



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.

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

AUTOR:

VALDEZ PARIONA, Máximo Gerónimo (ORCID: 0000-0003-0538-9644)

ASESOR:

Dr. MUÑIZ PAUCARMAYTA, Abel Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

Para el impulso de mi vida, mi familia me enseñó el valor de los pequeños detalles; a mi esposa y a mis padres, han estado a mi lado, brindándome apoyo y confiando en mí.

Agradecimiento

Mi agradecimiento inicial va dirigido a la Universidad César Vallejo que me fortaleció en mi formación como ingeniero civil y de la misma manera al Dr. Alberto Muñiz Paucarmayta por su apoyo y guía para culminar de manera exitosa esta tesis.

Índice de contenido

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	vii
Contenido de tablas	xi
Contenido de figuras	xii
Resumen	xiv
Abstrac	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO TEÓRICO.	20
III. METODOLOGÍA	29
3.1 Tipo y diseño de investigación	29
3.1.1 Método: científico	29
3.1.2 Tipo: Aplicada	29
3.1.3 Nivel: Explicativo.....	29
3.1.4 Diseño: Cuasi experimental	30
3.2 Variables y operacionalización	30
3.2.1 Variable 1: Metodologías convencionales	30
3.2.2 Variable 2: Comportamiento estructural.....	31

3.3	Población, muestra y muestreo	31
3.3.1	Población	31
3.3.2	Muestra	31
3.3.3	Muestreo	32
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.4.1	Técnicas: Observación directa.....	32
3.4.2	Instrumentos: Ficha de recopilación de información.....	32
3.4.3	Validez.....	32
3.4.4	Confiabilidad	33
3.5	Procedimiento	35
3.5.1	Descripción de la zona de estudio.....	35
3.5.2	Estudios de laboratorio.....	35
3.6	Métodos de análisis de datos	36
3.6.1	Cuantificación de los cambios que alcanzan los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.....	36
3.6.2	Determinación de los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.....	45
3.6.3	Estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales	48
3.6.4	Determinación del comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.	50
IV.	RESULTADOS.....	60
4.1	Cuantificación de los cambios que alcanzan los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.....	60

4.2	Determinación de los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.....	61
4.3	Estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.....	62
4.4	Determinación del comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.....	63
V.	DISCUSIÓN.....	65
VI.	CONCLUSIONES.....	68
VII.	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIAS.....	70
	ANEXOS.....	76

Contenido de tablas

Tabla 1 : Esfuerzos en los elementos tipo Shell	25
Tabla 2: Clasificación de perfiles de suelo.	27
Tabla 3 : Límite de distorsión de entrepiso.....	28
Tabla 4:Rango de validez.....	33
Tabla 5:Validez del instrumento de las variables:v1 y v2 por juicio de expertos.....	33
Tabla 6:Rango de confiabilidad	34
Tabla 7: Resumen medrado de carga.....	39
Tabla 8: Resumen medrado de carga.....	39
Tabla 9: Propiedades elásticas de los materiales	40
Tabla 10: Interfaz del suelo	40
Tabla 11:Resumen de máximos desplazamientos (m).....	42
Tabla 12:Desplazamientos máximos laterales (m).	44
Tabla 13: Esfuerzos máximos laterales.....	45
Tabla 14: Esfuerzos máximos y mínimos	46
Tabla 15: Esfuerzos máximos y mínimos	47
Tabla 16: Esfuerzos máximos y mínimos.	47
Tabla 17:Resumen de parámetros del diseño sismoresistente	49
Tabla 18:Valores de espectro respuesta aceleración espectral.....	49
Tabla 19: Cálculo del índice de vulnerabilidad de la iglesia San Cristóbal.....	51
Tabla 20:Resumen de deformaciones lineales y angulares	56
Tabla 21: Resumen de deformaciones lineales y angulares	56
Tabla 22: Máximos desplazamientos laterales (m).....	58
Tabla 23: Esfuerzos laterales mínimo y máximo.....	59

Contenido de figuras

Figura 1:Techo en estado de colapso	Figura 2:Filtración del tejado en muros	18
Figura 3 Relación de fuerza y desplazamiento		24
Figura 4:Deformación máxima	Figura 5: Deformaciones	25
Figura 6:Niveles de desempeño en la curva de capacidad		26
Figura 7:Generación de la geometría del modelado		40
Figura 8: :Generación del Mesh		41
Figura 9: Modelo de la iglesia en elementos finitos actual		41
Figura 10: Desplazamiento del propuesta de reforzamiento		42
Figura 11:Desplazamiento vs deformación		42
Figura 12 :Selección de nodos y máximos desplazamientos		43
Figura 13:Desplazamiento máximo en dirección X		43
Figura 14: Modelamiento del campanario		44
Figura 15: Modelamiento del campanario		44
Figura 16:Modelo para condición actual con análisis estático no lineal		45
Figura 17: Modelo para condición actual con análisis modal espectral		45
Figura 18: Modelo de la iglesia en elementos finitos actual		46
Figura 19: Esfuerzo máximo en dirección Y		46
Figura 20:Esfuerzo máximo en dirección X		46
Figura 21: Esfuerzo máximo en dirección Y		47
Figura 22:Esfuerzo máximo en dirección X		47
Figura 23:Espectro respuesta de pseudo aceleración		50
Figura 24: Trazo de ejes en planta		52
Figura 25:Dimensionamiento de muros		52
Figura 26: Reforzamiento con contrafuertes, planta		54
Figura 27: ubicación de puntos de control del actual de la propuesta		55
Figura 28: Refuerzo con mallas de acero o geomalla		55
Figura 29: Formación de grietas en la estructura de la nave principal		56
Figura 30: Modos típicos de daños observados en edificios de adobe		57
Figura 31: El principal punto de falla: la flexión fuera del plano del muro		57

Figura 32: Desplazamientos para ambas alternativas.....	57
Figura 33:Desplazamientos y factores de carga.	58
Figura 34: Modelamiento de la nave principal push X.....	58
Figura 35: Modelamiento de la nave principal push Y.....	58
Figura 36:Modelo con normal y modelo propuesto.	59
Figura 37:Modelo para condición actual y con refuerzos.....	59
Figura 38: Desplazamientos laterales máximos en dirección Y.	60
Figura 39: Esfuerzos laterales del modelo actual y propuesto.....	61
Figura 40: Diagrama de aceleración espectral	63
Figura 41: Desplazamientos laterales para ambas alternativas.	64

Resumen

En la presente investigación **titulado:** Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020, fijo por **objetivo:** determinar el comportamiento estructural de Monumentos Históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020. Como **metodología,** se aplicó el método del análisis no lineal o pushover, aplicado con elementos finitos se podrá caracterizar el efecto de comportamiento estructural de Monumentos Históricos de la iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020, del tipo: aplicada, del nivel: aplicado y diseño: cuasi experimental.

Los **resultados:** en este proyecto presenta el análisis del comportamiento estructural de un templo en adobe con fines de restauración, tratándose de un templo de dimensiones considerables a fin de evaluar su estado ante los sismos. Los cimientos se basan en enrocados hasta el nivel del suelo, las paredes son de composición de adobe.

La investigación muestra como **conclusión:** que contribuya a la conservación y salvaguarda del patrimonio histórico-cultural tiene que considerar la restauración estructural, que debe partir a través de un trabajo interdisciplinario que implica la investigación histórica, arquitectónica y estructural, siendo de gran ayuda para la construcción de modelos computacionales para encontrar las distintas patologías que podría presentar la estructura.

Palabras claves: Análisis Modal Pushover; Restauración estructural; Revaloración de templos históricos; Análisis Modal Espectral; Diseño Sismoresistente.

Abstract

In the present investigation entitled: Structural behavior of the Historical Monument through conventional methodologies - San Cristóbal church, Ayacucho 2020, set by objective: to determine the structural behavior of the historical monument analyzed through conventional methodologies - San Cristóbal church, Ayacucho 2020. As a methodology, it was applied The non-linear pushover analysis method, applied with finite elements, will be able to characterize the effect of structural behavior of the Historic Monument of the San Cristóbal church, Ayacucho 2020, of the type: applied, of the level: applied and design: quasi experimental

The results: this project presents the analysis of the structural behavior of an adobe temple for restoration purposes, being a temple of considerable dimensions in order to evaluate its condition in the event of earthquakes. Their foundations are based on rock walls up to ground level, the walls are made of adobe composition in general with the use of conventional methodologies.

