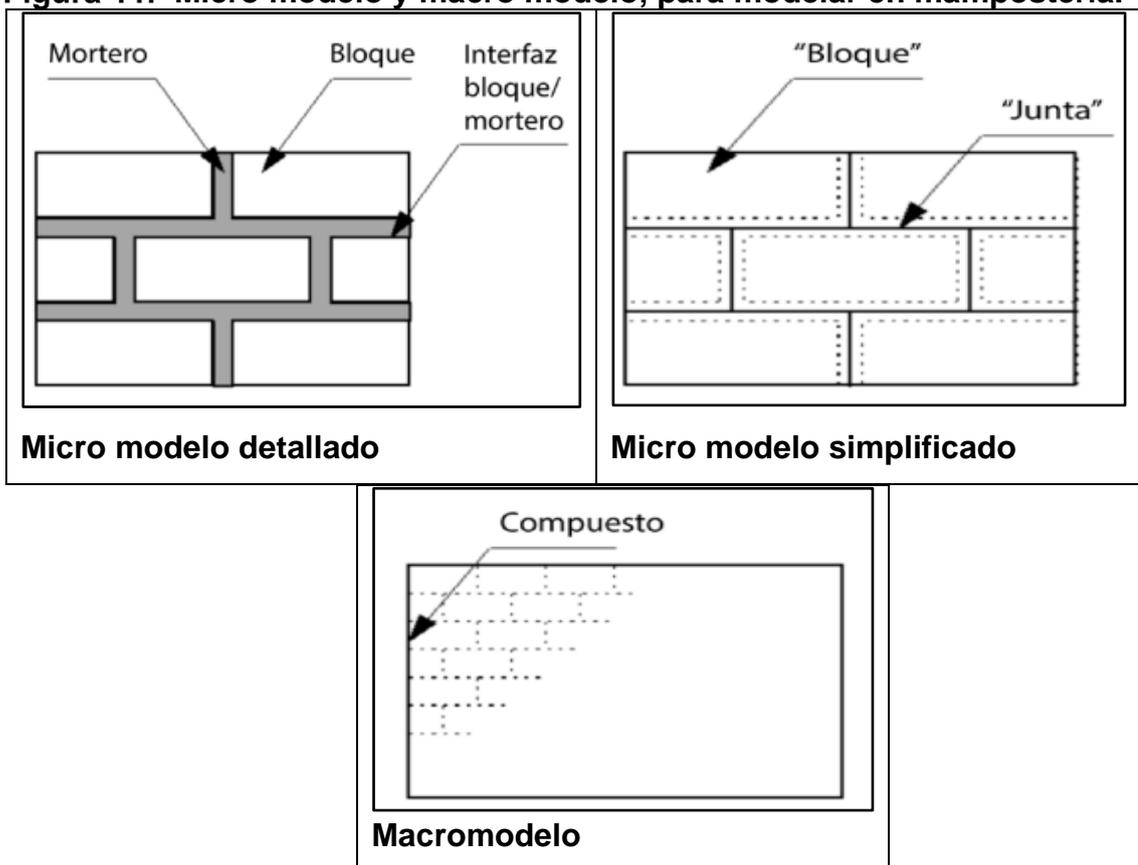


**FUENTE: Lourenco, 2020.**

Menciona, (LOURENCO, 2020), para los materiales en el modelamiento para edificios históricos de tierra, el comportamiento del material en el estado no lineal bajo las cargas en estado de tensión posee un bajo esfuerzo, como con secuencia del agrietamiento y el comportamiento en compresión es alto debido al daño irreversible. En **soportes y cargas** en edificios históricos, estos tienen mucha importancia en los resultados obtenidos y las mismas que dependerá de la experiencia del modelador. Las condiciones de contorno se deben aplicar comparativamente como sea posible con las condiciones reales de la estructura. Para la **calibración del modelo**, asumir que los resultados pueden tener sentido correcto o incorrecto, para ello se recomienda los siguientes pasos: a.- comprobar las cargas aplicadas globales, con las reacciones globales, b.- usar formas de animaciones distorsionadas, para comprobar definiciones de carga y soporte. c.- para comprobar la conectividad de la malla, utilizar gráficos de contorno de deformación, d.- ejecutar un análisis modal, para verificar la conectividad de la malla. e.- comparar los resultados de los ensayos, teorías, ensayos experimental in situ, estado de condición del edificio. **Los micro modelos y macro modelos en mampostería**, para (LOURENCO, 2020), existen diferentes métodos en el modelado de mamposterías históricas, con capacidades de predecir los tipos de

fallas, estas son: **a.- micro modelado detallado**, se realiza la discretización al material componente de la mampostería para ver su comportamiento global, los materiales constituyentes el ladrillo y el mortero son considerados como elemento continuo, por otra parte la interfaz ladrillo y mortero es considerada como elemento discontinuo, se aplica, para la investigación de muros simples **b.- micro modelado simplificado**, para este caso las juntas horizontales y verticales son consideradas como elemento discontinuo y los elementos del ladrillo es considerada como continuo. **c.- macro modelado**, se asume a todos los elementos de ladrillo y el mortero como un todo, considera a los muros de la mampostería como un homogéneo, y es capaz de reproducir el comportamiento estructural de la mampostería, pero no reproduce los tipos de mecanismos de falla, siendo adecuado para una investigación de un edificio histórico completo, por ser fáciles y muy rápidas. ver figura 11.

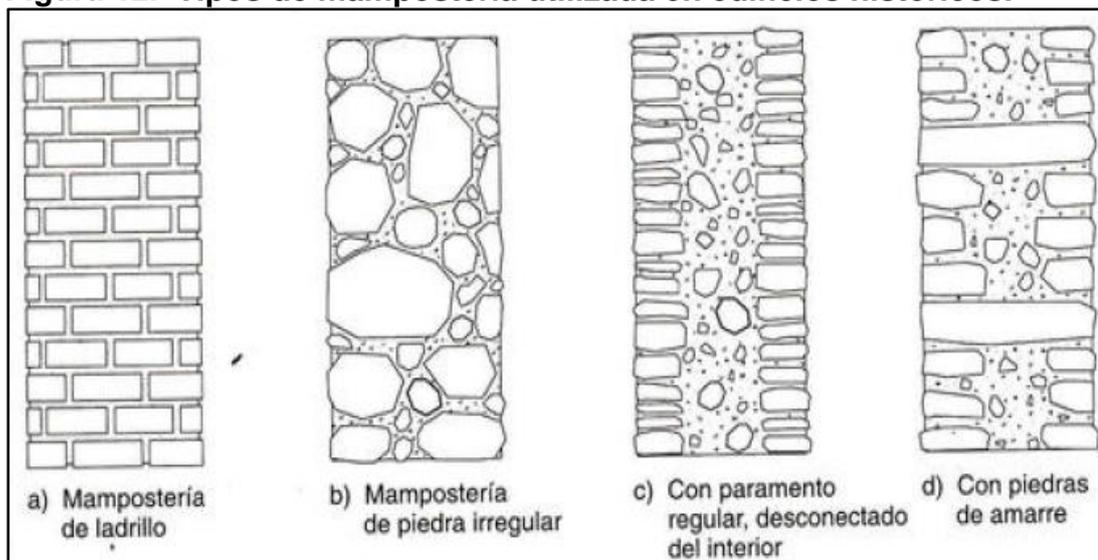
**Figura 11. Micro modelo y macro modelo, para modelar en mampostería.**



**FUENTE: Lourenco, 2020.**

La **Mampostería**, para **(GOMEZ, 2016)**, en las edificaciones de edificios históricos se basan al tipo y calidad del material encontrado en el lugar geográfico y las técnicas de constructivas a utilizarse, utilizando para ello unidades de adobe, ladrillos y piedra. Ordenadas y puesta de cara a cara, uno sobre otra y unidas con un tipo de mortero en las juntas, las cuales permanecen a diferentes condiciones de carga como de esfuerzos de tracción y compresión. Define, **(CLEMENTE, et al, 2016)**, a la mampostería conformada por unidades de piedras de alguna cantera sea de geometría labrada o de geometría irregular, funcionalmente pueden cumplir en condición estructural y no estructural, a su vez estos elementos estructurales, se encuentran en diferentes condiciones de carga y a las unidades de mampostería, para referirse a los bloques de ladrillo, adobe y piedras. A las juntas verticales y horizontales, como una interfase entre los bloques, conformada por una junta principal prioritariamente en lo horizontal, para conformar las diferentes hiladas y unidas con un tipo de mortero. Existen dos propiedades principales en tipo de mampostería, primero las unidades de una mampostería tienen un comportamiento anisotrópico, se comportan según a la aplicación en la dirección de las cargas, segundo las mamposterías tienen muy baja resistencia a las fuerzas de tracción y esa debilidad se debe a la presencia de las juntas y otros factores como el tamaño, disposición, tipo de material y tipo junta (junta seca o con algún tipo de mortero). ver figura. 12.

**Figura 12. Tipos de mampostería utilizada en edificios históricos.**



**FUENTE:** Meli, (1999?).

Los **tipos de materiales de construcción**, utilizados en edificaciones históricas, para **(MELI, (1999?))**, la  **piedra**; es uno de los materiales más utilizados en la edificaciones históricas, formando elementos monolíticos o en forma de bloques tipo sillares sobrepuestos, por su propiedades de facilidad de trabajar, dar forma, durabilidad y resistencia a los efectos climáticos como el ciclo de deshielo y hielo. Además, se pueden clasificar estos materiales en **Rocas ígneas**; conformadas de rocas de origen volcánico o magma fundida, pudiendo ser intrusivos o extrusivos, con limitaciones en presentar por su dureza en su trabajo y muy restringido en su uso como bloques grandes en las edificaciones históricas. **Rocas sedimentarias**; son las más abundantes, de origen de descomposición de otras rocas, de continua acumulación y consolidación, son rocas muy trabajables, fáciles de labrar y cortar en diferentes formas geométricas y han tenido una mayor aceptación en su utilización como materiales pares a la construcción. **Rocas metamórficas**, se originan por acción química, termomorfismo y dinamomorfismo, por alteración de las rocas sedimentarias y ígneas. También uno de los materiales más utilizados en los monumentos históricos. ver tabla 1.

**Tabla 1. Resistencia mínima a compresión de ciertas rocas (Norma DIN 1053).**

<b>GRUPO</b>	<b>TIPOS DE ROCAS</b>	<b>RESISTENCIA MÍN. A COMPRESIÓN (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>A</b>	Caliza, travertino, tobas volcánicas.	200
<b>D</b>	Areniscas blandas y calizas arcillosas.	300
<b>C</b>	Calizas compactas, dolomitas, mármol y basalto.	500
<b>D</b>	Areniscas cuarzosas.	800
<b>E</b>	Granito, sienita, diorita, pórfido, diabasa, basalto - rocas ígneas en general.	1200

**FUENTE: Meli, (1999?).**

Los **Morteros**, para **(MELI, (1999?))**, son materiales para dar adherencia entre los las unidades de los bloques, inicialmente su uso fue de mortero de tierra en su estado plástico, que servía para usar como relleno de huecos y como mortero de juntas, posteriormente se introduce el uso de mortero de cal y arena, con sus ventajas que confería a la mampostería, la resistencia y durabilidad y su posterior endurecimiento por efecto ambiental de la humedad y el aire un endurecimiento por un largo proceso lento de carbonatación y otra de las características es la capacidad de deformarse, para el mortero de cal y arena tiene en promedio una

resistencia de 5 - 20 kg/cm<sup>2</sup>. a un tiempo posterior a esta tecnología al agregar la puzolana se dio origen al concreto actual. ver tabla 2.

**Tabla 2. Propiedades de morteros de cal y arena extraídos de monumentos.**

MONUMENTO	RESISTENCIA EN COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PROPORCION CAL-ARENA
Rotonda de Tesalónica	23	1:3
Rotonda de Tesalónica	37	2:5
Hagia Sophia	45	-
Bey Hamani	12	1:2.5
Minarete de la Rotonda	12	1:2.5

**FUENTE: Meli, (1999?).**

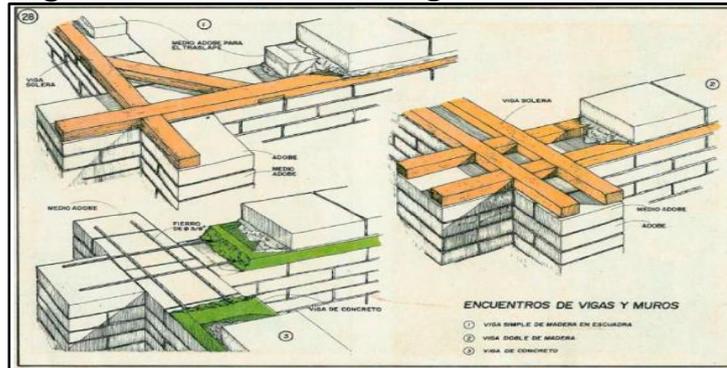
El **reforzamiento estructural en muros de adobe**, por su sistema estructural, no trabajan bien en tracción y flexión, para mantener en pie su estabilidad de la estructura global es necesario reforzar con materiales diferentes, que los materiales constituyentes del edificio, para prevenir el colapso por sismos.<sup>12</sup> En refuerzo de muros de adobe se toman dos criterios: la primera es mantener su identidad y la segunda no alterar la materialidad del monumento, utilizando materiales resistentes. La **compatibilidad del adobe con otros materiales usados en reforzamiento**, es necesario conocer la compatibilidad y reversibilidad del material con el adobe, la misma que presenta un comportamiento anisotrópico. La madera posee propiedades que se adhieren muy fácilmente al mortero, siendo compatible con el adobe, resistente a la tracción y compresión. El uso del acero, no trabaja a la tensión y se relaja con el tiempo. La compatibilidad del concreto, un material anisotrópico y el adobe con propiedad heterogéneo, no es tan recomendable.<sup>13</sup>. Existen **alternativas de reforzamiento**, hay diferentes maneras de reforzar un muro de tierra, con la finalidad de mitigar a solicitaciones telúricos. Se mencionan: **refuerzo con viga collar de madera y barro**, se usan maderas aserradas de sección rectangular, se colocan a manera de vigas de confinamiento, en el contorno de la parte superior del muro, se muestra en la figura 13.

---

<sup>12</sup> (ESQUIVEL)

<sup>13</sup> (QUISPE)

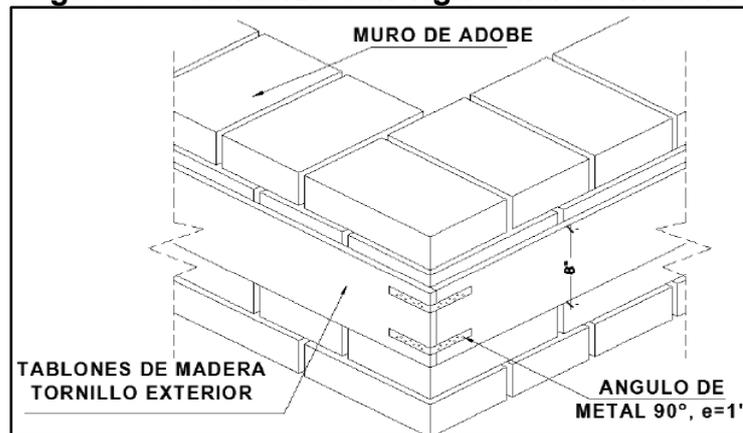
**Figura 13. Refuerzo con viga collar de madera.**



**FUENTE: Vargas et al, 2007.**

El refuerzo con viga collar de madera externa, se usa maderas de sección rectangular – tablas, por el lado interior y exterior del muro, ubicadas en los vanos. ver figura 14.

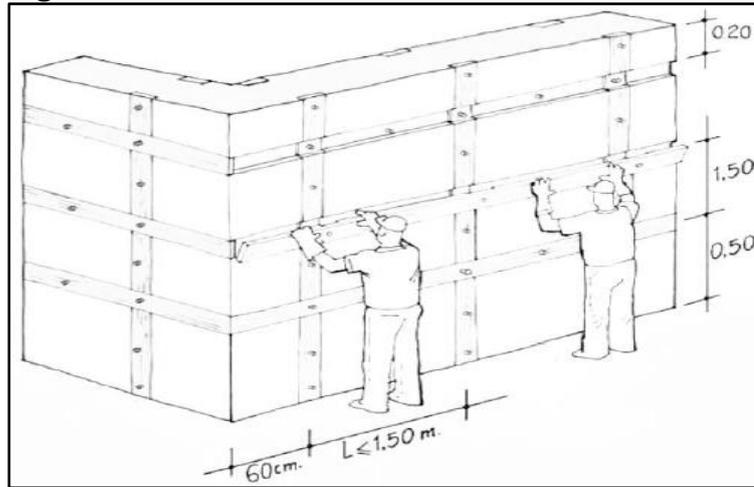
**Figura 14. Refuerzo con viga collar de madera externa.**



**FUENTE: Vargas et al, 2007.**

Los refuerzos con elementos de madera confinantes, se usan maderas de sección rectangular- tablas, colocadas por interior y exterior del muro a distancias, en verticalidad y horizontalidad, ver figura 15.

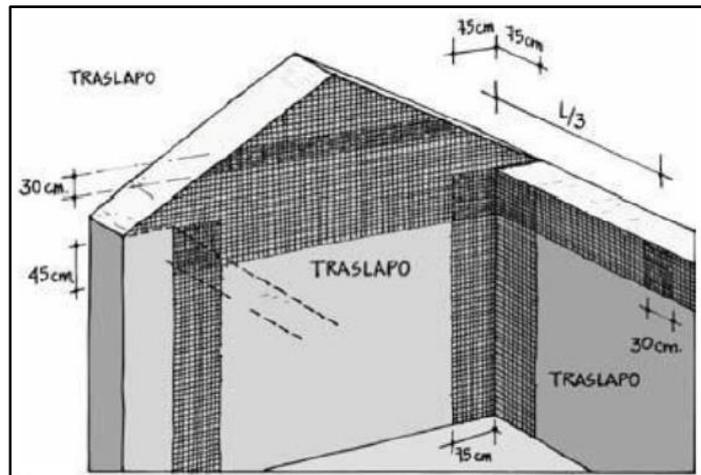
**Figura 15. Refuerzo con elementos de Madera Confinantes.**



**FUENTE: Vargas et al, 2007.**

El refuerzo con geomalla y malla electrosoldada, la malla electrosoldada y geomalla, refuerzan por revoque al muro con algún mortero, figura 16.

**Figura 16. Geomalla como Refuerzo en Construcciones de Adobe.**



**FUENTE: Vargas et al, 2007.**

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** aplicada, de un tipo de investigación de condición práctica, dinámica y empírica, para obtener resultados y aportar al conocimiento teórico.<sup>14</sup>

En la presente investigación de evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, no lineal del templo Santa María Magdalena, se realizó in situ.

**Diseño de investigación: cuasi experimental transversal**, son procedimientos que se realizan al manipular intencionadamente las variables independientes, para obtener los efectos y la obtención de datos en un determinado tiempo.<sup>15</sup>

La evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis estático no lineal, es un diseño cuasi experimental transversal. Se realizaron la manipulación de las variables independientes en el software de elementos finitos (causa) y obtuvieron datos de las variables dependientes (efecto).

**Nivel de investigación: descriptivo**, es obtener información de variables para medir sus rasgos y personalidades importantes. Asimismo, este estudio es transversal porque los datos se recopilan en un solo período y es como capturar una imagen en tiempo real.<sup>16</sup>

Para la vulnerabilidad sísmica, se recolectaron datos de las variables de la estructura física del templo, para estimar los parámetros que permitieron evaluar el daño sísmico del monumento histórico.

**Enfoque de investigación cuantitativo:** ya que no solo se recopiló datos cuantitativos a través de medidas numéricas y ecuaciones, sino también datos cualitativos, es decir, datos visuales sobre los edificios y su estado de conservación.

#### 3.2 Variables y operacionalización

**VARIABLES DE ESTUDIO:**

**Variable Independiente: Evaluación estructural**

**Definición conceptual:** En el análisis de pushover no lineal, la participación del vector de fuerza interna suele depender no linealmente de los desplazamientos,

---

<sup>14</sup> (VALDERRAMA)

<sup>15</sup> (SAMPIERE, y otros)

<sup>16</sup> (SAMPIERE, y otros)

esto, debido a la propiedad mecánico no lineal del material. Es calcular un vector de desplazamiento que equilibre las fuerzas internas y externas y se fundamentan en la comparación del espectro de demanda y el espectro de diseño, que por intercepción se genera el punto de desempeño estructural.<sup>17</sup>

**Definición operacional:**

El análisis pushover estático no lineal, utiliza una metodología consistente en dos etapas, en la primera se aplica el peso propio gravitacional de la estructura y en el segundo orden se aplica un factor de carga de aceleración horizontal, en forma proporcional a su masa de la estructura.<sup>18</sup>

**Dimensión:** elementos finitos y análisis pushover no lineal.

**Indicadores:** Factor de zona, categoría de edificación, sistema estructural, factor de carga, desplazamiento, carga de compresión, espectro de demanda y punto de desempeño.

**Escala de medición:** de razón.

**Variable Dependiente:** Vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento.

**Definición conceptual:**

Es el nivel de daño que presenta el elemento estructural de una edificación, ocasionada por fenómenos telúricos de determinadas características, habiendo edificios más vulnerables o menos vulnerables, frente a un evento sísmico. <sup>19</sup>

**Definición operacional:** estudios de vulnerabilidad sísmica realizadas a las edificaciones históricas de mampostería de tierra y rocas, nos permiten conocer su comportamiento estructural, a los diferentes eventos sísmicos de diferentes grados de intensidad y mitigar las herramientas necesarias para su continuidad estructural en el tiempo. <sup>20</sup>

**Dimensión:** Compresión axial de roca, compresión axial de adobe, granulometría, límites de Atterberg, curva pushover y propuesta de reforzamiento estructural.

**Indicadores:** En unidades de kg/cm<sup>2</sup>, % finos, % gruesos, LL, LP, IP, factor de carga, desplazamiento y deriva.

---

<sup>17</sup> (LOURENCO)

<sup>18</sup> (CUADROS)

<sup>19</sup> (BARBAT)

<sup>20</sup> (ALONSO)

**Escala de medición:** de razón.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

**Población;** Llamado universo o población, que agrupa a los elementos, llamado unidades de análisis, en un ámbito espacial, donde se realiza la investigación.<sup>21</sup> La ciudad de Ayacucho actualmente cuenta con 33 iglesias coloniales.

**Muestra;** es un elemento subconjunto de la población, que deben reflejar las propiedades del universo, en un muestreo. <sup>22</sup> y es el templo Santa María Magdalena - Ayacucho.

### **3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.**

#### **Técnicas de Investigación**

Son procedimientos y normas, para llegar a un objetivo en el proceso de investigación, desde el inicio hasta la finalización.<sup>23</sup> Las técnicas de investigación son un grupo de operaciones metodológicas y sistemáticos cuyo objetivo es dar confianza el proceso investigativo; en la investigación la técnica aplicada, será de trabajos de campo, la observación directa y trabajos de gabinete en procesamiento de planos y análisis de datos.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Son los recursos materiales y conceptuales, para obtener datos, informaciones, preguntas, para dar respuesta a los objetivos planteados.<sup>24</sup> Para la investigación se utilizarán los siguientes instrumentos: flexómetro, teodolito digital.

Softwares utilizados en la investigación:

Programa Microsoft Excel.

Programa Microsoft Word.

Software de diseño sísmico DIANA FEA v. 10.5.

Software de dibujo técnico AutoCAD.

Normas de ingeniería aplicables en la investigación:

---

<sup>21</sup> (IRENZON, y otros)

<sup>22</sup> (VALDERRAMA)

<sup>23</sup> (ÑAUPAS, y otros)

<sup>24</sup> (ÑAUPAS, y otros)

N.T.P. E-0.30 - 2019

N.T.P. E-0.70 - 2018

N.T.P. E-0.20

### **Validez**

Es asegurar que el instrumento que se usará, es capaz de medir la variable, para obtener datos.<sup>25</sup> La validez será de acuerdo a la evaluación de juicio de expertos.

### **Confiabilidad**

El instrumento es confiable, cuando realizadas las mediciones, no varían significativamente en el tiempo, ni en aplicaciones por diferentes personas, miden los mismos resultados.<sup>26</sup> La confiabilidad de esta investigación se dará de acuerdo a la validación de las fichas, por los profesionales que lo respaldan, tabla 3.

**Tabla 3. Validación de fichas, por expertos**

<b>N°</b>	<b>GRADO ACADEMICO</b>	<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>CIP</b>	<b>EVALUACION</b>
1	Ingeniero Civil	Galindo Trigos, Dante Félix.	158836	5
2	Ingeniero Civil	Pujaico Laines, Renán	144476	5
3	Ingeniero Civil	Zevallos Lactahuamán, Luis Andy	222451	5

**FUENTE: Elaboración propia.**

### **3.5. Procedimiento**

Para, el análisis estático no lineal pushover del edificio histórico del templo Santa María Magdalena. Para cumplir con los objetivos planteados, se realizarán diferentes actividades relacionadas a la obtención de datos. Iniciando con la obtención los datos geométricos en planta y altura del templo, obtención de muestras del adobe y mortero, apertura de calicata para conocer el perfil y tipo suelo, mediante el ensayo de corte directo, determinar su capacidad portante del suelo. Ensayos laboratoriales de granulometría y límites de Atterberg a las muestras del adobe y mortero, ensayo de rotura a la comprensión axial del espécimen de adobe, ensayos no destructivos de esclerometría o rebote de martillo Schmidt, para los pilares de la nave principal del templo y el pilar del campanario

---

<sup>25</sup> (SAMPHERE, y otros)

<sup>26</sup> (ÑAUPAS, y otros)

norte y finalmente realizar un dibujo en sólido, en AutoCAD 3D. y su modelamiento respectivo en un software de elementos finitos DIANA FEA v. 10.5.

#### **a.- Datos geométricos del templo**

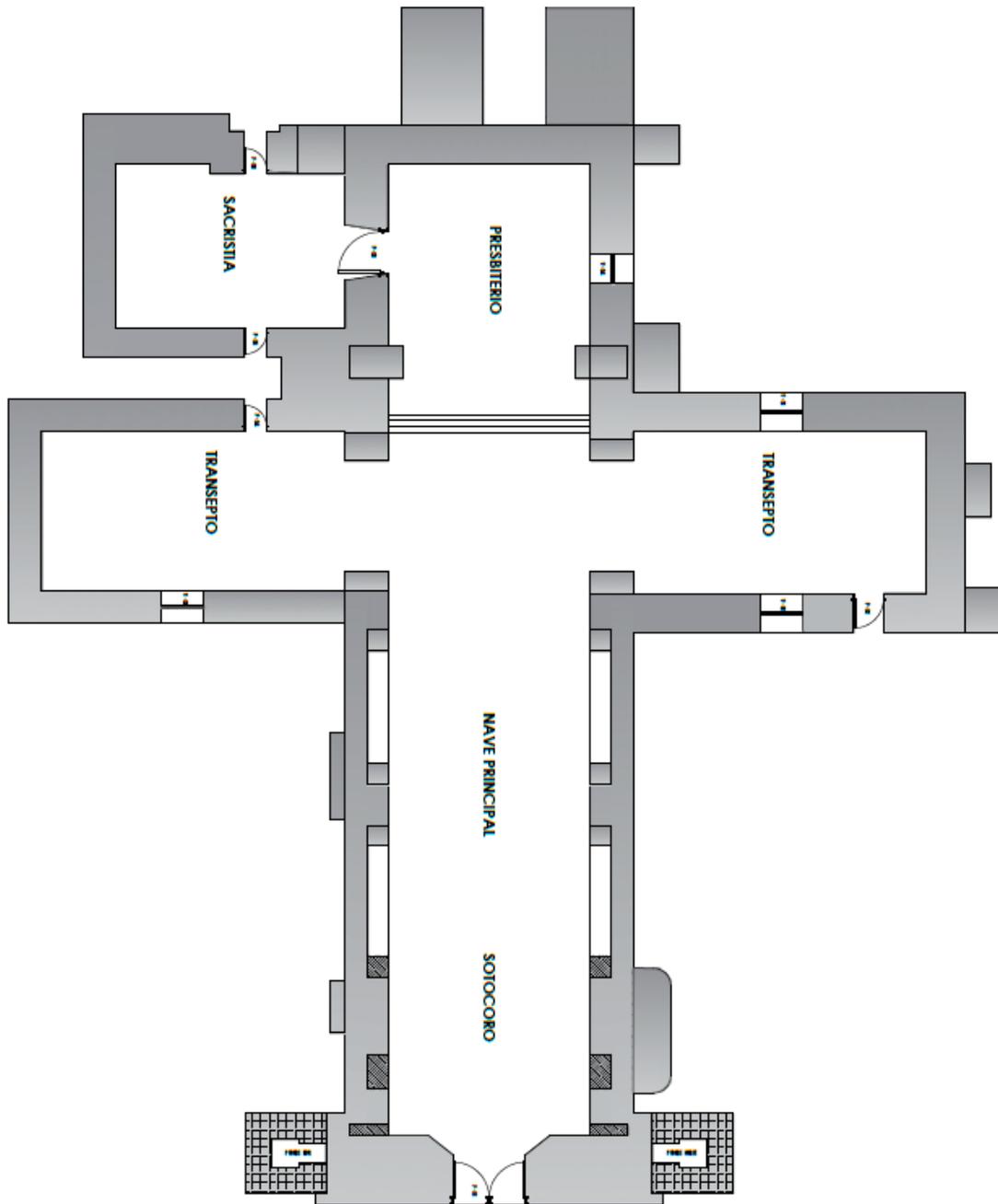
El templo en la actualidad, no cuenta con ningún tipo de plano de arquitectura en planta y altura, por ello se realiza el levantamiento topográfico, de planta y altimétrico con un teodolito digital, posteriormente se realizó el modelo en el programa de AutoCAD versión 2018. figura 17 y 18.

**Figura 17. Obtención de datos geométricos, con equipo de teodolito digital.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

Figura 18. Plano geométrico en planta del templo Santa María Magdalena.



FUENTE: Elaboración propia.

### b.- Recolección de muestras de adobe y mortero

Se procede a recolectar las muestras de adobe y mortero, del muro lateral del área verde del mismo templo, con los cuidados necesarios, son muestras muy sensibles y débiles a cualquier acción mecánica. Posteriormente se traslada al laboratorio de mecánica de suelos. ver figura 19.

**Figura 19. Obtención de muestras de adobe y mortero.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

### c.- Apertura de calicata

La apertura de la calicata, para conocer el perfil estratigráfico, el tipo de suelo y la extracción de muestra para el ensayo de corte directo, se realizó en el área verde del mismo templo, ya que existe restricciones, por ser un patrimonio, con medidas de área de 1.0 m. x 1.0 m. y 1.5 m. de profundidad. ver figura 20.

**Figura 20. Apertura de calicata, para determinar el perfil estratigráfico y extracción de muestra.**



**FUENTE:** Elaboración propia.

### d.- Ensayo de esclerometría o rebote de martillo Schmidt.

Para los ensayos no destructivos se realiza, el ensayo de esclerómetro in situ, se realizaron 02 ensayos para cada tipo de roca, primero en dos pilares diferentes de la nave principal, para la roca checco volcánico de color gris, el segundo ensayo para la roca tufo dacítico de color blanquecino del pilar del campanario norte. ver figura 21.

**Figura 21. Ensayo de esclerometría de Schmidt, para dos tipos de rocas en el templo.**

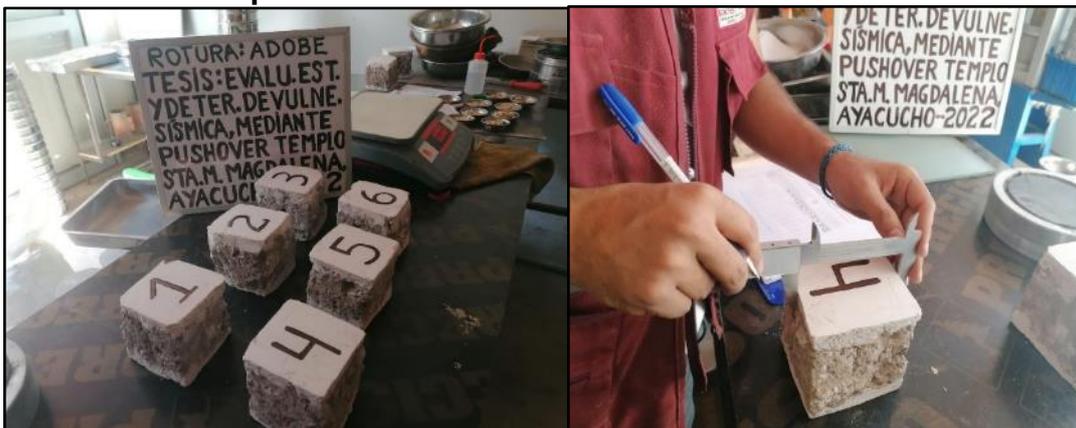


**FUENTE:** Elaboración propia.

**e.- Ensayo de rotura de espécimen de adobe.**

Se realiza el moldeo de 06 muestras de adobe, según la normativa E-080, con medidas mínimas en su arista del cubo de 0.1x0.1x0.1 m., Se procede a la medición de sus aristas, para determinar el área, pesado en una balanza y la rotura de los especímenes a ensayos a compresión axial. ver figura 22.

**Figura 22. Procedimiento de los especímenes de adobe, hasta la rotura a compresión axial.**





**FUENTE:** Elaboración propia.

#### **f.- Ensayo granulométrico y límites de Atterberg del adobe y mortero**

Se realiza los ensayos de granulometría por tamizado y límites de Atterberg, para las muestras del adobe y el mortero, en un laboratorio de mecánica de suelos. ver figura 23.

**Figura 23. Proceso para el ensayo granulométrico por tamizado y límite de Atterberg, para el adobe y mortero.**





**FUENTE:** Elaboración propia.

**g.- Ensayo de corte directo, para determinar la capacidad portante del suelo.** Se procede con los ensayos de análisis granulométrico, límites de Atterberg, y clasificación de suelos. Finalmente, se realiza el ensayo de corte directo, para determinar la capacidad portante del suelo. Ver figura. 24.

**Figura 24. Procedimiento del ensayo de corte directo, para determinar la capacidad portante del suelo.**



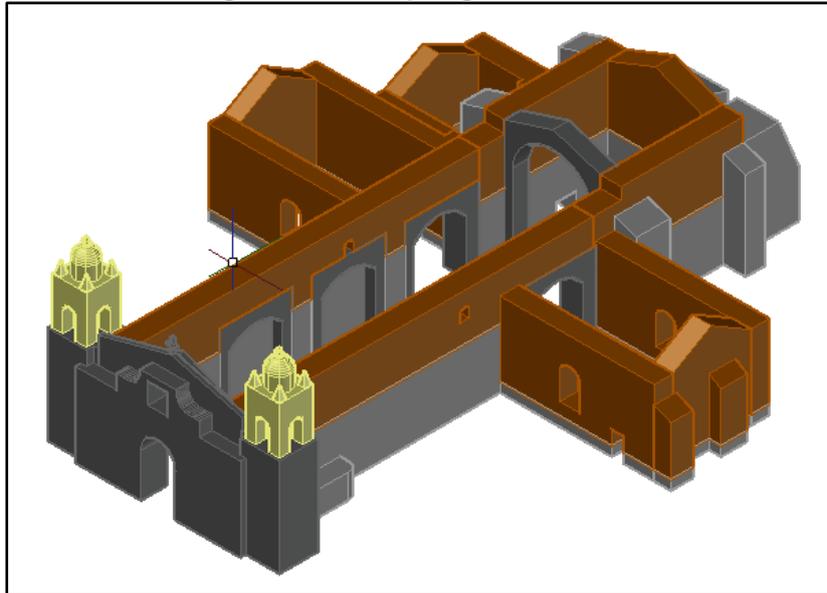
**FUENTE:** Elaboración propia.

**h.- Modelamiento y análisis cuantitativo numérico.**

**Geometría en planta y altura del templo Santa María Magdalena.**

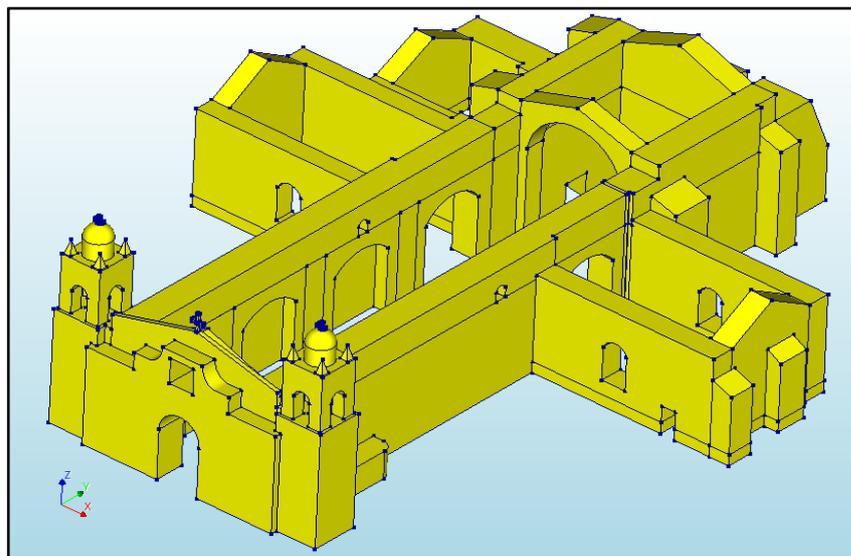
Con los datos geométricos, obtenidos en planta y altura, se procede a realizar el modelo tipo sólido en 3D, con todos los ambientes que componen el templo, con el programa de AutoCAD versión 2018. La misma isometría es exportada en la extensión. ige, al programa DIANA FEA V. 10.5. ver figura 25 y 26.

**Figura 25. Geometría isométrica en 3D, del templo Santa María Magdalena, en programa de AutoCAD.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Figura 26. Geometría tipo sólido en 3D, del templo Santa María Magdalena, en el programa DIANA FEA.**

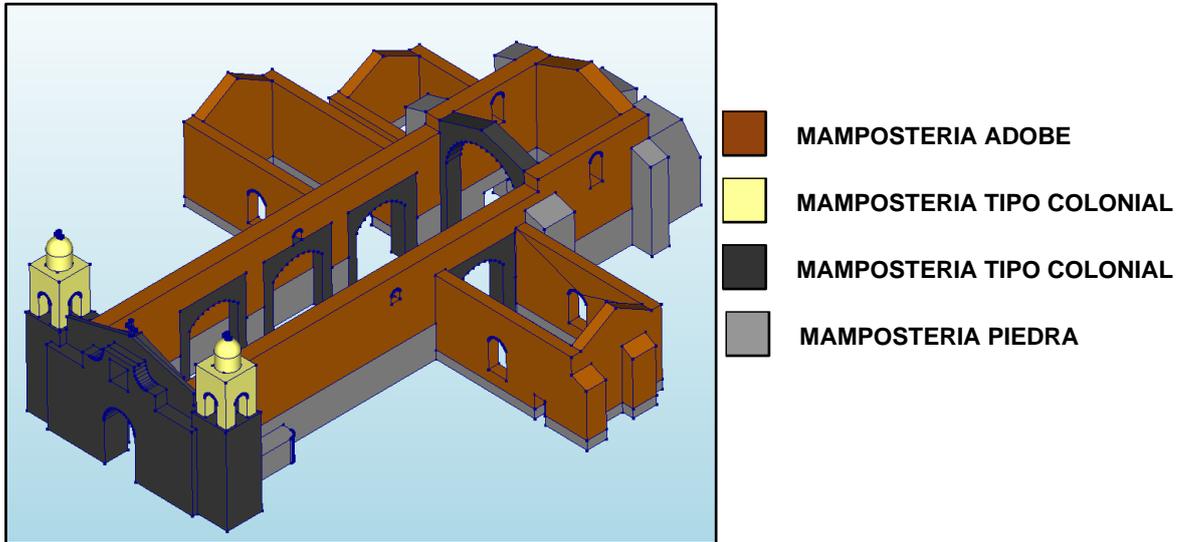


**FUENTE: Elaboración propia.**

### Asignación de materiales.

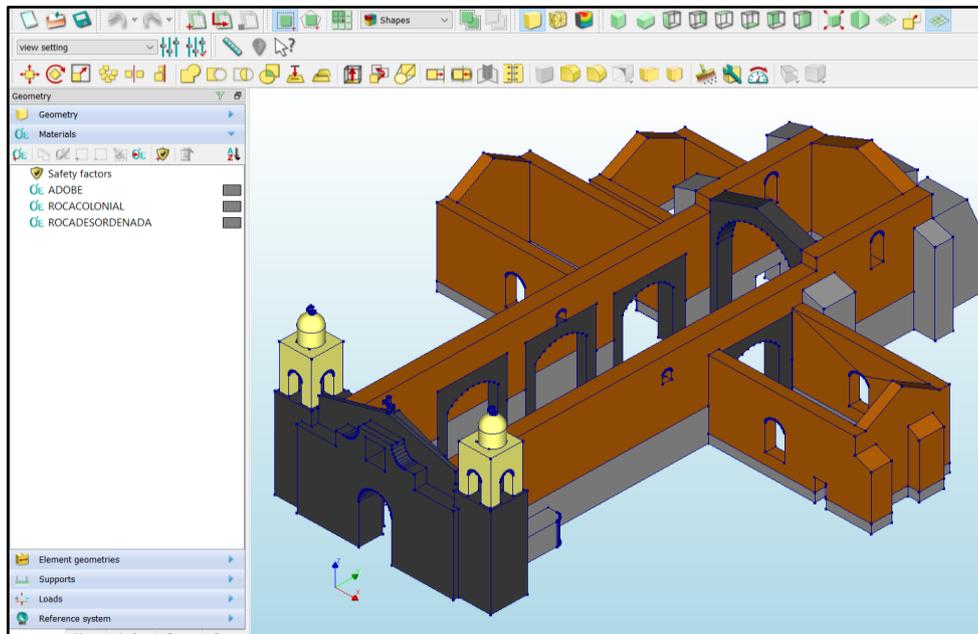
El templo, está compuesto por varios tipos de materiales, como parte estructural de la mampostería del templo, ver figuras 27 y 28. En las tablas 4, 5 y 6, se tiene el cuadro de propiedades mecánicas utilizadas para el modelamiento.

**Figura 27. Materiales estructurales encontrados, de acuerdo al tipo de material.**



FUENTE: Elaboración propia.

**Figura 28. Aplicación de propiedades de los materiales en el software DIANA FEA.**



FUENTE: Elaboración propia.

**Tabla 4. Datos recomendados, para edificios históricos de mampostería de adobe**

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Valor Propuesto</b>
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2000
Módulo de Young (E) (Mpa)	456.8
Módulo de Poisson (ν)	0.2
fc (Mpa)	0.83
ft (Mpa)	0.05
Energía de fractura a compresión GIC (N/m)	1400
Energía de fractura a tracción GIF (N/m)	20

**FUENTE: Lourenço, 2020 y Cuadros, 2020**

**Tabla 5. Datos recomendados, para edificios históricos de mampostería de piedra desordena o irregular.**

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Valor Propuesto</b>
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1900
Módulo de Young (E) (Mpa)	330
Módulo de Poisson (ν)	0.25
fc (Mpa)	0.6
ft (Mpa)	0.03
Energía de fractura a compresión GIC (N/m)	1500
Energía de fractura a tracción GIF (N/m)	10

**FUENTE: Cuadros, 2020.**

**Tabla 6. Datos recomendados, para edificios históricos de mampostería de piedra tipo colonial**

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Valor Propuesto</b>
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2140
Módulo de Young (E) (Mpa)	2340
Módulo de Poisson (ν)	0.25
fc (Mpa)	3
ft (Mpa)	0.15
Energía de fractura a compresión GIC (N/m)	4800
Energía de fractura a tracción GIF (N/m)	4.35

**FUENTE: Cuadros, 2020.**

## Cargas

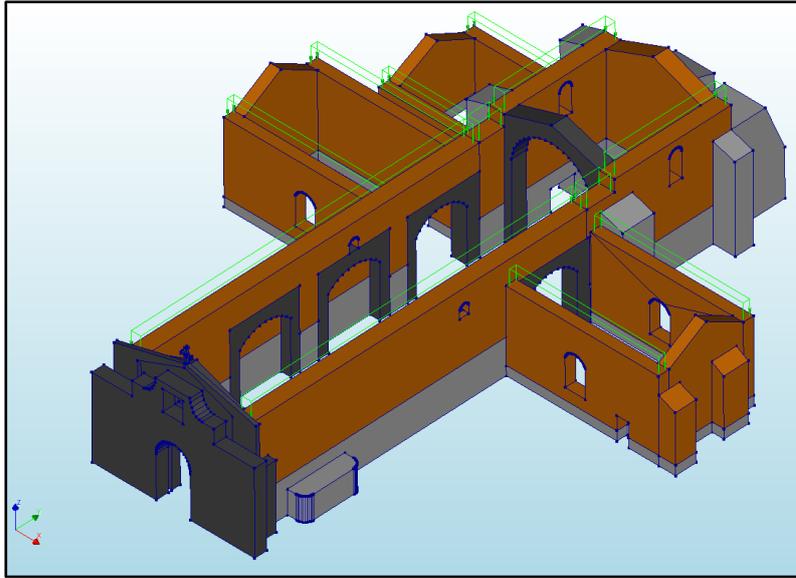
Las cargas de la cobertura, como cargas muertas y de servicio del techo de la nave, presbiterio, la sacristía y transepto se han aplicado en la parte superior, sobre los muros como carga distribuida, acorde a la Normativa Peruana E -020, el metrado de cargas muertas, vivas y carga total, se muestran en la tabla. 7 y figura 29.

**Tabla 7. Tabla de metrado de cargas de la cobertura del techo.**

CERGA MUERTA	PESO/m2	AREA(m2)	PESO TOTAL (kg)	CARGA TOTAL (N/m2)
Peso cobertura	160	130.74	20918.4	12300.72985
Peso yeso+carrizo	25	87.65	2191.25	
Rollizos	55	130.74	7190.7	
CARGA VIVA TECHO	100	130.74	13074	
<b>PESO TOTAL EN COBERTURA</b>			43374.35	
<b>TRANSEPTO NORTE</b>				
CERGA MUERTA	PESO/m2	AREA(m2)	PESO TOTAL (kg)	CARGA TOTAL (N/m2)
Peso cobertura	160	137.9	22064	11177.55408
Peso yeso+carrizo	25	86.12	2153	
Rollizos	55	137.9	7584.5	
CARGA VIVA TECHO	100	137.9	13790	
<b>PESO TOTAL EN COBERTURA</b>			45591.5	
<b>SACRISTIA</b>				
CERGA MUERTA	PESO/m2	AREA(m2)	PESO TOTAL (kg)	CARGA TOTAL (N/m2)
Peso cobertura	160	114	18240	11002.62824
Peso yeso+carrizo	25	57.14	1428.5	
Rollizos	55	114	6270	
CARGA VIVA TECHO	100	114	11400	
<b>PESO TOTAL EN COBERTURA</b>			37338.5	
<b>NAVE Y PRISBETERIO</b>				
CERGA MUERTA	PESO/m2	AREA(m2)	PESO TOTAL (kg)	CARGA TOTAL (N/m2)
Peso cobertura	160	537	85920	12198.05519
Peso yeso+carrizo	25	323.74	8093.5	
Rollizos	55	537	29535	
CARGA VIVA TECHO	100	537	53700	
<b>PESO TOTAL EN COBERTURA</b>			177248.5	

**FUENTE:** Elaboración propia.

**Figura 29. Aplicación de cargas distribuidas de la cobertura, en los muros.**

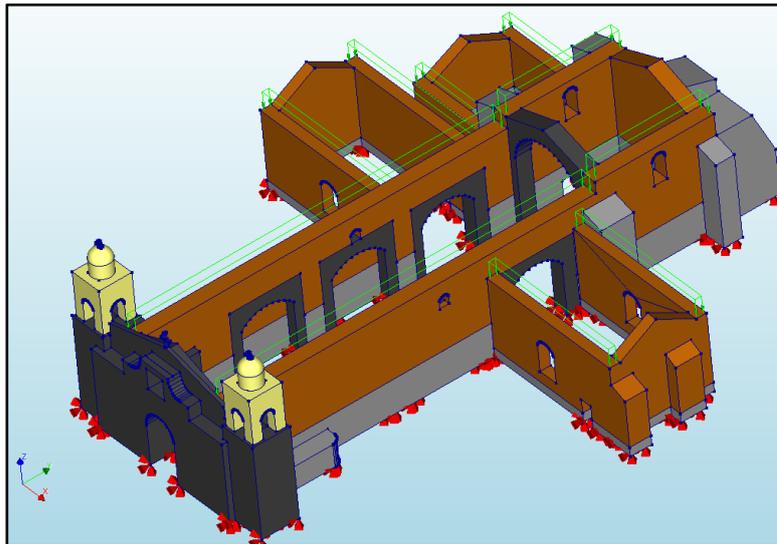


**FUENTE: Elaboración propia.**

### **Condiciones de contorno**

Para las condiciones de contorno en el modelamiento, se restringieron, con apoyo fijo en las orientaciones X,Y,Z, para restringir los movimientos traslacionales, ver figura 30.

**Figura 30. Restricción en la base del modelo, como apoyo fijo.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

### Malla de elementos finitos

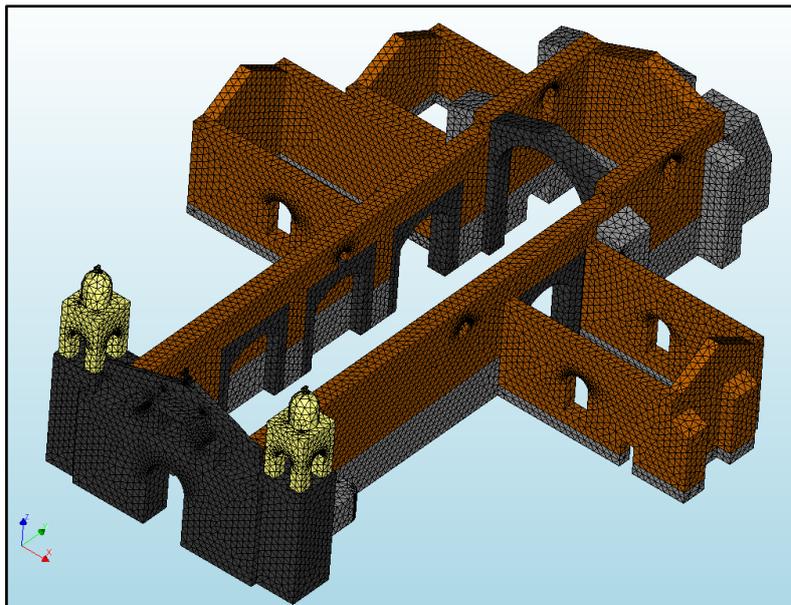
Se utilizó la malla de elementos finitos de tipo tetraédricos triangulares piramidal en sólidos de 0.50 m. para cada malla, en total se tiene en la modelación de 155802 elementos, se muestran en la tabla 8 y figura 31.

**Tabla 8. Número de mallas mesh, para el modelamiento.**

TIPO DE MAMPOSTERIA	# DE MALLAS	TOTAL
Mampostería de adobe	70393	155802
Mampostería de roca desordenada	43252	
Mampostería de roca tipo colonial (Checco)	32679	
Mampostería de roca colonial (Tufo dacítico)	9478	

FUENTE: Elaboración propia.

**Figura 31. Distribución de la malla mesh, en los elementos estructurales.**



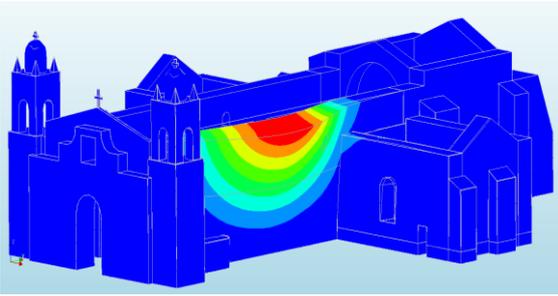
FUENTE: Elaboración propia.

### Modos de vibración

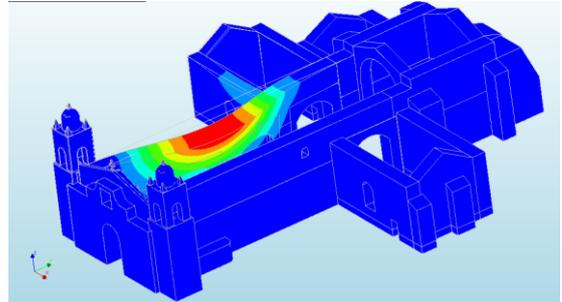
El templo Santa María Magdalena, por sus materiales constructivos, responden en diferentes formas de vibrar ante un evento sísmico, este término se denomina modos de vibración. Estas formas modales, son obtenidos del programa DIANA FEA., con sus frecuencias, ver figura 32.

**Figura 32. Formas modales, del análisis por peso propio del edificio histórico.**

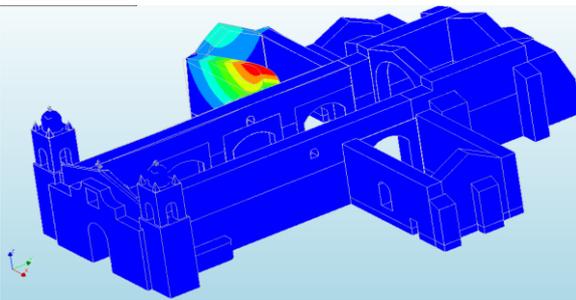
MODO 1: 2.70 Hz



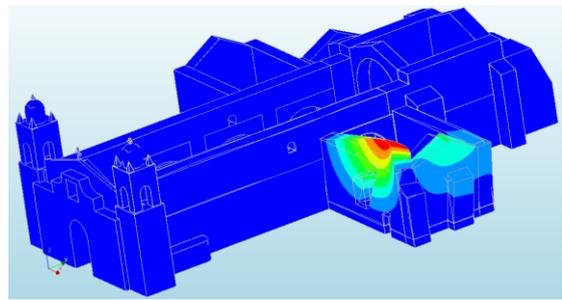
MODO 2: 2.84 Hz



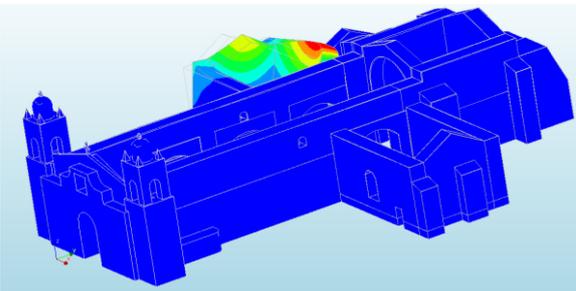
MODO 3: 3.44 Hz



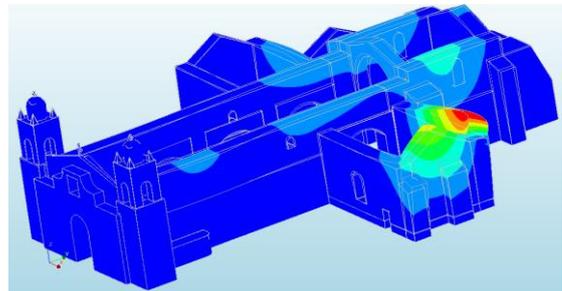
MODO 4: 3.89 Hz



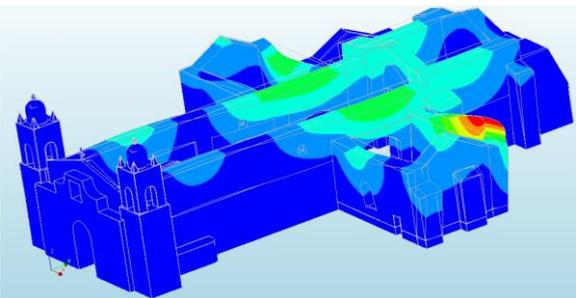
MODO 5: 3.99 Hz



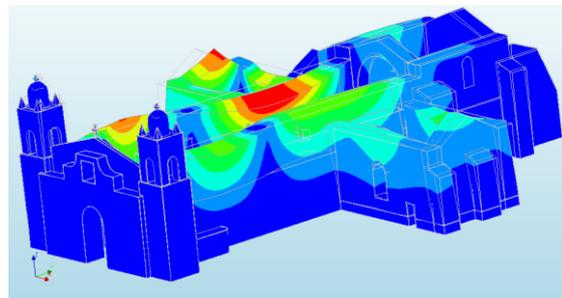
MODO 6: 4.26 Hz

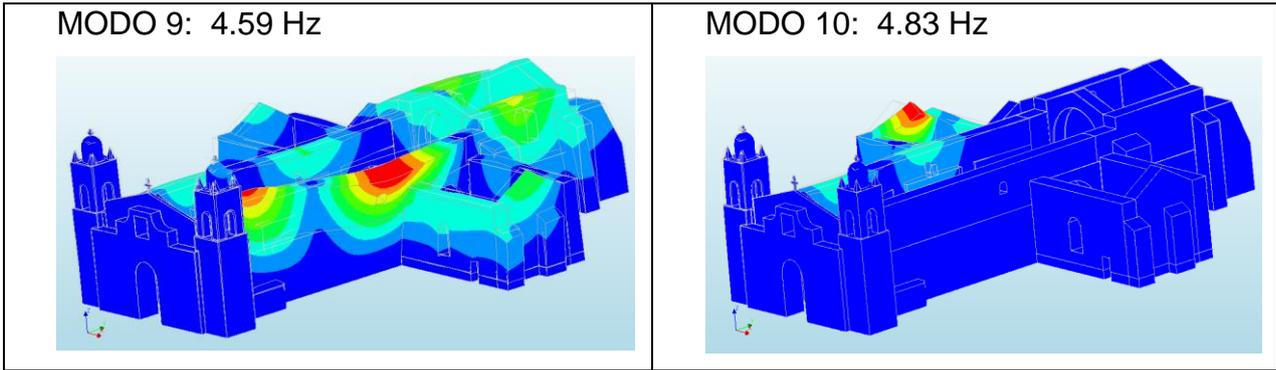


MODO 7: 4.37 Hz



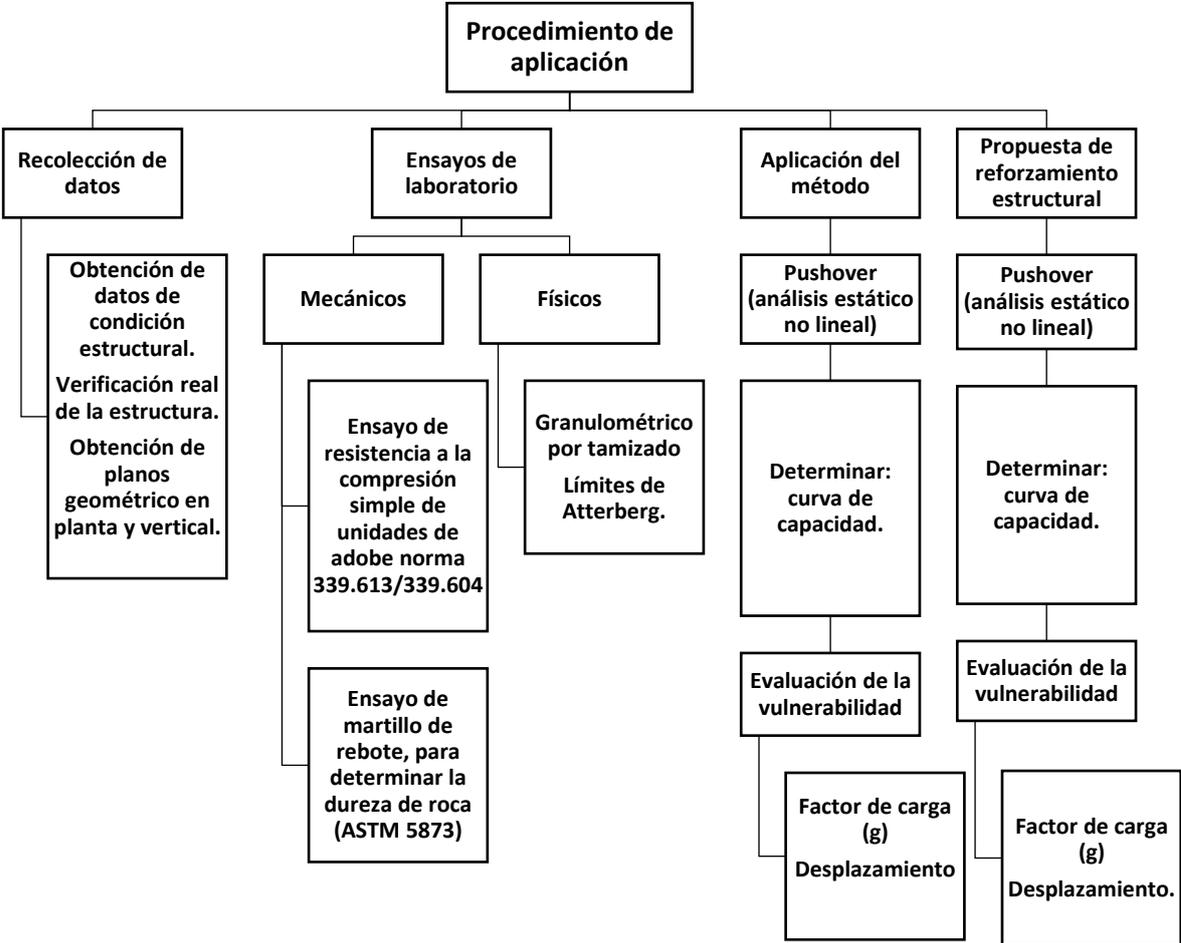
MODO 8: 4.49 Hz





FUENTE: Elaboración propia.

Figura 33. Gráfica del procedimiento de aplicación



FUENTE: Elaboración propia.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para conocer, la vulnerabilidad del templo Santa María Magdalena, se emplearán el método exacto o cuantitativo como; el análisis mecánico de materiales, comportamiento del suelo, ensayos laboratoriales, el modelamiento, análisis estático no lineal pushover, utilizando el software DIANA FEA v. 10.5. Para determinar capacidad estructural de la edificación, para ver si el edificio cumple con las especificaciones de N.T.P E-030.

### **3.7 Aspectos éticos**

Este documento respeta los principios de honestidad y autenticidad. La investigación desarrolló diferentes capítulos, respetando los contenidos y citas de acuerdo a la teoría escrita. Los conceptos detallados son válidos en la referencia bibliográfica, según lo establecido por la universidad donde se encuentra el título del libro, autor, año y número de página de la información que se obtuvo, de acuerdo con la séptima edición de la norma ISO – 690.

#### IV. RESULTADOS

##### Nombre de la tesis

Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022.

##### Ubicación política

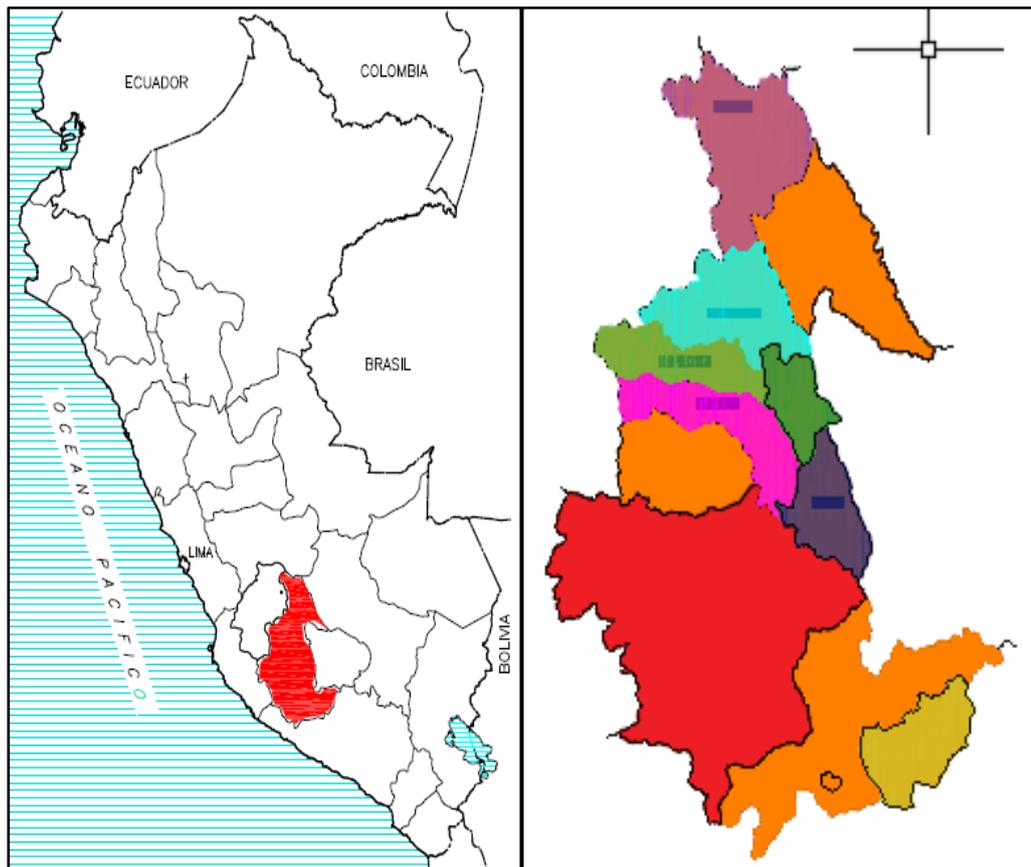
La presente investigación se desarrolló en la siguiente ubicación:

Departamento : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

**Figura 34. Mapa político del Perú y departamento de Ayacucho.**

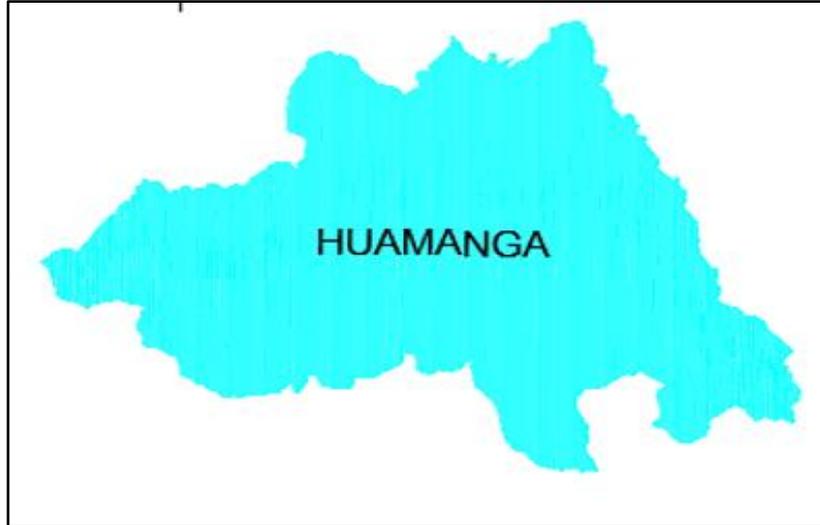


**FUENTE:** Elaboración propia.

### Ubicación geográfica

Ayacucho, como ciudad está en la región quechua y se posiciona geográficamente en la zona central sur del Perú, a una altitud de 2761 m.s.n.m. Coordenadas: 13°09'47" de latitud sur 74°13'28" longitud oeste.

**Figura 35. Mapa provincial de Huamanga.**



**FUENTE:** Elaboración propia.

**Figura 36. Mapa distrital de Ayacucho.**



**FUENTE:** Elaboración propia.

## Límites

Como límites, Ayacucho limita con las regiones:

Por el Norte, con la región de Junín.

Por el Sur, con la región de Arequipa.

Por el Este, con la región de Apurímac.

Por el Oeste, con la región de Huancavelica.

## Clima e hidrografía

Ayacucho, como parte regional del Perú, posee más de 90% como región de la sierra y conformado por un conjunto de montañas hacia el noreste de la región de Ayacucho, con altitudes sobre el nivel del mar hasta 4000 m.s.n.m., además la zona centro de la región, posee un clima seco del territorio peruano, con temperatura media de 14 -15 C° en el día y precipitación promedio anual de 550 mm.

## Descripción de la zona de estudio:

El trabajo de investigación se realizó en el Barrio de Magdalena, región de Ayacucho, provincia de Huamanga y distrito de Ayacucho; en el templo Santa María Magdalena.

**Figura 37. Ubicación del Templo Santa María Magdalena.**



**FUENTE: Google Heart .**

## **Referencia histórica**

El templo Santa María Magdalena, ubicada en la plaza Mariscal Cáceres. Data sus inicios de su construcción al siglo XVI (1588), actualmente declarado como parte monumento del patrimonio de la Nación aprobada con R. S. N. 2900-72-ED, del 28-12-1972. En sus inicios, fue considerado como la parroquia de los indios, llamada uray parroquia y edificada para la evangelización de los indios de la zona. El templo se edificó y se administró por los Domínicos y arquitectónicamente es de estilo con fachada Barroco, flanqueado por dos torres gemelas, la arquitectura tiene forma de cruz latina en planta, de una sola nave, conformada por un coro y capillas, entre ellos destacan ocho relieves de sirenas, de acuerdo al planteamiento de Platón simbolizaría que el mundo está sostenido por ocho sirenas. El altar mayor ha sido modificado debido a la ocurrencia de incendios en los años 1883, 1934 y 1987, también en el año 1719, fue dañado su estructura por un sismo, realizándose a los años posteriores su reestructuración hasta el año 1757.

## **Materiales empleados para su edificación.**

### **a.- Mampostería de adobe**

Para la época del siglo XVI (1588), el material de construcción utilizado fue el adobe, como sistema constructivo de mampostería de tierra, unidas con mortero de barro y asentados de cabeza, con juntas muy variables llegando hasta 5 cm. Las medidas de las aristas del adobe en promedio son de 0.64 m. largo, 0.40 m. ancho y 0.18 m. de altura, encontrándose su utilización como parte de los muros estructurales casi en forma totalitaria de los transepto norte y sur y la sacristía, los muros de la nave principal del templo y también parte de los contrafuertes del lado norte del transepto, ver figura 38.

**Figura 38. Mampostería de adobe en muros del templo.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**b.- Mampostería tipo colonial.**

La utilización de mampostería tipo colonial, se caracterizan por su uso de rocas tipo sillar talladas, principalmente se han utilizado dos tipos de rocas volcánicas tipo sillar; roca sillar tufo dacítico de color blanquecino y roca sillar brecha volcánica o checco, de color gris, las cuales se encuentran talladas de diferentes tamaños y unidas con mortero de cal y arena, en algunas áreas también con mortero de tierra, las cuales se encuentran como parte integrante de la fachada principal, pilares, y las torres del templo, ver figura. 39

**Figura 39. Mampostería de tipo colonial en la fachada principal del templo.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

### **c.- Mampostería de piedra irregular.**

Los diferentes tipos de rocas aledañas al templo, en su momento de edificación fueron empleados, como mampostería de piedra desordenada o irregular de diferentes tamaños, unidas en algunos casos con mortero de cal, arena y en su mayoría con mortero de tierra, formando parte de los cimientos, sobrecimiento, contrafuertes, parte de las torres del campanario y muros, ver Figura 40.

**Figura 40. Mampostería de piedra irregular, parte del sobrecimiento.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**OBJETIVO ESPECIFICO 1:** Determinación de las propiedades físico y mecánicas de los materiales utilizados.

#### **a.- Ensayo de distribución granulométrico y límite de Atterberg del mortero y adobe.**

Para conocer, el porcentaje de contenido de arena y grava, se realizaron el análisis granulométrico por tamizado del material obtenido de adobe y del mortero en un laboratorio de mecánica de suelos, según la normativa ASTM. D-422 análisis granulométrico por tamizado, para conocer en forma cuantitativa por un juego de tamices la granulometría mayor a 74  $\mu\text{m}$ . o la malla 200. Para los límites de Atterberg, tomando como referencia la normativa ASTM. D-4318, se realizaron los ensayos de límite plástico y límite líquido para las muestras del adobe y el mortero, para obtener el índice de plasticidad. Los límites mencionados dependen de la fracción arcillosa del suelo, que caracterizan a suelos cohesivos y dependerá del

contenido de humedad para los estados plásticos y líquido, las mismas que influyen en el comportamiento mecánico del suelo. Las muestras del adobe y el mortero se obtuvieron parte muro del área verde del mismo templo, los resultados se muestran en el anexo, tablas 9,10 y 11, gráficos 1, 2 y 3.

**Tabla 9. Cuadro de distribución granulométrico por tamizado del adobe.**

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.2		0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.5		0.00	0.00	100.00
2"	50.8		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	54.80	3.61	3.61	96.39
3/4"	19.05	30.30	1.99	5.60	94.40
1/2"	12.7	53.60	3.53	9.13	90.87
3/8"	9.525	51.00	3.36	12.49	87.51
1/4"	6.35	70.00	4.61	17.10	82.90
N°4	4.75	40.20	2.65	19.75	80.25
N°8	2.38	80.60	5.31	25.05	74.95
N°10	2	16.90	1.11	26.17	73.83
N°16	1.19	51.80	3.41	29.58	70.42
N°20	0.84	31.80	2.09	31.67	68.33
N°30	0.59	29.40	1.94	33.61	66.39
N°40	0.426	35.80	2.36	35.96	64.04
N°50	0.297	46.30	3.05	39.01	60.99
N°60	0.25	32.90	2.17	41.18	58.82
N°80	0.177	74.90	4.93	46.11	53.89
N°100	0.149	42.90	2.82	48.93	51.07
N°200	0.075	123.10	8.11	57.04	42.96
<b>FONDO</b>		652.50	42.96	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		1518.8	100		

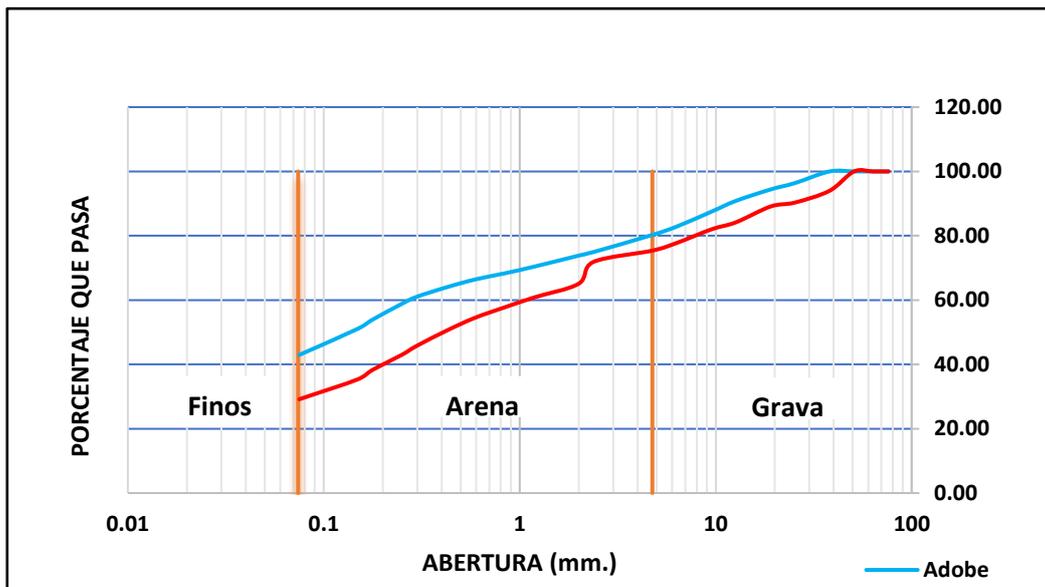
**FUENTE: Elaboración propia.**

**Tabla 10. Cuadro de distribución granulométrico por tamizado del mortero.**

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.2		0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.5		0.00	0.00	100.00
2"	50.8		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	70.90	6.01	6.01	93.99
1"	25.4	43.10	3.65	9.66	90.34
3/4"	19.05	14.60	1.24	10.90	89.10
1/2"	12.7	57.80	4.90	15.80	84.20
3/8"	9.525	25.80	2.19	17.99	82.01
1/4"	6.35	49.60	4.20	22.19	77.81
N°4	4.75	28.60	2.42	24.62	75.38
N°8	2.38	41.40	3.51	28.13	71.87
N°10	2	79.90	6.77	34.90	65.10
N°16	1.19	50.00	4.24	39.14	60.86
N°20	0.84	36.40	3.09	42.23	57.77
N°30	0.59	38.90	3.30	45.52	54.48
N°40	0.426	45.90	3.89	49.42	50.58
N°50	0.297	57.40	4.87	54.28	45.72
N°60	0.25	32.40	2.75	57.03	42.97
N°80	0.177	55.40	4.70	61.72	38.28
N°100	0.149	34.50	2.92	64.65	35.35
N°200	0.075	72.90	6.18	70.83	29.17
<b>FONDO</b>		344.10	29.17	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		1179.60	100.00		

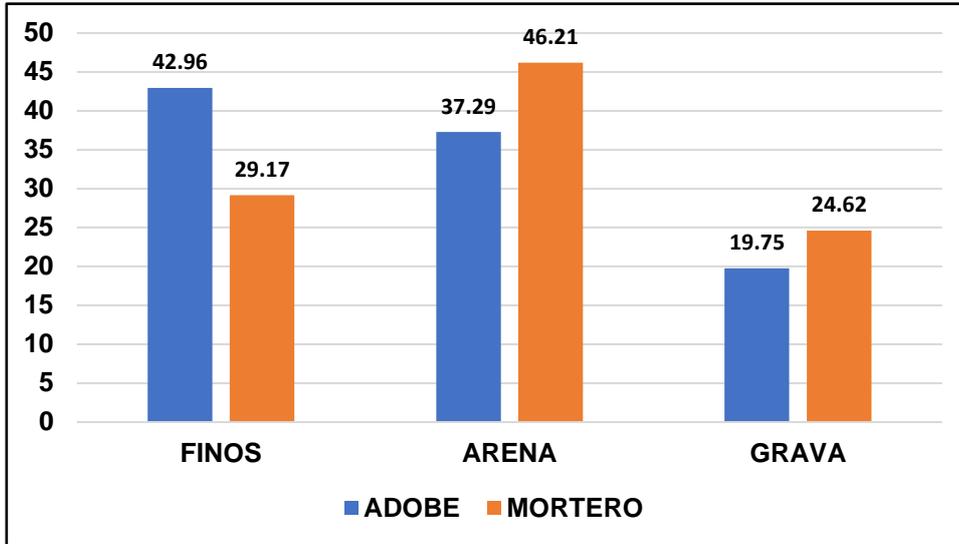
**FUENTE:** Elaboración propia.

**Gráfico 1. Gráfico comparativo de la curva granulométrica del adobe y mortero.**



**FUENTE:** Elaboración propia.

**Gráfico 2. Gráfico comparativo en porcentaje de contenido de finos, arena y grava, para el adobe y mortero.**



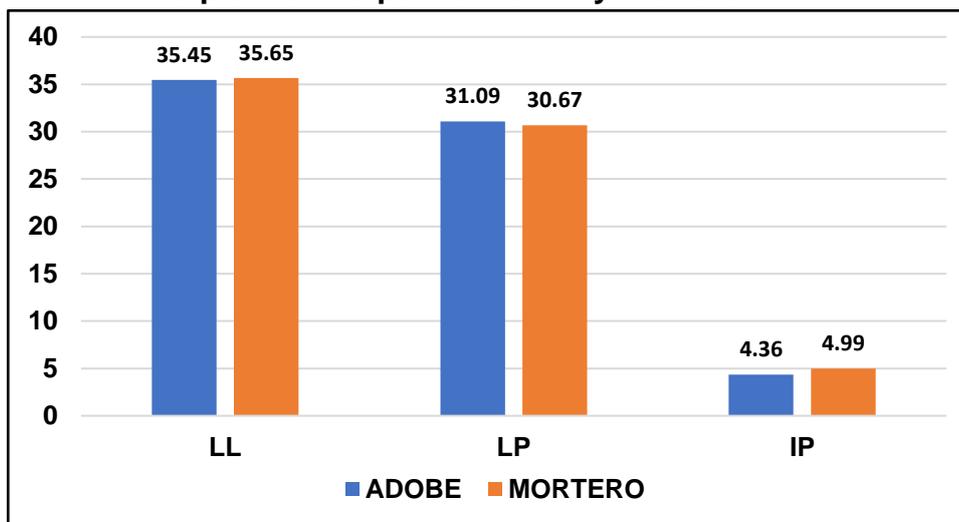
FUENTE: Elaboración propia.

**Tabla 11. Resultados de los límites de Atterberg del adobe y mortero.**

ADOBE	LIMITES DE CONSISTENCIA		MORTERO	LIMITES DE CONSISTENCIA	
	LL (%)	35.45		LL (%)	35.65
	LP (%)	31.09		LP (%)	30.67
	IP (%)	4.36		IP (%)	4.99

FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 3. Gráfico comparativo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para el adobe y mortero.**



FUENTE: Elaboración propia.

## **INTERPRETACION:**

Como resultado en el ensayo granulométrico por tamizado, se ha determinado para el material de adobe el contenido en porcentaje de arena de 37.29 %, grava 19.75% y finos menores a la malla # 200 con 42.96 %. Igualmente, para el mortero el contenido de finos menores a la malla #200 de 29.17%, para arenas con 46.21% y grava de 24.62. La normativa Peruana E-080- 2006, recomienda el porcentaje de contenido de granos por tamaños para: arcilla de 10 - 20 %, limo de 15 - 25 %, arena de 55 - 70 %, y una adecuada selección mínima de suelos para utilizar para unidades de adobe y el mortero. En los tiempos de edificación del templo Santa María Magdalena, no existieron alguna normativa, por ello se realizó el ensayo granulométrico a los materiales del adobe y mortero en un laboratorio, para verificar si cumple con las exigencias mínimas de la normativa. Los contenidos de finos actúan como material ligante y adherente para las arenas, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS, son recomendables con porcentaje de arenas entre 55 a 75% y finos de 25 a 45%. Para los límites de Atterberg, con los ensayos realizados al material de adobe y mortero se tiene como resultado, un índice de plasticidad (IP), para el adobe IP=4.36% y para el mortero IP= 4.99%, es recomendable que el índice plástico sea menor a 20 y un LL de 20 – 40 %.

### **b.- Propiedades físico mecánico del adobe**

Para determinar la propiedad mecánica de compresión axial del adobe, se ha referenciado al Reglamento Nacional de Edificaciones E-080 diseño y construcción con tierra reforzada del artículo 8, ensayos de Laboratorio con rotura mínima, Los especímenes de adobe fueron obtenidas del muro del área verde del mismo templo y se han elaborado 06 muestras en forma de cubos con medidas en las aristas de 0.1m x 0.1m x 0.1m. Para nivelar y uniformizar las áreas de las caras superior e inferior del cubo se cubrieron con una capa de yeso, para realizar un ensayo adecuado. Los cubos de adobe fueron ensayados en laboratorio y los resultados se muestran en el anexo, ver figuras 41, 42 y tabla 12.

Figura 41. Izquierda, extracción de bloques de adobe y derecha probetas preparadas de adobe, de 0.1x0.1x0.1 m.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 42. Ensayo de rotura a compresión uniaxial de cubos de adobe.



FUENTE: Elaboración propia.

**Tabla 12. Propiedades de resistencia a la compresión de unidades de adobe.**

	DIMENSIONES Y AREA				PROPIEDADES MECANICAS
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	AREA (m2)	f' b(kg/cm2)
1	10.15	10.1	10.13	102.52	10.54
2	9.93	9.93	10.15	98.51	10.66
3	10.03	10.55	10.58	105.76	7.37
4	10.15	10.38	10.71	105.31	6.36
5	10.10	9.93	10.43	100.24	6.68
6	9.83	10.4	10.44	102.18	9.20
<b>PROMEDIO TOTAL</b>					8.47

**FUENTE:** Elaboración propia.

**INTERPRETACION:** Con los ensayos de rotura en laboratorio, se han realizado el ensayo a 06 especímenes de cubos de adobe y se han obtenido en promedio de 8.47 kg/cm<sup>2</sup> a compresión axial. La normativa peruana E-080, recomienda como mínimo 10.2 kg/cm<sup>2</sup> a compresión axial. El templo de Santa María Magdalena posee más de 433 años y su estructura de adobe posee una fragilidad. Para **(LOURENCO, 2020)**, las propiedades mecánicas del adobe, presentan un amplio rango de variación, que dependen de la mano de obra, calidad del suelo, para las edificaciones históricas se proponen una resistencia a la compresión mínima de 5.1 kg/cm<sup>2</sup>.

### **c.- Pruebas in situ de Ensayo de Esclerometría o rebote de martillo**

Como material de construcción estructural del templo, se han identificado diferentes tipos de rocas, resaltando las rocas de tipo sillar piroclástica. Definidas por **(VALDIVIEZO, 2003)**, como sillar o tobas volcánicas, con contenido de lapilli, andesita, dacita, riolita y su grado de cohesión dependen a su compactación y cementación de cenizas piroclásticos. Para determinar la resistencia a la compresión simple de la roca, se realizó el ensayo no destructivo in situ de rebote de martillo o el esclerómetro de Schmidt, normativa internacional ASTM 5873. Se eligió los pilares de la nave principal del templo, con roca de tipo brecha volcánica o checco de color gris y como segundo ensayo para el pilar de la torre del campanario norte, con roca tipo sillar o tufo dacítico de color blanquecino, se niveló la superficie de la roca, para tener una superficie plana con piedra de amolar y

realizar el disparo de impacto, con el equipo rebote de martillo en forma perpendicular y horizontal, para los dos tipos de rocas. El resultado se muestra en el anexo y se resumen los resultados la tablas 13 y 14, figuras 43 y 44.

**Figura 43. Ensayo de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar brecha volcánica o checco.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Figura 44. Ensayo de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar blanco o tufo dacítico.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Tabla 13. Resultados de ensayo in situ de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar brecha volcánica o checco - pilar de la nave.**

N°	ESTRUCTURA	INDICE PROMEDIO ESCLEROMÉTRICO	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	PILAR DEL TRANSEPTO DERECHO	36	204	199
2	PILAR DEL ALTAR DERECHO	35	194	

**FUENTE: Elaboración propia.**

**Tabla 14. Resultados de ensayo in situ de Esclerometría o Schmid, para roca tipo sillar tufo dacítico - pilar del campanario.**

N°	ESTRUCTURA	INDICE PROMEDIO ESCLEROMÉTRICO	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	PILAR EN TORRE DEL CAMPANARIO DERECHO	33	118	118
2	PILAR EN TORRE DEL CAMPANARIO DERECHO	33	118	

**FUENTE: Elaboración propia.**

**INTERPRETACION:** El ensayo no destructivo de esclerometría o rebote de martillo para ambos tipos de rocas conformantes del pilar de la nave principal del templo y pilar del campanario, presentan en promedio, para la roca sillar brecha volcánica o checco de 199 kg/cm<sup>2</sup>. y para la roca sillar tufo dacítico de color blanquecino de 118 kg/cm<sup>2</sup>.

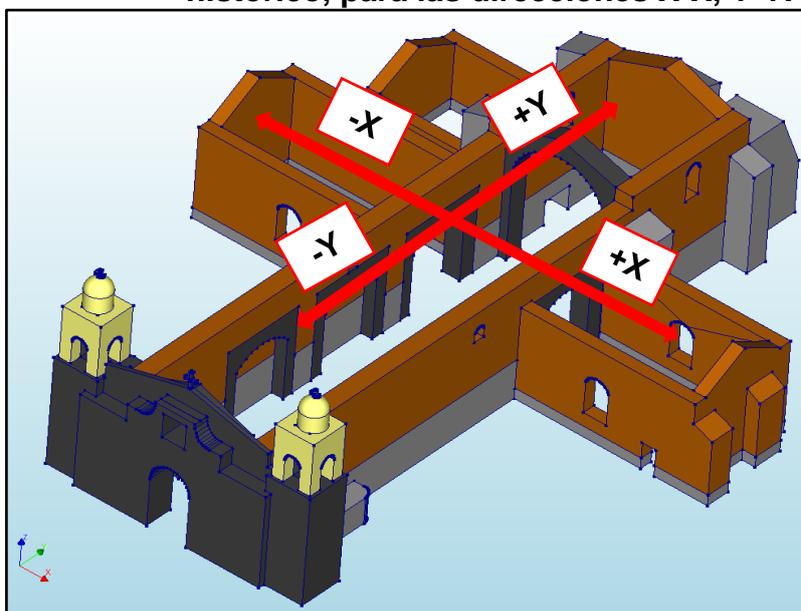
**OBJETIVO ESPECIFICO 2:** Determinación de la vulnerabilidad estructural, mediante el análisis pushover.

### **Modelamiento**

Para determinar la curva de capacidad o curva pushover, para conocer los factores de carga y el desplazamiento, se ha realizado el modelamiento estructural del templo Santa María Magdalena para conocer la carga lateral máxima, como factor de zona según la normativa E-030. mínimo para Ayacucho corresponde 0.25 g., de aceleración máxima del suelo y dar una propuesta de reforzamiento estructural, se ha utilizado el programa DIANA FEA V.10.5. Que utiliza el método de elementos finitos, para un conjunto de problemas de ingeniería de la construcción, que cuenta con herramientas para estructuras de mampostería, para un modelamiento no

lineal, como análisis de macro modelos, entre ellos está el Total Strain Based Crack (TSC), que se utiliza en nuestro caso, para un análisis de compresión-tracción, de los materiales de mampostería, durante el análisis el programa genera el aplastamiento y grietas, (LOURENCO, 2020). El modelamiento se realizó a todos los componentes del templo como: la nave principal, el presbiterio, dos transeptos, sacristía y dos torres frontales campanarios, estructuralmente no existen juntas sísmicas entre ellas. Las direcciones consideradas en el modelamiento, fue considerada las direcciones X-X, Y-Y, como negativos y positivos. ver figura 45.