The research shows as a conclusion: that contributes to the conservation and safeguarding of the historical-cultural heritage has to consider structural restoration, which must start through an interdisciplinary work that implies historical, architectural and structural research, being of great help for the construction of computational models to find the different pathologies that the structure could present.

Keywords: Modal Pushover Analysis; Structural restoration; Revaluation of historical temples.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los Monumentos Históricos son construcciones patrimoniales de la etapa colonial con arquitectura basada en adobes, que cuentan como parte de la identidad cultural de nuestra ciudad y que debe ser preservada por su valor cultural y fuente de ingreso del turismo. Además, nuestra ubicación no es ajena a la alta actividad sísmica que presenta el Perú, debido a la fragilidad del adobe que por lo general compone los edificios históricos. En el plano internacional Sánchez (2013), la vulnerabilidad sísmica de los edificios históricos de mampostería de Chile: aplicación a la Torre Español de Valdivia durante décadas, la protección de edificios históricos una discusión de ingeniería civil y la investigación, en Chile, un país propenso a terremotos, el patrimonio arquitectónico ha sido golpeado por terremotos, y lo seguirá siendo. Para proteger nuestro importante patrimonio histórico, es necesario fortalecer las estructuras más frágiles para enfrentar futuros terremotos. Por eso se ha convertido en el principal objetivo del análisis de ingeniería encontrar la mejor solución desde la perspectiva de la mínima intervención y lograr un equilibrio entre la máxima seguridad de la estructura y la protección original.

A nivel nacional Esquivel (2009), en cuanto a la justificación de los resultados, es muy valioso el estudio de la deformabilidad es función del daño. Posible en estructura y comportamiento de la estructura en toda la edificación.

Los problemas relacionados con la presentación de los monumentos históricos son estructuras más vulnerables de arquitectura de adobe, se debe realizar un adecuado refuerzo estructural ante un evento sísmico, de la misma forma salvaguardar la integridad total de la edificación para poder mantener la originalidad.

El problema viene pasando debido a la antigüedad que se encuentran los monumentos históricos, se encuentran en estado de abandono por parte de las instituciones del estado, están ocasionando gran pérdida silenciosa de nuestro patrimonio, estas edificaciones históricas en la antigüedad que encuentran necesitan las restauraciones adecuadas.

Este problema se presenta desde la presencia de eventos sísmicos y la antigüedad en las que encuentran los monumentos históricos. Por otra parte la vibración que presentan los automotores que vienen circulando están causando daños ya que estas estructuras de los monumentos históricos son frágiles ante cualquier vibración o movimiento sísmico que son irreparables los daños causados, por eso se tiene que realizar un adecuado análisis estructural antes de realizar las restauraciones ya que a la fecha se está realizando las restauraciones estructurales sin ningún análisis estructural.

El problema se presenta desde los malos procesos constructivos de las edificaciones civiles y religiosas de los patrimonios arquitectónicos y por la antigüedad en las que se encuentran las edificaciones de los monumentos históricos.

Se presenta mediante las fisuras, rajaduras, asentamientos diferenciales en los ejes longitudinales y transversales de las estructuras, causarán daños irreversibles en los monumentos históricos y son consideradas como patrimonio cultural de la nación.

Perjudica directamente a los habitantes que ocupan y se encuentran en riesgo por las fallas estructurales ante eventos de sísmicos que se presentan, estos pueden producir una cantidad de pérdidas económicas y vidas humanas si no realizan las restauraciones adecuadas.

Una alternativa de solución es mediante un adecuado refuerzo estructural con contrafuertes de acuerdo a la norma (E-0.80 Adobe) para salvaguardar y conservar los monumentos de edificaciones civiles y religiosas ya que a la fecha se encuentran en abandono por parte de las autoridades. Estas edificaciones son consideradas como patrimonio cultural de la nación, conserva las imperfecciones de los edificios básicos, como los monumentos históricos de la iglesia. Con base en lo anterior, la investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento estructural de monumentos históricos mediante metodologías convencionales de la iglesia San Cristóbal.



Figura 1:Techo en estado de colapso Figura 2:Filtración del tejado en muros

Como se observa en las imágenes son daños estructurales ocurridos durante evento sísmico y las inadecuadas restauraciones, estas estructuras se encuentran en abandono, vienen ocasionando las pérdidas silenciosas de nuestros patrimonios arquitectónicos, durante diferentes generaciones debería haberse conservado y salvaguardado los patrimonios históricos; por eso se considera como realidad problemática.

Analizando la **realidad problemática** es preciso la formulación del problema, considerando como **problema general**: ¿Cuánto cambia el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales-iglesia San Cristóbal 2020? como problemas específicos; **la primera** ¿Cuánto cambian los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020? **la segunda** ¿Cuánto varían los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020? y **la tercera** ¿Qué valores alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020?.

Continuando la secuencia del nuevo esquema de proyectos de investigación se muestra la **justificación del problema**; desde el punto de **vista teórico**, la investigación tiene como finalidad preservar los monumentos históricos y restaurar los daños de los materiales ante la ocurrencia de un sismo ya que en el país, existe una gran cantidad edificaciones civiles y religiosos

considerados como monumentos históricos como casonas e iglesias que están en funcionamiento, muchas de ellas que necesitan hacer un refuerzo estructural para no atentar contra un monumento histórico. Desde la perspectiva **práctica** no se está tomando en cuenta el análisis estructural en las restauraciones de los monumentos históricos de las iglesias frente a la ocurrencia sísmico. Finalmente, en lo **metodológico**, en la restauración de comportamiento estructural en edificaciones religiosas permitirá la recuperación integral de la iglesia San Cristóbal como modelo para la reparación de otros patrimonios en la región de Ayacucho.

La investigación fija como **objetivo general**: Determinar el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020. Como **objetivo específico**; la **primera** Cuantificar los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020; la **segunda** Determinar los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020 y la **tercera** estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020

Planteado los problemas y fijados los objetivos que formula las **hipótesis**, teniendo la **hipótesis general** El comportamiento de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales cambia significativamente - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020. Las **hipótesis específicas**; la **primera**: Los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos son mayores analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020; la **segunda** Los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020 y la **tercera** Estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020

II. MARCO TEÓRICO.

En los trabajos previos como **antecedentes nacionales**, según Díaz (2015) en la tesis de grado **titulado**: “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona espinach – ex palacio municipal de la ciudad de Cajamarca”, fijo como **objetivos**: usando el programa de ingeniería de análisis estructural para determinar el esfuerzo cortante sísmico de cada nivel del muro de carga de la misma manera comparar con el esfuerzo permisible determinado por la norma E.080-Adobe para determinar el comportamiento de la estructural.

Aplicando una **metodología**: del tipo, nivel de diseño para evaluar la vulnerabilidad sísmica se utilizan múltiples estándares: para evaluar la vulnerabilidad en adobe se utilizan dos formatos técnicos desarrollados en MS Excel y se analiza el nivel de riesgo sísmico de la vivienda mediante cálculos numéricos.

Obtuvo como **resultados** desplazamientos máximos mediante análisis modal espectral en la dirección X es de 0.153 m y para la dirección en Y es de 0.045 m, para metodologías convencionales análisis modal espectral se obtuvo los resultados en dirección X de 0.16201 m y para la dirección Y de 0.1730 m.

Finalmente, fija como **conclusiones**: se determinó el comportamiento de la estructura, usando el programa de Ingeniería en Análisis Estructural SAP 2000 V17.2, en el cual se comprobó, que la estructura falla por sismo, los valores obtenidos de esfuerzos cortantes son mayores que 0.25 kg/cm² que es el esfuerzo admisible según la norma E. 080.