**Figura 45. Dirección en el modelamiento del monumento histórico, para las direcciones X-X, Y-Y.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

### **Análisis pushover**

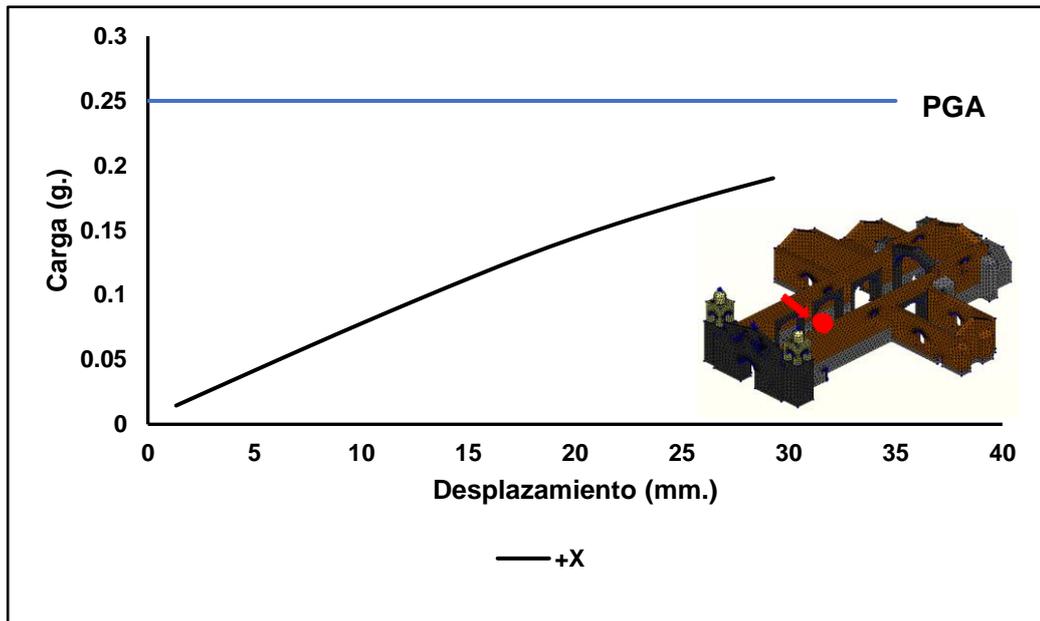
Para, (LOURENCO, 2020), el análisis Pushover, es un método de análisis a una edificación que está sujeta a una carga de gravedad y una carga horizontal monotónica incremental. En la estructura del edificio, el material de construcción pasa de un estado elástico a un estado inelástico no lineal, cuyo resultado es la curva pushover. Existen diferentes formas de utilizar el patrón de cargas, para obtener la curva pushover, la más referenciada son las proporcionales a la primera forma modal, con limitaciones en su uso, porque los primeros modos suelen ser complejos y baja participación de masa y proporcionales a la masa de la estructura.

En nuestro caso se utilizará las proporcionales a la masa de la estructura, aplicando una carga horizontal de aceleración de la gravedad a la estructura en forma monotónica.

Para el análisis pushover en la dirección X-X, se eligieron diferentes puntos en la parte superior de los muros. Para la orientación +X, se eligió la parte lateral superior del muro del lado norte de la nave en el nodo 15774, obteniéndose para la curva pushover, un factor de carga máxima de 0.19 g., con un desplazamiento de 29.20 mm. Para el muro lateral, parte superior del Transepto norte, para el nodo 27660, se tiene un factor de carga de 0.19 g., con un desplazamiento de 6.02 mm. Para el muro lateral del Presbiterio, para el nodo 27833, se tiene un factor de carga de 0.19 g., con un desplazamiento de 6.46 mm. Para la orientación -X, para la parte superior lateral del muro de la nave principal del lado sur, en el nodo 11953, obteniéndose, un factor de carga máxima de 0.16 g., con un desplazamiento de 7.22 mm. Para el muro, parte superior del Presbiterio sur, en el nodo 24225, se tiene un factor de carga de 0.16 g., con un desplazamiento de 6.60 mm. Para el muro lateral del Transepto sur, en el nodo 18321, con un factor de carga de 0.16 g., con un desplazamiento de 15.80 mm. Para el muro lateral de la Sacristía, en el nodo 26050, con un factor de carga de 0.16 g., con un desplazamiento de 17.80 mm. finalmente la estructura tiene un comportamiento de softening o degradación, a causa de las cargas horizontales, ver gráficas del 4 al 10 y tabla 15.

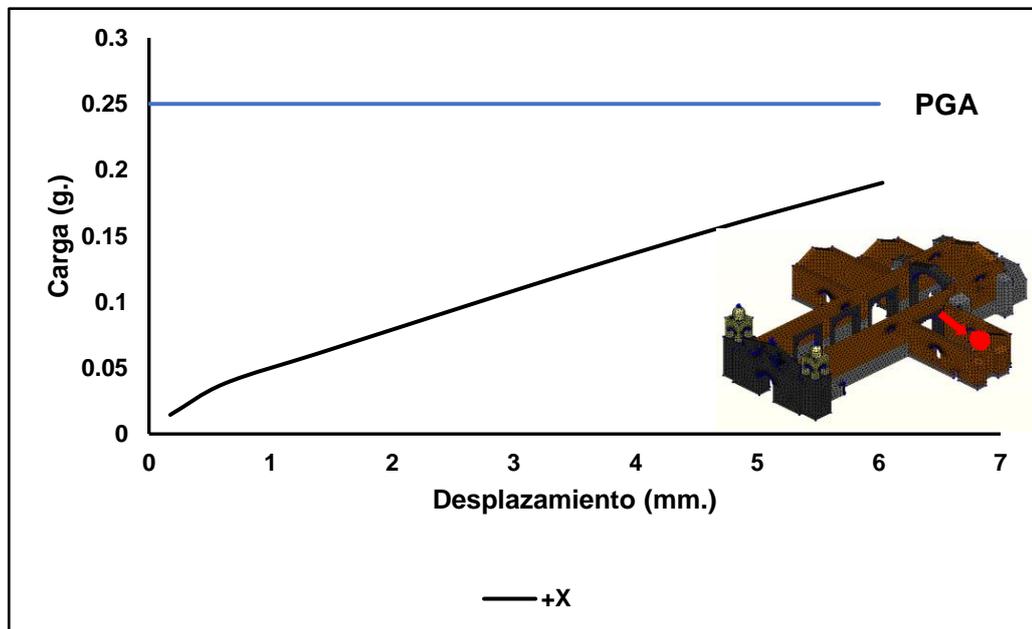
Ambos muros laterales de la nave del templo se desplazan fuera del plano. Existe a causa de las cargas un comportamiento a tracción de los elementos estructurales, las mamposterías tienen resistencias menores a las tracciones y se originan en la intersección de los muros la separación de unión de los muros de la nave y el transepto sur, también la separación del pilar interior del presbiterio con el muro de la nave y el muro del transepto norte como producto de la grietas, también se genera la separación de los muros de la nave con la fachada principal del templo.

**Gráfico 4.** Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior de la nave principal norte.



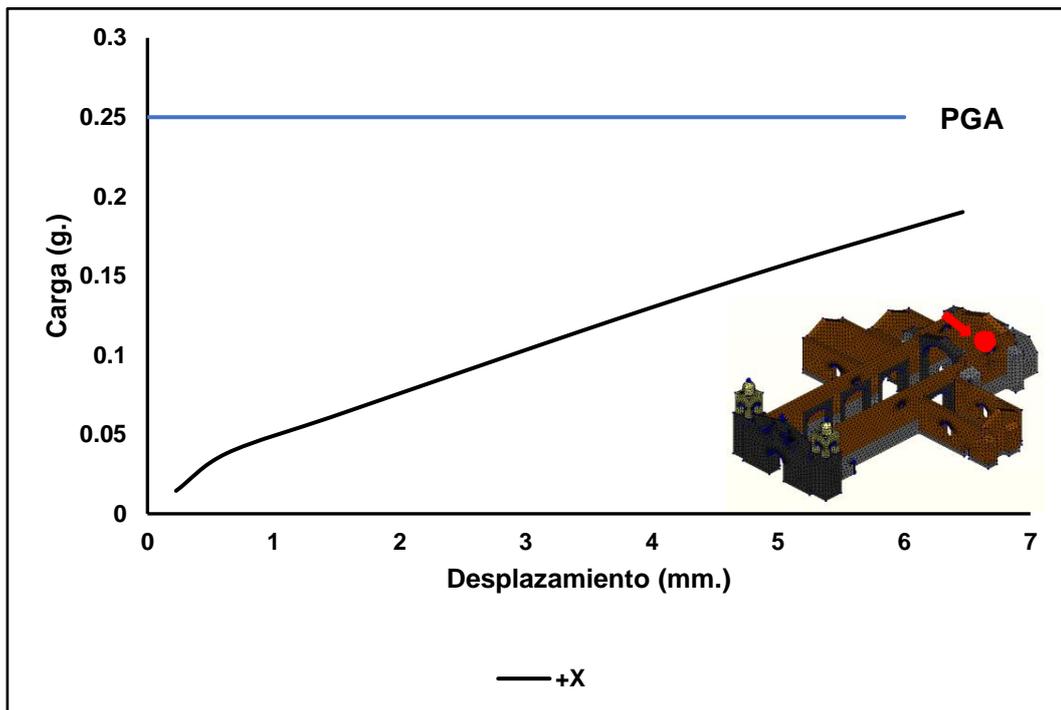
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 5.** Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior del Transepto .



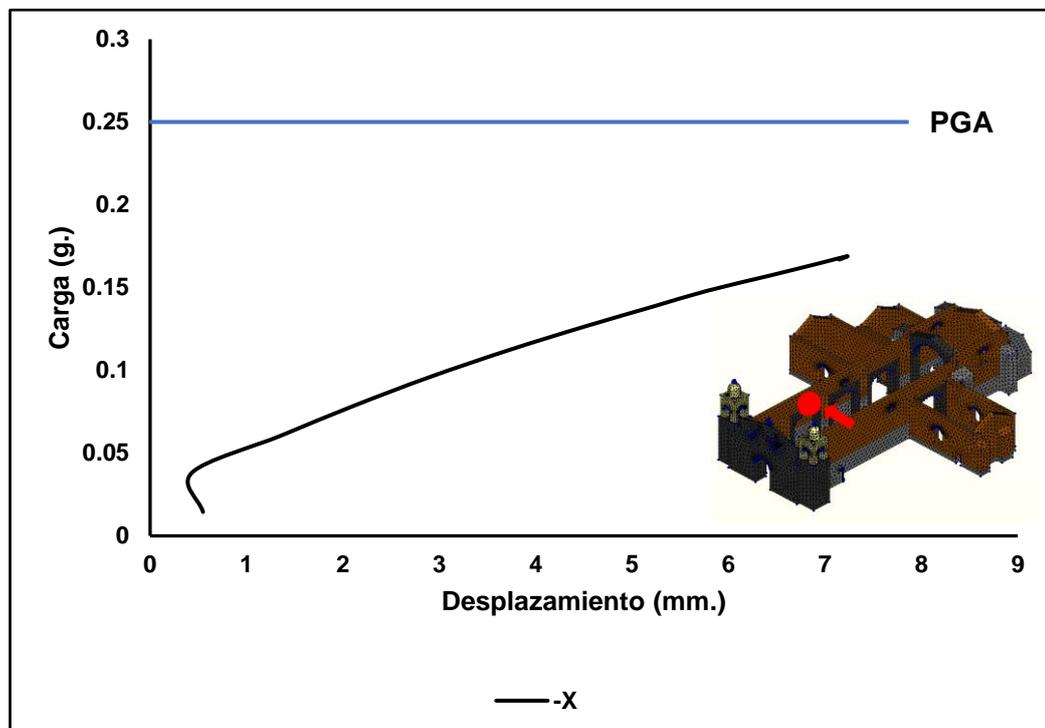
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 6. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior del Presbiterio**



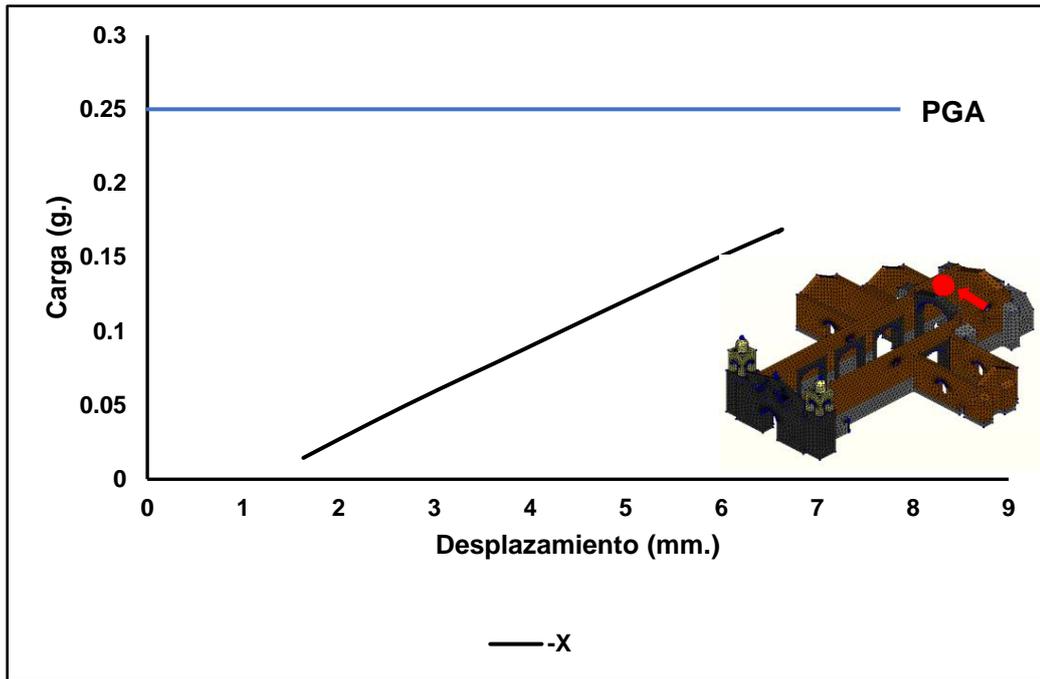
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 7. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior de la nave principal sur.**



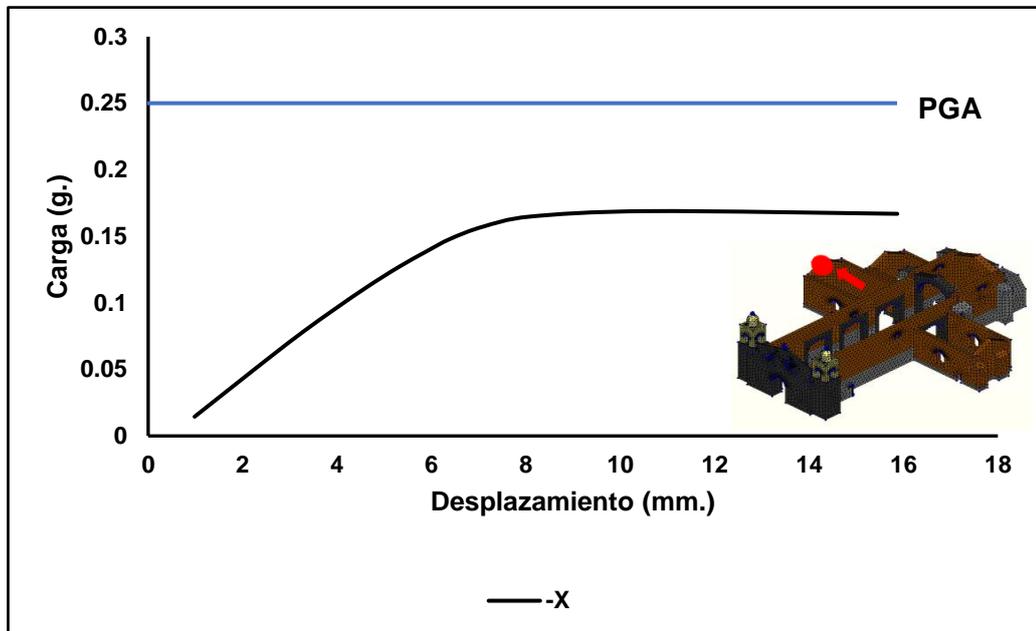
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 8. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior del Presbiterio sur.**



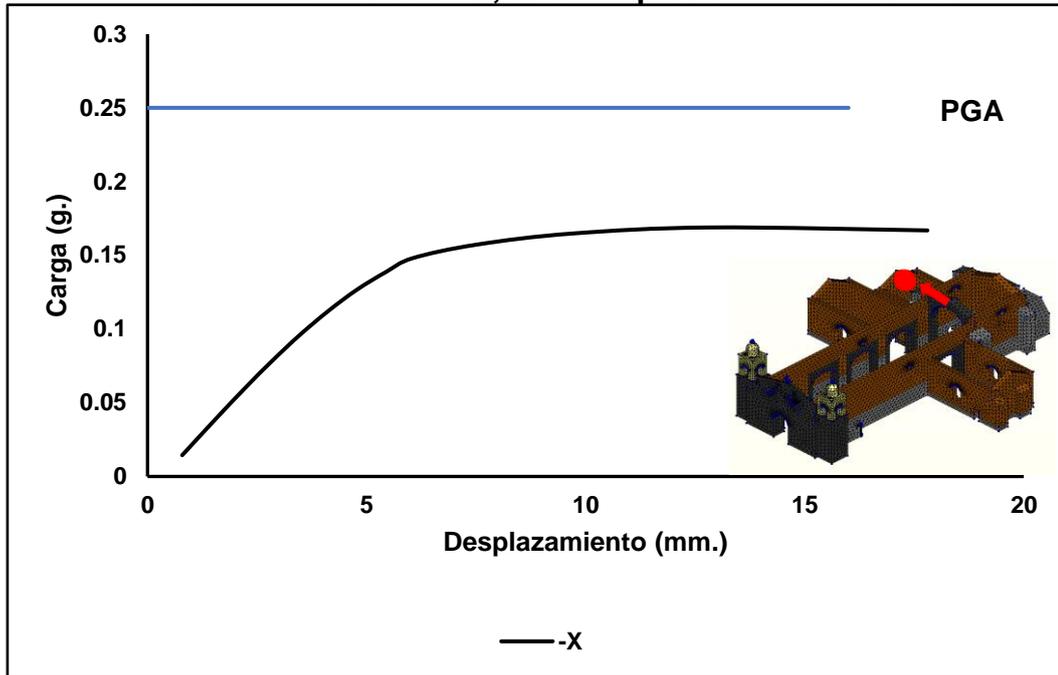
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 9. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior del Transepto sur.**



FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 10. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior de la Sacristía.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Tabla 15. Ubicación, factor de carga y desplazamiento en las direcciones +X, -X.**

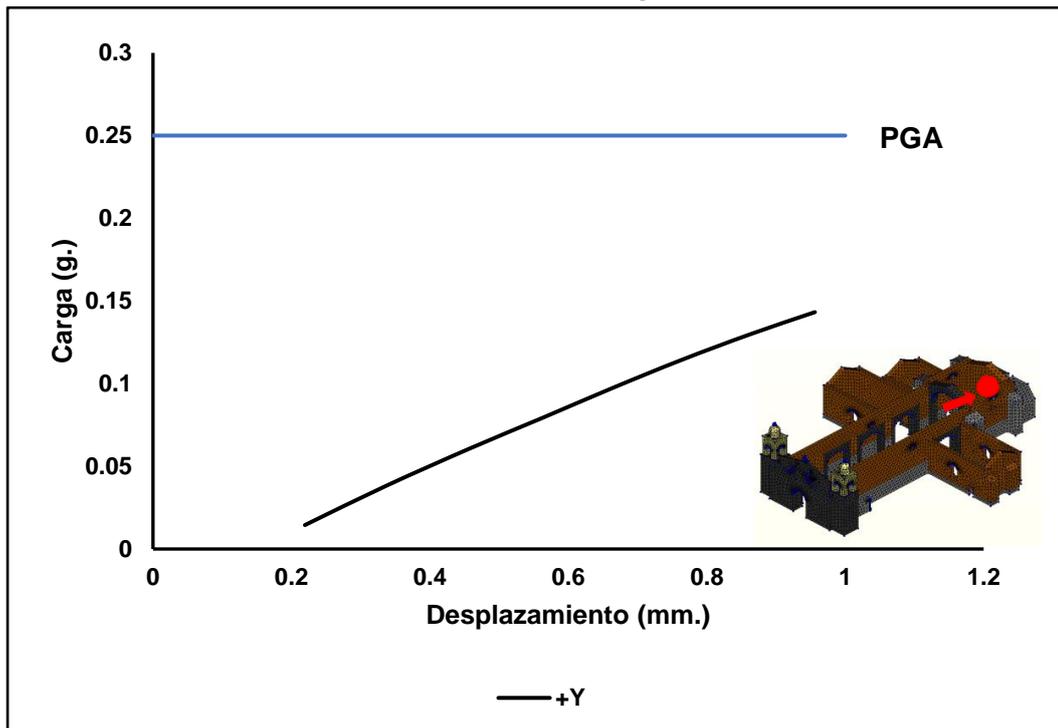
DIRECCION	UBICACIÓN	FACTOR DE CARGA (g.)	DESPLAZAMIENTO (mm.)
+X	Parte superior del muro lateral, norte de la nave.	0.19	29.2
	Parte superior del muro lateral, del Transepto norte.	0.19	6.02
	Parte superior del muro lateral, del Presbiterio.	0.19	6.46
-X	Parte superior del muro lateral, sur de la nave.	0.16	7.22
	Parte superior del muro lateral, del Presbiterio sur.	0.16	15.80
	Parte superior del muro lateral, del Transepto sur.	0.16	6.60
	Parte superior del muro lateral, de la Sacristía.	0.17	17.80

**FUENTE: Elaboración propia.**

De igual forma, para las direcciones del eje Y-Y, en la dirección +Y, se tomó como punto de control del pushover en la parte superior del muro lateral del altar, se

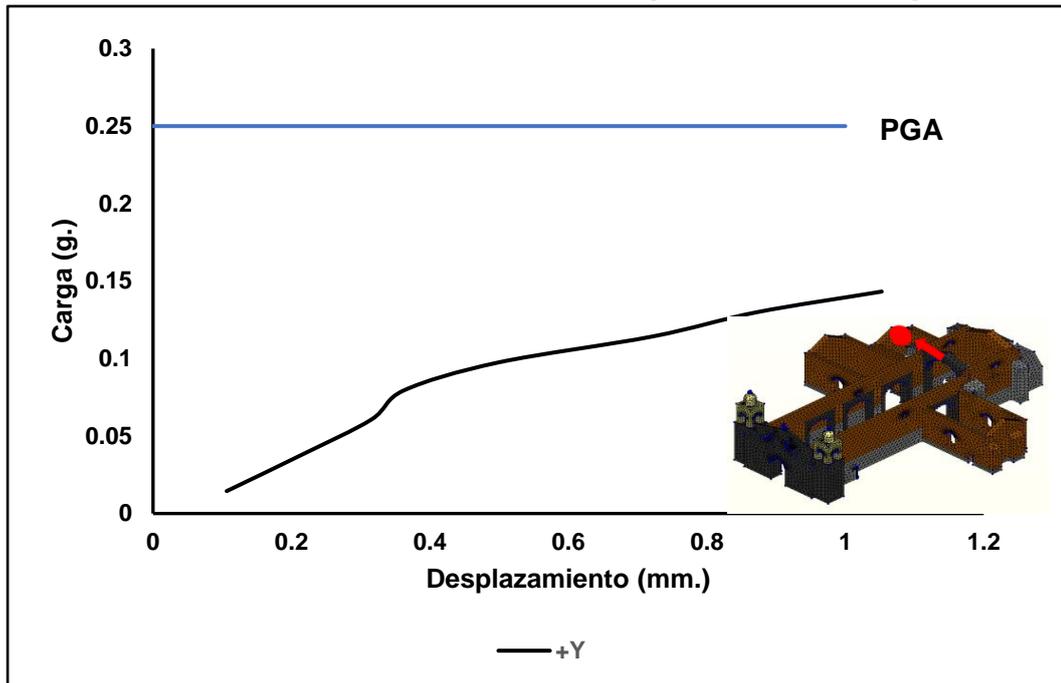
obtuvo un factor de carga máximo de 0.14 g y un desplazamiento de 0.95 mm., para el muro superior del Transepto sur, se obtuvo el factor de carga máximo de 0.14 g y un desplazamiento de 1.05 mm., para el Transepto norte, se tiene un factor de carga máximo de 0.14 g y un desplazamiento de 1.12 mm., para el muro superior de la sacristía, se obtuvo un factor de carga máximo de 0.12g y un desplazamiento de 0.86 mm., Los mecanismos de falla que presentan, por el modelamiento es la separación de muros por grietas en la parte inferior del muro del transepto sur. Para la dirección -Y, se eligió la parte superior del muro frontal de la fachada principal del templo, se obtuvo un factor de carga de 0.11 g y un desplazamiento de 3.88 mm. También presenta los mismos mecanismos de falla, que la dirección X-X. ver gráficos del 11 al 15 y tabla 16.

**Gráfico 11. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior hastial del altar.**



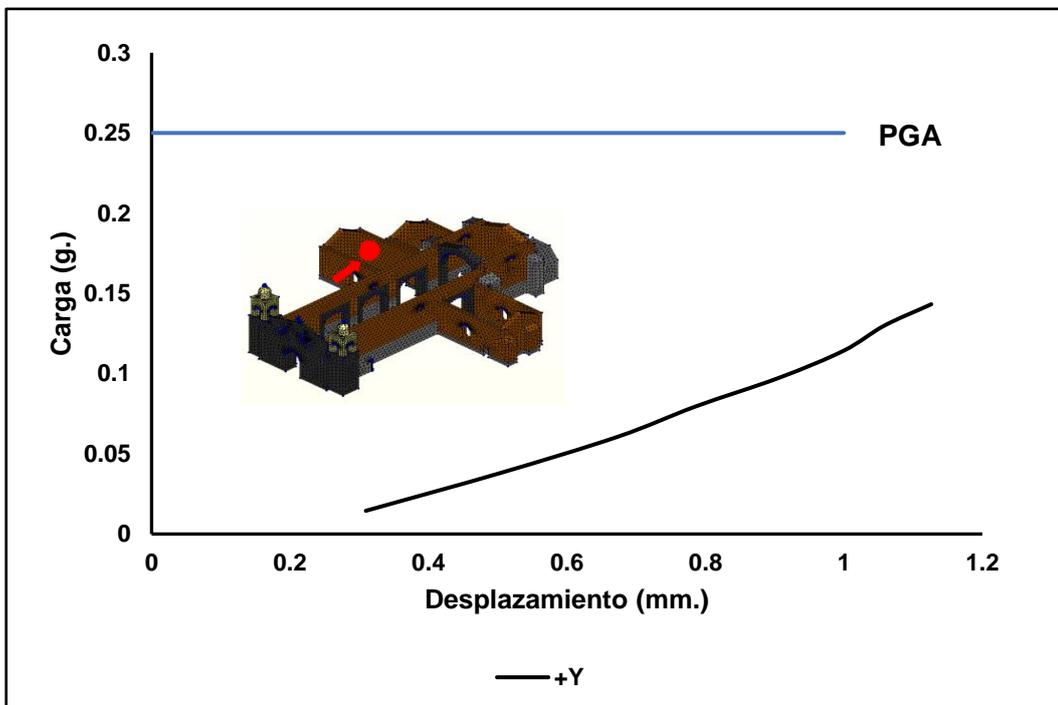
**FUENTE: Elaboración propia.**

**Gráfico 12. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior del Transepto sur.**



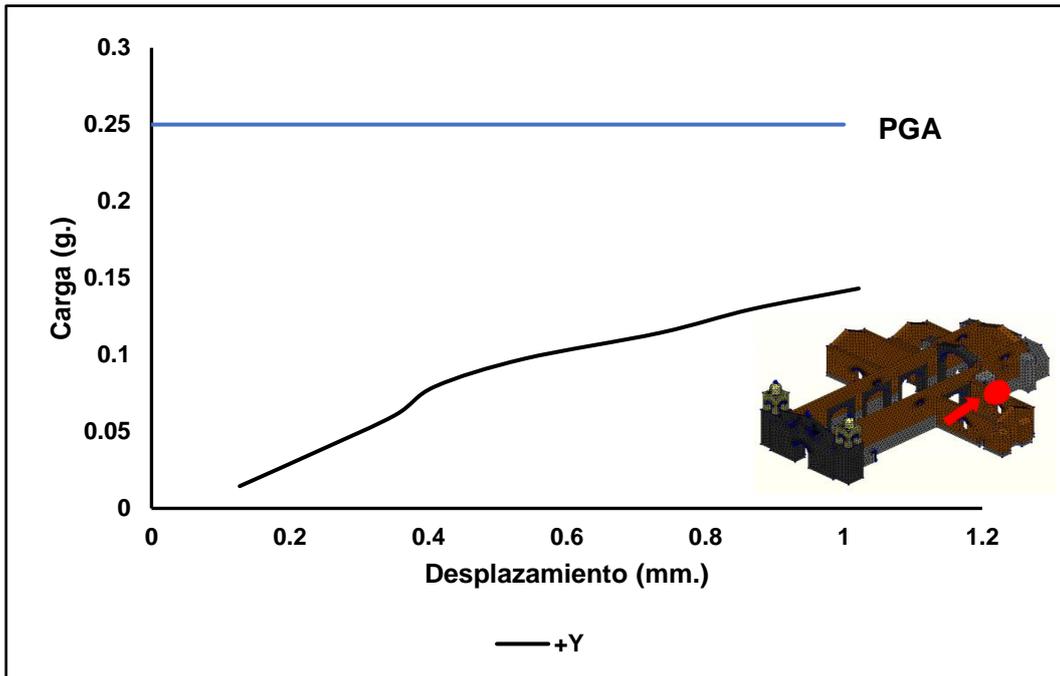
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 13. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior del Transepto norte.**



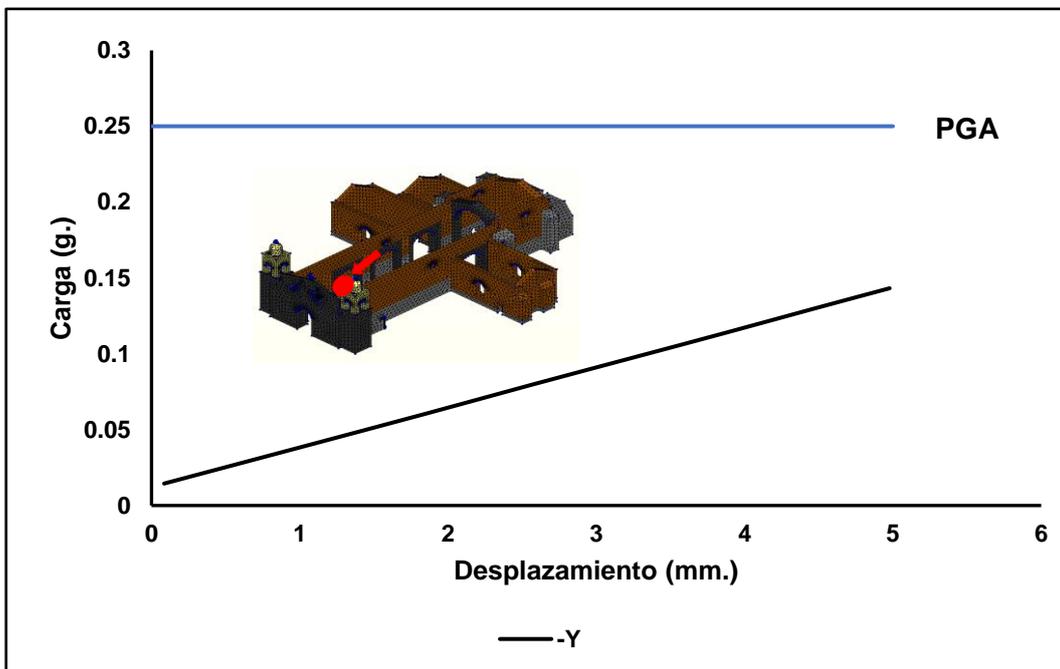
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 14. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior de la Sacristía.**



FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 15. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -Y, muro frontal de fachada del templo.**



FUENTE: Elaboración propia.

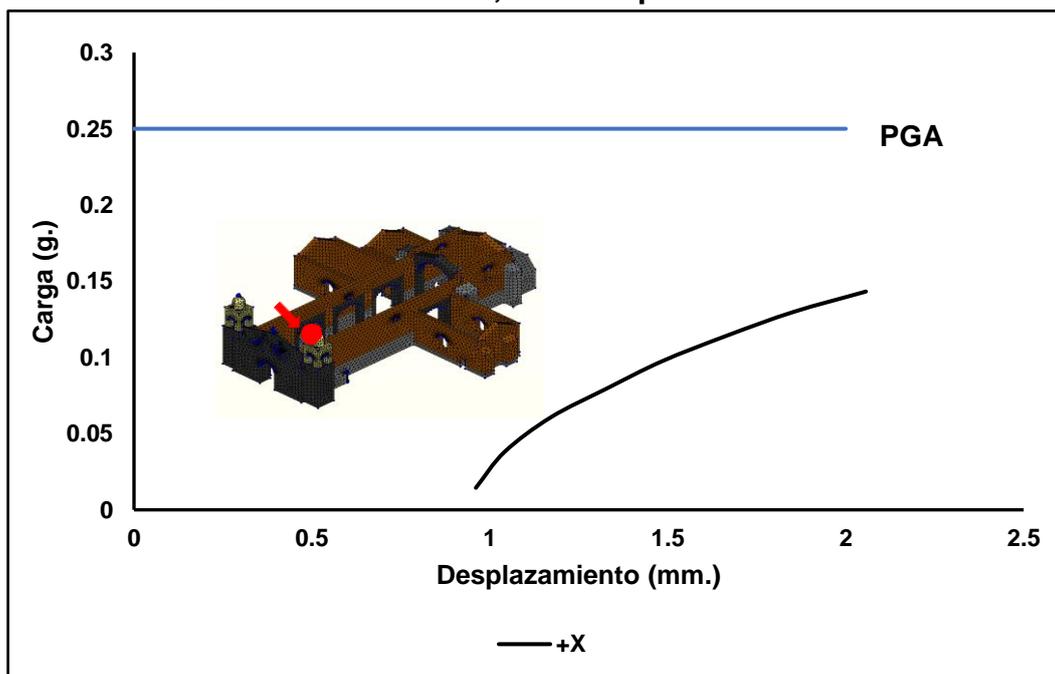
**Tabla 16. Ubicación, factor de carga y desplazamiento en las direcciones +Y, -Y.**

DIRECCION	UBICACIÓN	FACTOR DE CARGA (g.)	DESPLAZAMIENTO (mm.)
+Y	Parte superior del muro lateral, del hastial del altar.	0.14	0.95
	Parte superior del muro lateral, Transepto sur	0.14	1.05
	Parte superior del muro lateral, del Transepto norte.	0.14	1.12
	Parte superior del muro lateral, de la Sacristía	0.12	0.86
-Y	Parte superior del muro lateral, de la fachada principal del templo.	0.11	3.88

**FUENTE: Elaboración propia.**

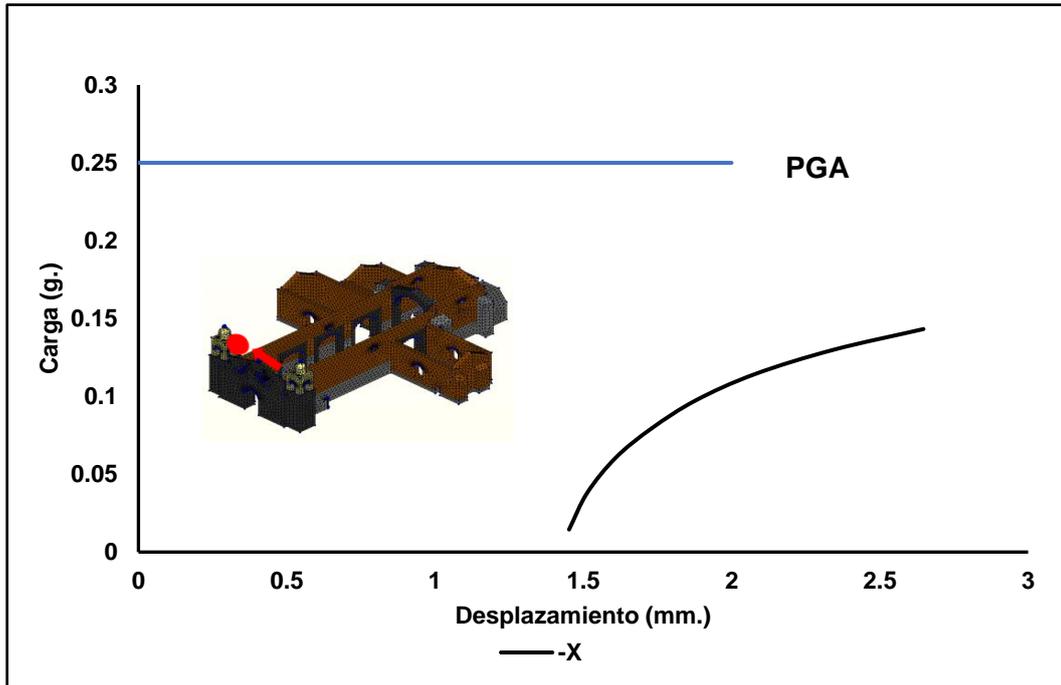
Para la curva pushover, a las estructuras de la torre del campanario, se realizaron el análisis en las direcciones +X, -X, -Y, para ambas torres sur y norte, en la parte superior de las torres. Para la dirección +X, torre norte, se obtuvo un factor de carga de 0.14 g y un desplazamiento de 2.05 mm., para dirección -X, torre sur, se tiene un factor de carga de 0.14 g y un desplazamiento de 2.6 mm. Para la dirección -Y, torre sur, se obtuvo un factor de carga de 0.14 g y un desplazamiento de 1.18 mm., torre norte, un factor de carga de 0.14 g y un desplazamiento de 2.00 mm., ver figura 16 al 19, tabla 17.

**Gráfico 16. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +X, muro superior de la torre norte.**



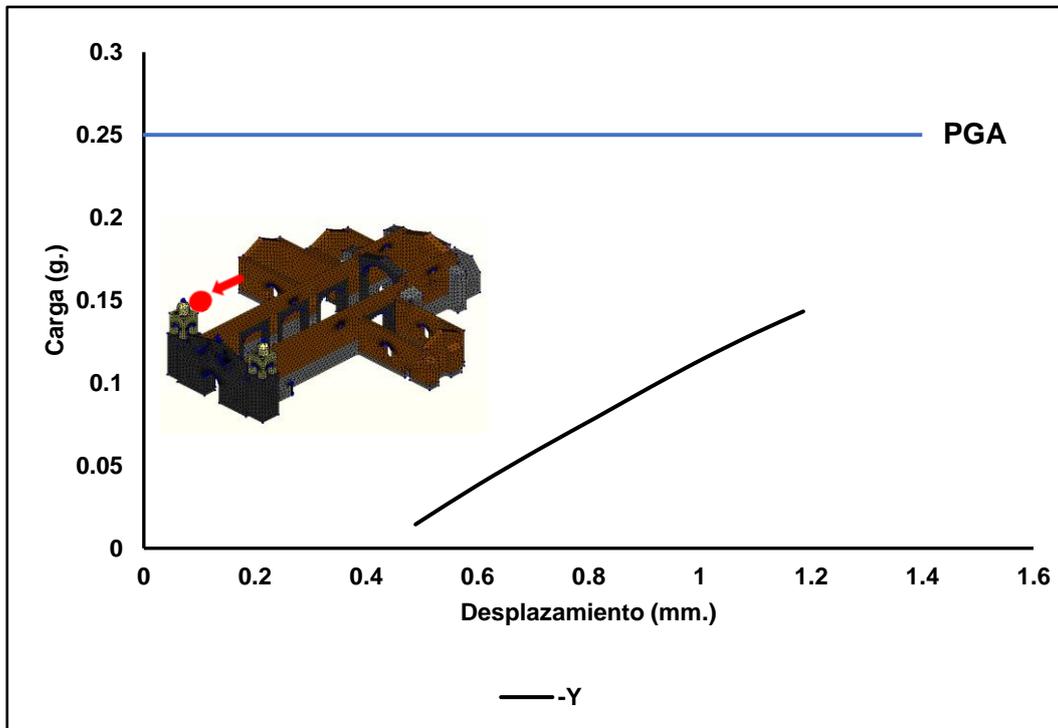
**FUENTE: Elaboración propia.**

**Gráfico 17. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -X, muro superior de la torre sur.**



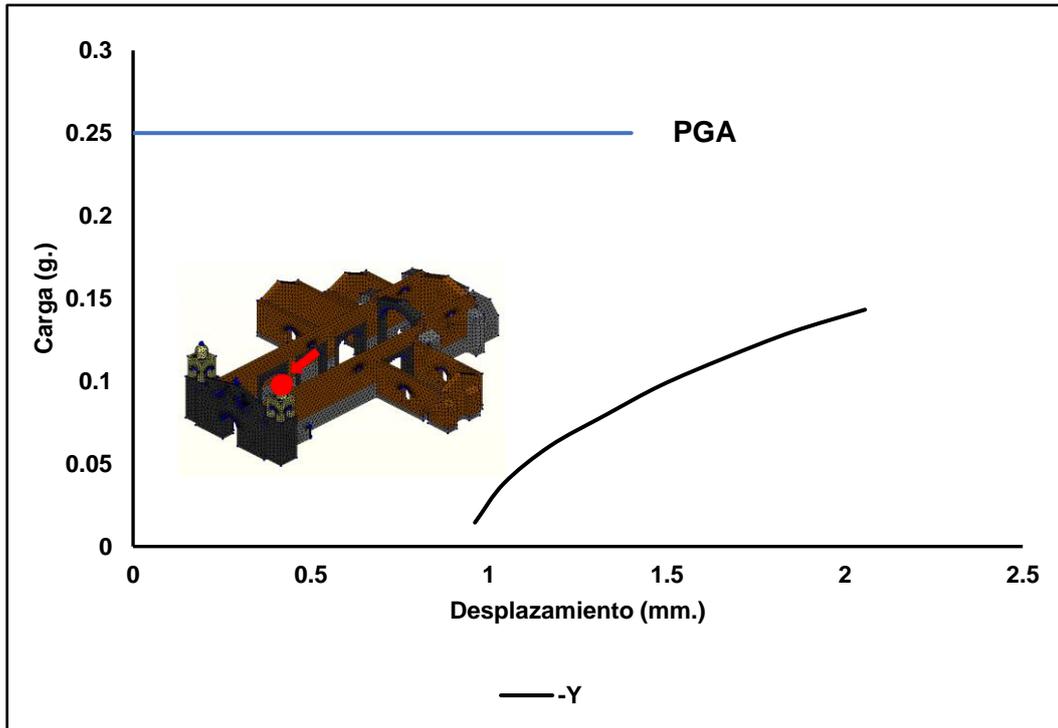
**FUENTE: Elaboración propia.**

**Gráfico 18. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones +Y, muro superior de la torre sur**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Gráfico 19. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en las direcciones -Y, muro superior de la torre norte.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Tabla 17. Ubicación, factor de carga y desplazamiento en las direcciones +X, -X, -Y. Para las torres del campanario.**

DIRECCION	UBICACIÓN	FACTOR DE CARGA (g.)	DESPLAZAMIENTO (mm.)
+X	Parte superior del muro lateral, de la torre norte	0.14	2.05
-X	Parte superior del muro lateral, de la torre sur	0.14	2.60
-Y	Parte superior del muro lateral, de la torre sur	0.14	1.18
-Y	Parte superior del muro lateral, de la torre norte	0.14	2.00

**FUENTE: Elaboración propia**

**INTERPRETACION:**

El templo Santa María Magdalena, por los años en pie desde su edificación, tiene una geometría con espesor en muros en promedio de 1.7 m. de ancho, posee una densidad de muros y contrafuertes de adobe y rocas, estructuralmente la cimentación y el sobrecimiento es continuo hasta cierta altura de los muros, por lo que estos muros y contrafuertes tienen mayor deformación lateral y rigidez a las fuerzas aplicadas en el pushover. La capacidad máxima en función de la fuerza se guía principalmente en la geometría y es menos sensible al módulo de elasticidad,

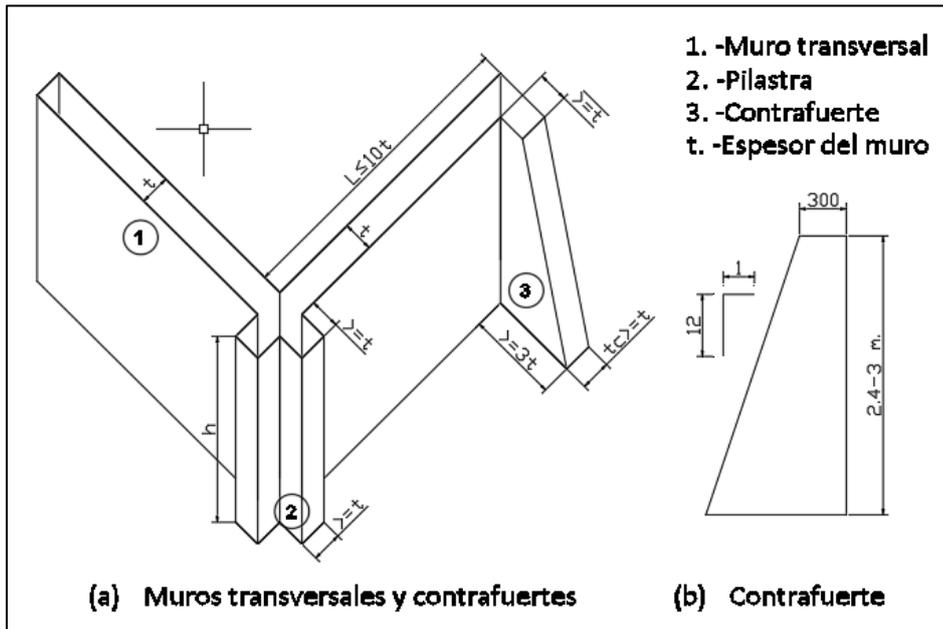
además cuando no se puede conocer la máxima aceleración que pueda soportar una edificación, se puede utilizar la máxima aceleración del suelo (PGA) **(LOURENGO, 2020)**, Estos valores de (PGA), según los factores de zona de la Normativa Peruana E-030, para Ayacucho es de 0.25g, que es una aceleración máxima del suelo. Como resultado para el templo Santa María Magdalena, analizadas para las direcciones X-X, Y-Y, a los sentidos positivos y negativos, se obtuvo para la curva pushover, un factor de carga que oscilan desde 0.11 g. hasta 0.19 g. y un desplazamiento de 0.86 mm. al 29.2. mm. Los valores de factor de carga obtenidos son menores al valor de 0.25 g. lo cual requiere algún sistema de reforzamiento estructural.