En seguida para Salvatierra (2017) en la tesis de grado **titulado** : “Sistema de refuerzo estructural contemporáneo en el coliseo municipal de Huancayo en la región Junín 2017”, se planteó como **objetivo**: determinar la resistencia actual del muro de adobe y proponer un sistema de refuerzo estructural contemporáneo en el coliseo municipal de Huancayo en la región Junín 2017, de la misma forma analizar la influencia de la madera de confinamiento para el refuerzo estructural del coliseo municipal de Huancayo.

Empleando la **metodología**: el tipo de investigación de acuerdo a las variables propuestas y el objetivo general y específico de la investigación es de tipo aplicada, el diseño es experimental.

Obtuvo como **resultado** de las aceleraciones espectrales en muestra los valores de aceleración espectral para un periodo de 0 a 10 segundos a un intervalo de 0.1 segundos con aceleración espectral de 1.453 m/s² hasta 0.017 m/s² en un intervalo de 10 segundos.

En este estudio se obtuvo la **conclusión**: plantea el método de refuerzo estructural contemporáneo con vigas de confinamiento, unidas con pernos de anclaje y láminas metálicas en cada junta, generando que el modelo idealizado con este tipo de refuerzo permitirá observar un desempeño superior en caso de evento sísmico en comparación con el modelo sin refuerzo.

Finalmente para Quispe (2017) en la tesis de grado **titulado**: “Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural de la Capilla Cristo Pobre de la beneficencia de Puno”, planteándose encontrar el siguiente **objetivo**: Realizar un estudio que evalué el estado actual y proponer una propuesta de refuerzo estructural, de la Capilla “Cristo Pobre” de la caridad de Puno, determinar el sistema estructural para identificar áreas vulnerables de la estructura de la Capilla “Cristo Pobre”, proponer el refuerzo estructural para la restauración de la Capilla de adobe “Cristo Pobre. Empleando la **Metodología**: del tipo descriptiva ya que se pretende describir los hechos, por tanto está orientada al conocimiento de la realidad.

Obteniendo como **resultado** obtuvo como resultado de los esfuerzos mínimos y máximos mediante análisis modal espectral en la dirección X de (-3.74;1.22) kg/cm² y para la dirección en Y de (-4.11;0.52) kg/cm², para metodologías convencionales análisis modal espectral se obtuvo los resultados en dirección X de (-1.81;4.58) kg/cm² y para la dirección Y de (3.84E-5;3.86) kg/cm² .De la misma forma obtuvo como resultado del comportamiento estructural con refuerzo estructural analizados, el máximo desplazamiento de todo los puntos para el sentido X-X ; en el sentido Y-Y es $(\Delta_i / h_{ei}) = 0.0024 \leq 0.005$, por lo tanto cumple con la Norma Técnica E-030, En este estudio se obtuvo la

conclusión: La Capilla “Cristo Pobre” muestra daños en su estructura. Hay desplazamiento de muros, fisuras, desprendimiento parcial de bloques y en estado de emergencia con apuntalamiento provisional. Por estos motivos, la Capilla requiere una intervención que considere el refuerzo estructural y la reparación de elementos deteriorados, con el fin de asegurar la estabilidad de la estructura.

Seguidamente, el **antecedentes internacionales** para (Lopez et al, 2017) en la tesis de grado **título** : “aplicar la metodología de evaluación estructural mediante el desempeño sísmico para la para la edificación del ala norte de la facultad de medicina - universidad del Salvador, fijo como **objetivos:** determinar el punto de desempeño estructural que alcanzaría el edificio bajo análisis, para las condiciones existentes.

Obtuvo como **resultado** en todas las condiciones consideradas, el valor de desplazamiento correspondiente al punto de desempeño está dentro del rango correspondiente al punto de desempeño de seguridad humana (27,10 cm- 54,20 cm)

En este estudio llego a la **conclusión:** que el objetivo de desempeño se cumpla dentro de los límites de aceptabilidad global en los tres escenarios analizados, de la misma forma el objetivo de desempeño se cumpla dentro de los límites de aceptabilidad de elementos.

Para Pesantes (2020) en la tesis de grado **titulado:** “Comportamiento sísmico de paredes de adobe en el plano”. Aplicando una **metodología:** el análisis con el método del empuje incremental (pushover) es un cálculo estático no lineal para el análisis sísmico de estructuras.

Obtuvo como **resultado** se asemejan al original en máxima resistencia y desplazamiento, en cualquiera de sus combinaciones, no da buenos resultados, lo que puede deberse al parámetro ALR que influye en su formulación, haciendo que el corte tome un valor muy alto.

Finalmente, fija como **conclusiones**: se deben realizar más ensayos de muros a escala 1: 1, de diferentes tipos, prestando especial atención a todo el proceso, para obtener un resultado más claro del comportamiento de cada muro y su verdadera resistencia; Esto es fundamental para el futuro ajuste de los diferentes modelos y también se podría intentar utilizar alguna otra formulación, para probar si estos se ajustan mejor al comportamiento dado en el adobe.

En cuanto a las **teorías relacionadas al tema** se revisaron conceptos correspondientes a las variables y sus respectivas dimensiones.

Sobre la variable 1: Metodologías convencionales, según autor Alonso (2015) los cálculos de estructuras convencionales es evaluar los resultados obtenidos mediante métodos de cálculo estático no lineal. Además de conocer de antemano el refuerzo de cada parte, es necesario conocer la base de comparación de desplazamiento y esfuerzo cortante (p.85) simultáneamente. En seguida Autor Ayuque (2015) realizar métodos de análisis sísmico convencionales en análisis estructural y modelado de diseño de acuerdo con los métodos convencionales del programa ETABS. Los requisitos de la norma E.030 y el método de análisis estructural se muestran el desplazamiento relativo. Estos desplazamientos relativos son menores a 0.007 cm (pág. 34).

Esta variable a su vez está estructurada mediante sus dimensiones; como **primera dimensión**, Análisis estático no lineal según Alonso (2017), existe una buena correspondencia entre el desplazamiento obtenido por el método del espectro de capacidad se puede concluir que se pueden obtener desplazamientos más precisos aplicando cálculos estáticos no lineales, que usando métodos basados en fuerzas.

Cortante basal, la siguiente figura se obtiene esfuerzo cortante básico se obtiene en el diagrama esquemático de la curva de capacidad obtenida, indicando los principales valores del esfuerzo cortante básico.

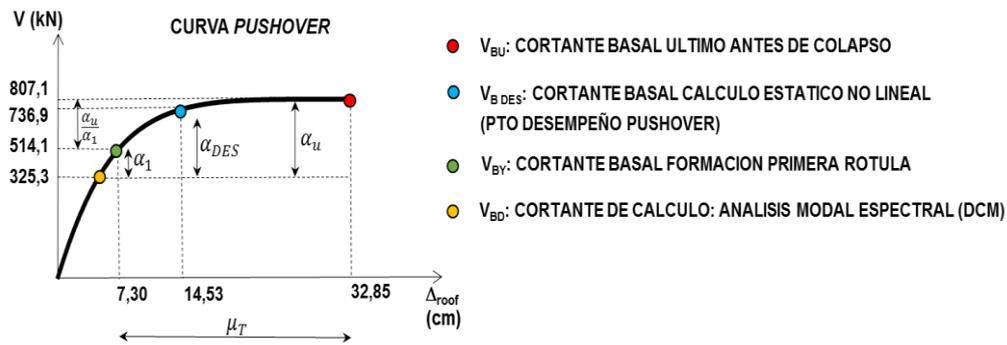


Figura 3 Relación de fuerza y desplazamiento

Fuente: Alonso (2017)

Aceleración espectro capacidad, el procedimiento es verificar curva de capacidad o empuje e importancia de diseño, los procedimientos a seguir son:

$$S_a = \frac{V_b}{\alpha_m M_t} \dots\dots\dots(\text{Ec. 1.2})$$

$$S_d = \frac{\delta_t}{FT \phi_{t,1}} \dots\dots\dots(\text{Ec. 2.2})$$

$$PF_1 = \frac{(\sum_r^N m_r \phi_{r,1})}{(\sum_r^N m_r \phi_{r,1}^2)} \dots\dots\dots(\text{Ec. 3.2})$$

$$\alpha_m = \frac{(\sum_r^N m_r \phi_{r,1})^2}{(\sum_r^N m_r)(\sum_r^N m_r \phi_{r,1}^2)} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.2})$$

Convierta el espectro de diseño con amortiguamiento ($\xi == 5\%$) al forma ADRS. Use expresiones para esto:

$$S_{de} = \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} \dots\dots\dots (\text{Ec. 5.2})$$

Donde:

M_t : masa total masa total

α_m : modal de masa del modo fundamental

PF_1 : Factor de participación modal

Periodo fundamental para el cálculo el período básico de un sistema equivalente:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y}{F_y^*}} \dots\dots\dots(\text{Ec. 6.2})$$

Se concluye con la primera dimensión está en (pág. 169).