**OBJETIVO ESPECIFICO 3:** Proponer refuerzos estructurales apropiados, para mejorar la condición estructural del templo.

#### **Propuesta de reforzamiento estructural**

Realizado, el análisis de modelamiento de la estructura del templo en el objetivo 2, en la curva pushover, los valores obtenidos para el factor de carga, no alcanza al valor de (PGA), aceleración máxima del suelo. Para Ayacucho corresponde según el reglamento E-030, para la zona 2 de 0.25 g. por ello se propone el reforzamiento estructural con la incorporación de contrafuerte de piedra irregular, para mejorar la resistencia lateral. Menciona **(BLONDET, 2003)**, que el uso de contrafuertes en las partes muy críticas mejora la integración de los muros en la intersección de las juntas, la estabilidad y el esfuerzo resistente, previniendo así el volteo del muro fuera del plano. Su pre dimensionamiento se indica en la figura 46.

**Figura 46. Pre dimensionamiento de contrafuerte, para muros de adobe.**



**FUENTE: Blondet, 2003.**

**DIMENSIONAMIENTO:**

**DATOS:**

$L_o = 3t$  (Longitud transversal del contrafuerte)

$L_a \geq t$  (Ancho del contrafuerte)

$t =$  (espesor del muro)

$t = 1.7 \text{ m.}$

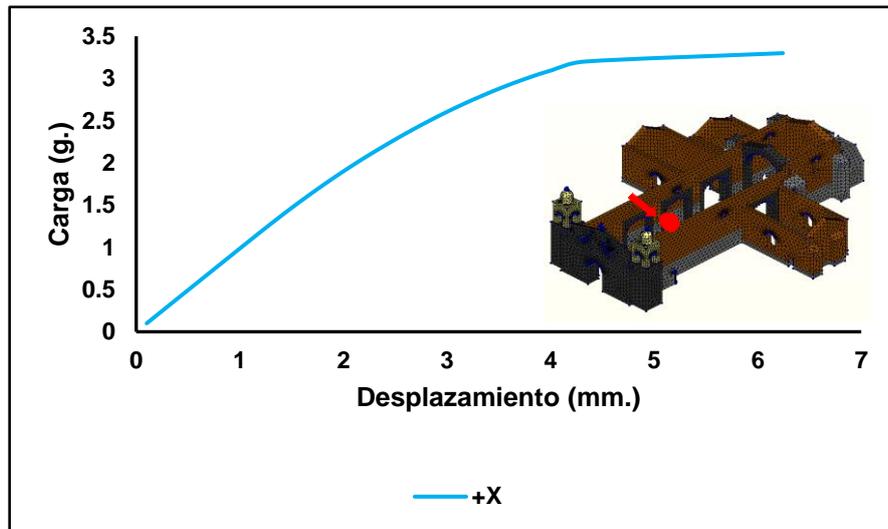
$L_a = 2.50 \text{ m.}$

$L_o = 5.1 \text{ m.} \approx 5.0 \text{ m.}$

El dimensionamiento del contrafuerte es: 5.0 m. x 2.50 m.

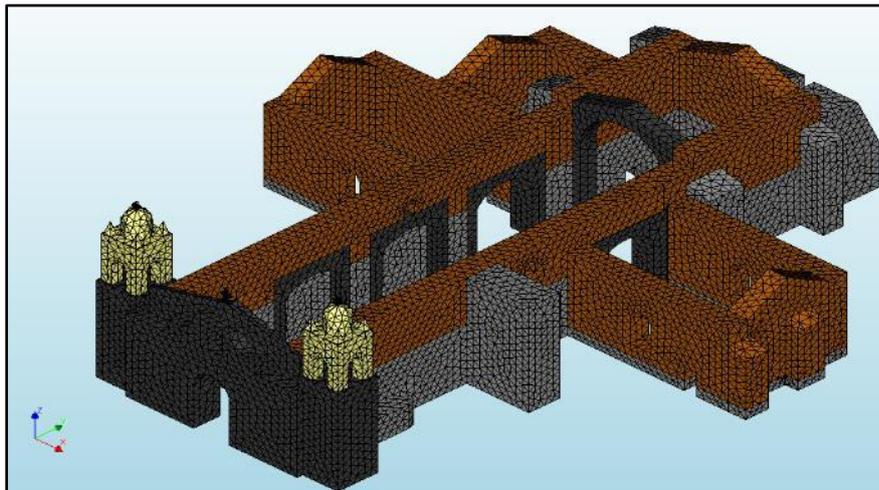
Para evitar el colapso fuera de la estructura, se modelaron nuevamente adicionando los refuerzos de un elemento estructural de contrafuerte, en el análisis pushover en la dirección +X, se eligió nuevamente la parte superior del muro lateral de la nave, de esta manera se aumentó la curva de capacidad con un factor de carga de 3.3 g. y un desplazamiento de 6.2 mm. ver gráfico 20 y figura 47, con la finalidad de cumplir el desempeño global del templo.

**Gráfico 20. Gráfica de curva pushover, carga versus desplazamiento en la dirección +X, con inclusión de un contrafuerte.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

**Figura 47. Inclusión de un contrafuerte, parte lateral norte de la nave del templo.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

### **INTERPRETACION**

Con la incorporación del elemento estructural contrafuerte, se obtuvo un factor de carga obtenido de 3.3 g., que supera a los factores de carga obtenidos de 0.11 g. a 0.19 g., además se supera al valor de la aceleración máxima de suelo (PGA), considerada para Ayacucho de 0.25 g. Además, se mejora el comportamiento mecánico de la estructura, aumentando la resistencia a las fuerzas cortantes, lo que permite responder la distribución adecuada de las fuerzas en los elementos estructurales y una adecuada disipación de energía.

## V. DISCUSION

Las discusiones se presentan en el orden de los objetivos planteados:

### Discusión 1:

**Objetivo específico 1:** Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados, para el templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.

Para, (TORREALVA, et al, 2019), utilizado como antecedente, realizaron investigaciones sobre las propiedades granulométricos del adobe y mortero, para los edificios históricos del templo Kuñotambo, Catedral de Ica, Hotel del Comercio y otros edificios. Para los ensayos se han utilizado dos métodos de ensayos; por el método de tamizado para partículas mayores a 74  $\mu\text{m}$ . y por el método del hidrómetro, para partículas menores a 74  $\mu\text{m}$ ., encontrando similitud de granulometría para todos los ensayos realizados y el contenido de arcillas de baja plasticidad, como resultado para todos los casos analizados en general, se determinaron de 30 % - 40 % de material grueso (arena+ grava) y de 60 % - 70% de material fino. La normativa del adobe E-030, 2006, recomienda el contenido de arcilla de 10 - 20 %, considerando los resultados de los edificios históricos analizados están dentro del parámetro, ver tabla 18.

**Tabla 18. Contenido de finos y gruesos para el adobe y mortero, para edificios históricos.**

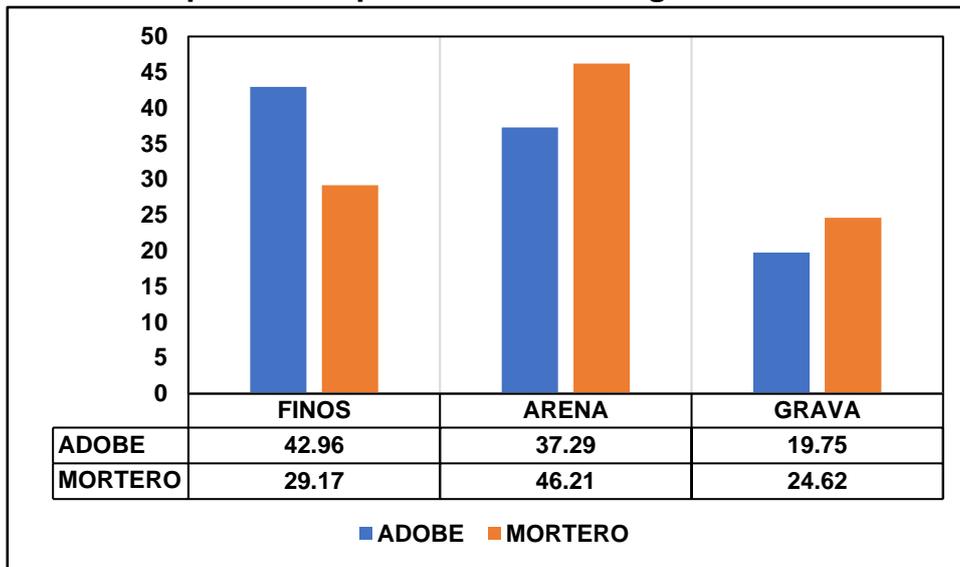
EDIFICIOS	GRUESOS	FINOS
KUÑOTAMBO	30 - 40%	60 - 70%
CATEDRAL DE ICA		
HOTEL EL COMERCIO		
OTROS		

**FUENTE: Torrealva, et al, 2019.**

El templo de Santa María Magdalena, por su antigüedad con más de IV siglos en pie de existencia y los materiales constituyentes específicamente el adobe y el mortero de tierra son muy frágiles, esto restringe los ensayos y la restricción de muchos ensayos por ser un patrimonio cultural. En los ensayos granulométricos por tamizaje del adobe y mortero, se determinó el contenido en porcentaje de finos y gruesos, de acuerdo a la clasificación de suelos - SUCS. Para el adobe, el contenido de finos es de 42.96 %, arena de 37.29 % y grava de 19.75 %, para el mortero el material fino es de 29.17 %, arena de 46.21 % y grava de 24.62 %. Además, la curva granulométrica para el adobe y el mortero son similares en su

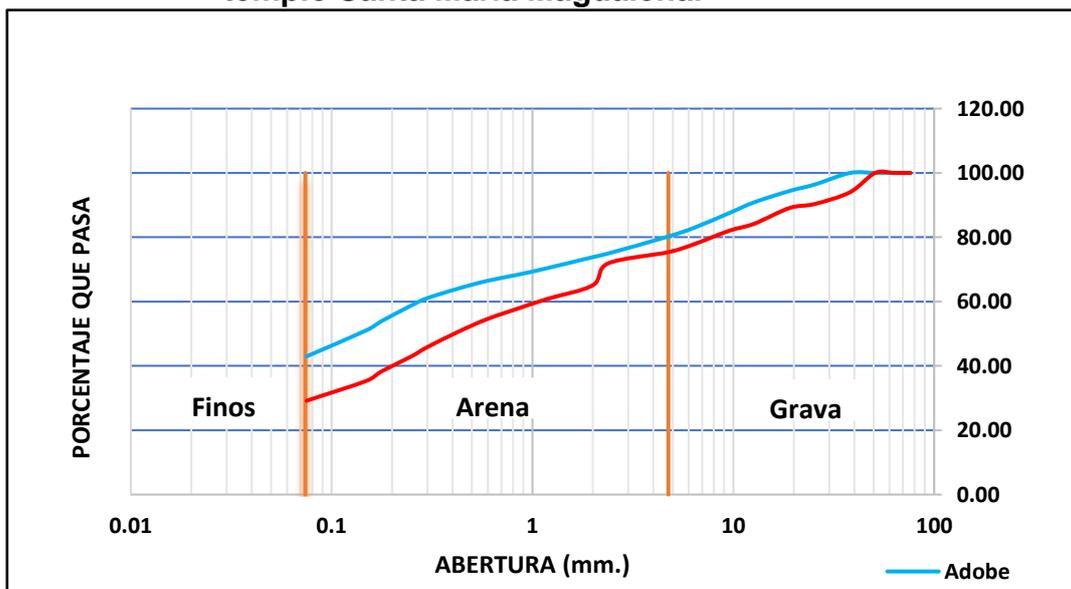
distribución granulométrico, cuyos resultados se muestran en el gráfico 21 y 22. Los resultados encontrados para el templo, se aproxima a los resultados de los materiales investigados por, (TORREALVA, et al, 2019). La normativa Peruana del adobe E-030, 2006, recomienda el contenido de arcilla de 10 - 20%, arena de 55 – 70 %. Los resultados de las muestras analizadas del adobe y mortero, están dentro de los parámetros recomendados, para ser utilizado como material para el adobe y mortero.

**Gráfico 21. Gráfico comparativo granulométrico del adobe y mortero, para el templo Santa María Magdalena.**



FUENTE: Elaboración propia.

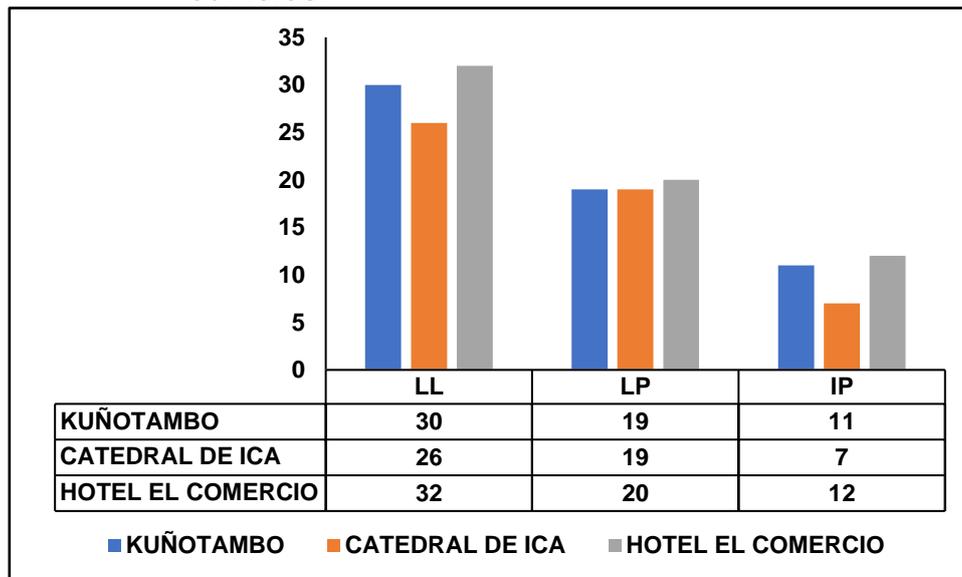
**Gráfico 22. Distribución granulométrica del material de adobe y mortero, templo Santa María Magdalena.**



FUENTE: Elaboración propia.

Para, **(TORREALVA, et al, 2019)**, utilizado como antecedente, realizó los ensayos de límites de Atterberg a los materiales de los edificios históricos de; Kuñotambo, Catedral de Ica, Hotel del Comercio y otros edificios. Encontrando como resultados, suelos con contenido de arcillas inorgánicas, con características de una plasticidad de baja a media, ver gráfico 23.

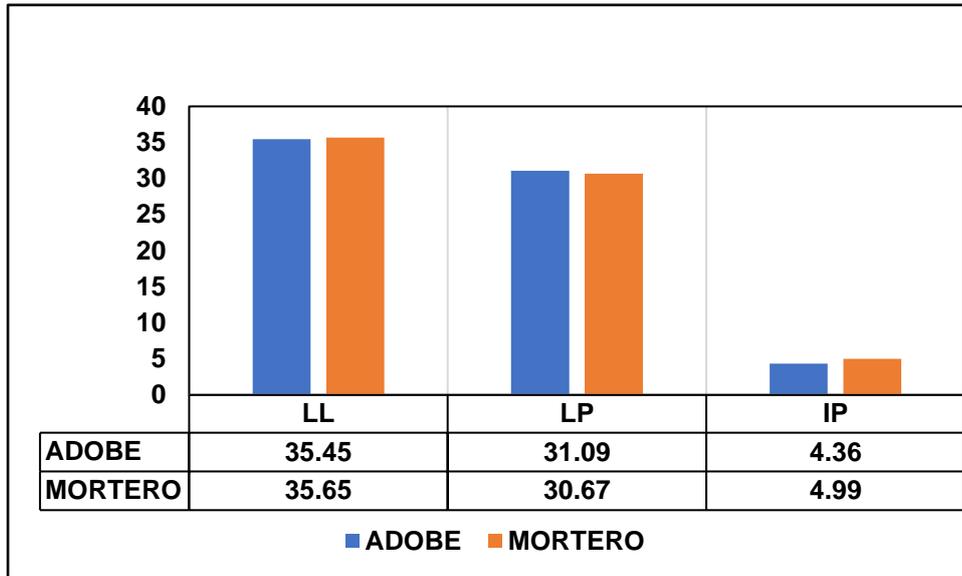
**Gráfico 23. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad, para otros edificios.**



**FUENTE: Torrealva, et al, 2019.**

Para los ensayos de límites de Atterberg, realizados a los materiales del adobe y mortero del templo de Santa María Magdalena, se obtuvo como resultado, para el adobe de; LL= 35.45 %, LP= 31.09 y IP=4.36% y para el mortero LL= 35.65 %, LP= 30.67 y IP=4.99%, ver gráfico 24. Comparativamente se han obtenido los índices de plasticidad (IP), menores a los resultados de los ensayos realizados por, **(TORREALVA, et al, 2019)**. Es recomendable que el índice de plasticidad (IP), sea menor a 20 y el límite plástico (LP), sea de 20 – 40. Se puede determinar que el material utilizado para el adobe y mortero poseen los requerimientos mínimos, como materiales de construcción de tierra.

**Gráfico 24. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad, para el templo de Santa María Magdalena.**



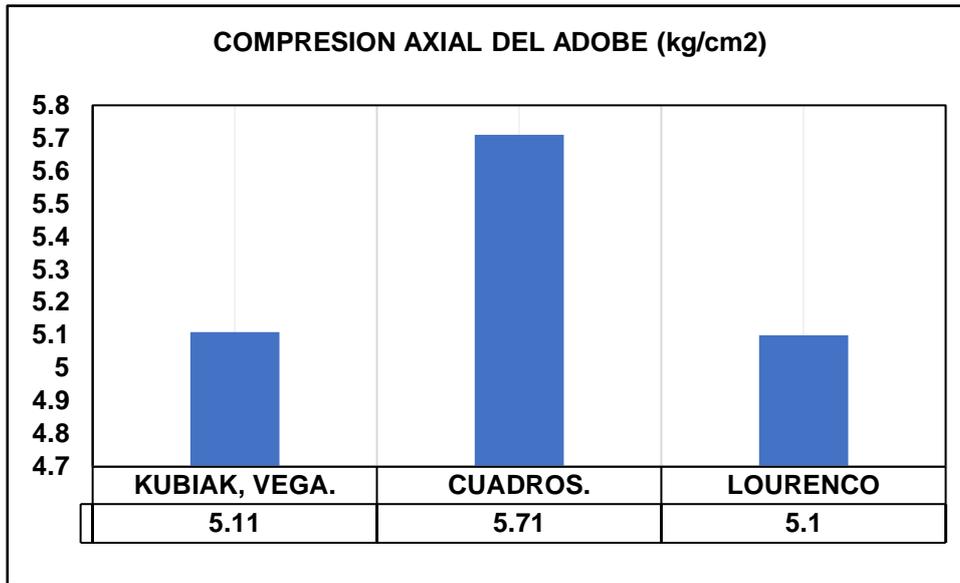
FUENTE: Elaboración propia.

Para, **(KUBIAK, VEGA, 2021)**, fuente antecedente, en su tesis: “Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho – 2021”, obtuvo de los ensayos realizados de rotura a compresión axial de 04 especímenes de adobe, obteniendo un promedio de 5.11 kg/cm<sup>2</sup>. ver gráfico 25.

Para, **(CUADROS, 2020)**, fuente antecedente, en su tesis: “Análisis estructural avanzado del Templo de Huaytará-Huancavelica, Perú”, realizó la rotura de 06 especímenes de adobe a compresión axial al material del edificio histórico, obteniendo un resultado promedio de 5.71 kg/cm<sup>2</sup>. ver gráfico 25.

Para, **(LOURENCO, 2020)**, fuente antecedente, en un informe de investigación de: “Proyecto de Estabilización Sismorresistente – Modelado de Edificios de Tipo” para las estructuras históricas de tierra; la información disponible es escasa y existe un alto nivel de heterogeneidad y una mayor dispersión de sus propiedades mecánicas y se necesitan varios ensayos para un resultado de alta precisión, el nivel de fragilidad de las muestras dificultan realizar ensayos avanzados. La misma que recomienda en promedio de 5.1 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión para investigaciones. ver gráfico 25.

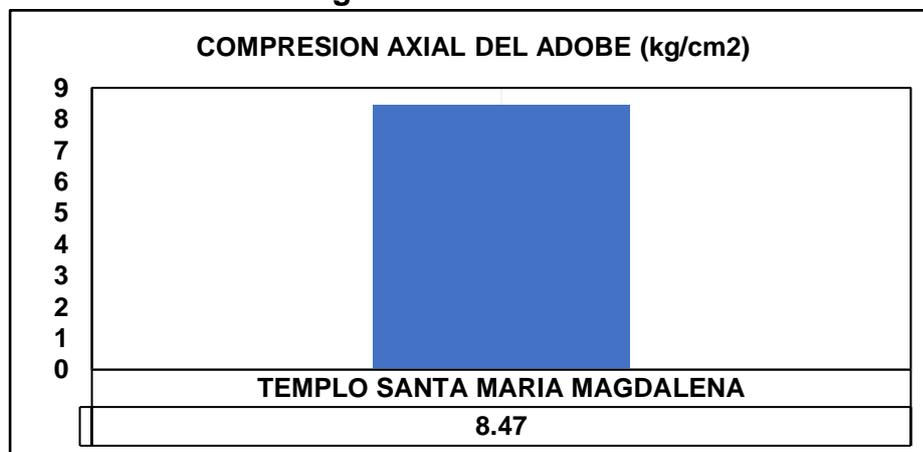
**Gráfico 25. Compresion axial para adobe por KUBIAK, VEGA, CUADROS y LOURENCO.**



**FUENTE:** Kubiak, Vega, Lourenco.

Para los ensayos de rotura de especímenes de adobe, realizados para templo de Santa María Magdalena, se obtuvo en promedio de 8.47 kg/cm<sup>2</sup>, ver gráfico 26. Los valores obtenidos superan a los resultados de ensayos realizados por, **(KUBIAK, VEGA, 2021)** y **(CUADROS, 2020)**. La normativa peruana E-080, recomienda como mínimo la resistencia a compresión axial de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>. El material de adobe como parte estructural del templo en estudio, por su propiedad mecánica a compresión axial está por encima de los límites recomendados.

**Gráfico 26. Valor de compresión axial para adobe del templo Santa María Magdalena.**

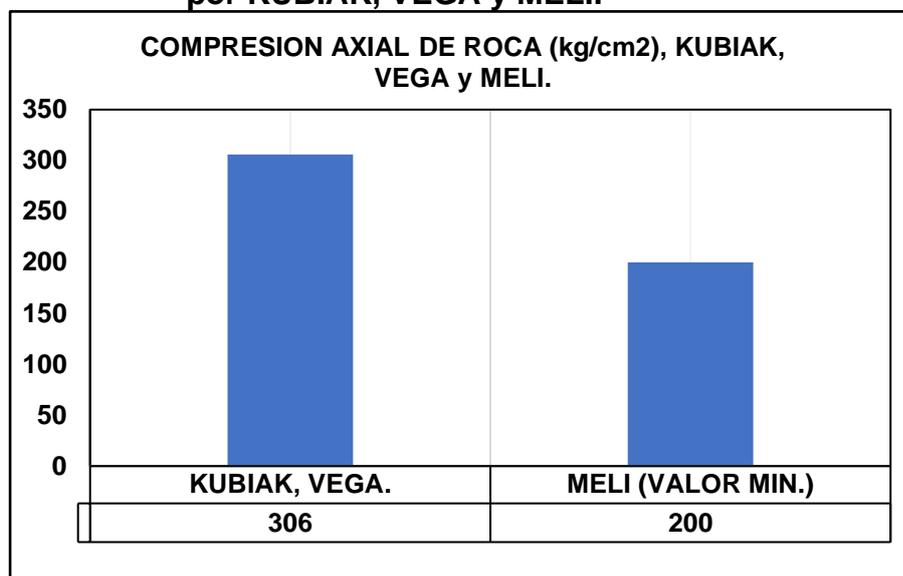


**FUENTE:** Elaboración propia.

Para, **(KUBIAK, VEGA, 2021)**, fuente antecedente, en su tesis: “Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho – 2021”, realizó ensayos con esclerometría, al material roca sillar brecha volcánica o checco, obteniendo como resultado de sus propiedades mecánicas de 306 kg/cm<sup>2</sup>. a compresión axial. ver gráfico 27.

Para, **(MELI, (1999?))**, fuente de investigación, recomienda para los diferentes tipos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, una resistencia mínima a compresión de 200 – 1200 kg/cm<sup>2</sup>. ver gráfico 27.

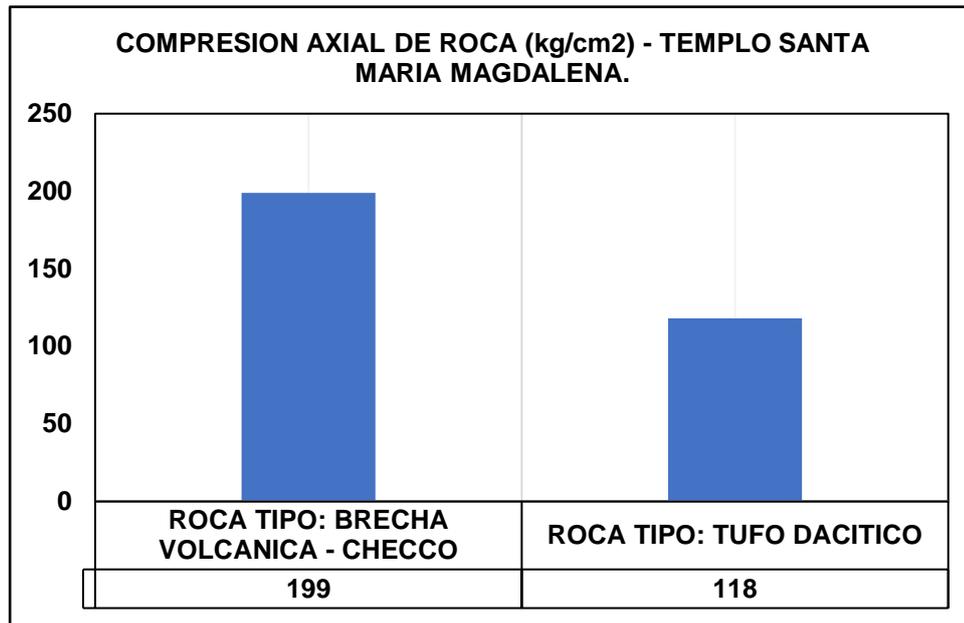
**Gráfico 27. Valores a compresión axial de roca por esclerometría , por KUBIAK, VEGA y MELI.**



**FUENTE: Kubiak, Vega, Meli.**

Para los ensayos no destructivos realizados, al templo de Santa María Magdalena, se realizaron los ensayos a dos tipos de rocas que forma parte estructural de mampostería del templo, con ensayos de esclerometría o rebote de martillo. Se realizó al pilar de la nave principal del templo, roca tipo brecha volcánica o checco y para el pilar del campanario norte, tipo de roca tufo dacítico de color blanquecino. Se obtuvo como resultado en promedio, para la roca sillar brecha volcánica o checco de 199 kg/cm<sup>2</sup> y para la roca sillar tufo dacítico de color blanquecino de 118 kg/cm<sup>2</sup>. Obteniéndose valores menores, determinados por **(KUBIAK, VEGA, 2021)**, y recomendada por, **(MELI, (1999?))**. Las rocas que forman parte estructural del templo, coexisten con la edificación más de IV siglos en pie y ha pasado por diferentes eventos sísmicos. ver gráfico 28.

**Gráfico 28. Valores obtenidos, para las rocas del Templo Santa María Magdalena.**



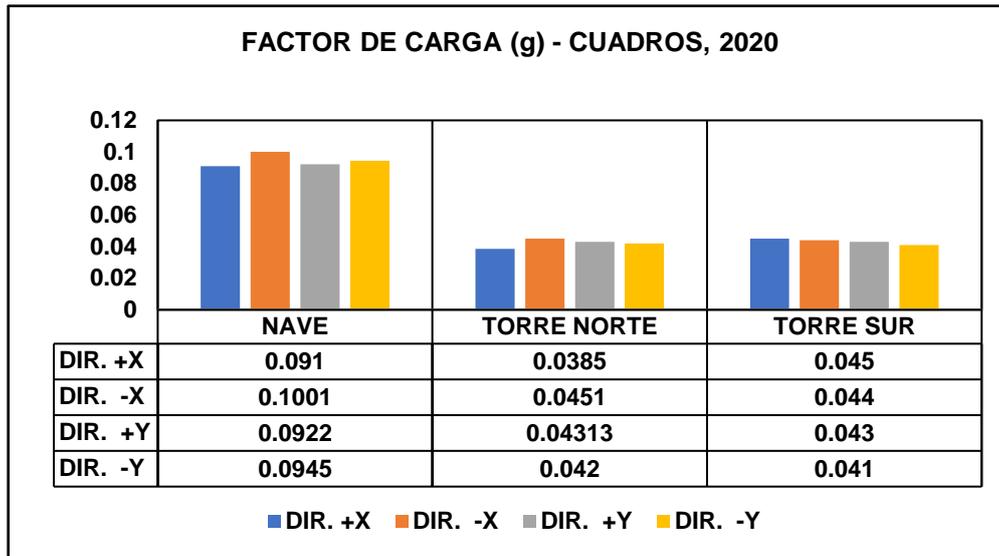
**FUENTE:** Elaboración propia.

**Discusión 2:**

**Objetivo específico 2:** Determinar la vulnerabilidad estructural, mediante el análisis pushover del templo, Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.

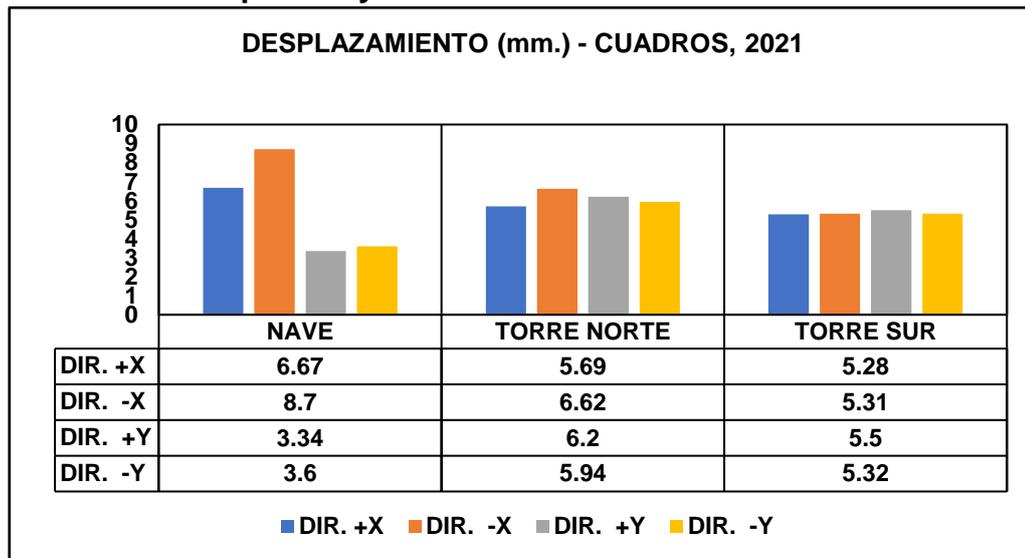
Para, (CUADROS, 2020), utilizado como antecedente en el desarrollo del trabajo, desarrolló una tesis denominada: “Análisis estructural avanzado del Templo de Huaytará-Huancavelica”, realizando un análisis pushover a un templo histórico, con la aplicación de cargas horizontales de aceleración en cada una de las direcciones, para su adecuado análisis se divide en tres partes el edificio: una nave y dos torres (norte y sur), para los sentidos negativos y positivos. Se obtuvo un factor de carga para todos los casos, que oscilan desde mínimo de 0.91g., hasta un máximo de 0.1g. y desplazamientos horizontales de 3.34 mm. hasta 8.7 mm. Después de superar la capacidad máxima, llega en la curva pushover a una condición de softening. Encontrando en todos los casos analizados, el agrietamiento de los muros principales y la activación del mecanismo de volteo fuera del plano de los muros, debido a que los muros presentan de 1.4 m. a 1.8 m. de espesor, por lo que genera mayor rigidez de inercia. ver gráficos 29 y 30.

**Gráfico 29. Factor de carga (g), para las direcciones X-X, Y-Y, para el Templo Huaytará - Huancavelica.**



**FUENTE: Cuadros, 2020.**

**Gráfico 30. Desplazamiento (mm), para las direcciones X-X, Y-Y, para el Templo Huaytará – Huancavelica.**

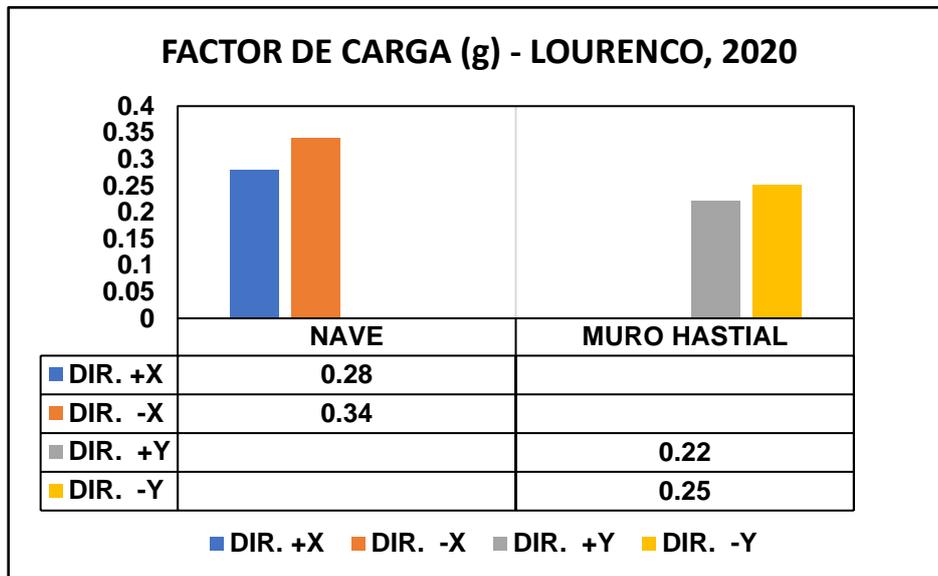


**FUENTE: Cuadros, 2020.**

También, **(LOURENCO, 2020)**, citado como antecedente, en un informe de investigación de: “Proyecto de Estabilización Sismorresistente – Modelado de Edificios de Tipo”, realizó un estudio de modelamiento pushover, para Templo Kuñotambo, para conocer el comportamiento sísmico del edificio histórico, aplicando las cargas horizontales en ambas direcciones, para la evaluación de la carga máxima y tener patrones de daño. Se obtuvo como resultado para la dirección X-X, para la nave +X = 0.28g; -X= 0.34g. Encontrado, para la dirección +X, un

mecanismo de falla de grietas verticales de separación a lo largo de la esquina del edificio y como resultado el colapso del muro hastial. Para el análisis en la dirección Y-Y, en el muro hastial +Y, se obtuvo un factor de carga de 0.22 g, con presencia de fallas de separación y vuelco fuera del plano del muro lateral y para la dirección -Y, se obtuvo un factor de carga de 0.25 g., con presencia de agrietamientos en la esquina de la nave y con desplazamientos máximos en la parte superior del muro lateral sur. ver gráfico 31.

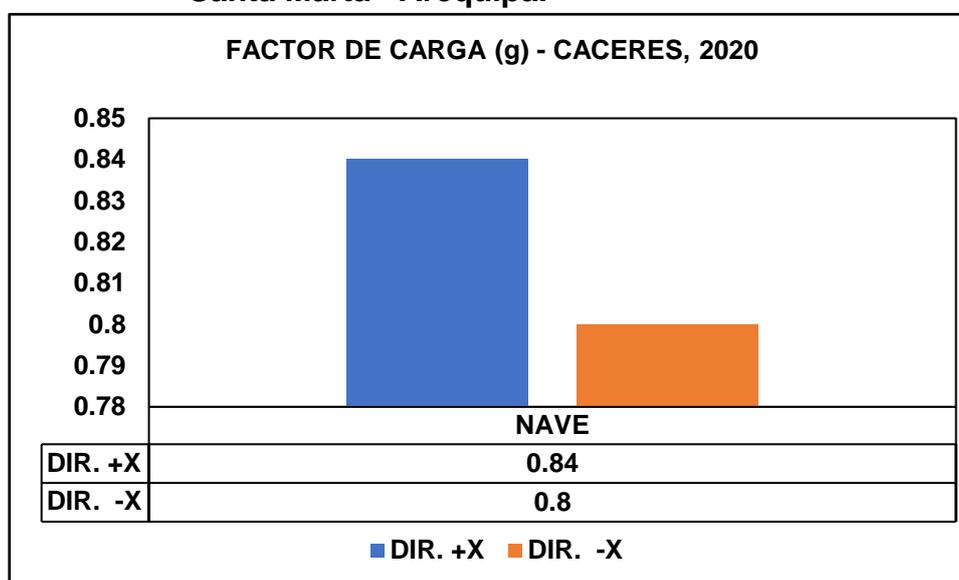
**Gráfico 31. Factor de carga (g), para las direcciones X-X, Y-Y, para el templo de Kuñotambo – Cusco.**



**FUENTE: Lourenco, 2020.**

Para, **(CÁCERES, 2020)**, citado como antecedente, en su tesis: “Comportamiento Estructural Sísmico Estático no Lineal de bóvedas de sillar en monumentos históricos: reforzamiento estructural de la iglesia de Santa Martha - Arequipa.”, obtuvo como resultado de un análisis pushover aplicado a ambas direcciones a un templo histórico, obtuvo los mayores factores de carga pushover, en el punto alto de la cúpula del templo para ambas direcciones X-X, Y-Y. Obteniéndose un desplazamiento máximo para la dirección X-X, con un factor de carga máxima de 0.84 g. debido a la mayor presencia de muros, encontrándose mayor daño de esfuerzos sobre la bóveda del templo, debido a las fuerzas de apoyo de unas de las torres del templo. Para la dirección Y-Y, el factor de carga máxima fue de 0.8 g, se observa la presencia de grietas producidas por flexión en las áreas de las torres, como grietas diagonales. ver gráfico 32.

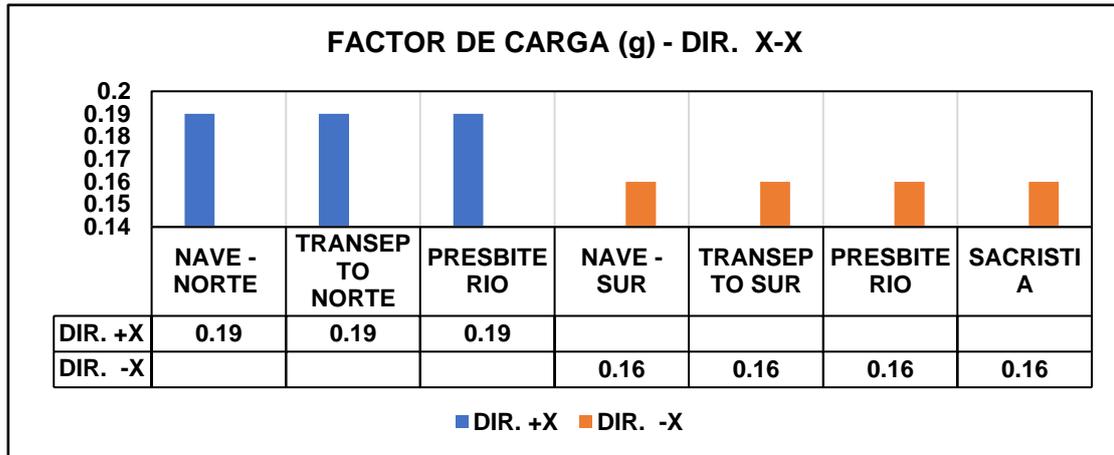
**Gráfico 32. Factor de carga (g), para las dirección X-X, para la iglesia Santa Marta - Arequipa.**



**FUENTE: Cáceres, 2020.**

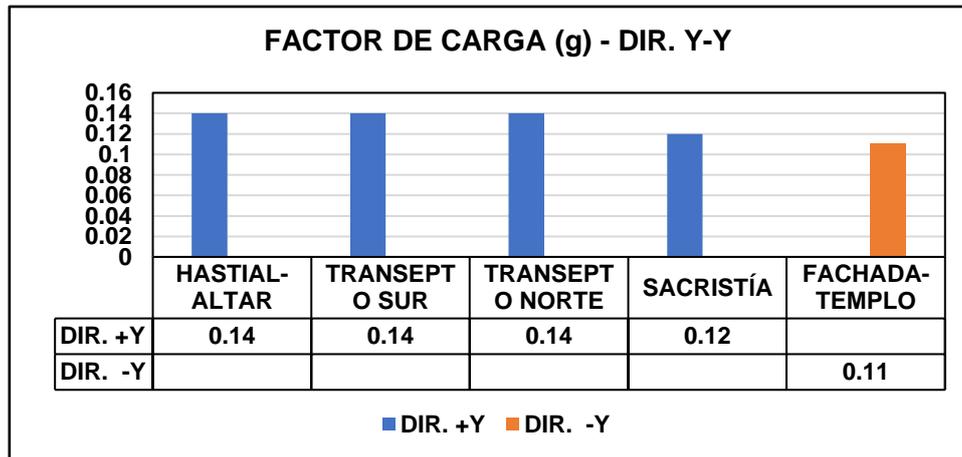
Para la presente investigación, realizada al templo Santa María Magdalena, de igual forma se realizaron el análisis de la estructura para conocer su capacidad de resistencia frente a sismos, se realizaron el análisis para ambas direcciones con sus respectivas cargas. Para la nave del muro lateral del lado norte en dirección +X, se obtuvo un factor de carga de 0.19 g. y un desplazamiento de 29.2 mm. en la dirección -X, para la nave lateral al muro del lado sur, se obtuvo un factor de carga de 0.16 g. y un desplazamiento de 7.22 mm.. Para el muro hastial en la dirección +Y, se tiene un factor de carga de 0.14 g y un desplazamiento de 0.95 mm. Para la torre sur, en la dirección, -X, se tiene un factor de carga de 0.14 g. y un desplazamiento de 2.60 mm.. Para la torre sur de la dirección +Y, se tiene un factor de carga de 0.14 g y un desplazamiento de 1.18 mm., finalmente para la torre norte en la dirección -Y, se tiene un factor de carga de 0.14 g. y un desplazamiento de 2.00 mm. ver gráficos 33 al 38.

**Gráfico 33. Factor de carga (g), para las dirección X-X, para el templo Santa María Magdalena.**



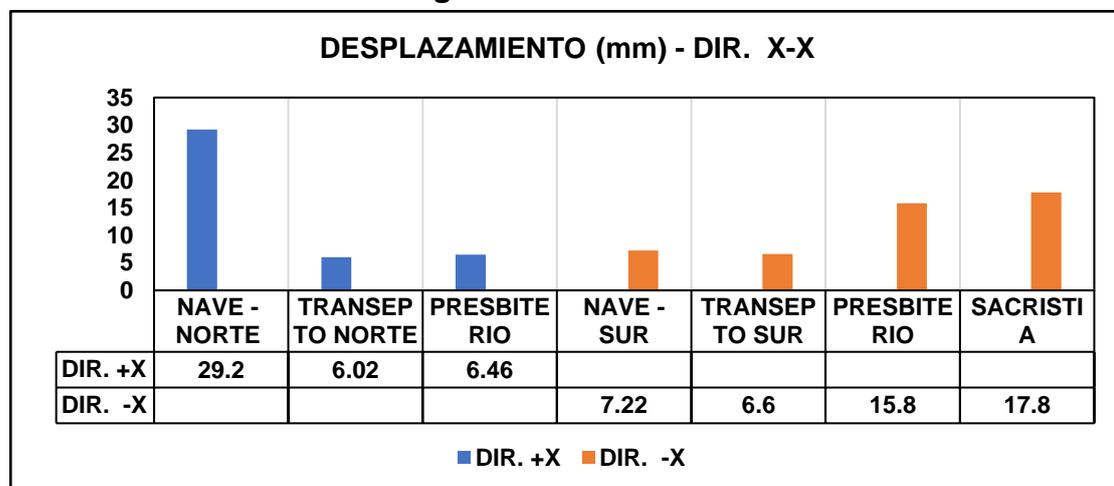
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 34. Factor de carga (g), para las dirección Y-Y, para el templo Santa María Magdalena.**



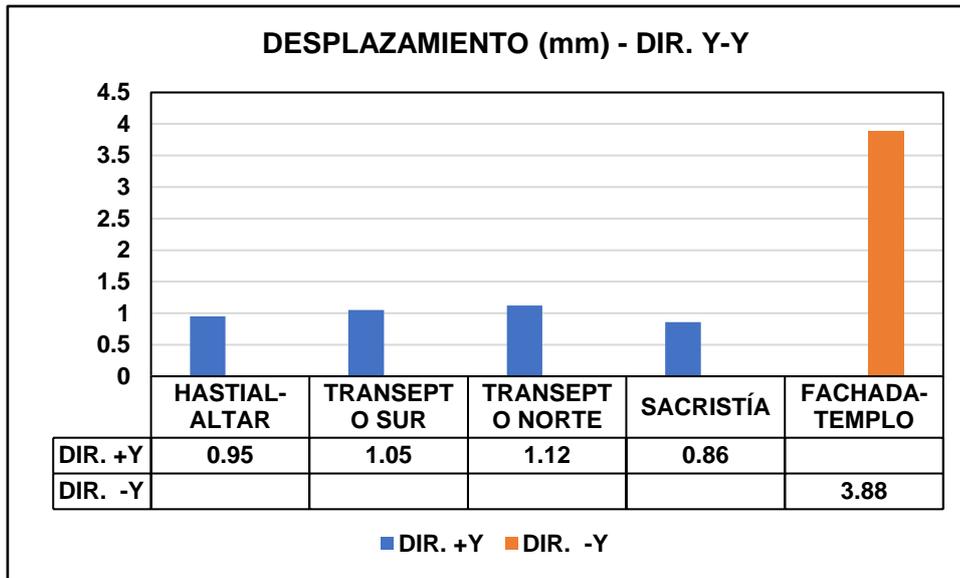
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 35. Desplazamiento (mm), para las dirección X-X, para el templo Santa María Magdalena.**



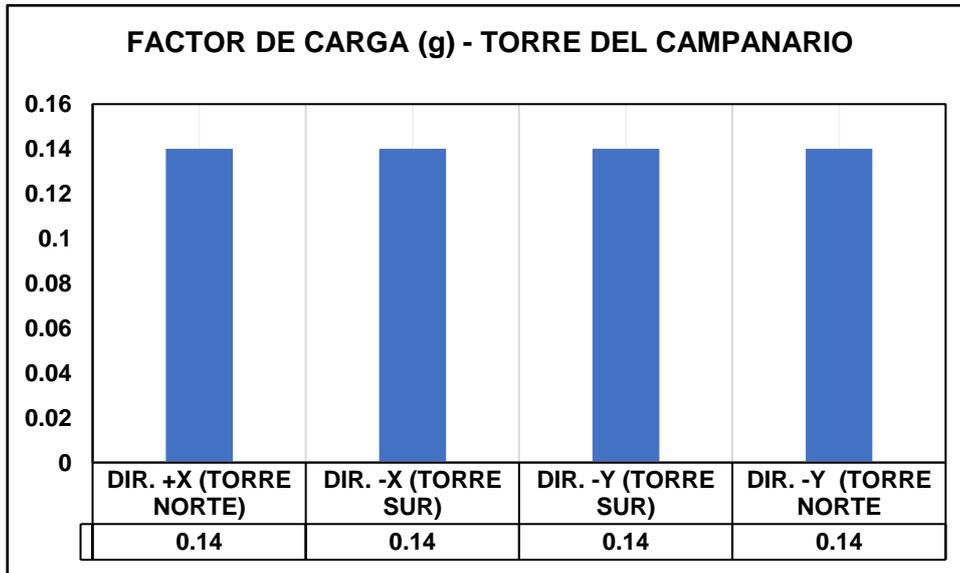
FUENTE: Elaboración propia.

**Gráfico 36. Desplazamiento (mm), para las dirección Y-Y, para el templo Santa María Magdalena.**



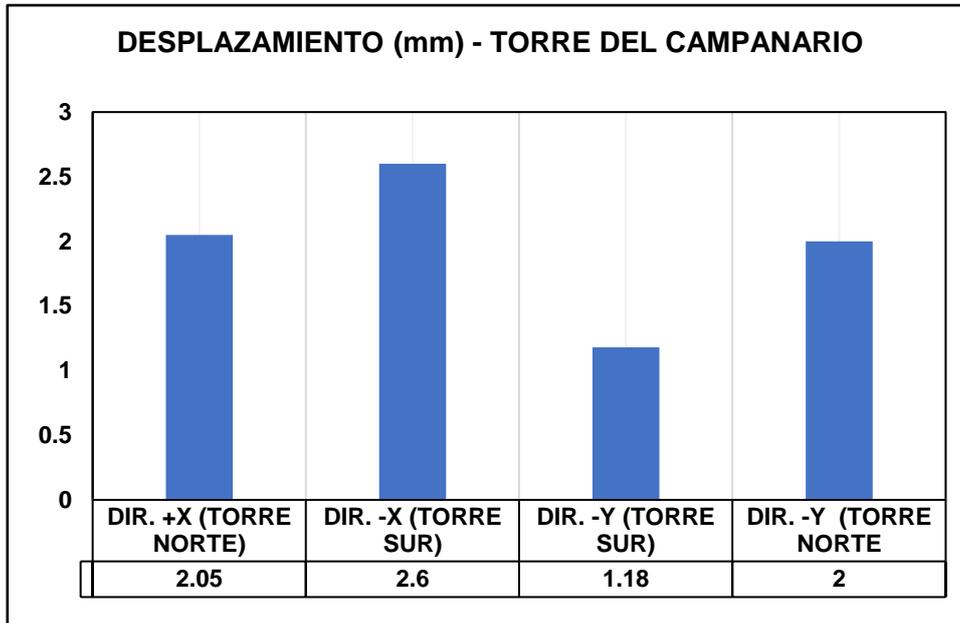
**FUENTE:** Elaboración propia.

**Gráfico 37. Factor de carga (g), para las dirección X-X, Y-Y, en torre del campanario, para el templo Santa María Magdalena**



**FUENTE:** Elaboración propia.

**Gráfico 38. Desplazamiento (mm), para las dirección X-X, -Y, en torre del campanario, el templo Santa María Magdalena.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

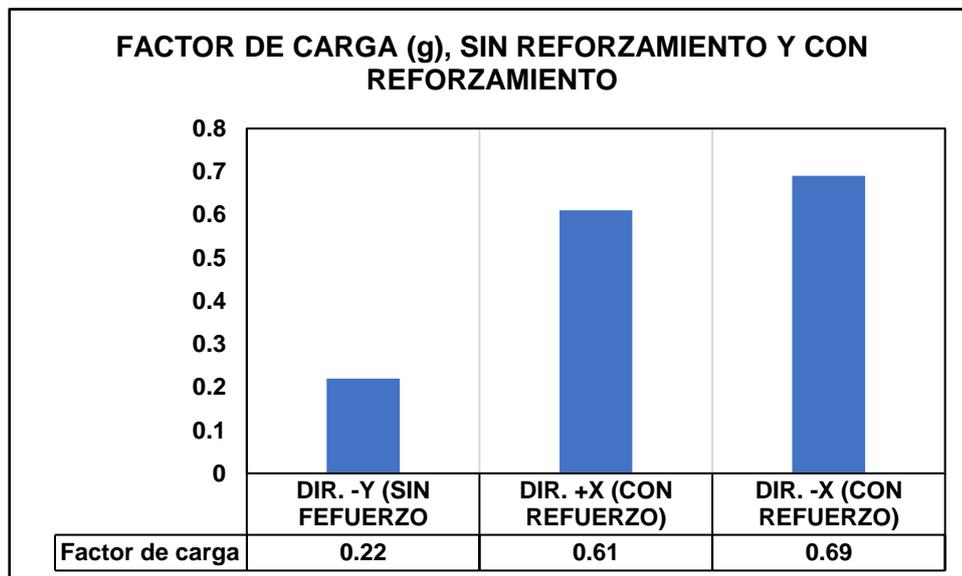
Con el método de pushover, para el Templo Santa María Magdalena, los resultados obtenidos en todos los casos analizados para la dirección X-X se tiene un factor de carga que oscilan de 0.14g. al 0.19 g. y un desplazamiento de 2.05 mm al 29.2 mm. para la dirección Y-Y, se tiene un factor de carga que oscilan de 0.11g. al 0.14g. y un desplazamiento que oscila de 0.86 mm. al 3.88mm. Comparativamente el factor de carga, para el templo Santa María Magdalena, es superior a los valores de factor de carga obtenido por, **(CUADROS, 2020)**, pero los valores del desplazamiento son casi similares. Los valores obtenidos por, **(LOURENCO, 2020)** y **(CACERES, 2020)**, para el factor de carga y desplazamiento son menores, que los valores obtenidos para el templo analizado. Esto se debe a que los muros tienen en promedio de 1.7 m de espesor y hasta una altura de 3 metros del muro está construido de mampostería piedra irregular, y la existencia de muchos contrafuertes y la intersección de muros laterales, hace que resista a las cargas aplicadas.

### Discusión 3:

**Objetivo específico 3:** Proponer refuerzos estructurales apropiados, para mejorar la condición estructural del templo Santa María Magdalena.

Para, **(LOURENCO, GRECO, 2020)**, menciona en un informe de proyecto de estabilización sismorresistente; Modelado de edificio tipo. Propuso el reforzamiento con tres muros de contrafuertes, con geometría de planta cuadrada y con dimensiones mínimas igual al espesor del muro, para el templo de Kuñotambo y el recubrimiento de las mismas con material de geomalla. Para lograr el confinamiento bajo esfuerzos de compresión, aumentar la ductilidad y evitar la desintegración de los muros por acción sísmica. En el análisis al templo Kuñotambo sin refuerzo, se obtuvo para la dirección -Y, un factor de carga de 0.22 g., lo cual es bajo a la máxima aceleración del suelo (PGA), para la zona 2, según la normativa E-030 es de 0.25 g. Para superar el factor de carga, se introdujeron los refuerzos mencionados a los muros laterales y fueron analizados, para la dirección X-X, obteniéndose para la dirección +X de 0.61 g. y para la dirección -X de 0.69 g., con lo cual se supera el valor de la aceleración máxima del suelo, ver gráfico 39.

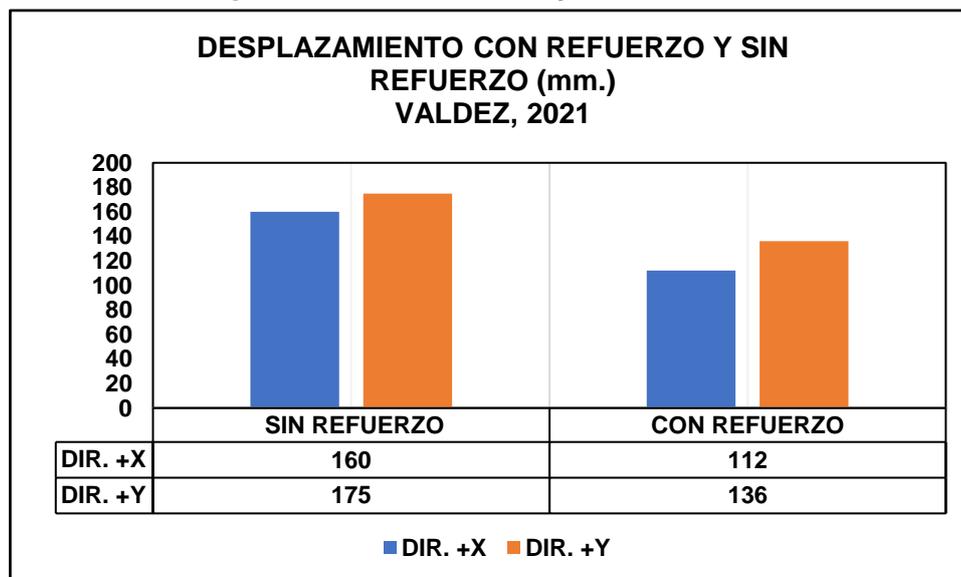
**Gráfico 39. Factor de carga (g), sin refuerzo y con refuerzo, para el templo de Kuñotambo.**



**FUENTE:** Lourenco, Greco, 2020.

Para, (VALDEZ, 2021), antecedente bibliográfico, en su tesis: “Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante, metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020”, realizó un análisis estático no lineal, en las direcciones X-X, Y-Y. Obtuvo, para un análisis de modelamiento sin refuerzo, un desplazamiento de 160.0 mm. en la dirección +X, un desplazamiento de 175.0 mm., para la dirección +Y. Para reducir el desplazamiento máximo o la deriva según la normativa E-030, propuso y analizó con la incorporación de muros de contrafuerte de dimensiones de 2.5 X 1.2m. de geometría en planta. Al incorporar los muros de contrafuertes, se redujo el valor o deriva, obteniéndose en el modelamiento con refuerzo, para dirección +X de 112.0 mm. y para la dirección +Y de 136.0 mm. de desplazamiento lateral del templo. ver gráfico 40.

**Gráfico 40. Desplazamiento (mm), sin refuerzo y con refuerzo, para el templo, San Cristóbal - Ayacucho.**

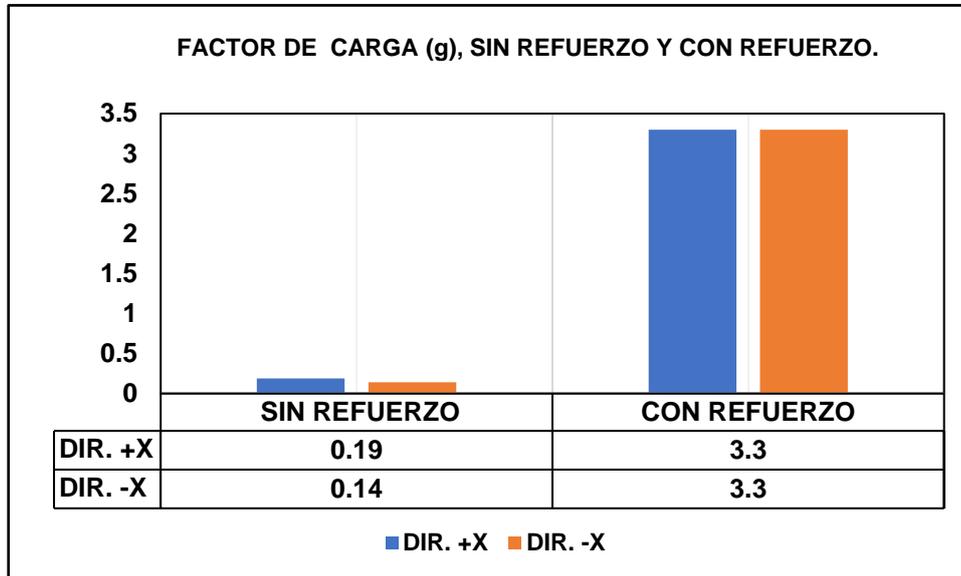


**FUENTE: Valdez, 2021.**

En nuestro análisis al Templo Santa María Magdalena, en todos los casos analizados en un análisis sin refuerzo, se obtuvo un factor de carga, para las direcciones X-X, Y-Y, se obtuvieron valores de factores de carga, desde 0.11 g al 0.19 g. Estos factores de carga obtenidos, son valores menores a la aceleración máxima de suelo (PGA), para Ayacucho un factor de 0.25 g. Con la incorporación de un refuerzo de contrafuerte de muro de piedra, en la parte lateral del muro de la nave, con dimensiones de geometría en planta de 5.0 X 2.5 m, se aumenta el factor de

carga en la curva pushover de carga de 3.3 g. y desplazamiento de 6.2 mm., superando de esta manera el valor de 0.25 g. ver gráfico 41.

**Gráfico 41. Factor de carga (g), sin refuerzo y con refuerzo, para el templo Santa María Magdalena.**



**FUENTE: Elaboración propia.**

Con la incorporación de reforzamiento estructural en monumentos históricos, para el Templo Santa María Magdalena, se supera el factor de carga para Ayacucho, que es de 0.25 g., De igual manera, **(LOURENCO, GRECO, 2020)** y **(VALDEZ, 2021)**, con incorporar un refuerzo de muro contrafuerte se supera la máxima aceleración del suelo, (PGA), para la zona y el desplazamiento máximo permisible.

## VI. CONCLUSION

1. Los ensayos granulométricos realizados por tamizaje, del adobe y mortero al templo Santa María Magdalena, se obtuvo como resultados en contenido de porcentaje de finos, arena y grava; para el adobe de 42.96 % de finos, 37.29 % de arena y 19.75 % de grava, para el mortero de 29.17% de finos, 46.21 % de arena y 24.62 % de grava. La normativa E-080, 2006, recomienda porcentajes de arcilla de 10 - 20 %, arena de 55 – 70 %. Los materiales utilizados en la edificación del templo, como el adobe y el mortero, cumplen con los requerimientos mínimos como material de construcción de edificios de tierra.

Para los ensayos de límites de Atterberg, ensayadas a los materiales del adobe y el mortero del templo, se tiene como resultado un índice de plasticidad (IP), para el adobe de  $IP=4.36\%$  y para el mortero  $IP= 4.99\%$ . Para el límite líquido (LL), para el adobe de 35.45, para el mortero de 35.65. Es recomendable para edificaciones de tierra, que el índice de plasticidad sea menor a 20% y el límite líquido esté dentro de 20 – 40 %. Los materiales de tierra el adobe y el mortero, cumplen con los requerimientos mínimos del tipo de suelo utilizado para su edificación.

En los ensayos de rotura en laboratorio de cubos de adobe, se obtuvo a la rotura a compresión axial en promedio de 8.47 kg/cm<sup>2</sup>. Para, (Lourenco, 2020), recomienda como mínimo de 5.1 kg/cm<sup>2</sup> de compresión axial para adobes, en edificios históricos de tierra. Por lo cual el adobe utilizado en la edificación del templo, cumple con el requerimiento mecánico mínimo.

Los ensayos no destructivos realizados a rocas, con esclerometría o rebote de martillo, en el pilar de la nave principal y el pilar del campanario, se obtuvo como resultado promedio, para la roca sillar brecha volcánica o checco de 199 kg/cm<sup>2</sup> y para la roca; roca sillar tufo dacítico de color blanquecino de 118 kg/cm<sup>2</sup> a compresión axial. El valor obtenido es menor a los valores obtenidos por los antecedentes mencionados, a pesar de ser menor este valor de resistencia a la compresión, cumple la funcionalidad de ser parte de la mampostería del templo por más de IV siglos.

2. Con el análisis estático no lineal, método de pushover, analizadas al Templo Santa María Magdalena, se tiene como resultado, para todos los análisis de curva pushover, un factor de carga que oscilan para ambas direcciones desde 0.11 g. al 0.19 g., con desplazamientos que van desde 0.86 mm. al 29.2 mm. Para la dirección X-X, en +X, se tiene como resultado, para el muro lateral de la nave, un factor de carga de 0.19 g. y un desplazamiento de 29.2 mm. Para el muro del transepto, se tiene un factor de 0.19 g. y un desplazamiento de 6.02 mm. Para el muro del presbiterio se tiene un factor de carga de 0.19 g. y un desplazamiento de 6.46 mm. Para la torre del campanario norte de 0.14 g. de factor de carga y 2.05 mm. de desplazamiento, para la dirección -X; para el muro superior de la nave, con un factor 0.16 g. y un desplazamiento de 7.22 mm. Para el presbiterio sur de 0.16 g. y desplazamiento de 7.22 mm. Para el transepto sur de 0.16 g. y desplazamiento de 15.8 mm. Para la sacristía de 0.16 g. y 17.8 mm. de desplazamiento. Para la dirección +Y, en el muro del hastial del altar, se tiene 0.14g. y un desplazamiento de 0.95 mm. Para el transepto sur de 0.14 g. y 1.05 mm de desplazamiento, para el transepto norte de 0.14 g. y 1.12 mm. de desplazamiento, para la sacristía de 0.12 g. y 0.86 mm. de desplazamiento, para la torre sur de 0.14 g. y desplazamiento de 1.18 mm. para la dirección -Y; se tiene para la fachada principal del templo de 0.11 g. y un desplazamiento de 3.88mm. y para la torre norte de 0.14 g. y desplazamiento de 2.00 mm. El factor de carga obtenido en la curva pushover analizados, es menor que la aceleración máxima de suelo que es de 0.25 g. para Ayacucho, según reglamento E-030.
3. Con la incorporación de refuerzo de contrafuerte de piedra irregular de dimensiones de 2.50 X 5.0 m. de geometría en planta y analizadas con método de pushover en condición reforzada, al Templo Santa María Magdalena, se supera la aceleración máxima del suelo, para Ayacucho es de 0.25 g., según el reglamento E-030. Como resultado se obtuvo 3.3 g. factor de carga y un desplazamiento de 6.2 mm. en la curva pushover, aplicadas en la dirección X-X, siendo este resultado mayor a los factores de carga analizados.

## **VII. RECOMENDACIÓN**

1. Se recomienda, realizar un análisis de la fracción de arcillas, para tener un estudio completo granulométrico del adobe y el mortero. Para el ensayo de rocas se recomienda realizar un ensayo de especímenes en laboratorio, para conocer en aproximación el valor a la compresión axial de las rocas.
2. Se recomienda, la buena obtención de datos, los ensayos laboratoriales y realizar el modelamiento en otros softwares de análisis de elementos finitos, también el análisis de la curva de capacidad con otros métodos como: proporcional al primer modo y carga triangular invertido. Así el uso para el modelamiento de un computador de mayor capacidad.
3. Se recomienda, incluir nuevos sistemas de refuerzo estructural y materiales compatibles con la mampostería de piedra y adobe, pero sin modificar la arquitectura colonial del templo.

## VIII. REFERENCIAS

- AIMASSRI, Belal; SAFIYEH, Ali.** Pushover, Assessment of Seismic Damage in Nativity Church in Bethlehem Using. - College of Engineering, Palestine Polytechnic University, Hebron, Palestine : Palestina - 2021.
- ALONSO, José (2014).** *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones.* Caracas : [s.n], 624 pp. ISBN: 9789807658041.
- APAZA, John (2021).** *Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento del templo San Andres Apostol - Atuncolla – Puno – 2021.* [Tesis para obtener titulo profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Lima.
- ARNOLD, Christopher y REITHERMAN, Robert (1982).** *Configuración y diseño sísmico de edificios.* Mexico, edit. LIMUSA : 299 pp. ISBN: 0-471-86138-3.
- BARBAT, Alex y BOZZO, Luis (2001).** *Diseño sismorresistentes de edificios, técnicas convencionales y avanzadas.* España : REVERTÉ. 84-291-2011-4.
- BAZAN, Enrique y MELI, Roberto (2000).** *Diseño sísmico de edificios.* Mexico, edit. LIMUSA : 308 pp. ISBN: 9789681853495.
- BLONDET, Marcial, Gladys, GARCÍA y BRZEW, SVETLANA (2003).** *Construcciones de adobe resistentes a los terremotos.* Lima : 97 pp.
- CACERES, Gianmarco (2020).** *Comportamiento estructural sísmico estático no lineal de bóvedas de sillar en monumentos históricos: reforzamiento estructural de la iglesia de Santa Marta - Arequipa.* [Para optar el título profesional de Ingeniero civil] : Universidad nacional de san San Agustín -Arequipa.
- CLEMENTE, R, CERVERA, M. y ROCA, P. (2007).** *Análisis estructural de edificios históricos mediante modelos localizados de fisuración.* Barcelona , Centro internacional de métodos numericos en ingeniería : ISBN: 978-84-96736-14-6.
- CUADROS, Emerson (2020).** *Análisis estructural avanzado del Templo de Huaytará-Huancavelica, Perú.* [Master en Ingeniería estructural y de la construcción] : Barcelona Escola Técnica Superiors d'Enginyeria de Camins, Canals I Ports UPC BARCELONA TECH - Barcelona.
- DIAZ VALDIVIEZO, Alejandra (2003).** *Rocas Ornamentales en el Perú.* Lima, INGEMMET : 270 pp.
- ESCOBAR, Bening y RIVERA, Elisban (2021).** *Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020.* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Lima.
- ESQUIVEL, Yhosimil (2009).** *Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco.* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil] : Pontificia universidad católica del Perú- Lima.

**FEBRES, Carlos; RODRIGUEZ, Danna; ACHAHUI, Aris.** Cusco, Patologías mecánicas en elementos líticos de las iglesias patrimoniales en la plaza mayor. 16, Devenir : 8. Lima- 2021.

**FIGUEROA, Carla, JARA, José y PACHECO, Miguel. 2019.** La aproximación de una evaluación analítica a un efecto sísmico real: el caso del templo de Santa Lucía, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. [En línea] Diciembre de 2019. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-249X2019000200037&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-249X2019000200037&script=sci_abstract&tlng=es).

**GARCIA, Luis (1998).** *Dinámica estructural aplicado al diseño sísmico.* Colombia : 585 PP. ISBN: 958-33-0768-8.

**GÓMEZ, Taimi (2016).** Trabajo final en Master. *Análisis de comportamiento estructural; iglesia Arciprestal de Callosa D'en Sarriá. Alicante.* Universidad Politécnica Valencia : España, Trabajo final en Master.

**GONZALEZ, Guillermo (2020).** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del patrimonio cultural Chileno: estudio de iglesias patrimoniales de Valparaíso.* Universidad de Chile : -Chile.

**GRACIELA, María (2002).** *Estructuras sismorresistentes.* Venezuela : 181 pp.

**HERRAÍZ, Miguel (1997).** *Conceptos básicos de sismilogía para ingenieros.* Lima, edit CISMID : 130 pp.

**HUARACHI, Elmer (2021).** *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe en la comunidad Chimpa Jaran – Juliaca 2021.* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Lima.

**IRENZON, Miraya y HUAMAN, Cecilia (2019).** *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria.* Lima, edit San Marcos : ISBN: 978-612-315-582-7.

**KUBIAK, Katarzyna y VEGA, Lidia (2021).** *Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021.* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Lima.

**LOURENCO, Paolo, GRECO, Federica y BARONTINI, Alberto (et al.) (2020).** *Proyecto de Estabilización Sismorresistente-Modelado de edificios tipo.* Los Angeles, 78 pp. ISBN: 9781937433772, Disponible en : [https://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/proyecto\\_de\\_estabilizacion\\_sismorresistente\\_modelado\\_de\\_edificios\\_tipo.pdf](https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/proyecto_de_estabilizacion_sismorresistente_modelado_de_edificios_tipo.pdf).

**LOURENCO, Paulo y PEREIRA, Joao (2020).** *Proyecto de estabilización sismorresistente-Recomendaciones para el modelado avanzado de sitios históricos de tierra.* Los Angeles, 76 pp. ISBN: 9781937433673, Disponible en : [https://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/recomendaciones\\_para\\_el\\_modelado\\_avanzado.pdf](https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/recomendaciones_para_el_modelado_avanzado.pdf).

**LOZANO, Gonzalo (2020).** *Evaluación estructural de construcciones masivas de tierra utilizando modelos numéricos avanzados: el caso de la Huaca de la Luna.* [Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil] : Pontificia Universidad Católica del Perú - Lima.

**MAMANI, Gerber (2020).** *Rehabilitación de la casa de las Serpientes en la ciudad de Moquegua.* [Tesis para optar el título profesional de Arquitecto] : Universidad Nacional del Altiplano - Moquegua.

**MAMANI, Miriam (2021).** *Propuesta metodológica para el análisis y reforzamiento estructural de Monumentos Históricos de adobe del distrito Pachía, ciudad de Tacna, 2021.* [Tesis para titulación de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Lima.

**MANZONI, Elena. 2021.** Vulnerabilidades Sísmicas no estructurales en Centros Históricos: Entre las instancias de seguridad y de conservación. *Bitácora Urbana.* [En línea] 26 de Julio de 2021. <https://www.urbanistasperu.org/2021/07/26/vulnerabilidades-sismicas-no-estructurales-en-centros-historicos-entre-las-instancias-de-seguridad-y-de-conservacion/>.

**MEJIA, Lidia (2019).** *Índices de vulnerabilidad sísmica para edificios conventuales Mexicanos.* [Tesis para obtener el grado de maestría en Ingeniería en el area de estructuras] : Universidad Michoacána de San Nicolás de Hidalgo - Morelia.

**MONZÓN, Lizbeth (2018).** *Riesgo Sísmico en el Centro Histórico de la ciudad de Trujillo – La Libertad.* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Trujillo.

**NOEL, María (2021).** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de iglesias andinas coloniales típicas a partir de análisis límite cinemático y el método N2.* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil] : Pontificia Universidad Católica del Perú - Lima.

**NOEL, y otros.** *Seismic assessment of the church of San Sebastian in Cusco, Perú by means of pushover nonlinear analysis en : structural análisis of historical.* Lima : s.n.

**ÑAUPAS, Humberto, y otros.** *Metodología de la investigación, cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis.* Mexico, Ediciones de la U : ISBN: 978-958-762-877-7.

**OLMOS, Lidia (2019).** *Indices de vulnerabilidad sísmica para edificios conventuales Mexicanos.* [Tesis para obtener el grado de maestría en Ingeniería en Area de Estructuras] : Universidad Michoacána de Sán Nicolás de Hidalgo - Morelia.

**QUISPE, Maycool (2017).** *Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural de la capilla Cristo Pobre de la beneficencia de Puno.* [Tesis, para optar el grado de Ingeniero Civil] : Universidad nacional del Altiplano - Puno.

**ROCHEL, Roberto (2012).** *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Colombia, edit. Universidad EAFIT : ISBN: 978-958-720-117-8.

**SAMPIERE, Roberto, COLLADO, Carlos y BAPTISTA, Pilar (2006).** *Metodología de la investigación*. Mexico, edit Mc Graw Hill : ISBN: 970-10-5753-8.

**SAUTER, Franz (1989).** *Introducción a la sismología*. Costa Rica, edit. Tecnológica de Costa Rica : ISBN: 9977-66-037-9.

**TALAVERA, Hernando, y otros.** *Evaluación del peligro sísmico en Perú*. Lima : s.n.

**TORREALVA, Daniel, y VICENTE, Erika y MICHELIS, Tim (2019).** *Proyecto de Estabilización Sísmo-resistente-Ensayo de materiales y componentes de la construcción de edificios históricos de adobe de Perú*. 83 pp. ISBN: 9781937433659 : s.n.

**TORRES, Arturo (2020).** *Análisis de estabilidad sísmica de muros históricos peruanos en base a tierra*. s.l. : Pontificia Universidad Católica del Perú - Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú.

**VALDERRAMA, Santiago (2002).** *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima, edit San Marcos : ISBN: 978-612-302-878-7.

**VALDEZ, Máximo (2021).** *Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020*. [Tesis para obtener título profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo- Lima.

**VARGAS, Hillary (2018).** *Reparación de grietas en construcciones históricas de tierra en áreas sísmicas*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] : Pontificia Universidad Católica del Perú - Lima.

**VARGAS, Rony (2021).** *Vulnerabilidad sísmica para una propuesta de reforzamiento estructural del templo de San Felipe Caracoto - San Román - Puno, 2021*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil] : Universidad Cesar Vallejo - Lima. Vol. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

**WILSON, Edward (1995).** *Análisis estático y dinámico de estructuras*. EE. UU : s.n.

**ZAMORA, Gema; AGUIRRE, María.** Considerations on the Vulnerability of Architectural Heritage. Case study: the church of El Sagrario, Cuenca, Ecuador. 21:257-293, Ecuador : 2020.

## **IX. ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de consistencia.

**TITULO:** Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTOS		
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	V. Independiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Qué grado de vulnerabilidad sísmica presenta la estructura, con la evaluación estructural mediante el análisis estático no lineal pushover, al templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022?	Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica que presenta la estructura, mediante el análisis estático no lineal pushover al templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.	El grado de vulnerabilidad sísmica, con la evaluación estructural mediante el análisis estático no lineal pushover, al templo Santa María Magdalena, presentan un grado de vulnerabilidad alta.	Evaluación estructural	Elementos finitos y análisis pushover	Factor de zona	Ficha de recolección de datos, software Autocad y DIANA
					Categoría de edificación	
					Sistema estructural	
					Deformación	
					Carga de compresión	
					Espectro de capacidad	
Espectro de demanda						
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	V. Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cuáles serán las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la construcción, del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022?	Determinar las propiedades mecánicas de los materiales utilizados, para el templo Santa María Magdalena	Con los ensayos de laboratorio se conocerá las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes del templo Santa María Magdalena.	Vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento	Compresión axial de adobe	(kg/cm <sup>2</sup> )	Ficha de recolección de datos.
				Compresión axial de rocas	(kg/cm <sup>2</sup> )	
				Granulometría	%finos y % gruesos	
				Límites de Atterberg	LL. LP y IP	
¿Cuál es la vulnerabilidad estructural obtenido, del análisis pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022?	Determinar la vulnerabilidad estructural, mediante el análisis pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.	La evaluación de vulnerabilidad estructural, mediante el análisis pushover no lineal, del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022, presenta un índice de vulnerabilidad alta.	Vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento	Curva Pushover	Factor de carga	Ficha de recolección de datos.
					Desplazamiento	
¿Qué, técnica de reforzamiento será el más adecuado ante la presencia de vulnerabilidad estructural obtenido del análisis pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022?	Proponer refuerzos estructurales apropiados, para mejorar la condición estructural del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.	Al evaluar la propuesta de técnica de reforzamiento estructural, mediante el análisis estático no lineal, se obtendrá una solución viable para la restauración del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022.		Reforzamiento estructural	Deriva Desplazamiento	

## ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables.

**TITULO:** Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA
<b>Independiente:</b> Evaluación estructural	En el análisis no lineal, el vector de fuerza interna suele depender no linealmente de los desplazamientos, debido al comportamiento mecánico no lineal de los materiales. Es calcular un vector de desplazamiento que equilibre las fuerzas internas y externas. se fundamenta en la comparación de los espectros de demanda y los espectros de diseño, en cuya intercepción se puede obtener el punto de desempeño estructural. (LOURENCO y otros, 2020)	El método Pushover consiste en aplicar cargas a un modelo informático de la estructura, en dos fases. La primera fase se aplica el peso propio y en la segunda fase se aplica una aceleración horizontal, proporcional a la distribución de la masa. (Cuadros, 2020)	Elementos finitos y análisis pushover	Factor de zona	Razón	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel de Investigación:</b> Descriptivo. <b>Diseño de Investigación:</b> Cuasi experimental transversal <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Población:</b> Los Templos de la época colonial <b>Muestra:</b> Templo Santa María Magdalena <b>Muestreo:</b> No Probabilístico intencional <b>Técnica:</b> Observación directa. <b>Instrumento de recolección de datos:</b> Fichas de recolección de datos y software (AutoCAD,Excel, DIANA)
				Categoría de edificación		
				Sistema estructural		
				Deformación		
				Carga de compresión		
				Espectro de capacidad		
Espectro de demanda						
<b>Dependiente:</b> Vulnerabilidad sísmica	Se define la vulnerabilidad, el nivel de daño que presenta una edificación ocasionado por fenómenos telúricos de determinadas características, entonces se puede calificar los edificios en más vulnerables o menos vulnerables frente a un evento sísmico (Barbat, y otros, 1995)	Los estudios de vulnerabilidad realizados a edificaciones constituyen herramientas para su rehabilitación, pues permiten conocer su comportamiento ante eventos sísmicos de moderada a gran intensidad y la adopción de medidas para incrementar, de ser necesario, su seguridad estructural (Alonso, 2014)	Propiedades mecánicas del adobe y roca.	Compresión axial de adobe.	Razón	
				Compresión axial de rocas.		
				Granulometría.		
				Límites de Atterberg.		
			Curva pushover	Factor de carga	Ordinal	
				Desplazamiento		
Reforzamiento estructural	Deriva Desplazamiento	Razón				

**ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos.**

**VARIACION DIMENSIONAL**  
**NORMAS N.T.P. 339.613/339.604**

TITULO : Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022  
 ELABORADO : Condori Cacñahuaray, Pedro  
 MUESTRA : Adobe artesanal

FECHA :

UBICACIÓN :  
 REGIÓN : Ayacucho  
 PROVINCIA : Huamanga  
 DISTRITO : Ayacucho  
 LUGAR : Plaza de Magdalena

N°	MUESTRA	LARGO CARA (mm)					ANCHO (mm)					ALTURA (mm)				
		LARGO 01	LARGO 02	LARGO 03	LARGO 04	LARGO PROMED.	ANCHO 01	ANCHO 02	ANCHO 03	ANCHO 04	ANCHO PROMED.	ALTURA (mm)	ALTURA (mm)	ALTURA (mm)	ALTURA (mm)	ALTURA PROMED.
1	M-01															
2	M-02															
3	M-03															
4																
		DIMENSIÓN PROMEDIO (mm):														
		DIMENSIÓN ESPECIFICADA (mm):														
		DIMENSIÓN ESTANDAR (mm):														
		VARIACIÓN DIMENSIONAL (%):														
		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%):														

OBSERVACIONES:

  
 Luis A. Zevallos Llacahuaman  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 222451

  
 RENÁN PUJICO LAINES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 144476

  
 Dante Félix Gallardo Trigos  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 18836  
 CIV N° 0141289VCZROIV

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE ALBANILERIA**  
**NORMAS N.T.P. 339.613/339.604**

TITULO : Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022

ELABORADO : Condori Cacñahuaray, Pedro

UBICACIÓN :

REGIÓN : Ayacucho  
 PROVINCIA : Huamanga  
 DISTRITO : Ayacucho  
 LUGAR : Plaza de Magdalena

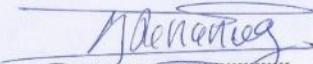
MUESTRA : Adobe artesanal

FECHA :

N°	MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA NETA (cm <sup>2</sup> )	ALTURA (cm)	PESO (kg)	ANCHO (mm)	DENSIDAD APARENTE (tn/m <sup>3</sup> )	LECTURA DIGITAL (KN)	LECTURA DIGITAL (kg)	RESISTENCIA fb (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROM. fb (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA CARACT. Fb (kg/cm <sup>2</sup> )	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
1	M-01														
2	M-02														
3	M-03														
4															

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

  
 Luis A. Zavallos Llactahuaman  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 222451

  
 RENÁN PUJAICO LAINES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 144476

  
 Dante Félix Gallardo Trigos  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 19833  
 CIV N° 0°41289VC2RXIV

**PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL METODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)**

**TITULO :** Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022

**ELABORADO :** Condori Cacñahuaray, Pedro

**UBICACIÓN :**

**MUESTRA :** Adobe artesanal

**REGIÓN :** Ayacucho

**PROVINCIA :** Huamanga

**FECHA :**

**DISTRITO :** Ayacucho

**LUGAR :** Plaza de Magdalena

PRUEBA N°		TABLA DE VALORACION	
IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA		MARTILLO SCHMIDT	
LOCALIZACION DE LA PRUEBA			
SUPERFICIE			
FECHA			
TIPO DE MARTILLO SCHMIDT			
MODELO/SERIE			
N°	VALOR DE REBOTE		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
PROMEDIO			
ANGULO DE IMPACTO			
DENSIDAD DE LA ROCA			
CORRELACION $f'c$			
CORRELACION $F'c$			

Luis A. Zevaillos Lactahyaman  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 222451

RENÁN PUJAICO LAINÉS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 144476

Dante Félix Galindo Trigos  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 188836  
 CIV N° 0141288VCZRXIV

**ANEXO 4.- Certificado de validación de instrumentos.**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Galindo Trigos, Dante Félix  
 N° de registro CIP : 158836  
 Especialidad : ING. CIVIL

Autor del instrumento: Br. Condori Caciahuaray, Pedro.  
 Instrumento de evaluación : Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022.

**II. ASPECTOS DE VALIDACION**

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA(4) EXCELENTE (5)

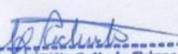
CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los items están redactados con lenguajes apropiado y libre de ambigüedades, acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los items del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: evaluación estructural, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: evaluación estructural.					X
ORGANIZACIÓN	Los items del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los items del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los items del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los items del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los items del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: evaluación estructural.					X
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los items concuerda con la escala valorativa del instrumentos.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>50</b>

(Nota : Tener en cuenta que el instrumento es válido, cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido, ni aplicable.)

III. OPINION DE APLICABILIDAD: \_\_\_\_\_

PROMEDIO DE VALORACION 5

Ayacucho, 28 de febrero del 2022.

  
 Dante Félix Galindo Trigos  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 158836  
 CIV N° 0141288VCZ2R0IV

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : PUJAICO LAINES, RENAN  
 N° de registro CIP : 144476  
 Especialidad : ING. CIVIL

Autor del instrumento: Br. Condori Cachañuaray, Pedro.  
 Instrumento de evaluación : Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022.

II. ASPECTOS DE VALIDACION

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA(4) EXCELENTE (5)

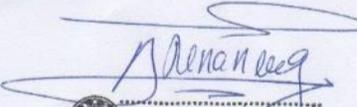
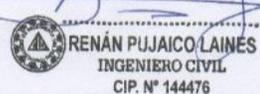
CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguajes apropiado y libre de ambigüedades, acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: evaluación estructural, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: evaluación estructural.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: evaluación estructural.					X
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumentos.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota : Tener en cuenta que el instrumento es válido, cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido, ni aplicable.)

III. OPINION DE APLICABILIDAD: \_\_\_\_\_

PROMEDIO DE VALORACION 5

Ayacucho, .....<sup>28</sup> de febrero del 2022.

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : ZEVALLOS UACTAHUAMAN, LUIS ANDY  
 N° de registro CIP : N° 222451  
 Especialidad : ING. CIVIL

Autor del instrumento: Br. Condori Caciahuaray, Pedro.  
 Instrumento de evaluación : Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022.

II. ASPECTOS DE VALIDACION

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA(4) EXCELENTE (5)

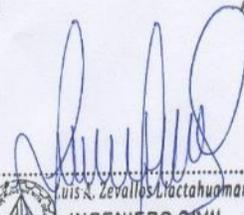
CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguajes apropiado y libre de ambigüedades, acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: evaluación estructural, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: evaluación estructural.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: evaluación estructural.					X
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumentos.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota : Tener en cuenta que el instrumento es válido, cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido, ni aplicable.)

III. OPINION DE APLICABILIDAD: \_\_\_\_\_

PROMEDIO DE VALORACION 5

Ayacucho, 28 de febrero del 2022.