En seguida se considera la segunda dimensión, Elementos finitos según Quispe (2017). Elementos finitos, el propósito del análisis estructural es determinar el campo de tensión o deformación de la estructura y sus elementos, que define la fuerza en la sección del miembro de flexión.

Las deformaciones, en la siguiente figura muestran las deformaciones máximas en 3D. Las deformaciones de la estructura se encuentran en la parte más crítica de las estructuras los resultados de las deformaciones lineales se determina en unidades de cm se detalla en las figuras.

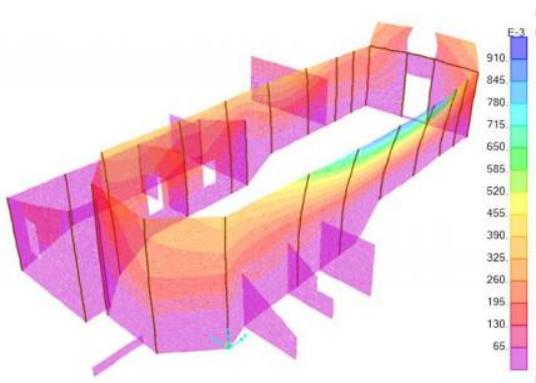


Figura 4: Deformación máxima

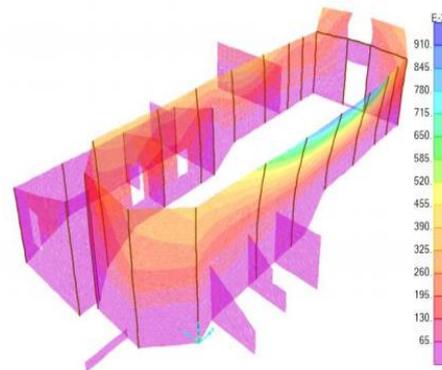


Figura 5: Deformaciones

Fuente: (Quispe M. Y., 2017).

Los esfuerzos, en la siguiente figura muestra el esfuerzo normal horizontal el esfuerzo normal vertical y el esfuerzo cortante de los elementos de la carcasa de la estructura correspondientes a los valores máximo y mínimo de cada combinación.

Tabla 1
Esfuerzos en los elementos tipo Shell

Combinación	Esfuerzos(Kg/cm ²)			
	S11	S22	S12	
Comb 1 D	Máx	1.219	0.523	1.203
	Min	-3.741	-4.108	-2.371
Comb 2 D+ L	Máx	1.219	0.523	1.203
	Min	-3.741	-4.108	-2.371
Comb 3 D+0.70 Sx	Máx	12.857	13.408	4.18
	Min	-0.541	-2.955	-0.957

Fuente: Quispe (2017).

Los desplazamientos de las estructuras reformazadas disminuyen las deformaciones máximas en la octava parte de los desplazamientos sin refuerzo. Según (Reglamento nacional de edificaciones, 2019) es $(\Delta_i/h) \leq 0.005$, no deben exceder los desplazamientos máximos con respecto a la fracción de la altura de la edificación.

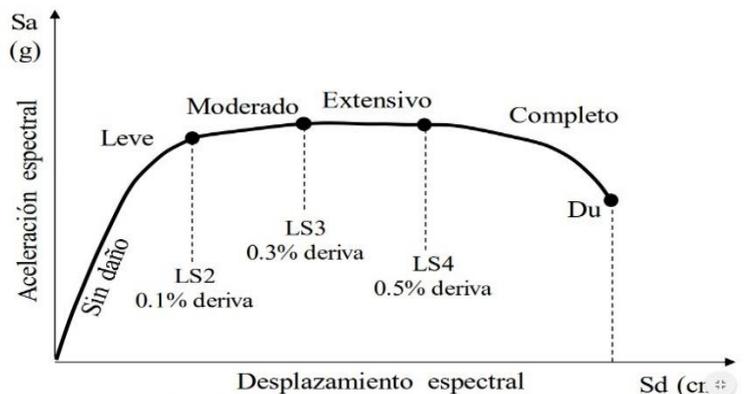


Figura 6: Niveles de desempeño en la curva de capacidad
Fuente: SEAOC (1995)

Se concluye con la segunda dimensión está en (pág. 260).

Finalmente se tiene la **tercera dimensión**, diseño sísmo resistente Norma E-0.30 (2019) el propósito de la norma que la estructura no se derrumbe y no cause daños estructurales y proteja la vida humana. Carga sísmica diseño sísmo resistente (R.N.E - 0.30):

A continuación, describa los parámetros utilizados según la Norma E-030.

El territorio se divide en cuatro regiones y a cada región se le asigna un factor Z. Este factor se interpreta como la máxima aceleración horizontal en suelo rígido, con una probabilidad de superar el 10% en 50 años. Según el factor Z se expresa como parte de la aceleración de la gravedad (Reglamento nacional de edificaciones, 2019):

Parámetro de sitio (S, T, P y TL): de acuerdo al estudio de mecánica de suelos se considera el tipo de perfil, el perfil es el suelo intermedio, se utilizan los valores correspondientes de los factores de amplificación del suelo S y TP y periodos TL dados en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla N° 3 FACTOR "S"				
Zona/suelo	s_0	s_1	s_2	s_3
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4 PERIODO "T_p" y "T_L"				
	Perfil de suelo			
	s_0	s_1	s_2	s_3
T_p (s)	0,30	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: (Norma técnica E.030 diseño sismoresistente, 2019)

Tabla 2
Clasificación de perfiles de suelo.

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_U
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: (Norma técnica E.030 diseño sismoresistente, 2019)

Análisis sismoresistente según la norma E.030

Cortante basal: Según el artículo 28 de la Norma E.030, las fuerzas cortantes totales en las bases de las estructuras, se determina por la siguiente expresión

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} * P \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.7.2})$$

El valor de C/R no se considera menor que: $\frac{C}{R} \geq 0.11$

Factor de amplificación sísmica :según en nuestro caso, $T_{p(s)}$ y $T_{L(s)}$ se consideran T_p y T_L .Según las características del lugar, el valor del factor de amplificación sísmica (C) está determinado por los siguientes parámetros detallados:

$$T < T_p \rightarrow C = 2.5 \quad \dots\dots\dots(\text{Ec. 8.2})$$

$$T_p < T < T_L \rightarrow C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \dots\dots\dots(\text{Ec. 9.2})$$

$$T > T_L \rightarrow C = 2.5 \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2} \right) \dots\dots\dots(\text{Ec. 10.2})$$

El período fundamental es determinar la vibración en todas las direcciones de la estructura de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{c_t} \dots\dots\dots(\text{Ec. 11.2})$$

Aceleración espectral: para cada dirección horizontal analizada, utilice el espectro aceleración inelástica de acuerdo.

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} * g \dots\dots\dots(\text{Ec.12.2})$$

Tabla 3
Límite de distorsión de entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
MATERIAL PREDOMINANTE	(Δ_i/h_{ei})
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductibilidad limitada	0.005

Fuente: Norma técnica E-0.30 diseño sismoresistente (2019)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Método: científico

Según Tamayo (2003) podemos especificar que entre la información y el conocimiento científico ,hemos encontrado un método científico, que es la forma de asegurarnos del primero y segundo. La técnica científica es un método para mostrar las circunstancias en que se presentan sucesos específicos, determinado colectivamente por los objetos tentativos, verificables, de razón firme e información empírica (p.28).

La investigación se iniciará con la observación directa de colapso y abandono de los monumentos históricos, se realizan los refuerzos estructurales bajo un análisis de comportamiento estructural mediante métodos de elementos finitos.

Según estas consideraciones, en esta investigación se aplica el método **científico**.

3.1.2 Tipo: Aplicada

El autor Salinas (2012) define como sustento de descubrimientos, resultados de investigación enfocados, aplica porque a través de sus resultados pueden solucionar directa o inmediata problemas que afecte (p.17)

Para el siguiente trabajo de investigación se determinará refuerzo estructural con incorporación de contrafuertes y refuerzo de mallas, se emplearán los métodos de análisis de elementos finitos y análisis estático no lineal.

Conforme a la teoría revisada, esta investigación se clasifica el de tipo **aplicada**.

3.1.3 Nivel: Explicativo

Según Arias (2006) en cuanto al nivel, es explicativo, porque su propósito es confirmar si el cambio de la variable dependiente es causado por la variable independiente o por la manipulación y control de la variable por parte del investigador durante el experimento (pág. 34).

El nivel de investigación se aplica según el comportamiento estructural de los monumentos históricos, las cuales están relacionadas con las metodologías convencionales de análisis estático no lineal y análisis modal espectral.

Bajo este análisis la investigación corresponde al nivel **explicativo**.

3.1.4 Diseño: Cuasi experimental

Para Flamez (2012) es una de las condiciones previas de la muestra conocida, hay un grupo de control y un grupo experimental, pero el investigador designa o nombra el grupo de control y el grupo experimental (p.22).

El diseño muestra manipulación de las variables por ambas metodologías para poder diferenciar los resultados de desplazamientos, deformaciones y esfuerzos de las estructuras de la edificación.

Según análisis, el diseño a aplicar en la presente investigación será diseño **cuasi experimental**.

3.2 Variables y operacionalización

Dos variables en la presenta investigación, una dependiente y otra independiente, ambas son medibles.

3.2.1 Variable 1: Metodologías convencionales

Definición conceptual

Para Pérez (2011) representa un tratamiento que el investigador controla para probar su efecto sobre ciertos resultados. Operar sobre variables independientes en el desarrollo experimental para comprender el impacto de esta operación en las variables dependientes (pág. 58).

Los métodos convencionales son técnicas, procedimientos y guías para llegar al resultado que se desea demostrar.

Definición operacional

Son los procedimientos que se realizan mediante métodos para llegar a los resultados mediante el análisis estático no lineal y análisis de elementos finitos.

3.2.2 Variable 2: Comportamiento estructural

Definición conceptual

Según Oseda (2011) refleja los resultados de un estudio de investigación, los cuales dependen del tratamiento experimental o de lo que el investigador modifica o manipula (p.24).

Definición operacional

Para evaluar el templo de San Cristóbal se eligió realizar un análisis computacional con método de elementos finitos del comportamiento estructural incluye por tanto el peso propio del sistema y la carga de empuje producido por las cargas.

Matriz de operacionalización de variables

La matriz operacional se encuentra en el **Anexo 1.1**

La matriz de consistencia se encuentra en el **Anexo 1.2**

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Para Arias (2006) esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio, una investigación puede tener como propósito el estudio de un conjunto numerosos de objetos, individuo e incluso documentos (p.81).

En la presente investigación la población estará conformado por las **33 iglesias** de la ciudad de Ayacucho.

3.3.2 Muestra

En seguida Fidias (2006) una muestra representativo es aquella que por su tamaño y características similares a las del grupo, permite formar inferencias o concretar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido (p.83).

En la presente investigación la muestra estará conformado por la **iglesia San Cristóbal**.

3.3.3 Muestreo

Según Antuna (2015) la muestra no probabilística, en esta técnica de muestreo el propio investigador decide como seleccionará la muestra y describe como y porque la utilizará, finalmente esto es lo importante (p.47)

Dentro de esta investigación se encuentra en el muestreo **no probabilístico**.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1 Técnicas: Observación directa.

Para Fidias (2006) vendría a ser el contacto directo entre en investigador y el objeto de estudio, el cual nos permite obtener la información de manera confiable, solo si se realiza utilizando un procedimiento sistematizado y controlado (p.58).

En la presente investigación se aplicará la técnica de **observación directa** para la recopilación de información para el desarrollo de modelo matemático del comportamiento de la estructural.

3.4.2 Instrumentos: Ficha de recopilación de información

Según Supo (2013) antes de reconocer la construcción de una herramienta, debe conocer si ya está planeando manipular una herramienta o una teoría previa para proceder mediciones. Una revisión de conocimientos incluye un detalle general de experiencia de los conceptos que desea comprender hasta ahora, el concepto está determinado completamente determinado y el conocimiento es parcialmente expuesto (p.75).

Para la presente investigación de determina mediante **ficha de recopilación de información**.

3.4.3 Validez.

Para Oseda (2010) en la capacidad de la investigación experimental, el descubridor no manipula una variable sólo para demostrar lo que le ocurre con la otra, sino al verificar un ensayo es fundamental para realizar una investigación controlada. Conseguir el control en un experimento es someter el dominio de otras variables extrañas en las variables dependientes, para que

podamos saber si las variables independientes tienen o no efecto en las dependientes (p.48).

En la siguiente investigación se consideró la tabla para la interpretación de validez según los rangos.

Tabla 4

Rango de validez

Rango de validez	Interpretación
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Oseda (2011)

Tabla 5: Validez del instrumento de las variables: v1 y v2 por juicio de expertos
Validez del contenido del instrumento de las variables: v1 y v2 por juicio de expertos.

Nº	Grado Académico	Nombres y Apellidos	CIP	Valor
1	Ing. Civil	Hemerson Lizarbe Alarcón	122138	0.571
2	Ing. Civil	Ciro Arcadio Janampa Janampa	33234	0.857
3	Ing. Civil	Efraín Edwin Flores Bautista	98728	0.714

El promedio de validez es 0.71 según la tabla 2 es **muy válida**.

El instrumento de investigación validado se encuentra en el **Anexo 2**

3.4.4 Confiabilidad

Para Naupas (2011) el instrumento es confiable siempre y cuando las mediciones realizadas no varían de manera significativa con el tiempo y tampoco si es aplicada por diferentes personas (pág. 48)

La confiabilidad se determina generalmente mediante la prueba de alfa de Crombach.

Tabla 6

Rango de confiabilidad

Rango de validez	Interpretación
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Oseda (2011)

Prueba de confiabilidad de los instrumentos del estudio es **muy válida**.

3.5 Procedimiento

3.5.1 Descripción de la zona de estudio.

Ubicación

La iglesia está en el Jr. 28 de Julio en la cuadra sexta, del Distrito de Ayacucho-Huamanga-Ayacucho. El área construida de 339.56 m², con un área libre de 43.36 m², su centro de gravedad está en 583,978.6831 Este y 8'544,513.4954 Norte. Se encuentra a una altitud de 2,745 m.s.n.m.

Memoria descriptiva de la iglesia San Cristóbal.

Las piedras, mezclados con tierra, cal y agua para los cimientos sobre el cual se construyó a base paredes de adobe en la nave principal y a base de piedra y juntas de cal la torre del campanario, está techado con tijerales de eucalipto con mayor peso volumétrico. En los muros se presenta la pérdida de plomada se viene originando fallas en la estructura. Las profundidades de la cimentación varían en toda la estructura debido a la pendiente del terreno. Esta iglesia se encuentra en deplorables condiciones.