  
 .....  
 Luis Zevallos Uactahuaman  
**INGENIERO CIVIL**  
 C.I.P. N° 222451

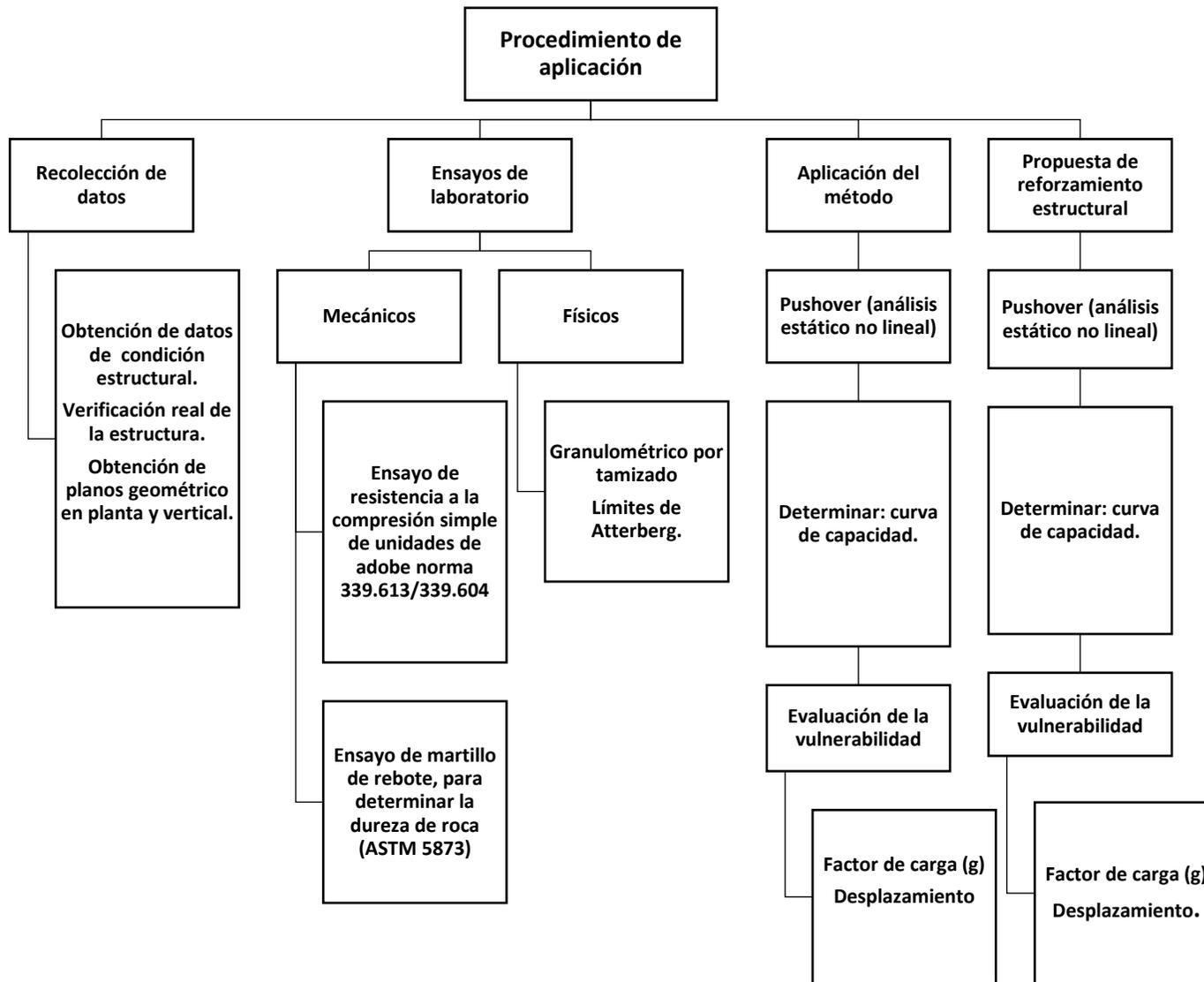
**ANEXO 5. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes**

ARTICULOS CIENTIFICOS	AUTOR	TITULO	AÑO	MÉTODOS EMPLEADOS	PUSHOVER SIN REFUERZO								PUSHOVER CON REFUERZO					
					SENTIDO X				SENTIDO Y				SENTIDO X		SENTIDO Y			
					CORTANTE BASAL	ESFUERZO	DESPLAZ. MAX.		CORTANTE BASAL	ESFUERZO	DESPLAZ. MAX.		CORTANTE BASAL	ESFUERZO	CORTANTE BASAL	ESFUERZO	DESPLAZ. MAX.	
								Sa	Sd				Sa	Sd				
TESIS INTERNACIONAL	EMERSON JULIO CUADROS ROJAS	ANÁLISIS ESTRUCTURAL AVANZADO DEL TEMPLO DE HUAYTARÁ-HUANCAVELICA, PERÚ	2020	PUSHOVER	x= 0.091 g -x= 0.1 g		x= 6.67 mm. -x= 8.7 mm.			y= 0.092 g -y=0.095 g		y= 3.34 mm. -y=3.6 mm.						
TESIS NACIONALES	MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIONA	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE MONUMENTOS HISTÓRICOS MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES - IGLESIA SAN CRISTÓBAL, AYACUCHO 2020	2021	PUSHOVER		(-) 6.81 kg/cm2 1.42 kg/cm2	0.04 m.			0.91 kg/cm2 1.42 kg/cm2	0.05 m.			0.04 m.	(-) 4.85 kg/cm2 1.21 kg/cm2	(-) 4.25 kg/cm2 1.03 kg/cm2	0.024 m.	
	GIANMARCO PERCY CACERES VILCA	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL SÍSMICO ESTÁTICO NO LINEAL DE BÓVEDAS DE SILLAR EN MONUMENTOS HISTÓRICOS: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA DE SANTA MARTA - AREQUIPA	2020	PUSHOVER	0.84 g			4.74 m/s2 4.74 mm	0.8 g				3.07 m/s2 4.48 mm					
ARTICULOS CIENTIFICOS	PAULO B. LOURENÇO Y JOÃO M. PEREIRA	PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN SISMORRESISTENTE MODELADO DE EDIFICIOS TIPO	2020	PUSHOVER	(-)x= 0.39 g				(-)x= 0.25 g				(-)x= 0.45 g		(-)x= 0.45 g			
	PAULO B. LOURENÇO Y JOÃO M. PEREIRA	PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN SISMORRESISTENTE RECOMENDACIONES PARA EL MODELADO AVANZADO DE SITIOS HISTÓRICOS DE TIERRA	2020	PUSHOVER	x= 0.28 g (-)x= 0.34 g		0.0375 m.		y= 0.22 g (-)y= 0.25 g		0.075 m.		x= 0.61 g. (-)x= 0.69 g		y= 0.34 g (-)y= 0.36 g			

ARTICULOS EN OTROS IDIOMAS	NOEL MARIA, MOREIRA SUSANA, ET AL.	SEISMIC ASSESSMENT OF THE CHURCH OF SAN SEBASTIAN IN CUSCO, PERU BY MEANS OF PUSHOVER NON LINEAR ANALYSIS EN : STRUCTURAL ANÁLISIS OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS	2020	PUSHOVER	x= 0.30 g -x= 0.1 g						y= 0.19 g -y=0.19 g							
----------------------------	------------------------------------	--	------	----------	------------------------	--	--	--	--	--	------------------------	--	--	--	--	--	--	--

AUTOR	TITULO	AÑO	ENSAYOS DE LABORATORIO					
			ESCLEROMETRIA ROCA	COMPRESIÓN AXIAL ADOBE	GRANOLUMETRIA	ATTERBERG		
					ADOBE MORTERO	LL	LP	IP
EMERSON JULIO CUADROS ROJAS	ANÁLISIS ESTRUCTURAL AVANZADO DEL TEMPLO DE HUAYTARÁ-HUANCAVELICA, PERÚ	2020		5.71 kg/cm2				
KUBIAK KATARZYNA MONIKA Y VEGA JAIME LIDIA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021	2021	306 kg/cm2	5.11 kg/cm2				
PAULO B. LOURENÇO Y JOÃO M. PEREIRA	PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN SISMORRESISTENTE MODELADO DE EDIFICIOS TIPO	2020		5.1 kg/cm2				
TORREALVA DANIEL, VICENTE ERIKA Y MICHIELS TIM	PROYECTO DE ESTABILIZACION SISMORRESISTENTE: ENSAYO DE MATERIALES Y COMPONENTES DE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS HISTORICOS DE ADOBE DEL PERU	2019			finos: 60-70% gruesos: 30-40%	Kuñotambo: 0.3 Catedral Ica: 0.26 El comercio: 0.32	0.19 0.19 0.2	0.11 0.07 0.12

## ANEXO 6. Procedimientos



**ANEXO 7. Informe de Laboratorio de ensayos.**

  
**SOILTESTPERÚ**  
<https://www.soiltestperu.net/>



## **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS MATERIALES ADOBE Y MORTERO**

**DEL PROYECTO:**  
"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"



<b>Región</b>	<b>: AYACUCHO</b>
<b>Provincia</b>	<b>: HUAMANGA</b>
<b>Distrito</b>	<b>: AYACUCHO</b>
<b>Lugar</b>	<b>: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA</b>

**SOLICITANTE:**  
**BACH. CONDORI CACNAHUARAY, PEDRO**

**MAYO 2022**

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 297451



**ANEXO I:  
REGISTROS DE LABORATORIO**





SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Solicitante : BACH. CONDORI CACNAHUARAY, PEDRO

Muestra : MATERIAL DE ADOBE  
Lugar : TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

Región : AYACUCHO  
Provincia : HUAMANGA  
Distrito : AYACUCHO  
Fecha : MAYO 2022



**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS  
(ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)**

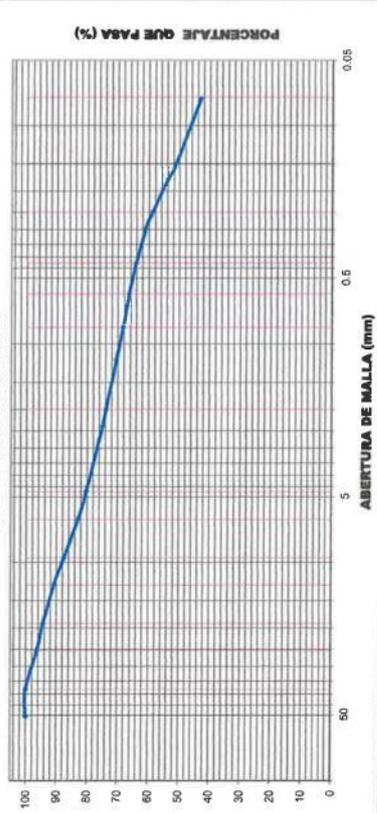
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.000	100.00
1"	25.400	54.80	3.61	3.608	96.39
3/4"	19.050	30.30	1.99	5.603	94.40
1/2"	12.700	53.60	3.53	9.132	90.87
3/8"	9.525	51.00	3.36	12.490	87.51
1/4"	6.350	70.00	4.61	17.099	82.90
Nº 4	4.750	40.20	2.65	19.746	80.25
Nº 8	2.380	80.60	5.31	25.053	74.95
Nº 10	2.000	16.90	1.11	26.165	73.83
Nº 16	1.190	51.80	3.41	29.576	70.42
Nº 20	0.840	31.80	2.09	31.670	68.33
Nº 30	0.590	29.40	1.94	33.605	66.39
Nº 40	0.426	35.80	2.36	35.963	64.04
Nº 50	0.297	46.30	3.05	39.011	60.99
Nº 60	0.250	32.90	2.17	41.177	58.82
Nº 80	0.177	74.90	4.93	46.109	53.89
Nº 100	0.148	42.90	2.82	48.933	51.07
Nº 200	0.075	123.10	8.11	57.038	42.96
FONDO LAVADO		652.50	42.96	100.000	0.00
TOTAL		1518.80			

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	1518.80	% Grava	19.75
Peso seco lavado (gr)	866.30	% Arena	37.29
Pérdida por lavado (gr)	652.50	% Fines	42.96

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.017	D30 (mm)	0.052	D60 (mm)	0.276
D15 (mm)	0.026	D50 (mm)	0.139	D85 (mm)	7.796
Cu = 15.78		Cc = 0.57			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	A-4 (0)
SUCS	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



## SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

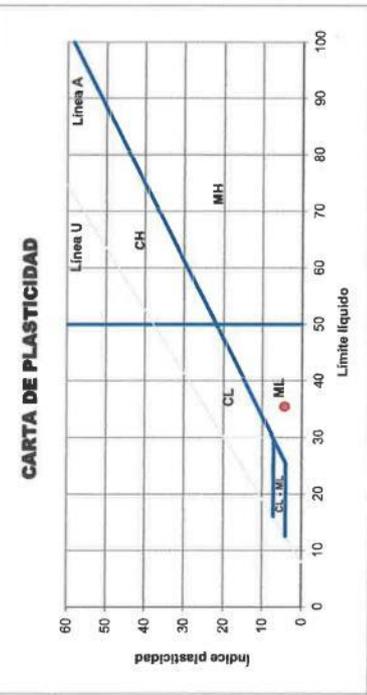
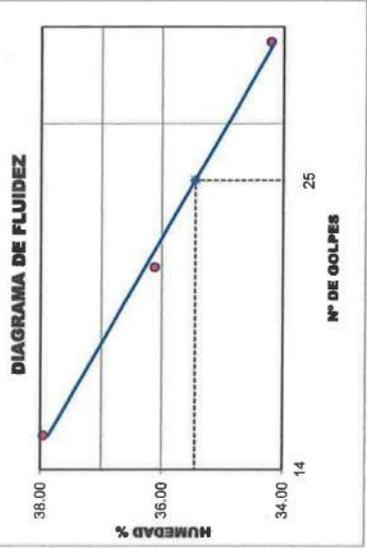
**SOILTESTPERÚ**

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Solicitante : BACH. CONDORI CACNAHUARAY, PEDRO  
 Muestra : MATERIAL DE ADOBE  
 Lugar : TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA  
 Region : AYACUCHO  
 Provincia : HUAMANGA  
 Distrito : AYACUCHO  
 Fecha : MAYO 2022



recipiente	LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
	Unidades	110	111	112	126	127	LL (%) =	LP (%) =
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	39.69	42.62	42.87	23.54	27.52	35.45	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	34.76	36.91	37.85	22.99	25.54		31.09
Peso del Recipiente	gr	21.77	21.09	21.17	1.82	6.24		
Peso del Suelo Seco	gr	12.99	15.82	14.69	0.55	1.98		
Peso del Agua	gr	4.93	5.71	5.02	30.45	31.73		
Contenido de Humedad	%	37.95	36.12	34.21				
Número de Golpes		15	21	33				





SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

Proyecto

"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Solicitante

: BACH. CONDORI CACAHUARAY, PEDRO

Muestra

: MATERIAL DE MORTERO

Lugar

: TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA

Region : AYACUCHO

Provincia : HUANANCA

Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO 2022



**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS  
(ASTM DE 422.D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)**

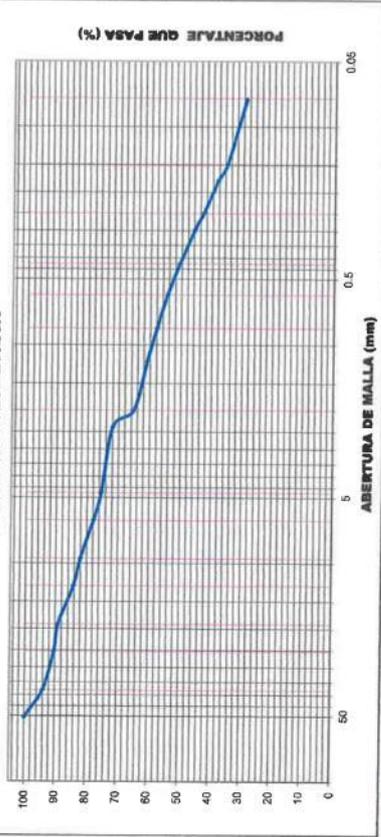
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	70.90	6.01	6.011	93.99
1"	25.400	43.10	3.65	9.664	90.34
3/4"	19.050	14.60	1.24	10.902	89.10
1/2"	12.700	57.80	4.90	15.802	84.20
3/8"	9.525	25.80	2.19	17.999	82.01
1/4"	6.350	49.60	4.20	22.194	77.81
Nº 4	4.750	28.60	2.42	24.619	75.38
Nº 8	2.360	41.40	3.51	28.128	71.87
Nº 10	2.000	79.90	6.77	34.902	65.10
Nº 15	1.190	50.00	4.24	39.140	60.86
Nº 20	0.840	36.40	3.09	42.226	57.77
Nº 30	0.590	36.90	3.30	45.524	54.48
Nº 40	0.426	45.90	3.89	49.415	50.58
Nº 50	0.297	57.40	4.87	54.281	45.72
Nº 60	0.250	32.40	2.75	57.028	42.97
Nº 80	0.177	55.40	4.70	61.724	38.28
Nº 100	0.149	34.50	2.92	64.649	35.35
Nº 200	0.075	72.90	6.18	70.829	29.17
FONDO LAVADO		344.10	28.17	100.000	0.00
TOTAL		1179.60			

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.026	D30 (mm)	0.085	D60 (mm)	1.093
D15 (mm)	0.039	D50 (mm)	0.410	D85 (mm)	13.739
Cu = 42.49		Cc = 0.26			

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	1179.60	% Grava	24.62
Peso seco lavado (gr)	835.50	% Arena	46.21
Pérdida por lavado (gr)	344.10	% Finos	29.17

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	(0)
A-2-4	SC
ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	



## SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

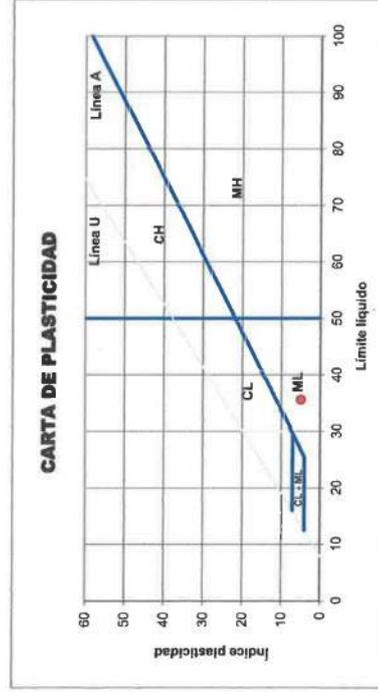
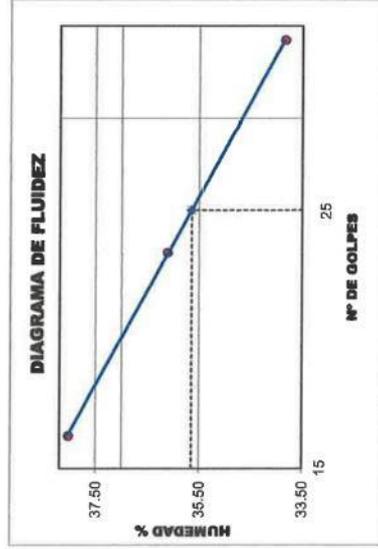
Proyecto: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEBIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"



Solicitante: BACH. CONDORI CACNAHUARAY, PEDRO  
 Muestra: MATERIAL DE MORTERO  
 Lugar: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

Region: AYACUCHO  
 Provincia: HUAMANGA  
 Distrito: AYACUCHO  
 Fecha: MAYO 2022

recipiente	LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
	Unidades	100	101		102	LL (%) =	LP (%) =
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	40.65	39.84	41.05	55	56	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	35.26	35.07	35.69	25.41	26.47	
Peso del Recipiente	gr	21.09	21.85	19.85	24.01	25.56	
Peso del Suelo Seco	gr	14.17	13.22	15.84	19.54	22.54	
Peso del Agua	gr	5.39	4.77	5.36	4.47	3.02	
Contenido de Humedad	%	38.03	36.12	33.84	1.40	0.91	
Número de Golpes		16	23	35	31.25	30.08	
							LL - LP = IP (%) = 4.99
							LIGERAMENTE PLÁSTICO





## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

### DEL PROYECTO:

"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"



Región : AYACUCHO  
Provincia : HUAMANGA  
Distrito : AYACUCHO

SOLICITANTE:  
BACH. CONDORI  
CACÑAHUARAY, PEDRO

MAYO - 2022

  
SOILTEST PERÚ S.R.L.  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 297451

**ENSAYOS DE  
LABORATORIO**



**ENSAYO**

**VARIACION DIMENSIONAL (NORMAS N.T.P. 339.613/339.604)**

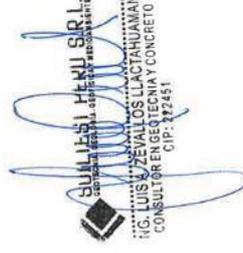
Proyecto : Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022  
 Registro N°: 1  
 Solicitante : Bach. Condoni Cachahuariay  
 Ensayado por : Eduardo Urbina  
 Material : Roca  
 Fecha de Ensayo: 02/05/2022  
 Turno: Diurno

**DATOS DE LABORATORIO DEL ADOBE**

Muestra	LARGO (cm)						ANCHO (cm)						ALTURA (cm)			PROMEDIO				
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	ANCHO	LARGO
P-01	10.10	10.20	10.10	10.20	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.20	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.13
P-02	10.05	9.80	10.05	9.80	10.05	9.70	9.70	10.15	9.70	10.15	10.15	10.00	10.10	10.30	10.30	10.30	10.30	9.93	9.93	10.15
P-03	9.90	10.15	9.90	10.15	10.15	10.40	10.40	10.70	10.40	10.70	10.70	10.70	10.45	10.35	10.80	10.80	10.80	10.55	10.55	10.58
P-04	9.55	10.75	9.55	10.75	10.75	10.40	10.40	10.35	10.40	10.35	10.60	10.60	10.85	10.90	10.50	10.50	10.15	10.15	10.38	10.71
P-05	9.95	10.25	9.95	10.25	10.10	9.75	10.10	9.75	10.10	9.75	10.35	10.35	10.50	10.20	10.65	10.10	10.10	9.93	10.40	10.43
P-06	9.70	9.95	9.70	9.95	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.35	10.50	10.20	10.70	9.83	10.40	10.40	10.03	10.21
DIMENSION PROMEDIO (cm)																				
DESVIACION ESTANDAR																				
DESVIACION ESTANDAR																				
VARIACION DIMENSIONAL (%)																				
COEFICIENTE DE VARIACION (%)																				
10.00																				
0.13																				
0.23																				
0.29																				
2.13																				
4.04																				
1.31																				
2.60																				
2.23																				

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOIL TEST PERU S.R.L.



**SOIL TEST PERU S.R.L.**

DIRECCION: ASCC, COUADONGA 10771 N°4 - Huancayo - Ayacucho, CBI: 99986604, TEL: 085-280003, EMAIL: rmy.zervabadi@gmail.com



**ENSAYO**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE UNIDADES DE ALBANILERÍA (NORMA N.T.P. 399.613 / 339.604)**

Proyecto : "Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022"

Solicitante : Bach. Condori Cacahuatary

Material : Roca

Registro N°: 2

Ensayado por : Eduardo Urbina

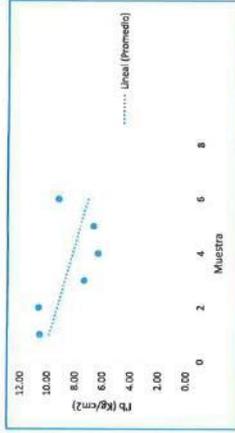
Fecha de Ensayo: 02/05/2022

Turno: Diurno

**DATOS PROCESADOS**

Muestra	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA cm <sup>2</sup>	ALTURA(cm)	PESO(kg)	Pu (kg)	Fb (kg/cm <sup>2</sup> )
P-01	10.10	10.15	102.52	10.13	1.64	1080.00	10.54
P-02	9.93	9.98	98.51	10.15	1.48	1050.00	10.66
P-03	10.55	10.03	105.76	10.58	1.59	780.00	7.37
P-04	10.38	10.15	105.31	10.71	1.63	670.00	6.36
P-05	9.93	10.10	100.24	10.43	1.47	670.00	6.68
P-06	10.40	9.83	102.18	10.44	1.49	940.00	9.20

Promedio Total	8.47
desviación estándar	1.92
Fb	7.51
Cv: coeficiente variación %	11.33



**OBSERVACIONES:**

- Con estos datos se llega a la conclusión de que la resistencia promedio de los adobes es de 8.47 Kg/cm<sup>2</sup>, con una tendencia a variar por debajo o por encima de dicho paso en 1.92 Kg/cm<sup>2</sup>.

Esta información le permite a quienes toman decisiones en el estudio, determinar cuánto es el promedio de resistencia y le da las bases para tomar los correctivos necesarios en el proceso de construcción.

**SOILTEST PERÚ S.R.L.**

DIRECCIÓN: ABCD, COVADONGA, IZT' T' N°4 - Huancayo - Ayacucho. CEL: 999600811. TEL: 061-261663. Email: andrzejwaliboss@gmail.com



**PANEL FOTOGRAFICO**



SOILTESTPERU

## PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N°01.-  
Fotografía  
correspondiente a las  
muestras de adobe que se  
someterán a la prueba.

  
SOILTESTPERU S.N.L.  
SECCION: GEOTECNIA Y CONCRETO  
ING. LUIS A. ZEVALLOS EL ACHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 292451



SOILTESTPERU



Fotografía N°02.- Muestra número 1 sometido a prueba de resistencia a la compresión.

  
SOLIEDI PERU S.R.L.  
Ingeniería, Geotecnia, Geofísica y Medio Ambiente  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 297451



SOILTESTPERÚ



Fotografía N° 03.-  
Muestra número 2  
sometido a prueba  
de resistencia a la  
compresión.

  
SOILTESTPERÚ S.R.L.  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 287251



SOILTESTPERÚ



Fotografía N°04.- Muestra número 6 sometido a prueba de resistencia a la compresión.

  
SOILTEST PERÚ S.R.L.  
SERVICIOS TÉCNICOS DE INGENIERÍA Y AMBIENTE  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 287851



SOILTESTPERU

Fotografía N°05.- Muestra número 5 sometido a prueba de resistencia a la compresión.



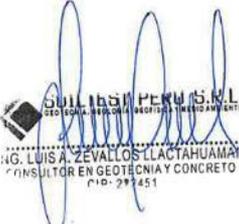
  
SOILTEST PERU S.R.L.  
Geotecnia - Geología - Topografía - Hidrología - Hidráulica  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 299261



SOILTESTPERÚ

Fotografía N°06.- Muestra número 3 sometido a prueba de resistencia a la compresión.



  
SOILTEST PERÚ S.R.L.  
GEOTECNIA, MEDICIÓN Y MONITOREO AMBIENTE  
ING. LUISA ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
N° 0-997451



SOILTEST PERU

Fotografía N° 07.- Muestra número 4 sometido a prueba de resistencia a la compresión.



  
SOILTEST PERU S.R.L.  
ING. LUIS A. ZEVALLOS ZLACTAHUAMARA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
N° 10-281461



## ENSAYOS DE REBOTE CON MARTILLOS SCHMIDT PARA LA DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA EN ROCAS

DEL PROYECTO:

"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"



Región : AYACUCHO  
Provincia : HUAMANGA  
Distrito : AYACUCHO

SOLICITANTE:  
BACH. CONDORI  
CACÑAHUARAY, PEDRO

MAYO - 2022

SOILTEST PERÚ S.R.L.  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
ING. LUIS AL ZEVALLLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 282451

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>2</b>
2.1	OBJETIVOS.....	2
2.2	IMPORTANCIA.....	2
2.3	RESEÑA HISTÓRICA.....	2
2.4	DESCRIPCIÓN.....	2
2.5	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	3
2.6	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENSAYO.....	4
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>6</b>
3.1	REFERENCIAS NORMATIVAS.....	6
3.2	ESPÉCIMEN DEL ENSAYO.....	6
3.3	CONVERSIÓN DE RESULTADOS RESPECTO AL TIPO DE MARTILLO UTILIZADO.....	6
3.4	DATOS EXPERIMENTALES.....	8
3.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	8
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>10</b>

  
DULCES PERU S.R.L.  
GEOTECNIA, GEOTEXILS, GEOPUNTOS Y MEDIO AMBIENTE  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 227451

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe está basado en la ejecución de uno de los ensayos no destructivos realizados a la roca en el proyecto “Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022”, para evaluar la resistencia a compresión. Para estimar esta resistencia, el martillo de Schmidt o Esclerómetro se ha modificado convenientemente dando lugar a varios modelos.

El uso de este ensayo es muy frecuente dada la manejabilidad del aparato, pudiendo aplicarse sobre la zona a ensayar midiendo su resistencia al rebote.

Para utilizar este método de ensayo para estimar la resistencia, es necesario establecer una relación entre la fuerza y el número de rebote para una tipo de roca y un aparato dado (esclerómetro).

La medida del rebote se correlaciona con la resistencia a compresión mediante un gráfico debido a Miller (1965) que contempla la densidad del elemento y la orientación del martillo respecto del plano ensayado.

Es importante recalcar que el comportamiento sísmico y estructural de las edificaciones dependerá en su mayoría de la calidad de materiales empleados y el procedimiento constructivo adecuado.



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO

## 2 GENERALIDADES

### 2.1 Objetivos.

- Obtener una estimación de la resistencia a compresión de la roca con los datos seleccionados y proporcionados por el instrumento en los elementos estructurales de la edificación.
- Verificar la obtención de los datos según el manual de operación del instrumento.

### 2.2 Importancia.

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de países.

### 2.3 Reseña histórica.

El esclerómetro fue diseñado por el Ing. suizo Ernst Schmidt en 1948, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

### 2.4 Descripción.

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente en los siguientes campos:

- Evaluar la uniformidad del concreto y/o roca en una construcción.
- Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras d rocas.
- Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras.



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
SECTOR: INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y MEDIOAMBIENTE  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAJÁN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 29745 1

- Determinar niveles de calidad resistente, cuando no se cuente con información al respecto.
- Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

### 2.5 Principios de funcionamiento.

El martillo de Schmidt es un dispositivo mecánico usado para realizar ensayos no destructivos en materiales como el concreto o roca.

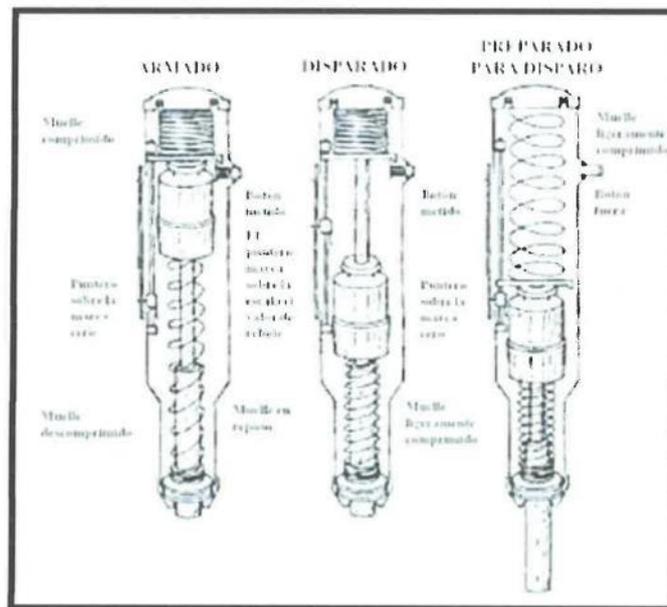


Figura N°1. Principios de funcionamiento del martillo.

La posición del aparato, al depender el índice de la magnitud del rebote de la masa, el valor se verá afectado por la posición del aparato debido a la gravedad que actuará de manera favorable o desfavorable.



**SOIL TEST PERU S.R.L.**  
ING. LUIS AL ZEVALLLOS LLACTAHUACAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
D.P.: 292451

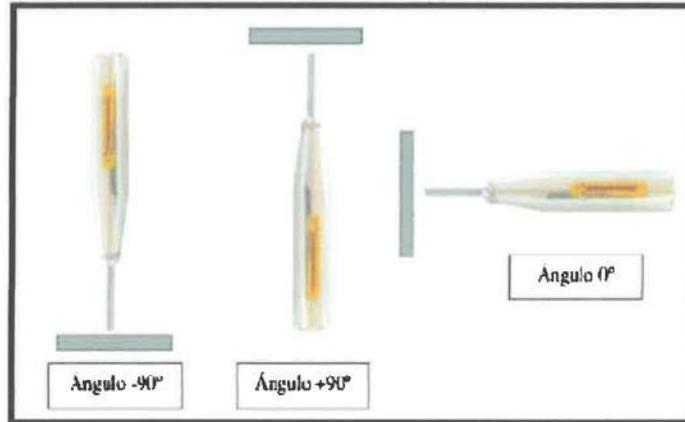


Figura N°2. Posiciones del esclerómetro para su uso.

## 2.6 Factores que influyen en el ensayo.

Además de los factores intrínsecos, los resultados de los ensayos reciben la influencia de los siguientes parámetros:

- Textura superficial de la roca.
- Medida, forma y rigidez del elemento estructural.
- Edad de la roca.
- Condiciones de humedad interna.
- Tipo de encofrado.
- Grado de carbonatación de la superficie.
- Acabado.
- Temperatura superficial de la roca y la temperatura del instrumento.

  
SOILTEST PERU S.R.L.  
ING. LUISA ZEVALLOS LLAOTAHUAMAN  
CONSULTORA EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 277451

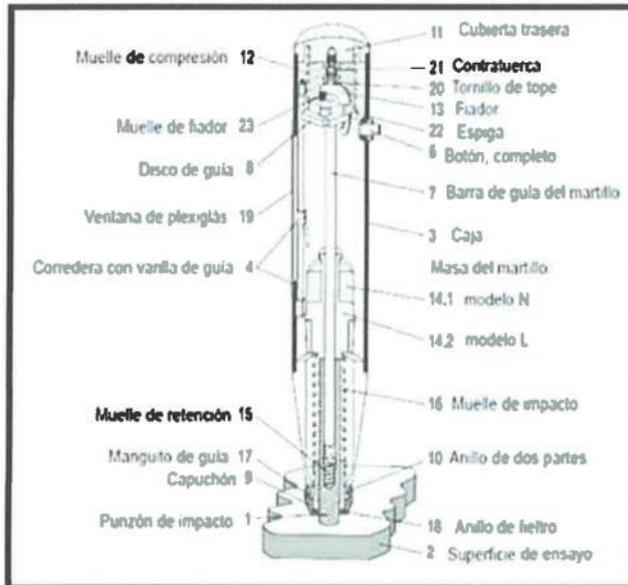


Figura N°3. Sección longitudinal a través del martillo mostrando sus componentes.


  
**SOILTEST PERU S.R.L.**
  
 LABORATORIO DE MECANICA DE BUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
   
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUANI
   
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
   
 CIP: 097451

### 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 Referencias normativas.

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

- ASTM C 805, método de prueba estándar para número de rebote en hormigón endurecido.
- ASTM C 670, *Practice for preparing precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials*
- ASTM C 42, *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*
- ASTM E 18, *Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials Resistencia a la Compresion.*

#### 3.2 Espécimen del ensayo.

Los miembros de concreto a probar deben ser de por lo menos 100 milímetros [4 pulg.] de grosor y fijos dentro de la estructura. Especímenes más pequeños deben ser apoyados rígidamente, se deben evitar las áreas que exhiben vacíos entre el agregado grueso, rugosidades o alta porosidad, de ser posible, las losas estructurales de apoyo para la prueba deben evitar tener superficies con acabados. El área debe ser por lo menos de 150 mm [6 pulg.] de diámetro.

Según la Norma NTP 339.181, el uso de este método de ensayo para estimar la resistencia de la roca requiere del establecimiento de una correlación entre el esfuerzo y el número de rebote, que es proporcionada por los fabricantes de los instrumentos.

#### 3.3 Conversión de resultados respecto al tipo de martillo utilizado.

En este ensayo es necesario diferenciar al menos dos tipos de instrumentos estándares, comerciales y disponibles: el martillo de rebote Schmidt de concreto



**SOIL TEST PERU S.R.L.**  
ING. LUIS K. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.I.P. 297451

(Tipo N) y el martillo de rebote Schmidt de rocas (Tipo L). Éstos se diferencian según la energía de impacto disponible. Si se usa el martillo de rebote Schmidt Tipo N se tiene disponible una energía de impacto es de 2,207 N m y se designa su respuesta con  $R_N$ . Para rocas se prefiere el empleo del martillo de rebote Schmidt Tipo L debido a que no daña la roca durante el ensayo porque tiene una energía de impacto de 0,735 N m, tres veces menos energía que el Tipo N. Se designa la respuesta con  $R_L$ . Las diferencias entre las lecturas  $R_L$  y  $R_N$  para un mismo material rocoso fueron observadas por varios autores. Debido a que, en obra, la disponibilidad del martillo Schmidt Tipo N es mayor a la del martillo Tipo L, se propusieron correlaciones entre los valores  $R_N$  y  $R_L$  que dan valores esperados con un 95 % de probabilidad.

Para el método de Poole & Farmer se proponen las siguientes relaciones (Ecuación para la posición horizontal), siendo e el error estándar que se comete al estimar cualquier valor.

$$R_L = 1,180 + 0,717R_N; e_{\sigma} = 3,3$$



**SOIL TEST PERU S.R.L.**  
MAGDALENA, AYACUCHO - 2022  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LEACTAHUASI  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 291451

### 3.4 Datos experimentales.

- Datos tomados en campo:

**CUADRO N° 01: DATOS TOMADOS IN SITU.**

IDENTIFICACIÓN	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ANGULO DE IMPACTO	NÚMERO DE REBOTE (N)										PROMEDIO DEFINITIVO
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P-01	Pilar	0°	33	38	39	37	33	49	31	35	39	40	36
P-02	Pilar	0°	42	40	44	31	35	22	28	29	30	33	35
P-03	Pilar	0°	28	25	34	29	32	38	30	35	33	36	33
P-04	Pilar	0°	32	29	35	32	35	34	33	24	35	36	33

### 3.5 Análisis de resultados.

- Resultados del ensayo.

**CUADRO N° 02: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS PILARES.**

IDENTIFICACIÓN	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ANGULO DE IMPACTO	PROMEDIO DEFINITIVO (RN)	CONVERSIÓN A RL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F <sub>c</sub> )(kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DEFINITIVO
P-01	Pilar	0°	36	27	306	301
P-02	Pilar	0°	35	26	296	
P-03	Pilar	0°	33	25	286	286
P-04	Pilar	0°	33	25	286	



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
ING. LUIS ALZEVALLOS LLACAHUANA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 280451

## 4 CONCLUSIONES

- a. El presente estudio se verificó para el Proyecto: "Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022", específicamente para la localidad del templo Santa María Magdalena, correspondiendo al material de roca, que cumplan con los requerimientos mínimos de calidad.
- b. De los resultados de resistencia a la comprensión:
  - Podemos observar que las resistencias estimadas en los elementos estructurales son adecuadas para el valor requerido en el proyecto.
- c. Estas características y resultados permitirán a los ingenieros encargados poder tomar decisiones adecuadas respecto a los elementos estructurales analizados, como detectar zona con baja resistencia durante la construcción.



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 217541

## 5 RECOMENDACIONES

- a. Se debe tomar en cuenta el estado en que se encuentra los elementos estructurales a ensayar, por lo que se recomienda realizar una inspección y determinar el área a intervenir adecuado para el ensayo y así obtener un error relativo mínimo.
- b. En la realización del ensayo se recomienda el uso de materiales e instrumentos como: la piedra abrasiva, que sirve para pulir o refrentar las caras de los elementos estructurales.
- c. Generalmente el esclerómetro reporta valores mayores a los reales.
- d. El ensayo de Esclerometría es una medición superficial por lo tanto no indica lo que ocurre en la masa interior del material

Ayacucho, 06 de mayo 2022.



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 287961

**ENSAYO DE  
REBOTE DE  
MARTILLO DE  
SCHMIDT**



**ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA**

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA NÚMERO DE REBOTE EN HORMIGÓN ENDURECIDO (ASTM C 805)**

Proyecto : "Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho – 2022"  
 Registro N°: 001  
 Ensayado por : Eduardo Urbina  
 Fecha de Ensayo: 02/05/2022  
 Turno: Diurno

IDENTIFICACIÓN	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ÁNGULO DE IMPACTO	NÚMERO DE REBOTE (N)										PROMEDIO DEFINITIVO
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P-01	Pilar	0°	33	38	39	37	33	49	31	35	39	40	36
P-02	Pilar	0°	42	40	44	31	35	22	28	29	30	33	35
P-03	Pilar	0°	28	25	34	29	32	38	30	35	33	36	33
P-04	Pilar	0°	32	29	35	32	33	34	33	24	35	36	33

IDENTIFICACIÓN	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ÁNGULO DE IMPACTO	PROMEDIO DEFINITIVO (RN)	CONVERSIÓN A RL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) (kg/cm2)	PROMEDIO DEFINITIVO
P-01	Pilar	0°	36	27	305	301
P-02	Pilar	0°	35	26	296	
P-03	Pilar	0°	33	25	286	
P-04	Pilar	0°	33	25	286	286



**OBSERVACIONES:**  
 • Muestra provista e identificada por el solicitante  
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOIL TEST PERU S.R.L.

**SOIL TEST PERU S.R.L.**

DIRECCION: ASOC. COVADONGA MZ "T" LT "A" - Huamanga - Ayacucho, CEL. 99600994, TEL. 066-780661, EMAIL: andyzevallos55@gmail.com



SOILTESTPERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

<b>PARTE DE LA EXPLORACION</b>	<b>PROYECTO</b>	"Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022"
	<b>LOCALIZACION</b>	Templo Santa María Magdalena, Huamanga - Ayacucho
	<b>FECHA DE REALIZACION</b>	Mayo del 2022
	<b>MUESTRA</b>	ROCA: BRECHA VOLCÁNICA O CHECCO
	<b>SOLICITANTE</b>	Bach. Condori Cacrahunay
<b>PRUEBA N°</b>	1	<b>TABLA DE CONVERSION PARA VALORIZACION</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p>
PILAR COLONIAL		
<b>LOCALIZACION DE LA PRUEBA:</b>		
PILAR AL INGRESO AL TRASEPTO DERECHO		
<b>SUPERFICIE</b>		
ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA		
<b>FECHA</b>	02/05/2022	
<b>TIPO DE MARTILLO DE SCHMIDT</b>	ANÁLOGO	
<b>MODELO/SERIE</b>		
<b>N°</b>	<b>VALOR DE REBOTE</b>	
1	33	
2	38	
3	39	
4	37	
5	33	
6	49	
7	31	
8	35	
9	39	
10	40	
<b>PROMEDIO (RN)</b>	36	
<b>PROMEDIO (RL)</b>	27	
<b>ANGULO DE IMPACTO</b>	0°	
<b>DENSIDAD DE ROCA</b>	21.5	
<b>CORRELACION f<sub>c</sub> (Mpa)</b>	30	
<b>CORRELACION F<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	306	



Director: Abco. Corvanderuza M. T. L. N° 4 - HUAMANGA - AYACUCHO, CEL: 99500084, TEL: 099-280061, EMAIL: ing.jesuarvallos@gmail.com

**SOILTESTPERÚ S.R.L.**  
 INGENIERIA, GEOTECNIA Y GEOPROYECTOS MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AL ZEVALLLOS LLACTAHUAYAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 227451



SOILTESTPERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

<b>PARTE DE LA EXPLORACION</b>	<b>PROYECTO</b>	"Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022"
	<b>LOCALIZACION</b>	Templo Santa María Magdalena, Huamanga - Ayacucho
	<b>FECHA DE REALIZACION</b>	Mayo del 2022
	<b>MUESTRA</b>	ROCA: BRECHA VOLCÁNICA O CHECOO
	<b>SOLICITANTE</b>	Bach. Condori Cacahuatray
<b>PRUEBA N°</b>	1	<b>TABLA DE CONVERSION PARA VALORIZACION</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p>
PILAR COLONIAL		
<b>LOCALIZACION DE LA PRUEBA:</b>		
PILAR AL LADO DERECHO DEL ALTAR		
<b>SUPERFICIE</b>		
ACARADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA		
<b>FECHA</b>		
02/05/2022		
<b>TIPO DE MARTILLO DE SCHMIDT</b>		
ANÁLOGO		
<b>MODELO/SERIE</b>		
<b>N°</b>	<b>VALOR DE REBOTE</b>	
1	42	
2	40	
3	44	
4	31	
5	35	
6	22	
7	28	
8	29	
9	30	
10	33	
<b>PROMEDIO (RN)</b>		
35		
<b>PROMEDIO (RL)</b>		
26		
<b>ANGULO DE IMPACTO</b>		
0°		
<b>DENSIDAD DE ROCA</b>		
21.5		
<b>CORRELACION <math>f_c</math> (Mpa)</b>		
29		
<b>CORRELACION <math>f_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
296		



Director: Aedo, Covadonga 88 7° 11' N° 4 - HUAMANGA - AYACUCHO, CEL. 99999994, TEL. 056-500083, EMAIL: ing.covadonga@gmail.com

**SOILTEST PERÚ S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLÓGIA, GEOTECNIA Y CONCRETO  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUANI  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 P.O. BOX 451



SOILTESTPERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

<b>PARTE DE LA EXPLORACION</b>	<b>PROYECTO</b>	"Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022"
	<b>LOCALIZACION</b>	Templo Santa María Magdalena, Huamanga - Ayacucho
	<b>FECHA DE REALIZACION</b>	Mayo del 2022
	<b>MUESTRA</b>	ROCA: TÍFEO DACÍTICO
	<b>SOLICITANTE</b>	Tech. Condori Cachañacaray
<b>PRUEBA N°</b>	1	<b>TABLA DE CONVERSION PARA VALORIZACION</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		
PILAR DEL CAMPANARIO		<p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p> <p>Resistencia uniaxial a compresión (f<sub>c</sub>) (MPa)</p> <p>Densidad de la roca (kN/m<sup>3</sup>)</p> <p>Orientación del martillo</p> <p>Resistencia del martillo Schmidt</p>
<b>LOCALIZACION DE LA PRUEBA:</b>		
PILAR EN LA TORRE DEL CAMPANARIO NORTE, LADO IZQUIERDO		
<b>SUPERFICIE</b>		
ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA		
<b>FECHA</b>	02/05/2022	
<b>TIPO DE MARTILLO DE SCHMIDT</b>	ANÁLOGO	
<b>MODELO/SERIE</b>		
<b>N°</b>	<b>VALOR DE REBOTE</b>	
1	28	
2	25	
3	34	
4	29	
5	32	
6	38	
7	30	
8	35	
9	33	
10	36	
<b>PROMEDIO(RN)</b>	33	
<b>PROMEDIO(RL)</b>	25	
<b>ANGULO DE IMPACTO</b>	0°	
<b>DENSIDAD DE ROCA</b>	22	
<b>CORRELACION F<sub>c</sub> (Mpa)</b>	28	
<b>CORRELACION F<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	286	



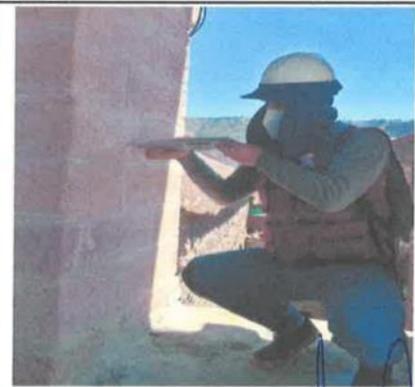
Dirección: Av. Cambridge 86 77° 43' 40" W - HUAMANGA - AYACUCHO, CEL: 99909994, TEL: 909-262063, EMAIL: ing.leserré04@gmail.com

**BULLIEN**  
 CONSULTORA EN GEOTECNIA S.A.S.  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAMAY  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA S.A.S.