Estudio de campo

Se realizaron el predimensionamiento de la iglesia San Cristóbal de las dimensiones longitudinales, dimensiones transversales, altura de muros, detalles de vanos, espesor de muros, pendiente de los techos, etc. para poder diseñar los siguientes planos:

- Planos de arquitectura en **Anexo 4.1**
- Planos de estructura en **Anexo 4.2**
- Planos de instalaciones eléctricas en **Anexo 4.3**

3.5.2 Estudios de laboratorio

Los estudios de laboratorio realizados se detallan a continuación:

- Capacidad portante del terreno—según la norma técnica E-0.50, está en **Anexo 3.6**

- Análisis de granulométrico – según “NTP 339.128 (ASTM D422), está en **Anexo 3.1**
- El perfil estratigráfico del suelo se encuentra en el **Anexo 3.2**
- Límite de líquido y límite de plástico- según “NTP 339.29 (ASTM D-4319), está en **Anexo 3.3**
- Clasificación de suelos (SUCS) – según “NTP 339.134 (ASTM D2487, D4318), está en **Anexo 3.4**
- Prueba corte directo –según “NTP 339.171 (ASTM D3080), está en **Anexo 3.5**
- Capacidad portante del terreno–según la norma técnica E-0.50, está en **Anexo 3.6**

Según norma en categoría de edificaciones esenciales se realizan calicatas cada 400 m², el área de terreno que corresponde es de 399.50 m² las cuales se realizaron 01 calicata.

3.6 Métodos de análisis de datos

Para el caso de la simulación se empleará el software.

- Modelos estructurales: Diana, SAP.
- Modelos de dibujo y diseño: Autocad, Skechup.
- Hojas de cálculo.

Para el procedimiento de análisis estructural se tomarán las consideraciones de las siguientes normas:

- R.N.E (Norma E-010): Madera
- R.N.E (Norma E-020): Cargas
- R.N.E (Norma E-030): Diseño Sismorresistente
- R.N.E (Norma E-080): Adobe

3.6.1 Cuantificación de los cambios que alcanzan los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Actividades a realizadas

- Metrados de carga

- Elaboración del modelo con elementos finitos.
- Elaboración del modelo análisis estático no lineal.

Propiedades de los materiales

A efectos de diseño, se considerará el siguiente esfuerzo mínimo según norma técnica (E-0.80 Adobe)

- Unidad de albañilería: adobe
- Dimensiones de la albañilería de adobe: ancho = 60.00m, largo = 60.00m, altura = 0.30m
- Resistencia a la compresión axial de las unidades, $f_b' = 12 \text{ kg/cm}^2$ (E-0.80 Adobe).
- Resistencia a la compresión de la albañilería de adobe $f_m' = 2.00 \text{ kg/cm}^2$ (E-0.80 Adobe).
- Resistencia a la compresión por aplastamiento: $1.25 f_m$ (E-0.80 Adobe).
- Módulo de elasticidad $E_m = 2040 \text{ kg/cm}^2$ (E-0.80 Adobe).
- Resistencia al corte de la albañilería de adobe $v_m = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ (E-0.80 Adobe)
- Resistencia a tracción por flexión = 1.425 Kg/cm^2 (E-0.80 Adobe)

Cargas

Según la Norma (E-0.20 Carga)

- Peso específico de la albañilería: 1600 kg/m^3 (E-0.20 Carga)
- Entrepiso de madera: 50 kg/m^2 (E-0.20 Carga)
- Sobrecarga techo: 30 kg/m^2 (E-0.20 Carga)

Propiedades mecánicas de adobe de acuerdo a la norma E-0.80

- Peso específico de adobe: 15.70 Kn/m^3
- Módulo de Elasticidad de adobe: 350 Mpa
- Relación de poisson: 0.25
- La resistencia última es de $0.025 \text{ MPa} = 0.25 \text{ kgf/cm}^2$
- La resistencia de muros a tracción por flexión resistencia última $0.14 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kgf/cm}^2$.

Metrados de carga.

CALCULO DEL PESO DE LA CUBIERTA POR METRO CUADRADO

Peso de la armadura de par y nudillo (Eucalipto)

Densidad = 0.55 gr/cm³ @ 550 Kg/m³

$p = m/v, W = pV$	D =	0.16 m
2*W1 = 108.37 Kg	L1 =	4.90 m
W2 = 49.21 Kg	L2 =	4.45 m
Wtotal = 157.58 Kg	V1 =	0.099 m ³
	V2 =	0.089 m ³

Peso total de la armadura de par y nudillo

Nro de armaduras = 40

W = 6,303.31 Kg

Peso de los sobrepares

D =	0.16 m
L =	5.50 m
V =	0.111 m ³
2W =	121.64 kg

Peso total de los sobrepares

Nro de sobrepares = 89

W = 10,826.20 Kg

Peso de la cumbrera

D =	0.15 m
L =	27.9 m
V =	0.493 m ³
W =	271.17 kg

Peso del arriostre

D =	0.12 m
L =	28.7 m
V =	0.325 m ³
W =	178.52 kg

Peso total de dos arriostres

Nro de arriostres = 2

W = 357.05 Kg

Peso propio de la cobertura

Area =	254.448 m ²
P. por m ² =	160 kg/m ²
W =	40,711.68 kg

Peso de cielo raso de yeso con carrizo

Area =	254.169 m ²
P. por m ² =	25 kg/m ²
W =	6,354.23 kg

PESO TOTAL DE LA CUBIERTA

W = 64,823.63 kg

P. Cubierta = 254.76 kg/m²

Se considera una carga viva de 100 kg/m² en el proceso de construcción y colocación de las tejas

- Cálculo del peso total de la estructura

$$Wt \text{ del muro} = \gamma_m * L * e * h = 1,156.32 \text{ tn}; \text{ donde: } \gamma_{muro} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{total} = W_{cubierta} + W_{muro} = 64.82 \text{ Tn} + 1,156.32 \text{ Tn} = 1,221.14 \text{ Tn}$$

Análisis de carga

La iglesia San Cristóbal se considera siguientes cargas: carga muerta, carga viva, carga de sismos y carga de viento, según la norma técnica E-0.20 carga, norma técnica E-0.80 adobe y la norma técnica E-0.30 sismoresistente.

Tabla 7
Resumen metrado de carga

Carga	Descripción	Carga
	Peso específico(Adobe)	1600.00 Kg/m ³
Carga muerta	Cobertura Madera	55.00 Kg/m ²
	Cobertura Liviana	30.00 Kg/m ²

Fuente: Elaboración propia 2020

Carga viva

Según la norma E-0.20 según el art. 07 la carga viva con inclinación mayor a 3° es de 100kg/cm² (Norma E-0.20)

Tabla 8
Resumen metrado de carga.

Carga	Descripción	Carga
Carga muerta	Carga viva del techo	100.00 Kg/m ²

Fuente: Elaboración propia 2020

Elaboración del modelo de elementos finitos.

El modelamiento de la iglesia se realizó con el software especializado en elementos finitos Diana Interactive, la generación de mayas debido a su estructura más complicada, el enmallado se definió a partir de elementos hexaédricos.

➤ Geometría

La elaboración de los elementos que componen la estructura de los templos, parte en su elaboración con los muros de la nave principal, todos estos elementos son modelados en 3D.

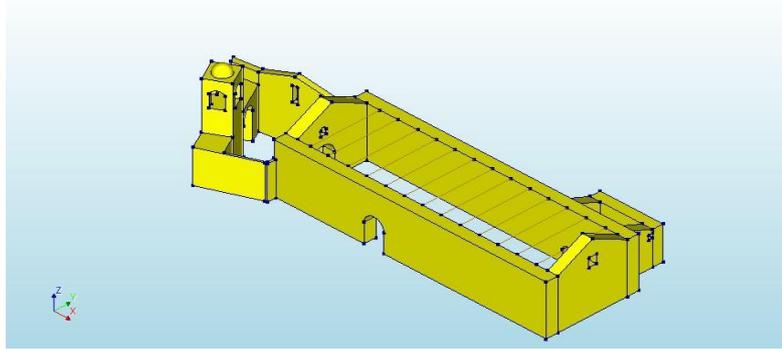


Figura 7: Generación de la geometría del modelado

Fuente: Elaboración propia 2020

➤ Propiedades

Tabla 9

Propiedades elásticas de los materiales

Material	Peso (Kn/m ³)	Módulo de (Mpa)	Relación de
Albañilería de adobe	15.1	350	0.25
Albañilería de piedra	24	800	0.2
Albañilería de madera	4.7	10000	0.2

Fuente: Elaboración propia 2020

➤ Condiciones de borde.

El comportamiento de este plano estructural se define en función al modelo de Fricción de Coulomb con los parámetros definidos en la tabla 8

Tabla 10

Interfaz del suelo

Interfaz del suelo	
Rigidez Normal Z	1.0E+8 N/m ³
Rigidez al cortante (x e y)	1.0E+8 N/m ³
Cohesión	1.0E+5 N/m ²
Ángulo de fricción	0.52 rad
Ángulo de dilatación	0.10 rad

Fuente: Elaboración propia 2020

➤ **Carga**

Las cargas que se configuraron del modelamiento son el peso propio y la carga Pushover a todos los elementos del modelo según la norma y según la norma E.020.

➤ **Malla.**

El enmallado se realizó con elementos hexaédricos, para este caso existen dos estructuras diferenciadas, nave principal y campanario.

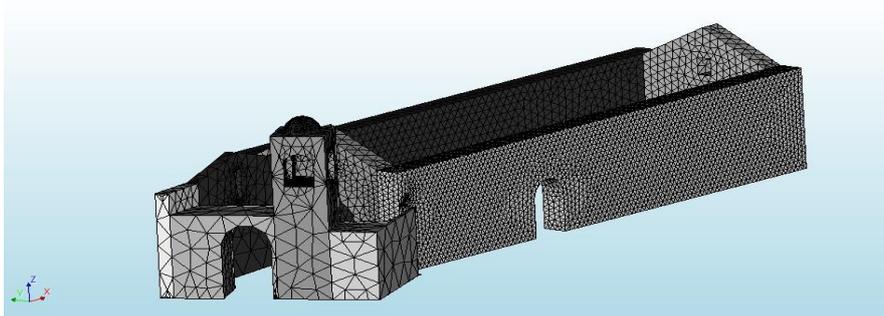


Figura 8: :Generación del Mesh

Fuente: Elaboración propia 2020

➤ **Análisis modal espectral**

Los muros y coberturas fueron modelados con 2,475 elementos tipo cáscara (Shell) con 2,666 nodos y 13,330 grados de libertad. Los muros están compuestos dos materiales: Muros de piedra y muros de adobe.

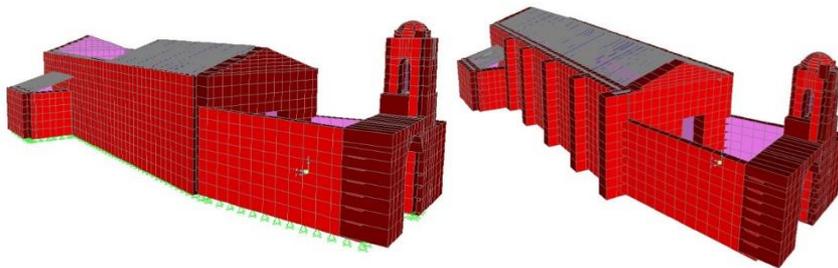


Figura 9: Modelo de la iglesia en elementos finitos actual

Fuente: Elaboración propia 2020

Se muestra la deformación causada cuando el sismo de diseño se aplica en la dirección longitudinal Y. En este caso, también se producirá el desplazamiento máximo longitudinal es de 13,61 cm como máximo del modelo con refuerzo y de 17,44 cm para el otro caso.

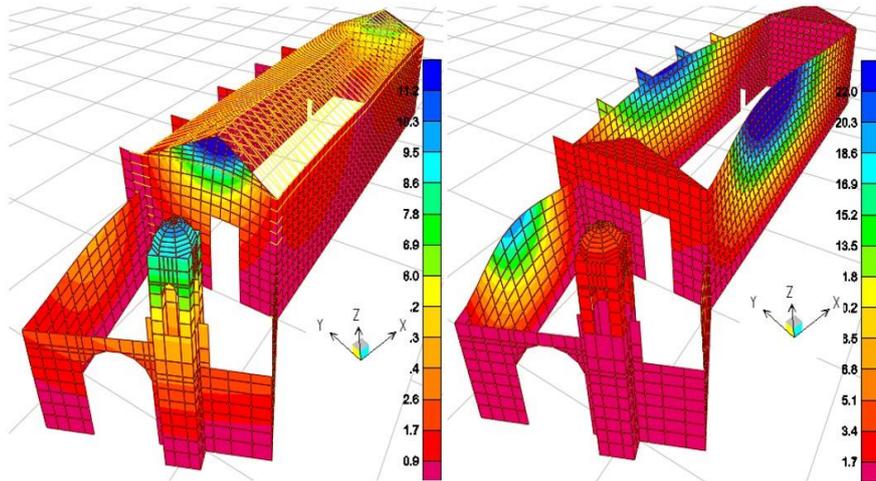


Figura 10: Desplazamiento del propuesta de reforzamiento
 Fuente: Elaboración propia 2020

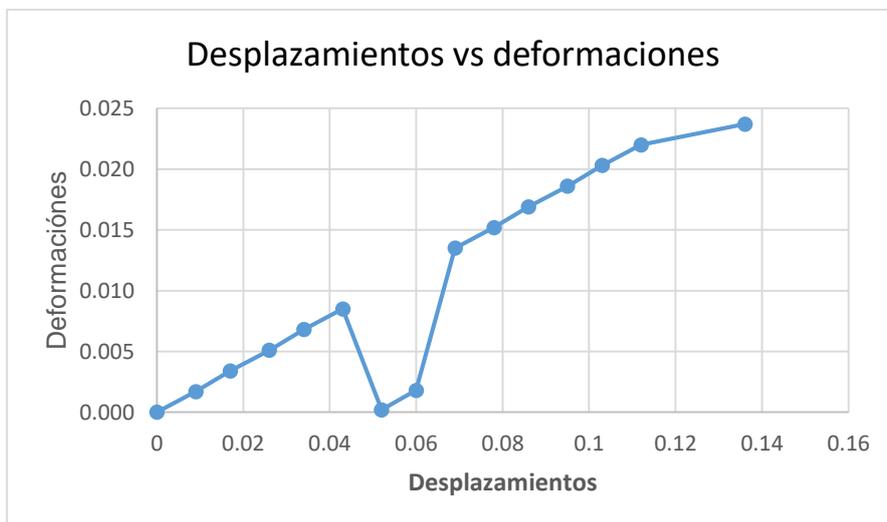


Figura 11:Desplazamiento vs deformación

Tabla 11

Resumen de máximos desplazamientos (m)

Análisis estático no lineal		
Ubicación	Dirección	Modelo con refuerzo
Muro de adobe lateral	X	0.11
Muro de adobe frontal	Y	0.13

Fuente: Elaboración personalizada 2020

Elaboración del modelo de análisis estático no lineal.

➤ Evaluación sísmica

El propósito del análisis sísmico incluirá calcular el desplazamiento de la estructura bajo diferentes escenarios sísmicos con diferentes grados de daño para evaluar el comportamiento sísmico en relación de desplazamiento.

Análisis estático no lineal

Para evaluar el templo de San Cristóbal finalmente se eligió realizar un análisis estructural no lineal que alcance la falla en el actual inicial.

Modelos en condición normal.

El modelo sin refuerzo el desplazamiento lateral en dirección Y es 0.05m.

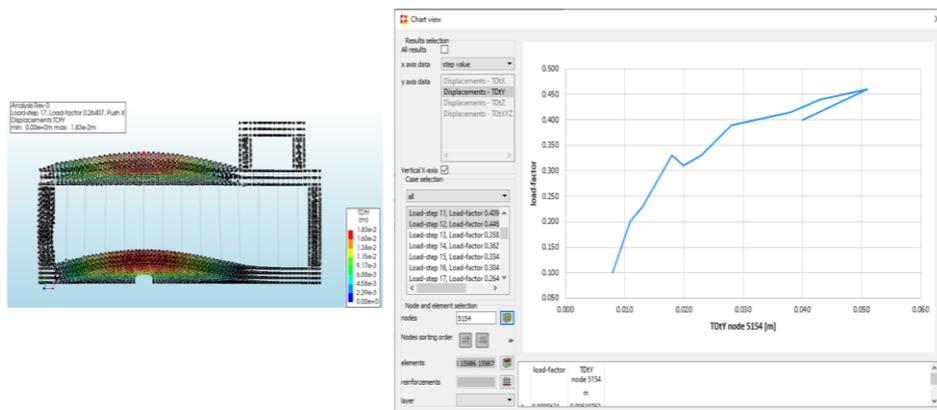


Figura 12 :Selección de nodos y máximos desplazamientos

Fuente: Elaboración personalizada 2020

Modelo condición normal el desplazamiento lateral de en dirección X es 0.04m.