SOILTESTPERU LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

<b>PARTE DE LA EXPLORACION</b>	<b>PROYECTO</b>	"Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena, Ayacucho - 2022"
	<b>LOCALIZACION</b>	Templo Santa María Magdalena, Huamanga - Ayacucho
	<b>FECHA DE REALIZACION</b>	Mayo del 2022
	<b>MUESTRA</b>	ROCA: TÍFALO BACITICO
	<b>SOLICITANTE</b>	Bach. Condoni Cochahuasay
<b>PRUEBA N°</b>	1	<b>TABLA DE CONVERSION PARA VALORIZACION</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p>
PILAR DEL CAMPANARIO		
<b>LOCALIZACION DE LA PRUEBA:</b>		
PILAR EN LA TORRE DEL CAMPANARIO NORTE, LADO IZQUIERDO		
<b>SUPERFICIE</b>		
ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA		
<b>FECHA</b>	02/05/2022	
<b>TIPO DE MARTILLO DE SCHMIDT</b>	ANÁLOGO	
<b>MODELO/SERIE</b>		
<b>N°</b>	<b>VALOR DE REBOTE</b>	
1	32	
2	29	
3	35	
4	32	
5	35	
6	34	
7	38	
8	24	
9	35	
10	36	
<b>PROMEDIO (RN)</b>	33	
<b>PROMEDIO (RL)</b>	25	
<b>ANGULO DE IMPACTO</b>	0°	
<b>DENSIDAD DE ROCA (KN/m<sup>3</sup>)</b>	22	
<b>CORRELACION F<sub>c</sub> (Mpa)</b>	28	
<b>CORRELACION F<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	286	



Dirección: Av. Coronel Jorge B. T. U. N° 4 - HUAMANGA - AYACUCHO, C.U.L. 99900004, TEL: 066-202003, EMAIL: ing.lesamir04@gmail.com

**SOLTESI PERU S.R.L.**  
 INGENIERIA GEOTECNICA Y GEOTECNIA DE CONCRETO  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 PID: 283441



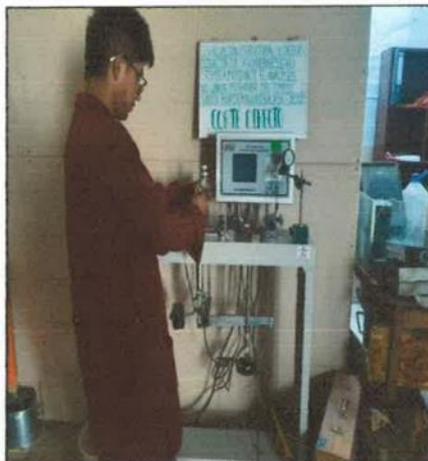
<https://www.soiltestperu.net/>

**SOILTESTPERÚ**

## **ENSAYO DE CORTE DIRECTO Y DETERMINACION DE CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS**

**DEL PROYECTO:**

"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"



Región : AYACUCHO  
Provincia : HUAMANGA  
Distrito : AYACUCHO  
Lugar : TEMPLO SANTA MARIA

**SOILTESTPERÚ S.R.L.**  
GEOTECNIA, MECÁNICA DE SUELOS Y MEDIO AMBIENTE  
INC. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

**SOLICITANTE:**  
**BACH. CONDORI**  
**CACÑAHUARAY, PEDRO**

**MAYO 2022**



1. GENERALIDADES.....	3
1.1. ANTECEDENTES E INFORMACIÓN PREVIA.....	3
1.2. OBJETIVO DE ESTUDIO.....	3
1.3. NORMATIVIDAD ACTUAL.....	4
1.4. MARCO TEÓRICO.....	5
1.5. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	6
1.6. ALTITUD DE LA ZONA Y CLIMA.....	10
1.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ESTUDIADA.....	10
1.8. GEOLOGÍA LOCAL.....	10
2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	11
2.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	11
2.1.1. CALICATAS Y AFLORAMIENTOS DE EXPLORACIÓN.....	11
2.1.2. MUESTREO Y REGISTRO DE EXCAVACIONES.....	12
2.1.3. PERFILES DEL SUELO.....	12
3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	14
3.1. ENSAYOS ESTÁNDARES.....	14
3.2. ENSAYOS ESPECIALES.....	16
4. PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACION.....	19
5. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO.....	20
5.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.....	20
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	23
6.1. SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.....	23
7. ZONIFICACION SISMICA Y PARAMETROS.....	24
8. CONCLUSIONES.....	27
9. RECOMENDACIONES.....	28
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

#### ANEXOS

- ✓ Registros de Campo
- ✓ Registros de Laboratorio
- ✓ Cálculo y Análisis
- ✓ Panel Fotográfico



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

#### Índice de cuadros

CUADRO N° 1.- NORMAS APLICABLES SEGÚN RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 406-2018-VIVIENDA. ....	4
CUADRO N° 2.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	6
CUADRO N° 3.- EXPLORACIONES EFECTUADAS. ....	11
CUADRO N° 4.- REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATAS. ....	12
CUADRO N° 5.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS. ....	15
CUADRO N° 6.- REGISTRO DE RESULTADOS DE LABORATORIO. ....	16
CUADRO N° 7.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ESPECIALES. ....	18
CUADRO N° 8.- PARÁMETROS SÍSMICOS. ....	24

#### Índice de imágenes.

IMAGEN N° 1.- VISTA AÉREA DE LOCALIZACIÓN DEL TERRENO A NIVEL DE DISTRITO. ....	7
IMAGEN N° 2.- FOTOGRAFÍA SATELITAL DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN. ....	8
IMAGEN N° 3.- VISTA AÉREA DE UBICACIÓN DEL TERRENO EN ESTUDIO. ....	9
IMAGEN N° 4.- MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA CONSIDERADO POR LA NORMA TÉCNICA E-030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL R.N.E. ....	25
IMAGEN N° 5.- MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS. ....	26

#### Índice de gráficos

GRÁFICO N° 1.- CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA CALICATA-01. ....	23
GRÁFICO N° 2.- DIAGRAMAS DE LA CALICATA-01. ....	23

SOILTEST PERU S.R.L.  
INGENIERO CIVIL EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 297119



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

## 1. GENERALIDADES.

### 1.1. ANTECEDENTES E INFORMACIÓN PREVIA.

Los antecedentes previos es la información necesaria que se requiere para realizar el informe de capacidad portante, para el proyecto: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022", identificar las propiedades del suelo donde se realizará el proyecto.

Estos serán proporcionados por el solicitante; en la preparación del presente informe, se ha considerado lo siguiente:

- Visita al terreno donde se ubicará el proyecto (visita de campo del terreno a investigar).
- Exploración geotécnica efectuada por el personal especializado y personal de laboratorio, realizado el 04 de mayo del 2022.
- Toma de muestras de las calicatas efectuadas en la zona del proyecto (01 muestra con un peso aproximado de 20 kg para los ensayos a realizar en laboratorio), de la obra a cimentar.
- Antecedentes del proyecto proporcionados por el responsable del estudio de la entidad solicitante, como; datos generales de la zona, de los terrenos colindantes, de las edificaciones adyacentes y otra información necesaria.
- Otros estudios geotécnicos realizados por el suscrito en la zona.

### 1.2. OBJETIVO DE ESTUDIO.

El Objetivo del presente Informe Técnico, es exponer los resultados del informe de capacidad portante y ensayo de corte directo, realizado para el Proyecto: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022", se tiene por objetivo; determinar las condiciones geológicas y geotécnicas del suelo de fundación, para las estructuras proyectadas, este proyecto es encargado por el BACH. CONDORI CACÑAHUARAY, PEDRO (Solicitante).

Este proceso se realizó por medio de trabajos de campo, laboratorio, y resultados obtenidos en gabinete, que incluye la excavación de 01 calicata o pozos de exploración a cielo abierto, ensayos de laboratorio, a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, realizar las labores de gabinete en base a los cuales se define los

  
SHINIESI PERU S.R.L.  
ING. QUISPE ZEPALLO SANTIAGUITO  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C. 2019

Dirección: AA.HH Covadonga Mz. "T" Lt. "04" - Ayacucho - Cel.: 999606084 - e-mail: soiltestperu.srl@gmail.com



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEBIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

perfiles estratigráficos y las recomendaciones generales para la cimentación de las estructuras proyectadas.

Este estudio se ha realizado mediante investigación geotécnica que involucra trabajos de campo, apertura de calicatas (calicatas a cielo abierto) toma de muestras, auscultación con equipos livianos y ensayos de laboratorio.

### 1.3. NORMATIVIDAD ACTUAL.

El presente Estudio de Suelos con fines de Cimentación está en concordancia con la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, la cual indica las Técnicas de Investigación en Campo y Laboratorio, aplicados en los EMS.

Cuadro N° 1.- Normas aplicables según Resolución Ministerial N° 406-2018-VIVIENDA.

DESCRIPCION	NORMA APLICABLE *
SUELOS. Metodo de ensayo de penetracion estandar SPT	NTP 339.133
SUELOS. Metodo para la clasificacion de suelos con propositos de ingenieria (sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS)	NTP 339.134
SUELOS. Metodo de ensayo estandar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el metodo de cono de arena **	NTP 339.143
SUELOS. Metodo de ensayo estandar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de metodos nucleares (profundidad superficial)	NTP 339.144
SUELOS. Ensayo de penetracion cuasi-estatica profunda de suelos con cono y cono de friccion (CPT).***	NTP 339.148
SUELOS. Descripcion e identificacion de suelos. Procedimiento visual-manual	NTP 339.150
SUELOS. Metodo de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo por carga estatica y para cimientos aislados	NTP 339.153
SUELOS. Metodo normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos	NTP 339.155
SUELOS. Metodo de ensayo normalizado para la auscultacion con penetrometro dinamico ligero de punta conica (DPL)	NTP 339.159
SUELOS. Practica para la investigacion y muestreo de suelos por perforaciones con barrena	NTP 339.161
SUELOS. Guia normalizada para caracterizacion de campo con fines de diseno de ingenieria y construccion	NTP 339.162
SUELOS. Metodo de ensayo normalizado de corte con veleta en miniatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados	NTP 339.168
SUELOS. Practica normalizada para la perforacion de nucleos de roca para la investigacion del sitio	NTP 339.173
SUELOS. Metodo de ensayo normalizado para la medicion de la densidad de suelos y rocas in-situ por el metodo de reemplazo con agua en un pozo de exploracion.**	NTP 339.253
SUELOS. Metodo de ensayo estandar para la determinacion de la densidad y peso unitario de suelos in situ por el metodo de balon de jebe.**	NTP 339.256
Metodo de ensayo normalizado para la medicion del potencial de colapso de suelos	NTP 339.163
Cono Dinamico Superpesado (DPSH) - ver ANEXO II de la norma	UNE 103-801
Auscultacion Dinamica mediante cono Tipo Peck (CTP)	(ver Anexo III)
Metodo de ensayo estandar para pruebas de integridad de impacto con baja deformacion en cimentaciones profundas (Stándar test method for low strain impact integrity testing of deep foundations)	ASTM D5882
Metodo de ensayo estandar para cimentaciones profundas bajo carga lateral (Stándar test method for deep foundations under lateral load)	ASTM D3966

\* En todo los casos se usa la ultima version de la norma  
 \*\* estos ensayos se emplean para el control de la compactacion de rellenos controlados  
 \*\*\* tambien conocido como "Ensayo de cono estatico"

Fuente: Resolución Ministerial N° 406-2018-VIVIENDA, página 28



#### 1.4. MARCO TEÓRICO

##### 1.4.1 Origen y Formación de los Suelos

Los suelos tienen sus orígenes en los macizos rocosos preexistente que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas: física, química y biológica. Los depósitos sedimentarios se forman por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, destacando el medio de transporte y la meteorización. Unos ejemplos son los depósitos coluviales y aluviales.

##### 1.4.2 Roca

Material sólido de origen natural formado por minerales y otras sustancias endurecidas, que, a diferencia del suelo fundamentalmente cuaternario, no pueden ser disgregados o excavados con herramientas manuales. Las rocas adecuadas para servir de apoyo a las cimentaciones deben presentar una alteración menor al 10% del área de la cimentación.

##### 1.4.3 Rocas Fracturadas o Intemperizadas

Las rocas blandas, también descritas como rocas fracturadas o intemperizadas, son aquellas que puedan ser disgregadas o excavadas con herramientas manuales, deben ser tratadas como suelo para efectos de cálculos geotécnicos.

##### 1.4.4 Suelos Rígidos

Los suelos rígidos, son aquellos que tienen la capacidad de un elemento estructural, como para soportan esfuerzos, sin adquirir grandes deformaciones, es decir tener resistencia a las mismas, dentro el rango elástico.

##### 1.4.5 Estudios de Mecánica de Suelos

El estudio de mecánica de suelos con fines de diseño de cimentación, son el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación, que debe ser obligatoria considerado en el diseño: estructural y de sostenimientos de las excavaciones y durante la construcción del proyecto.

##### 1.4.6 Profundidad de la Cimentación

La profundidad de cimentación de zapatas y cimientos corridos, es la distancia desde el nivel de la superficie del terreno a la base de la cimentación, excepto en el caso de





INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

edificaciones con sótano, en que la profundidad de cimentación está referida al nivel del piso terminado del sótano más profundo. En el caso de plateas o losas, la profundidad de cimentación es la distancia del fondo de la losa a la superficie del terreno natural.

#### 1.4.7 Falla Local y General de los Suelos

Falla por corte general (arena densa), Falla por corte local (arena medio densa) y Falla por punzamiento (arena muy suelta) (Vesic 1973). En suelos gravo arenosos se considera la Falla por corte general.

### 1.5. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

#### 1.5.1 Ubicación Política

El área donde se desarrolla el estudio del presente proyecto, tiene la siguiente ubicación política:

Departamento : Ayacucho.  
Provincia : Huamanga.  
Distrito : Ayacucho.  
Lugar : TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

#### 1.5.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente la zona en estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM

Cuadro N° 2.- Ubicación geográfica del área de estudio.

COORDENADAS UTM DATUM: WGS 84 ZONA 18L	VERTICE	COORDENADAS		
	ZONA DE INTERVENCIÓN	ESTE	NORTE	ALTURA
		584330.38	8545277.93	2750.00 msnm

El área en estudio se desarrolla entre las cotas absolutas 2750.00 msnm.

Fuente: Elaboración propia.

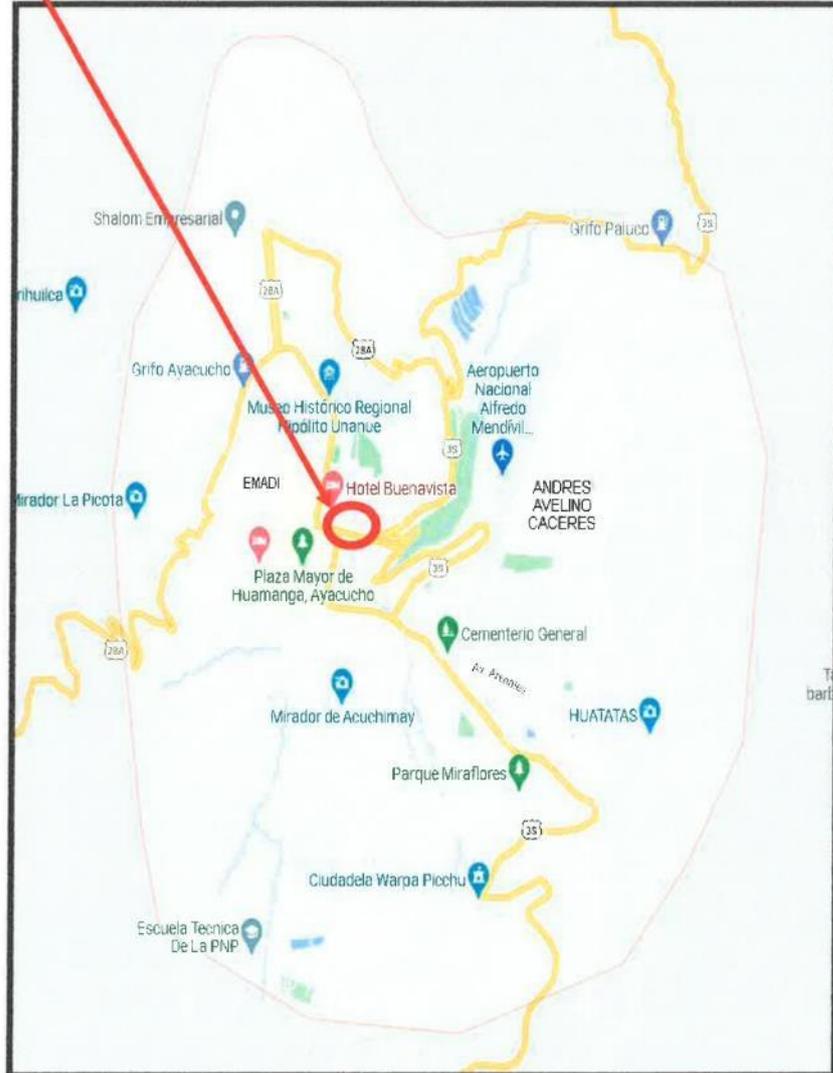




INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Imagen N° 1.- Vista aérea de localización del terreno a nivel de distrito.

**ZONA DE ESTUDIO**

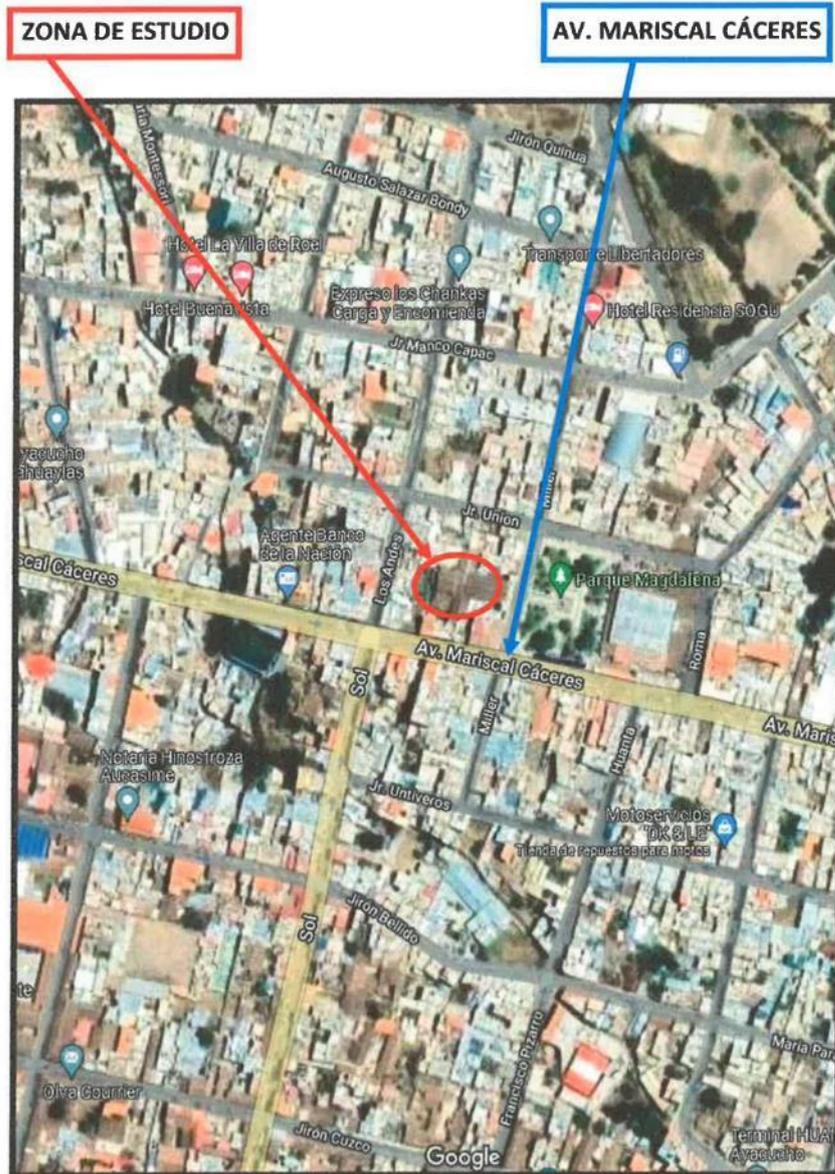


Fuente: Google Earth.



Dirección: AA.HH Covadonga Mz. "T" Lt. "04" - Ayacucho - Cel.: 999606084 - e-mail: soiltestperu.srl@gmail.com

Imagen N° 2.- Fotografía satelital de la zona de intervención



Fuente: Google Earth.



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Imagen N° 3.- Vista aérea de ubicación del terreno en estudio

**TERRENO DE ESTUDIO**



Fuente: Google Earth.



Dirección: AA.HH Covadonga Mz. "T" Lt. "04" Ayacucho Cel.: 999606084 - e-mail: soiltestperu.srl@gmail.com



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

#### 1.6. ALTITUD DE LA ZONA Y CLIMA.

La Zona de Estudio se encuentra a una altitud de 2750.00 m.s.n.m. Aproximadamente, por su altitud está ubicada en la sierra según la clasificación de Javier Pulgar en la región quechua. La zona está caracterizada por una estación seca de mayo a noviembre, con menores temperaturas, denominada invierno y otra estación lluviosa con mayores temperaturas, entre los meses de diciembre y abril. La época lluviosa dificulta la ejecución de obras de construcción. La temperatura media anual fluctúa entre 15°C y 19°C, y una temperatura máxima entre 22°C y 26°C.

#### 1.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ESTUDIADA.

El terreno presenta una superficie de pendiente media (0°-25°), con construcciones de viviendas, almacenes, existen gran cantidad de arbustos, toda el área de estudio se encuentra fuera del casco urbano de la ciudad de Huamanga.

#### 1.8. GEOLOGÍA LOCAL

##### 1.8.1. Geología local

La zona de estudio está localizada en la vertiente Coluvial. Está conformado por depósitos de cenizas y lapilli, presenta una buena estratificación paralela o cruzada, con abundancia de lapilli acrecionarios, alternando con depósitos de caídas de ceniza, e impactos balísticos de lapilli y bombas volcánicas. Según la Cronoestratigrafía, la geología de la zona en estudio pertenece al Cenozoico -Neógeno-Plioceno.

Según la Litoestratigrafía, con respecto a las Unidades Estratigráficas, la zona está conformada, por la Formación Huari (Np-hu).



## 2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

### 2.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO.

El programa de exploración de campo se realizó mediante la excavación de (01) calicata en la modalidad "a cielo abierto", las mismas que fueron ubicadas convenientemente y con profundidades suficientes de acuerdo a la presencia de terreno de fundación similar y establecida en los Términos de Referencia.

Este sistema de exploración nos permite analizar directamente los diferentes estratos encontrados, así como sus principales características físicas y mecánicas, tales como: granulometría, color, humedad, plasticidad, compacidad. A continuación, se indica la relación de calicatas evaluadas según su ubicación y la profundidad alcanzada. (Se adjunta la fotografía que muestra el trabajo realizado en el Anexo: Panel Fotográfico).

#### 2.1.1. CALICATAS Y AFLORAMIENTOS DE EXPLORACIÓN.

La exploración del subsuelo se realizó mediante dos (01) exploraciones; dos (01) excavaciones a cielo abierto o calicatas, ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir el área estudiada. La profundidad explorada en las calicatas fue hasta 1.50 m.aprox.

De acuerdo a los requerimientos de la Norma E-050 "Suelos y cimentaciones", se programó la investigación del subsuelo mediante 01 exploraciones que fueron ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir el área estudiada.

Cuadro N° 3.- Exploraciones efectuadas.

Exploración	TIPO	Prof. (m.)	Prof. Nive Freático (m).
C-1	Calicata	Hasta 1.50	--

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó la excavación de pozos o calicatas de exploración, la inspección fue apoyada con afloramientos de laderas existentes, con lo cual se pudo apreciar directamente el perfil estratigráfico de la zona de estudio, cubriendo el área de influencia del posible emplazamiento de la cimentación de las construcciones a proyectarse, extrayendo muestras en cantidad suficiente que nos ha permitido inferir características del suelo de fundación.

El resumen de las exploraciones, donde se muestra las ubicaciones, profundidades, depósitos y tipo de suelo, se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 4.- Registro de excavación de calicatas.

Calicata N°	Estrato / Muestra	Ubicación de la excavación	Depósitos	Suelo
C-01	E2 / M2	584330.38 E / 8545277.93 N	Depósitos Coluviales	Grava bien graduada con limo y arena

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.1.2. MUESTREO Y REGISTRO DE EXCAVACIONES.

Se tomaron muestras alteradas o disturbadas de las calicatas y estratos atravesados, para determinar las características físicas mecánicas, luego se toma la muestra más representativa según la inspección visual realizada en campo, la inspección visual es el reconocimiento preliminar del suelo sin necesidad de empleo de equipos o ensayos de laboratorio, según la NTP 339.150 ASTM D 2488. Los ensayos de laboratorio confirmarán y permitirán precisar la información obtenida del terreno.

Se obtuvo muestras alteradas tipo MAB (Muestra alterada en bolsa de plástico) de las calicatas para los ensayos estándares, así como para los ensayos especiales muestras inalteradas en bloque (tipo MIB) o muestras alteradas, las cuales fueron remodeladas en laboratorio para simular las condiciones de campo, también se obtuvo muestras alteradas para la determinación del contenido de humedad en recipientes herméticamente cerrados (tipo MAH).

### 2.1.3. PERFILES DEL SUELO.

Basándose en las exploraciones de campo, los resultados de los ensayos de laboratorio y la información revisada se ha definido el siguiente perfil estratigráfico para la compactación del área de estudio, los formatos completos se presentan en el (Anexo I).



SOILTESTPERU  
ING. GUSTAVO J. SANCHEZ  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 282451

**A. CALICATA 01:**

C - 01				
Escala. (m)	Profundid. (m)	Longitud Tramo (m)	SIMBOLO GRAFICO	Muestra Clasific. SUCS
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00	1.00	1.00		M-1/E-1
1.00 1.20 1.40 1.50	1.50	0.50		M-2/E-2 GW-GM

De 0.00m a 1.00m terreno orgánico, color marrón , conformado por suelo semi orgánico, antrópicos con presencia de arena y limo, con presencia de raíces insipientes, hojas de ramas secas, estrato no adecuado para desplante de cimentación.

De 1.00m a 1.50m, según la inspección en campo corresponde a un tipo de depósito coluvial, terreno de color marronesco claro, conformados por un suelo de GRAVA BIEN GRADUADA CON LIMO Y ARENA que se cataloga en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un GW-GM y el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-2-4 (0), con gran presencia de material gravoso(54.93%), con cantidad de arena (38.66%) y cantidad de finos(6.41%), la fracción que pasa la malla N° 40 es ligeramente limosa, ( no presenta índice plástico ni limite plástico, lo que indica que la fracción fina es limosa sin arcilla), con una compactación natural y cohesión de 0.01.

**NOTA:** En las calicatas exploradas en la zona de estudio, a la profundidad que se hizo los diferentes sondeos se puede observar que no tiene presencia del nivel freático en la calicata 01; de tal manera que podemos asegurar que la presencia de este elemento no afectara a las siguientes estructuras que se ejecutara en el proyecto.



ING. LUIS K. ZEPEDA CASTAÑEDA  
CONSULTORA W & C CONSULTORIA Y CONCRETO  
C.P. 20241

### 3. ENSAYOS DE LABORATORIO.

#### 3.1. ENSAYOS ESTÁNDARES.

##### 3.1.1. Contenido De Humedad (ASTM D2216)

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

Esta característica física le da propiedades geomecánicas al suelo en la determinación de su resistencia mecánica.

##### 3.1.2. Peso Volumétrico del Suelo o Densidad de Suelos Cohesivos (NTP 339.139)

El peso volumétrico del suelo es definido como la masa por unidad de volumen. El peso volumétrico del suelo varía de acuerdo al contenido de agua que tenga el suelo, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco y esencialmente por el tipo de suelo.

El peso volumétrico húmedo, es definido como el peso de la masa de suelo en estado no saturado por unidad de volumen, donde los vacíos del suelo contienen tanto agua como aire, que será:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$



Para suelos cohesivos, se pueden realizar en muestras inalteradas o en muestras remoldeada. Para el caso de los suelos granulares de fundación, característica del presente estudio, esto es, CL, arcilla de baja plasticidad, la determinación del peso volumétrico para el cálculo de la capacidad portante, se realiza de manera directa, mediante el ensayo de peso volumétrico.

##### 3.1.3. Granulometría (ASTM D6913).

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

La información de la granulometría del suelo es utilizada para la clasificación del mismo.



### 3.1.4. Límites de Atterberg (LL, LP, IP) (ASTM D4318).

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

La información de los límites de Atterberg del suelo es utilizada para la clasificación del mismo.

### 3.1.5. Clasificación de Suelos (ASTM D2487).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande la cual nos permite clasificar al suelo y conocer sus características generales.

Este sistema nos da una clara distinción entre tres grandes grupos de suelos:

- a) Suelos de grano grueso (G y S), gravas y arenas o sus mezclas.
- b) Suelos de grano fino (M y C), limos y arcillas o sus mezclas.
- c) Suelos Orgánicos (O, Pt), suelos orgánicos y turbas.

La Clasificación AASHTO el cual tomo como modelos al sistema desarrollado por Casagrande, considera 7 grupos básicos de suelos, numerados desde el A-1 hasta el A-7, el cual es utilizado mayormente para estudios de carretera, también nos ayuda a poder clasificar el tipo de suelo.

El suelo representativo ensayado, se ha clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 5.- Clasificación de suelos

CALICATA	C-1
Muestra	M-2
PROF.(m)	0.50 - 1.50
Tamaño Máximo (um.)	1"
Pasa Malla N° 4	45.07
Pasa Malla N° 200	6.41
Contenido de Humedad	10.13
Límite Líquido (%)	N.P.
Límite Plástico (%)	N.P.





INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Índice Plástico (%)	N.P.
CLASIFICACIÓN SUCS	GW-GM
Denominación	Grava Bien Graduada con Limo y Arena

Anexos: Certificados de Laboratorio.

Se extrajeron muestras disturbadas representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos de laboratorios estándar, especiales y análisis químicos. Se realizó la descripción visual-manual en campo (NTP 339.150) de los suelos observados, para luego ser corroborado en el laboratorio.

### 3.1.6. Registro de Resultados de Laboratorio.

Los ensayos estándares se efectuaron en el laboratorio, para la clasificación de suelos y determinar las propiedades físicas, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP) y las Normas del MTC- Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, fueron los siguientes:

- Obtención de muestras por cuarteo MTC E 105-2016
- Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128 (ASTM D-422)
- Límites Líquido de los suelos MTC E 110-2016
- Límites Plástico de los suelos MTC E 111-2016

Cuadro N° 6.- Registro de Resultados de Laboratorio.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS ESTANDAR				
		SUSC	AASHTO	% Finos	LL%	IP%
C-01 / E-2	1.50	GW-GM	A-2-4(0)	6.41	N.P.	N.P.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. ENSAYOS ESPECIALES.



Se efectuaron ensayos especiales de laboratorio, específicamente para el presente Estudio de Mecánica de Suelos se realizó el Ensayo de Corte Directo, para determinar la capacidad de carga de los suelos estudiados y si este es capaz de soportar los esfuerzos producidos por las estructuras a cimentar.

- Ensayo de corte directo NTP 339.171 (ASTM D 3080)

El ensayo de Corte Directo tiene como objetivo determinar la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra, valor que, entre otras cosas será muy útil para el cálculo de la

capacidad portante. La resistencia al esfuerzo cortante en el suelo se debe a dos componentes: la cohesión, aportada por la fracción de suelo y responsable, a su deformación, del comportamiento plástico de este y el rozamiento interno entre las partículas granulares o de fricción.

Para conocer o determinar estos parámetros de resistencia del suelo en laboratorio, uno de los equipos que se usa es el Equipo de Corte Directo, el más común es de sección cuadrada o circular, dividido horizontalmente en dos mitades, dentro de ellas se coloca la muestra con pedradas porosas en ambos extremos, luego se aplica una carga vertical de confinamiento y luego una carga horizontal creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja, originando el corte de la muestra.

El ensayo busca identificar la relación que se establece entre el esfuerzo y la deformación considerando una carga lateral aplicada de tal forma que se genera un esfuerzo cortante, se presenta un plano de falla horizontal paralelo a la carga aplicada. Existen dos sistemas para la ejecución de este ensayo, el de esfuerzo controlado y el de deformación controlada. En el primero se aumenta gradualmente la carga que induce el esfuerzo hasta que se produzca la falla. Este sistema se usa de preferencia para ensayos de carga muy baja debido a que con el mismo puede mantenerse más fácilmente una carga constante durante cualquier periodo de tiempo.

Cuando una estructura se apoya en la tierra, transmite los esfuerzos al suelo de fundación. Estos esfuerzos producen deformaciones en el suelo que pueden ocurrir de tres maneras:

- a. Por deformación elástica de las partículas
- b. Por cambio de volumen en el suelo como consecuencia de la evacuación del líquido existente en los huecos entre las partículas.
- c. Por deslizamiento de las partículas, que pueden conducir al deslizamiento de una gran masa de suelo.

En el primer caso es despreciable para la mayoría de los suelos, en los niveles de esfuerzo que ocurren en la práctica. El segundo caso corresponde al fenómeno de la consolidación. El tercer caso, corresponde a fallas del tipo catastróficas y para evitarla se debe hacer un análisis de estabilidad, que requiere del conocimiento de la resistencia al corte del suelo. El análisis debe asegurar, que los esfuerzos de corte solicitantes son menores que la resistencia al corte, con un margen adecuado de modo que la obra siendo segura, sea económicamente factible de llevar a cabo.

En el presente informe se detallará el ensayo de corte directo en laboratorio, en el cual posteriormente se darán a conocer los cálculos correspondientes (Anexo III).



ING. LUIS E. ZEPEDA LACAHUAMA  
CONSULTORA GEOTÉCNICA Y CONCRETO  
e-mail: soiltestperu.srl@gmail.com



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Con el Ensayo de Resistencia al corte se obtuvo los coeficientes geotécnicos que representan el criterio de rotura de Mohr Coulomb, como son la cohesión del suelo (C) y el ángulo de fricción del suelo ( $\phi$ ).

Cuadro N° 7.- Resultados de los ensayos especiales.

MUESTRA	SUCS	NOMBRE DE GRUPO (ASTM 2000) D-2487	COHESION C' (Kg/cm <sup>2</sup> )	ANGULO DE FRICCIÓN ( $\phi$ )
C - 01	GW-GM	Grava Bien Graduada con Limo y Arena	0.01	31.09°

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACION.

##### 4.1. Suelos Colapsables

Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

##### 4.2. Ataque Químicos por Suelos y Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas que contienen sulfatos y/o cloruros, actúan más rápidamente que un suelo seco que contengan estos elementos; sin embargo, el humedecimiento de un suelo seco por riego, filtraciones de agua de lluvia, fugas de conductos de agua o cualquier otra causa, puede activar a las sales agresivas.

La Norma sólo considera el ataque externo por suelos y aguas subterráneas que contengan sales agresivas y no toma en cuenta ningún otro tipo de agresión.

##### 4.3. Suelos Expansivos

Son suelos cohesivos con bajo grado de saturación que aumentan de volumen al humedecerse o saturarse.

Estos suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Las cimentaciones construidas sobre arcillas expansivas están sometidas a grandes fuerzas causadas por la expansión, las cuales provocan levantamiento, agrietamiento y ruptura de la cimentación y de la estructura. Por lo tanto, no está permitido cimentar directamente sobre suelos expansivos. Todos los elementos de cimentación deben apoyarse sobre suelos no expansivos o con potencial de expansión bajo.

##### 4.4. Licuación del Suelo

Es el fenómeno causado por la vibración de los sismos en los suelos granulares saturados y que produce el incremento de la presión del agua dentro del suelo con la consecuente reducción de la tensión efectiva. La licuación reduce la capacidad de carga y rigidez del suelo.

Dependiendo del estado del suelo granular saturado al ocurrir la licuación se produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas sobre dichos suelos.



ING. LUIS ZEVALLOS LACTAHUAMAN  
CONSULTORA DE OBRAS DE CONCRETO  
C.P. 28181



## 5. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO.

### 5.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.

#### a) Ecuación General de la Capacidad de Carga.

Usando la ecuación de Meyerhof (1963):

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q' N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5 \gamma B N_\gamma F_{ys} F_{yd} F_{yi} \quad (1)$$

$$q_{ADMISIBLE} = \frac{q_{última}}{FS} \quad (2)$$

Donde:

$q_u$	=	Capacidad última de carga (Kg / Cm <sup>2</sup> )
$q_{ADMISIBLE}$	=	Capacidad admisible de carga del terreno (Kg / Cm <sup>2</sup> )
$FS$	=	Factor de seguridad
$\gamma$	=	Peso unitario del suelo natural (Densidad Húmeda Natural del Terreno)
$B$	=	Ancho de zapata (Ancho menor de Cimiento, mts.)
$q'$	=	Esfuerzo efectivo vertical en el fondo de la cimentación
$D_f$	=	Profundidad de cimentación (Profundidad de Desplante)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga

$F_{cs}, F_{qs}, F_{ys}$  = Factores por corrección de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{yd}$  = Factores por corrección de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{yi}$  = Factores de Inclinación de carga

#### b) Según los resultados del laboratorio.

Usando la ecuación de Vésic:

También la capacidad de carga se puede determinar basándose en la fórmula de Terzaghi con su teoría de rotura por corte general y corroborada por Meyerhof, usando las siguientes ecuaciones:



$$q_{\text{última}} = N_c * C * S_c + N_q * q * S_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * S_\gamma \quad (1)$$

$$q_{\text{ADMISIBLE}} = \frac{q_{\text{última}}}{FS} \quad (2)$$

Donde:

- q última = Capacidad última de carga
- q ADMISIBLE = Capacidad admisible de carga del terreno (Kg / Cm2)
- FS = Factor de seguridad
- $\gamma$  = Peso unitario del suelo natural (Densidad Húmeda Natural del Terreno)
- B = Ancho de zapata (Ancho menor de Cimiento, mts.)
- q = Sobre carga
- Df = Profundidad de cimentación (Profundidad de Desplante)
- Nc, Nq, N $\gamma$  = Factores de capacidad de carga
- Sc, Sq, S $\gamma$  = Factores de forma

Para cimientos corridos:

$$qa = \gamma * (Df * Nq + 0.5 * B * N_\gamma) / FS \quad (3)$$

Para cimientos cuadrados ó rectangulares:

$$qa = \gamma * (Df * Nq_1 + 0.4 * B_1 * N_\gamma_1) / FS \quad (4)$$

Nq = Factor unidimensional de capacidad de carga, dependiente del ancho y de la zona de empuje pasivo función del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), considera la influencia del peso del suelo.

N $\gamma$  = Factor adimensional de capacidad de carga debido a la presión de la sobrecarga (densidad de enterramiento). Función del ángulo de fricción interna. La sobrecarga se halla representada por el peso por unidad de área  $\gamma * Df$ , del suelo que rodea la zapata.

FS = Factor de seguridad, que toma en consideración lo siguiente:

- (a) Variaciones naturales en la resistencia al corte de los suelos.

(b) Las incertidumbres que como es lógico, contienen los métodos o fórmulas para la determinación de la capacidad última del suelo.

(c) Disminuciones locales menores que se producen en la capacidad de carga de los suelos colapsables, durante o después de la Construcción.

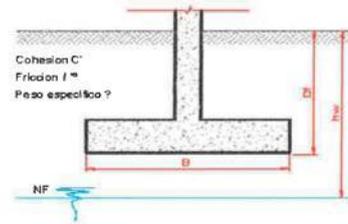
(d) Excesivo asentamiento en suelos compresibles que haría fluir el suelo cuando éste, está próximo a la carga crítica o a la rotura por corte.

Por lo expuesto adoptaremos FS igual a 3 valor establecido para estructuras permanentes.

Finalmente debido a las características del suelo de cimentación, el cual está conformado por suelo de arcilla limosa con arena, se considera para este tipo de material los resultados obtenidos del ensayo de clasificación de suelos.

Imagen N° 4.- Parámetros de cálculo, Calicata - 01.

Cohesión $C'$ (KN/m <sup>2</sup> )	=	0.98
Fricción $\varphi'$ °	=	31.09
Peso específico $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	=	17.72
Profundidad de cimentación $D_f$ (m)	=	1.8
Base de cimentación $B$ (m)	=	1
Largo de cimentación $L$ (m)	=	1
Altura del nivel Freatico (hw)	=	0
Peso específico saturado $\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	=	19.32
Inclinación de carga sobre la cimentación ( $\theta$ )	=	0



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 5.- Resultados de la capacidad de carga, Calicata - 01

$$q_u = 4.66$$

$$q_{ad} = q_u / FS$$

$$FS = 3.00$$

<b>q<sub>ad</sub> :</b>	<b>1.55 kg/cm<sup>2</sup></b>
-------------------------	-------------------------------

Fuente: Elaboración propia.





**SOILTESTPERU**

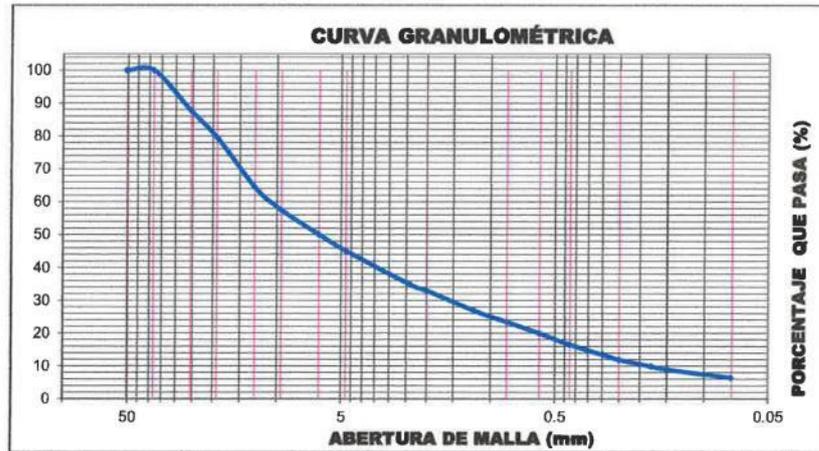
INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

## 6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

### 6.1. SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

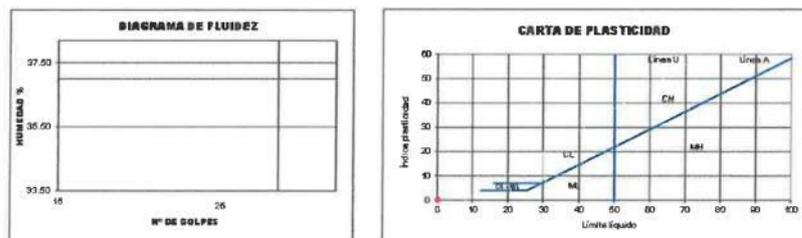
Dada la variabilidad que presentan los suelos (aun dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de la clasificación de suelos mediante el método SUCS y AASHTO, estos presentan ciertas características propias de los materiales que los conformar, es así que observando la curva granulométrica podemos entender de qué tipo de suelo esta mayormente compuesto este tipo de suelo:

Gráfico N° 1.- Curva Granulométrica de la Calicata-01.



Este suelo no tiene una buena gradación, típicos de suelos no cohesivos, los cuales están compuestos mayormente por suelos arenosos y limosos.

Gráfico N° 2.- Diagramas de la Calicata-01.



**SOILTESTPERU S.A.**  
ING. LUIS C. ZOLA CASTAÑEDA  
CONSULTORA EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 281411



**SOLTESTPERU**

INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

## 7. ZONIFICACION SISMICA Y PARAMETROS

### 7.1. Aspectos Importantes de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente

- La estructura no debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- No deben emplearse parámetros de diseños inferiores a los indicados en la Norma, específicamente a lo referido a los suelos de fundación.
- Tipos de perfiles de suelos (los más recurrentes):
  - Perfil Tipo S0: Roca dura, rocas sanas.
  - Perfil Tipo S1: Roca o suelos muy rígidos, rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos, rocas fracturadas, arena muy densa o grava arenosa densa, arcilla muy compacta.
  - Perfil Tipo S2: Suelos intermedios, suelos medianamente rígidos, arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, suelo cohesivo compacto.
  - Perfil Tipo S3: Suelos blandos, suelos flexibles, arena media a fina o grava arenosa, con valores de SPT N60 menores a 15, suelo cohesivo blando.

Para el análisis sismo resistente, según los parámetros geomecánicas de los suelos representativos, como estrato resistente o de cimentación, se recomienda utilizar los siguientes parámetros sísmicos:

Cuadro N° 8.- Parámetros Sísmicos.

Descripción	Valor
Tipo de suelo	GW-GM
Perfil	TIPO S2
Profundidad del estrato de cimentación promedio (m.)	1.8m
Factor de zona, Z	0.25
Factor de ampliación de ondas sísmicas, S	1.00

**SOLTESTPERU**  
ING. MARCO ANTONIO CORTI  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 28245



INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Imagen N° 4.- Mapa de zonificación sísmica considerado por la norma Técnica E-030 "Diseño Sismorresistente" del R.N.E.



LEYENDA	
	ZONA 1 SISMICIDAD BAJA
	ZONA 2 SISMICIDAD MEDIA
	ZONA 3 SISMICIDAD ALTA
	ZONA 4 SISMICIDAD MUY ALTA

Reglamento Nacional de Edificaciones  
D.S. N° 003-2016-VIVIENDA

**SUNTESI PERU S.R.L.**  
ING. LUIS R. PÉREZ LACTANUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 27141



**SOILTESTPERU**

INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Imagen N° 5.- Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas



**SOILTESTPERU**  
ING. LUIS A. ZEPEDA LACRUZ  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 20111



**SOILTESTPERU**

INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEBIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

## 8. CONCLUSIONES.

1. El presente estudio servirá para el Proyecto: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEBIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022".
2. En la zona de estudio NO se ha evidenciado problemas de geodinámica externa que puedan afectar la funcionalidad de la estructura, esto según lo inspeccionado al momento de visita de la zona de estudio, y consultando por anteriores proyectos ejecutados en dicha zona.
3. Según la información geológica de los suelos son los denominados suelos coluviales, Está conformado por depósitos de cenizas y lapilli, presenta una buena estratificación paralela o cruzada, con abundancia de lapilli acrecionarios, alternando con depósitos de caídas de ceniza, e impactos balísticos de lapilli y bombas volcánicas. Según la Cronoestratigrafía, la geología de la zona en estudio pertenece al Cenozoico -Neógeno-Plioceno.
4. Se ha verificado en las excavaciones realizadas en el área correspondiente a la zona de emplazamiento del proyecto, la presencia de suelos no apropiados como antrópicos y rellenos no controlados (por ningún motivo se debe cimentar en estos suelos sin un trato apropiado del terreno).
5. De los resultados de laboratorio del ensayo de corte directo se han obtenido los parámetros de resistencia del suelo de la Calicata - 01, con lo cual se ha procedido a determinar la capacidad de carga del terreno, a una determinada altura de fundación y/o cimentación de la estructura.

MUESTRA	COHESION C' (Kg/cm <sup>2</sup> )	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
C - 01	0.01	31.09°

6. De acuerdo a los resultados de laboratorio y mediante la capacidad de carga ultima (formula de Meyerhof -1963, y Terzaghi -1943) de ha determinado la capacidad de carga admisible de la calicata-01, para una profundidad de cimentación de 1.80 m, con respecto a nivel de terreno natural.

MUESTRA	CAPACIDADDE CARGA ADMISIBLE	PROFUNDIDAD
C - 01	1.55	1.80

  
ING. LUIS C. PACHECO  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP 287411



**SOILTESTPERÚ**

INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEBIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

#### 9. RECOMENDACIONES.

---

1. Para garantizar la mejor calidad de la obra, se recomienda un control estricto en cuanto a los materiales y los procedimientos constructivos, de acuerdo a las Especificaciones Técnicas y las normas de control de calidad.
2. Se debe tener en consideración que antes del proceso de vaciado del concreto fresco, el fondo de la cimentación debe de estar completamente limpio, sin presencia de terrones o partículas desprendidas del talud del mismo cimiento.
3. No se procederá a cimentar en lugares donde se encuentre niveles freáticos elevados y en presencia de suelos antrópicos, los cuales puedan comprometer la cimentación.

SOILTEST PERÚ S.A.  
ING. LUIS M. ZEPEDA LACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP 287411



**SOLTESTPERU**

INFORME DE CORTE DIRECTO Y CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARÍA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

#### 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

---

- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E-030, Diseño Sismorresistente.
- Alva Hurtado J. E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Karl Terzaghi, Ralph B. Peck, "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica", Segunda Edición 1973.
- Peck, Hanson, Thornburn "Ingeniería de Cimentaciones", 2000.
- Vesic A., "Análisis de la Capacidad de Carga de las Cimentaciones Superficiales", JSMFD, ASCE, Vol. 99, 1971.
- Braja M. Das "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Edición 1999.
- Reglamento Nacional de Edificación, Edición junio 2016, Perú.

Ayacucho, 11 de mayo del 2022.

INGENIERO PRIVADO  
ING. LUIS E. ZEPEDA COLLAJAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 20211



SOILTESTPERÚ



**ANEXO I:  
REGISTROS DE CAMPO**





SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**PARTE DE LA EXPLORACION**

**Proyecto** : \*EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022\*

**CALICATA** : C - 01

**LOCALIZACION** : TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

**FECHA DE REALIZACION** : MAYO 2022

**UBICACIÓN EXPLORAC.** : Datum WGS84 Huso 18 Zona L - E=584330.38m N=8545277.93m

**SOLICITANTE** : BACH. CONDORI CACÑAHUARAY, PEDRO

**TIPO DE EXCAVACION** : MANUAL

**PROFUNDIDAD** : 1.50m

**DESCRIPCION** :  
 De 0.00m a 1.00m terreno orgánico, color marrón, conformado por suelo semi orgánico, antrópicos con presencia de arena y limo, con presencia de raíces insipientes, hojas de ramas secas, estrato no adecuado para desplante de cimentación.

De 1.00m a 1.50m, según la inspección en campo corresponde a un tipo de depósito coluvial, terreno de color marronesco claro, conformados por un suelo de GRAVA BIEN GRADUADA CON LIMO Y ARENA que se cataloga en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un GW-GM y el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-2-4 (0), con gran presencia de material gravoso (54.93%), con cantidad de arena (38.66%) y cantidad de finos (6.41%), la fracción que pasa la malla N° 40 es ligeramente limosa, (no presenta índice plástico ni límite plástico, lo que indica que la fracción fina es limosa sin arcilla), con una compactación natural y cohesión de 0.01.



**NIVEL FREATICO** : No se encontro presencia de nivel freatico.

COLUMNA				
C - 01				
Escala. (m)	Profundid. (m)	Longitud Tramo (m)	SIMBOLO GRAFICO	Muestra Clasific. SUCS
0.25	1.00	1.00		M-1/E-1
0.50				
0.75				
1.00	0.50	0.50		M-2/E-2 GW-GM
1.25				
1.50				





**ANEXO II:  
REGISTROS DE LABORATORIO**





## SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**SOILTESTPERÚ**

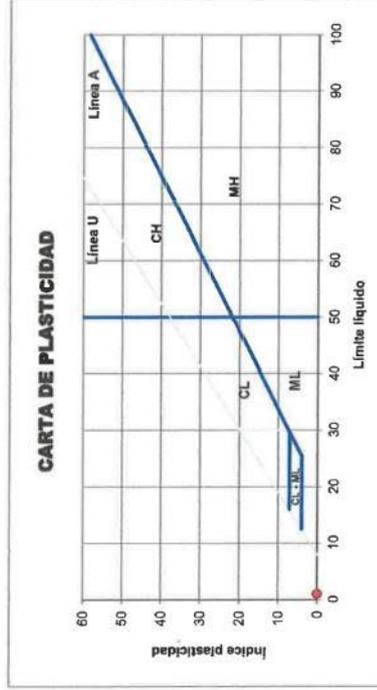
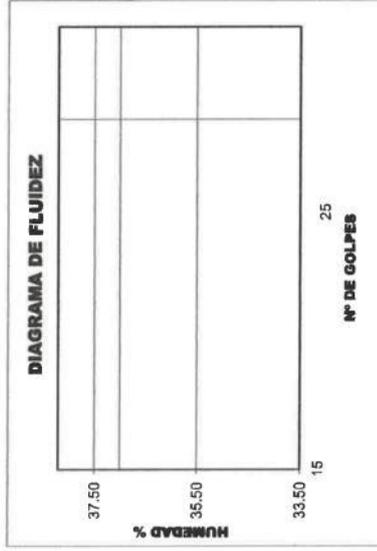
Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Solicitante : BACH. CONDORI CACRAHUARAY, PEDRO  
 Calle : C - 01  
 Muestra : E - 2  
 Lugar : TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

Region : AYACUCHO  
 Provincia : HUAMANGA  
 Distrito : AYACUCHO  
 Fecha : MAYO 2022

**SOILTESTPERÚ S.A.**  
 INGENIERÍA DE CONSULTORÍA EN OBRAS DE CONCRETO  
 CONTACTO: TEL: 966-206063

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)					LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)					LÍMITES DE CONSISTENCIA		
	1	2	3	4	5	4	5	LL (%) =	LP (%) =	LL - LP = IP (%) =			
recipiente	Unidades												
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N.P.		
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N.P.		
Peso del Recipiente	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N.P.		
Peso del Suelo Seco	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N.P.		
Peso del Agua	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N.P.		
Contenido de Humedad	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N.P.		
Número de Golpes	16					23					35		





SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

Proyecto

"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO 2022"

Solicitante

: BACH. CONDORÍ CACNAHUARAY, PEDRO

Califica

: C-01

Muestra

: E-2

Lugar

: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

Region

: AYACUCHO

Provincia

: HUAMANGA

Distrito

: AYACUCHO

Fecha

: MAYO 2022

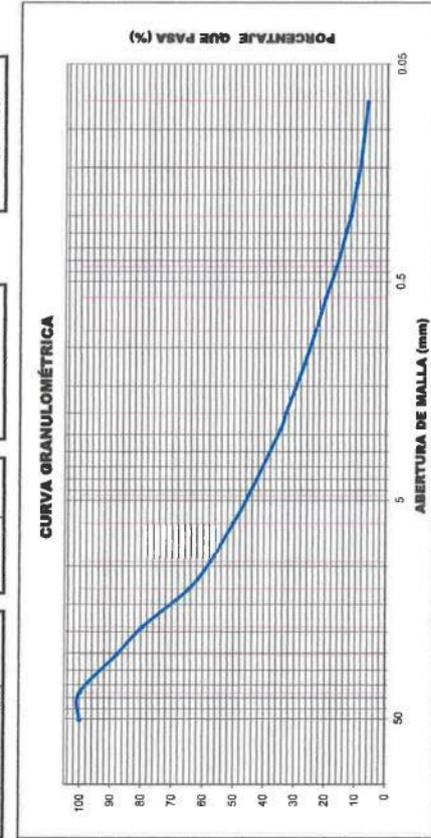


**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS  
(ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)**

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.000	100.00
1"	25.400	209.60	12.28	12.283	87.72
3/4"	19.050	140.70	8.25	20.529	79.47
1/2"	12.700	257.10	15.07	35.595	64.40
3/8"	9.525	117.90	6.91	42.505	57.50
1/4"	6.350	127.20	7.45	49.959	50.04
Nº 4	4.750	84.80	4.97	54.929	45.07
Nº 6	2.380	176.40	10.34	65.266	34.73
Nº 10	2.000	31.00	1.82	67.083	32.92
Nº 16	1.190	103.60	6.07	73.154	26.85
Nº 20	0.840	59.10	3.46	76.617	23.38
Nº 30	0.590	58.60	3.43	80.052	19.95
Nº 40	0.426	59.50	3.49	83.538	16.46
Nº 50	0.297	52.50	3.08	86.615	13.38
Nº 60	0.250	25.30	1.48	88.098	11.90
Nº 80	0.177	35.20	2.06	90.161	9.84
Nº 100	0.149	16.70	0.98	91.139	8.86
Nº 200	0.075	41.80	2.45	93.589	6.41
FONDO LAVADO		109.40	6.41	100.000	0.00
TOTAL		1706.40			

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA	
D10 (mm)	0.183
D30 (mm)	1.611
D60 (mm)	10.676
D15 (mm)	0.365
D50 (mm)	6.337
D85 (mm)	23.308
Cu =	58.44
Cc =	1.33

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	1706.40	% Grava	54.93
peso seco lavado (gr)	1597.00	% Arena	38.66
Pérdida por lavado (gr)	109.40	% Finos	6.41



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	(0)
GW-GM	GRAVA BIEN GRADUADA CON LIMO Y ARENA



SOILTESTPERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**SOILTESTPERÚ**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM D 3080, AASHTO T 236, MTC E 123)**

Proyecto	: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"		
Solicitante	: BACH. CONDORI CACÑAHUARAY, PEDRO	Región	: AYACUCHO
Calicata	: C-01	Provincia	: HUAMANGA
Estrato	: E-02	Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: 07/05/2022	Lugar	: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

**DATOS**

Estado : REMOLDEADO (MATERIAL < TAMIZ N° 4)  
 Profundidad : E-02  
 Tipo de Caja : CIRCULAR  
 Diámetro : 61.3 mm      Espesor muestra caja: 20.0725 mm

Tipo de ensayo :

**CORTE DIRECTO**

Especimen N°	A	B	C
Diámetro de la muestra (mm) :	61.33	61.33	61.33
Altura inicial de la muestra (mm) :	20.07	20.07	20.07
Densidad Humeda Inicial (tn/m3) :	1.97	1.97	1.97
Contenido de Humedad (%) :	9.00%	9.00%	9.00%
Densidad Seca Inicial (tn/m3) :	1.81	1.81	1.81
Deformación vertical despues de la consolidacion (mm)	0.160	0.210	0.500
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (mm)	19.91	19.86	19.57
Esfuerzo Normal (kgf/cm2)	0.42	0.85	1.69
Esfuerzo de Corte Maximo (Kpa)	27.08	49.08	101.55
Esfuerzo de Corte Maximo (kgf/cm2)	0.28	0.50	1.04

**LOS PARAMETROS GEOTECNICOS DE RESISTENCIA SON:**

Angulo de friccion interna  $\phi'$  (°) : 31.09

Cohesion  $C'$  (kg/cm2) : 0.01

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN LABORATORIO:**

NORMAL ( $\sigma$ )	ESFUERZO CORTANTE ( $\tau$ )				
	ENSAYO		AJUSTE		
	Kpa	Kg/cm2	Factor	Kg/cm2	Kpa
0.42	27.08	0.276	1.00	0.276	27.097
0.85	49.08	0.501	1.00	0.501	49.114
1.69	101.55	1.036	1.00	1.036	101.614

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 ING. LUIS A. TORRES LLACTAHUAMANI  
 CONSULTORA EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 C.P. 20101



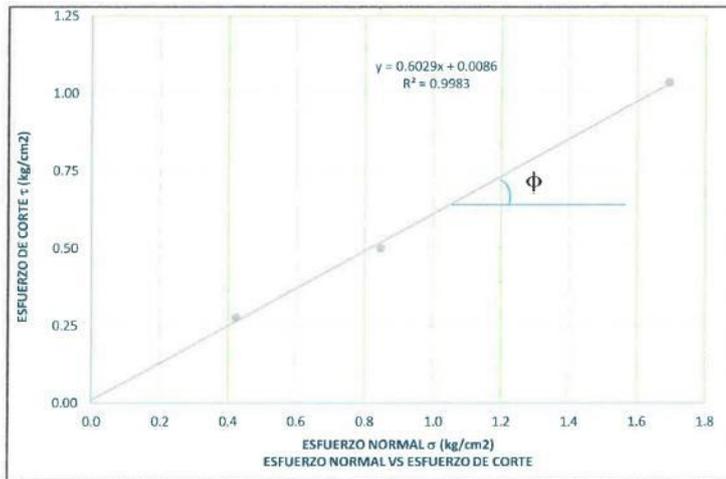
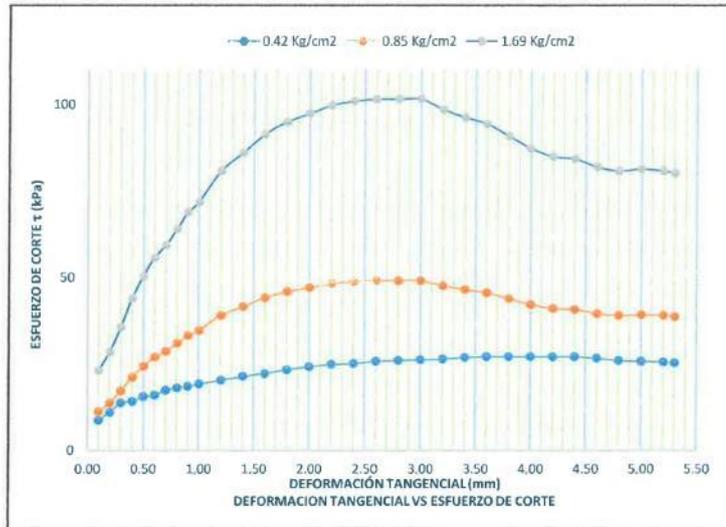
SOILTESTPERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

SOILTESTPERÚ

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080, AASHTO T 236, MTC E 123)

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"

Solicitante	: BACH. CONDORI CACRAHUARAY, PEDRO	Región	: AYACUCHO
Calicata	: C-01	Provincia	: HUAMANGA
Estrato	: E - 2	Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: 07/05/2022	Lugar	: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA



**SOILTEST PERÚ**  
 ING. LUIS J. ZEVALLOS LAZARUS  
 CONSULTORA EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 C.P. 20111

Angulo de fricción interna $\phi'$ (°) :	31.09°	Cohesion $C'$ (t) :	0.01 kg/cm <sup>2</sup> = 0.98 kN/m <sup>2</sup>
--	--------	---------------------	--



SOILTESTPERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

SOILTESTPERÚ

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080, AASHTO T 236, MTC E 123)

Proyecto	: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022"		
Solicitante	: BACH. CONDORI CACÑAHUARAY, PEDRO	Región	: AYACUCHO
Calicata	: C-01	Provincia	: HUAMANGA
Estrato	: E - 2	Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: 07/05/2022	Lugar	: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA

#### CONCLUSIONES:

1. En el Equipo de Ensayo de Corte Directo (CD), se emplea para conseguir la rotura de una muestra de suelo, según un plano determinado, con el fin de conocer experimentalmente los parámetros geotécnicos de Cohesión (C) y Angulo de Rosamiento ( $\phi$ ), que nos definen la resistencia del suelo, mayormente granular.
2. La determinación de las envolventes de falla y el desarrollo de criterio para interpretar y evaluar los resultados del ensayo se dejan a criterio del Ingeniero o el solicitante de la información.
3. Los resultados de los ensayos pueden ser afectados por la presencia de partículas de suelo o fragmentos de roca o ambos.
4. Las condiciones de prueba incluyendo el esfuerzo normal y la humedad ambiental son seleccionadas, las cuales representan las condiciones del suelo que son investigadas.
5. En el presente ensayo se ha determinado los siguientes parámetros de resistencia del suelo para la calicata (C-1):

Angulo de fricción interna $\phi'$ (°) :	31.09	(°)
Cohesion $C'$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.01	(kg/cm <sup>2</sup> )





**ANEXO III:  
CÁLCULO Y ANALISIS**





**CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE**

Muestreado por: Jean P.  
 Ensayado por: Jean P.  
 Fecha de Ensayo: 07/05/2022  
 Turno: Diurno

**PROYECTO**

**: 'EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, DEMIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSH-OVER DEL TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA, AYACUCHO - 2022'**

**SOLICITANDO**

**: BACH. CONDORI CACÑAHUARAY, PEDRO**

**PROVINCIA  
DISTRITO**

**: HUAMANGA  
: AYACUCHO**

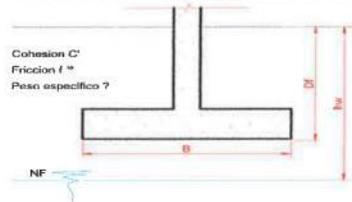
**LUGAR**

**: TEMPLO SANTA MARIA MAGDALENA**

**EXPLORACION**

**: C-01**

Cohesión C' (KN/m2)	=	0.98
Fricción φ 'º	=	31.09
Peso específico γ (KN/m3)	=	17.72
Profundidad de cimentación Df	=	1.8
Base de cimentación B (m)	=	1
Largo de cimentación (m)	=	1
Altura del nivel Freático (hw)	=	0
Peso específico saturado γsat (KN/m3)	=	19.32
Inclinación de carga sobre la cimentación (º)	=	0



**A) Calculo de la capacidad de carga por la formula de Vesic.**

qu = Capacidad Ultima de carga en la base.

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q' N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5 \gamma B N_y F_{ys} F_{yd} F_{yi}$$

donde:

c' = Cohesión  
 γ = Peso específico del suelo

- a). q' = Esfuerzo efectivo vertical en la fono de la cimentación
- b). Nc, Nq, Ny = Factores de capacidad de carga
- c). Fcs, Fqs, Fys = Factores por correccion de forma
- d). Fcd, Fqd, Fyd = Factores por correccion de profundidad
- e). Fci, Fqi, Fyi = Factores de Inclinacion de carga

a). El esfuerzo efectivo en el fondo de la cimentación:

$$q' = 31.90 \text{ KN/m}^2$$

b). Los factores de capacidad de carga, según Vesic 1973 es:

$N_q = \tan^2 (45 + \phi'/2) e^{m \phi'}$	=	20.85
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$	=	32.91
$N_y = 2 (N_q + 1) \tan \phi'$	=	26.35

c). Los factores de corrección por forma por De Beer 1970 son:

$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c)$	=	1.63
$F_{qs} = 1 + B/L \tan \phi'$	=	1.60
$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L$	=	0.60

d). Los factores por correccion de profundidad por Hanzen 1970 son:

$F_{cd} = 1 + 0.4 D_f / B$	=	1.72
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 D_f / B$	=	1.51
$F_{yd} = 1$	=	1.00

e). Los factores por correccion de inclinacion por Meyerhof 1963 son:

$F_{ci} = F_{qi} = (1 - B^\alpha / 90^\alpha)^2$	=	1.00
$F_{yi} = (1 - B^\alpha / \phi')^2$	=	1.00

*[Handwritten signature]*  
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP 227451

Los factores por corrección por compresibilidad del suelo por Vesic 1973 son:

1. Calcule el índice de rigidez crítica como:

$$I_{rc} = 0.5 (\exp((3.3 - 0.45 B/L) \cot(45 - \phi'/2)))$$

Irc =

Variación de Irc con $\phi'$ y B/L		
$\phi'$ grados	B/L = 0	B/L = 1
0	13	8
10	25	15
15	37	20
20	55	30
25	89	44
30	152	70
35	283	120
40	592	225

Por lo tanto Irc =

2. Calcule el índice de rigidez como:

$$I_r = E_s / (2(1 + \mu_s)(c' + q' \tan \phi')$$

Donde:

$E_s$  = Modulo de elasticidad del suelo drenado.

$E_s$  = m Pa

Donde:  $P_a$  = presión atmosférica (=100KN/m<sup>2</sup> o 2000lb/pie<sup>2</sup>)

$m$  =  $\begin{cases} 100 \text{ a } 200 \text{ para suelos sueltos} \\ 200 \text{ a } 500 \text{ para suelo medio denso} \\ 500 \text{ a } 1000 \text{ para suelo denso} \end{cases}$

$m$  =

$E_s = m P_a = 2548.42 \text{ tn/m}^2 = 25000.00 \text{ KN/m}^2$

$\mu_s$  = relación de poisson del suelo drenado

$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25)/20$  para  $25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$

$\mu_s = \text{input } 0.19$

$I_r = 518.98$

3. Si  $I_{rc} \leq I_r$ , entonces:

$F_{cc} =$	<input type="text" value="1.00"/>
$F_{qc} =$	<input type="text" value="1.00"/>
$F_{yc} =$	<input type="text" value="1.00"/>

Por lo tanto:

$q_u$  = Capacidad Ultima de carga en la base de la cimentación

$q_u = 1838.02 \text{ Kn/m}^2$

$q_u = 18.74 \text{ kg/cm}^2$

**B) Calculo de la capacidad de carga por Terzaghi.**

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresión:

$$q_u = c' N_c d_c S_c + q' N_q S_q + 0.5 \gamma' B N_y S_y$$

a). Influencia de la profundidad de cimentación, recomendados para la formula:

$d_c = \text{input } 1.00$  Según Skempton

b). Influencia de la forma de la cimentación, recomendados para la formula:

$S_c = 1 + 0.2 B/L =$	<input type="text" value="1.20"/>
$S_q = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L =$	<input type="text" value="1.90"/>
$S_y = 1 - 0.1 B/L =$	<input type="text" value="0.90"/>

c). Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

$\phi'$ corregido =	<input type="text" value="20.73"/>
C' corregido =	<input type="text" value="0.65"/>



$$Nq = (1 - \sin \phi') / (1 + \sin \phi') e^{2 \tan \phi'}$$

$Nq =$	6.88
$Nc = (Nq - 1) \cot \phi'$	15.54
$Ny = 1.5 (Nq - 1) \tan \phi'$	3.34

$$qu = 456.80 \text{ KN/m}^2$$

$$qu = 4.66 \text{ kg/cm}^2$$

0) La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$$qu = 4.66$$

$$qad = qu / FS$$

$$FS = 3.00$$

$$qad = 1.55 \text{ kg/cm}^2$$

### D) Asentamiento elástico de la cimentación

El asentamiento elástico, bajo una carga de trabajo vertical esta dado por:

$$S_e(\text{flexible}) = q_0 B (1 - \mu_s^2) I_f / E_s$$

Donde:

- $q_0$  = Presión neta aplicada sobre la cimentación
- $\mu_s$  = Relación de Poisson del suelo
- $E_s$  = Módulo de elasticidad del suelo bajo la cimentación.
- $B$  = base de la cimentación
- $I_f$  = factor en cm/m

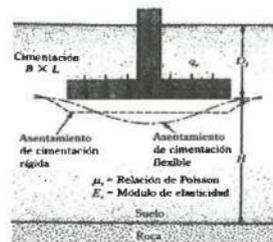


FIGURA 4.17 Asentamiento elástico de cimentaciones flexibles y rígidas

Cimentación	Valores de $I_f$ (cm/m)		
Cuadrada	Rígida		82
		Centro	112
	Flexible	Esquina	56
		Medio	95
Circular	Rígida		88
	Flexible	Centro	100
		Esquina	64
		Medio	85
Corrida (L/B =>10)	Rígida		210
	Flexible	Centro	254
		Esquina	127
		Medio	225
Rectangular (5=>L/B =>2)	Rígida		120
	Flexible	Centro	153
		Esquina	77
		Medio	130

$$\alpha = \frac{I_f}{L} = \frac{1}{300}$$

$$S_e = \frac{B q_0}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha \quad (\text{esquina de la cimentación flexible})$$

$$S_e = \frac{B q_0}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha \quad (\text{centro de la cimentación flexible})$$

Para cimientos cuadrados:  
 $q_0 = 15.52 \text{ tn/m}^2$

Se (rígido) =  
**Se (centro de la cimentación flexible) =**  
 Se (esquina de la cimentación flexible) =

0.48 cm	4.81 mm
<b>0.66 cm</b>	<b>6.57 mm</b>
0.17 cm	1.71 mm

ING. DIEGO ZEPEDA LACRUZ  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 C.P. 21211



**ANEXO IV:  
PANEL FOTOGRAFICO**



## PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N°01.- En la fotografía correspondiente a la Calicata C-01, se observa el estrato E-1, la presencia de un suelo orgánico con presencia de raíces y en el estrato E-02 se observa el material consolidado de limo y arena.



SOILTEST PERÚ S.A.  
ING. LUIS E. ZEPEDA C. C. C. T. HUANUCO  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
C.P. 27211

Fotografía N°02.-Calicata C-01, excavada en la edificación.





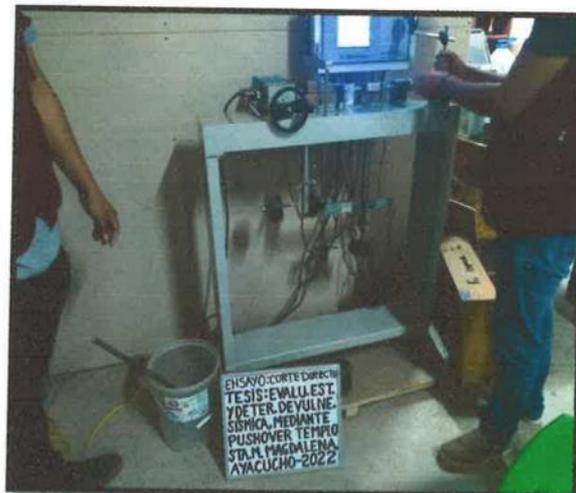
SOILTESTPERÚ



Fotografía N°03.- En la fotografía se observa el material de la calicata C-01, realizado a través del ensayo de granulometría.

SOILTEST PERU S.A.  
ING. LUIS J. ZEPEDA LACRUZ  
CONSULTORA EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP 28181

Fotografía N°04.- En la fotografía se observa al personal de laboratorio efectuando el proceso del ensayo de corte directo para la muestra de la Calicata C-01.





## ANEXO 8. Certificado de calibración de equipos.



# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 040 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_1$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	12000	12068	12068	12068	12068
20	24000	24117	24107	24082	24102
30	36000	36137	36127	36127	36131
40	48000	48183	48188	48183	48184
50	60000	60243	60238	60243	60242
60	72000	72279	72284	72294	72286
70	84000	84351	84356	84361	84356
80	96000	96387	96493	96478	96453
90	108000	108520	108515	108525	108520
100	120000	120577	120572	120577	120576
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
12000	-0.55	0.00	0.04	0.08	0.34
24000	-0.31	0.15	0.50	0.04	0.42
36000	-0.25	0.03	0.44	0.03	0.41
48000	-0.27	0.01	0.45	0.02	0.41
60000	-0.29	0.01	0.45	0.02	0.41
72000	-0.28	0.02	0.48	0.01	0.42
84000	-0.29	0.01	0.51	0.01	0.43
96000	-0.34	0.11	0.54	0.01	0.43
108000	-0.33	0.01	0.58	0.01	0.45
120000	-0.33	0.00	0.61	0.01	0.46

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.10 %



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 040 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50 - B - Comas - Lima - Lima

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.9 °C	21.6 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 002 - 20

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA  
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 040 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

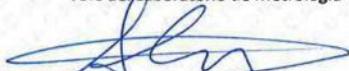
1. Expediente	0127-2021	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	ZEVALLOS LLACTAHUAMAN LUISANDY	
3. Dirección	A.H. COVADONGA MZA. T2 LOTE.4 1 CDRA ABAJO DEL PARADERO DE LA RUTA 13 AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO	Los resultados son válidos en el momento 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 reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	PERUTEST 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.
Capacidad	120000 kgf	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PC-120	
Número de Serie	1082	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIGH WEIGHT	
Modelo	315-X5P	
Número de Serie	1082	
Resolución	10 kgf	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Ubicación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2021-03-19	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-03-19

  
MANUEL ALEJANDRO ALLAGA TORRES





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 018-2021 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,31	0,24	No Aplica	No Aplica	0,00	0,050

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B632871732 / AHK2580, con incertidumbre del orden de 0,032 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 2047 – 2020.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C, con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de mediciones.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 018-2021 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

  
Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima

Teléfono: (01) 622 – 5814

Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: [servicios@gylaboratorio.com](mailto:servicios@gylaboratorio.com) / [laboratorio.gylaboratorio@gmail.com](mailto:laboratorio.gylaboratorio@gmail.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

NÚMERO 018-2021 GLF  
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE  
Tipo de Instrumento: EQUIPO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

**DATOS DE LA CALIBRACIÓN**

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0,20 N

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	N	N	N	No Aplica	N	No Aplica
10	200	201.53	201.53		201.04	
20	400	401.58	401.58		400.60	
30	600	601.13	601.62		601.62	
40	800	801.16	801.67		801.67	
50	1000	1001.71	1001.20	No Aplica	1001.20	No Aplica
60	1200	1201.75	1201.24		1201.24	
70	1400	1401.76	1401.76		1401.78	
80	1600	1601.82	1599.95		1601.31	
90	1800	1801.35	1801.84		1801.84	
100	2000	2001.87	2000.56		2001.74	
Indicación des pués de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN**

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
10	200	-0.68	0.24			0.100	#VALOR!
20	400	-0.31	0.24			0.050	#VALOR!
30	600	-0.24	0.08			0.033	#VALOR!
40	800	-0.19	0.06			0.025	#VALOR!
50	1000	-0.14	0.05	No Aplica	No Aplica	0.020	#VALOR!
60	1200	-0.12	0.04			0.017	#VALOR!
70	1400	-0.13	0.00			0.014	#VALOR!
80	1600	-0.06	0.12			0.013	#VALOR!
90	1800	-0.09	0.03			0.011	#VALOR!
100	2000	-0.07	0.07			0.010	#VALOR!
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 25.6 °C  
Temperatura Máxima: 26.7 °C

Humedad Mínima: 66.0 %Hr  
Humedad Máxima: 66.0 %Hr





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA**  
Calibration Certificate – Laboratory of Force

<b>OBJETO DE PRUEBA:</b> <i>Instrument</i>	<b>MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN</b>	Pág. 1 de 3
<b>Rangos</b> <i>Measurement range</i>	2 000 N	
<b>FABRICANTE</b> <i>Manufacturer</i>	G&L LABORATORIO	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	STZY-6	
<b>Serie</b> <i>Identification number</i>	200677	
<b>Ubicación de la máquina</b> <i>Location of the machine</i>	LAB. DE FERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C	
<b>Norma de referencia</b> <i>Norm of used reference</i>	NTC – ISO 7500 – 1 ( 2007 – 07 – 25 )	
<b>Intervalo calibrado</b> <i>Calibrated interval</i>	Del 10% al 100% del Rango	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGENIERIA & DESARROLLO	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	ASOC. COVADONGA MZ. T2 LT. 04 AYACUCHO – HUAMANGA – AYACUCHO	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	AYACUCHO	
<b>PATRON(ES) UTILIZADO(S)</b> <i>Measurement standard</i>		
<b>Tipo / Modelo</b> <i>Type / Model</i>	T31P / DEF – A	
<b>Rangos</b> <i>Measurement range</i>	500 kg	
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS / KELI	
<b>No. serie</b> <i>Identification number</i>	B632871732 / AHK2580	
<b>Certificado de calibración</b> <i>Calibration certification</i>	N° CC – 2047 – 2020	
<b>Incertidumbre de medida</b> <i>Uncertainty of measurement</i>	0.032 %	
<b>Método de calibración</b> <i>Method of calibration</i>	Comparación Directa	
<b>Unidades de medida</b> <i>Units of measurement</i>	Sistema Internacional de Unidades ( SI )	
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b> <i>Date of calibration</i>	2021 – 01 – 19	
<b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b> <i>Date of issue</i>	2021 – 01 – 23	
<b>NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS</b> <i>Number of pages of certificate and documents attached</i>	3	
<b>FIRMAS AUTORIZADAS</b> <i>Authorized Signatures</i>		
		
<b>Téc. César A. Huamán Paquima</b> <i>Responsible of Laboratory of Metrologia</i>		





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-010-2022

Página 2 de 2

### 6. Método de Calibración

La calibración ha sido realizada por el método de comparación de valores de humedad directo con el método de "Determinación de Humedad" utilizando equipos de laboratorio (Secado en horno y pesado en balanza), de acuerdo a la norma ASTM D 2216

### 7. Lugar de calibración

En el laboratorio de Presión de PERUTEST S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50B - Comas - Lima

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 °C	21.8 °C
Humedad Relativa	64%	64%

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
ELICROM	Manómetro Digital con Incertidumbre 0.15	CCP-1315-001-21

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

### 11. Resultados de Medición

En la siguiente tabla se presentan la series de los resultados obtenidos :

Lectura del equipo a calibrar (% de Humedad)	Humedad ensayada (% de Humedad)
0.0	0.0
5.0	5.0
9.8	10.0
14.9	15.0
19.9	20.0



Fin del documento

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT- LP - 010 - 2022

Página 1 de 2

1. Expediente	02120-2022	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	ZEVALLS LLACTAHUAMAN LUIS ANDY	Los resultados son válidos en el momento 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 reglamento vigente.
3. Dirección	A.H. COVADONGA MZA. T2 LOTE.4 1 CDRA ABAJO DEL PARADERODE LA RUTA 13 AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO	PERUTEST 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.
4. Instrumento de Medición	PROBADOR DE HUMEDAD (SPEEDY)	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Alcance de indicación	0% a 20%	
División de Escala / Resolución	0.20%	
Capacidad	10 g	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PT-SP	
Número de Serie	1256	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Tipo	ANALOGICO	
5. Fecha de Calibración	2022-06-17	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-06-17

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

## ANEXO 9: Captura de pantalla turnitin.

Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>11</b> %	<b>11</b> %	<b>2</b> %	<b>2</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>2</b>	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<a href="https://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>5</b>	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<a href="https://repositorio.usfq.edu.ec">repositorio.usfq.edu.ec</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<a href="https://vri.unsa.edu.pe">vri.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %

ANEXO 10: Normativa.



PERÚ

Ministerio  
de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

Vicesecretaría de  
Vivienda y Urbanismo

Dirección Nacional  
de Cálculo

**ICI INGESOFT**

**NORMA TÉCNICA**

**ESTRUCTURAS**

**E.020**

**CARGAS**



PERÚ

Ministerio  
de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

Viceministerio de  
Vivienda y Urbanismo

Dirección Nacional  
de Urbanismo

**ICI INGESOFT**

NORMA TÉCNICA

**ESTRUCTURAS**

**E.030**

**Diseño**

**SISMORRESISTENTE**



PERÚ

Ministerio  
de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

Viceministerio de  
Vivienda y Urbanismo

Dirección Nacional  
de Urbanismo

**INGESOF**

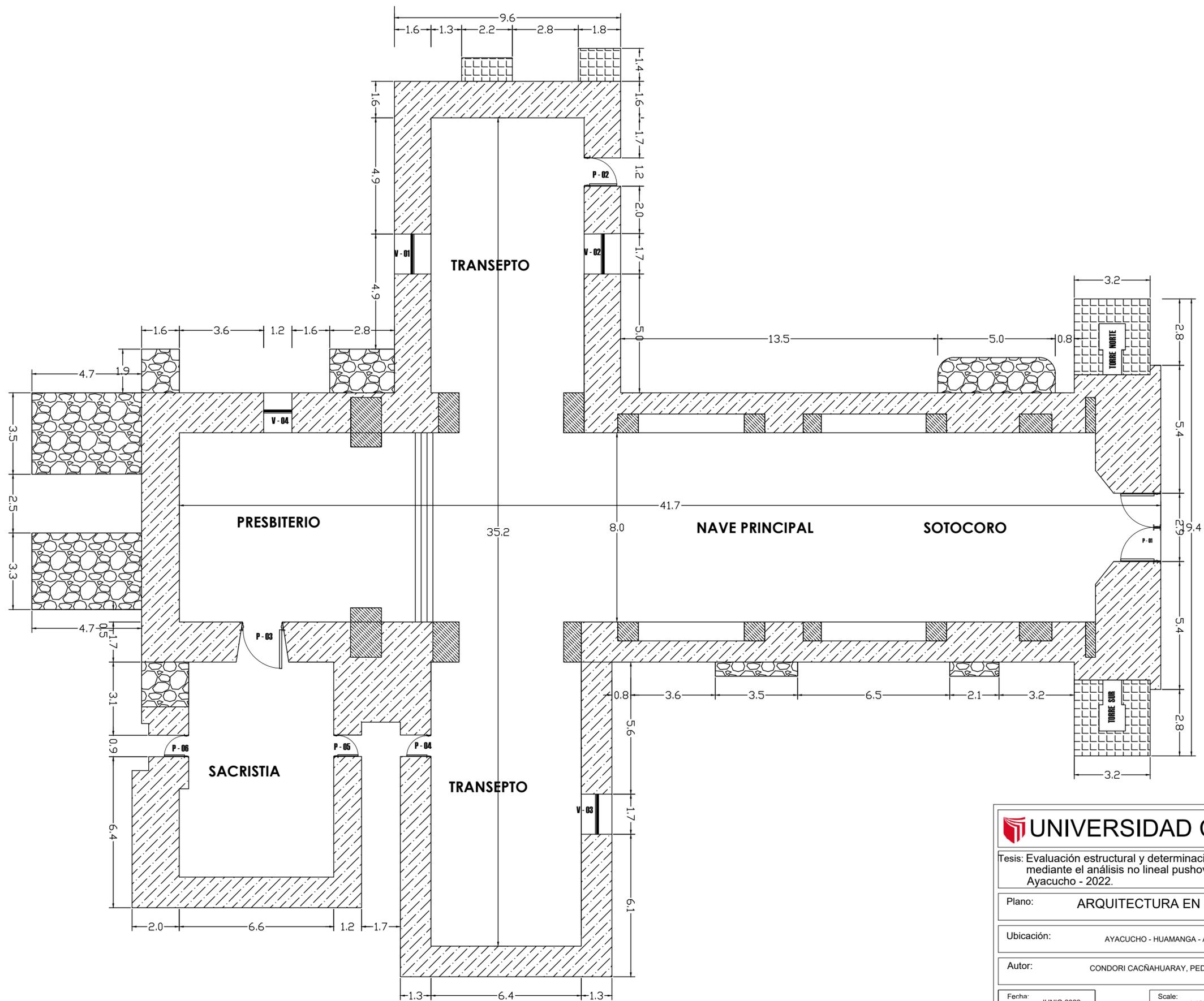
NORMA TÉCNICA

**ESTRUCTURAS**

**E.070**

**ALBAÑILERÍA**





 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
Tesis: Evaluación estructural y determinación de la vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis no lineal pushover del templo Santa María Magdalena Ayacucho - 2022.	
Plano:	ARQUITECTURA EN PLANTA
Ubicación:	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Autor:	CONDORI CACÑAHUARAY, PEDRO
Fecha:	JUNIO 2022
Scale:	1:120

A-01

**ANEXO 12: Panel fotográfico.**

**GEOMETRIA Y MUROS DE MAMPOSTERIA DE ROCAS Y ADOBE.**



## EXTRACCION DE MUESTRA DE ADOBE Y MORTERO.



## APERTURA DE CALICATA



## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA NO DESTRUCTIVO EN ROCAS





**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**



**ENSAYO DE GRANOLUMETRIA Y ATTERBERG**



## ENSAYO DE ROTURA DE CUBOS DE ADOBE