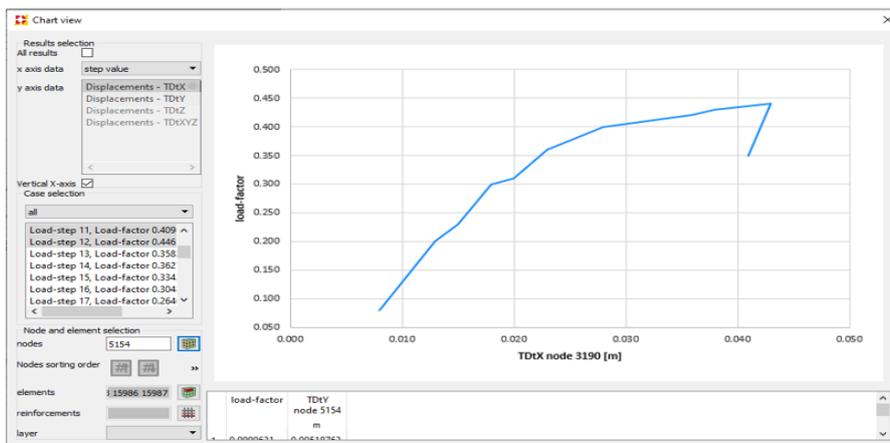


Figura 13:Desplazamiento máximo en dirección X .

Tabla 12

Desplazamientos máximos laterales (m).

		Análisis no lineal
Ubicación	Dirección	Modelo sin refuerzo
Muro de adobe lateral	X	0.04
Muro de adobe frontal	Y	0.05

Fuente: Elaboración personalizada 2020.

➤ **Análisis del campanario**

Los puntos más críticos para esta estructura sean las columnas que rodean el campanario, las secciones de estas en comparación al resto de los elementos son más vulnerables ante algún sismo.

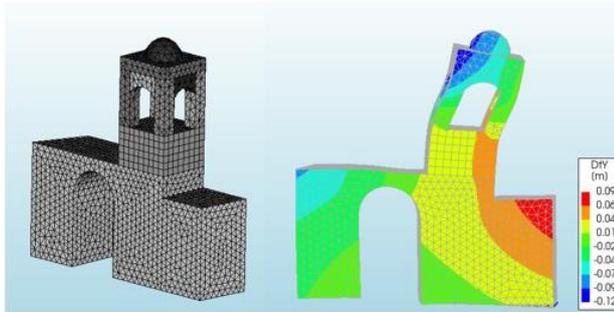


Figura 14: Modelamiento del campanario

Fuente: Elaboración personalizada 2020

Sin embargo, la zona crítica de su conformación yacería en los pilares que sostienen la cúpula del campanario, siendo los más propensos a sufrir daños estructurales ante un evento sísmico.

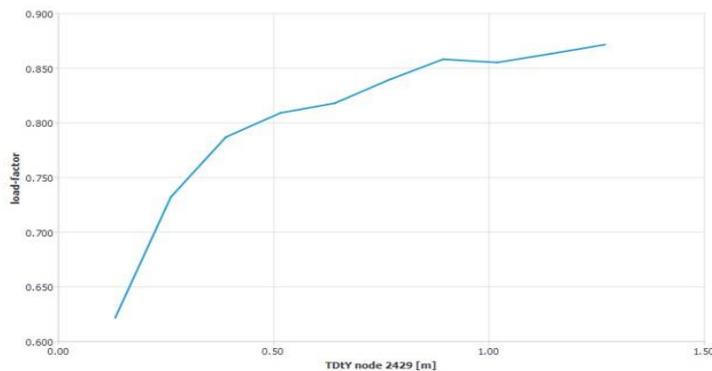


Figura 15: Modelamiento del campanario

Fuente: *Elaboración* personalizada 2020

3.6.2 Determinación de los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales

Actividades realizadas.

- a. **Análisis estático no lineal**
- b. **Análisis con elementos finitos.**

Análisis de estática no lineal.

➤ **Evaluación sísmica**

El análisis sísmico es la calibración del elemento, consistiendo comprobar por efecto de las cargas y tipo del material las deformaciones reales al realizar el análisis no lineal estático o pushover.

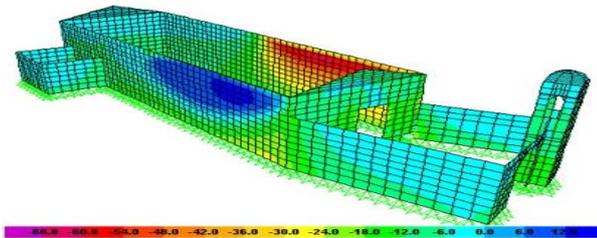


Figura 16: Modelo para condición actual con análisis estático no lineal

Tabla 13
Esfuerzos máximos laterales

Análisis estático no lineal		
Modelo sin refuerzo		
Dirección	Esfuerzo mínimo Tn/m ²	Esfuerzo máximo Tn/m ²
X	-68.910	14.15
Y	-36.500	9.07

Fuente: Elaboración propio 2020

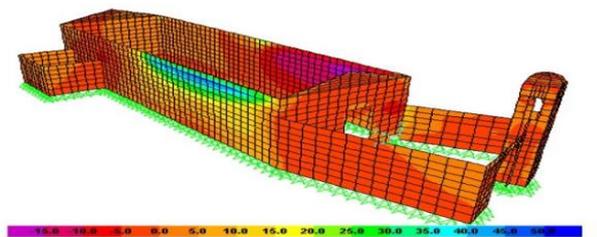


Figura 17: Modelo para condición actual con análisis modal espectral

Fuente: Elaboración propia 2020

Tabla 14

Esfuerzos máximos y mínimos

Esfuerzos Máximos y mínimos laterales		
Análisis modal espectral		
Modelo sin refuerzo		
Dirección	Esfuerzo mínimo Tr/m ²	Esfuerzo máximo Tr/m ²
X	-18.070	48.47

Modelo matemático de elementos finitos.

➤ **Análisis espectral**

Los muros y coberturas fueron modelados con 2,475 elementos tipo cáscara (Shell) con 2,666 nodos y 13,330 grados de libertad.

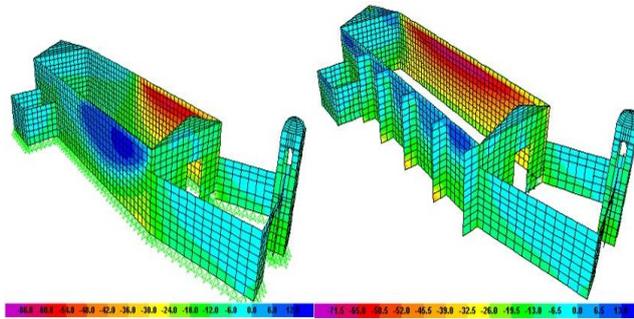


Figura 18: Modelo de la iglesia en elementos finitos actual

Fuente: Elaboración propia 2020

En general no hay elementos apropiados para transferir las fuerzas horizontales (transversales y longitudinales) de la estructura.

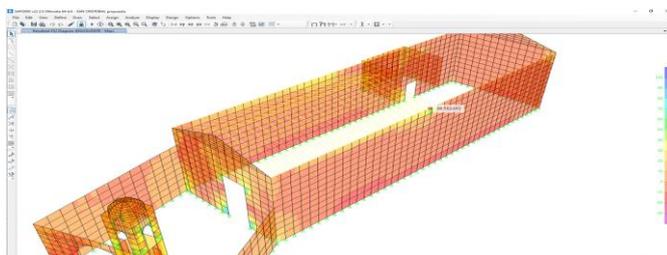


Figura 19: Esfuerzo máximo en dirección

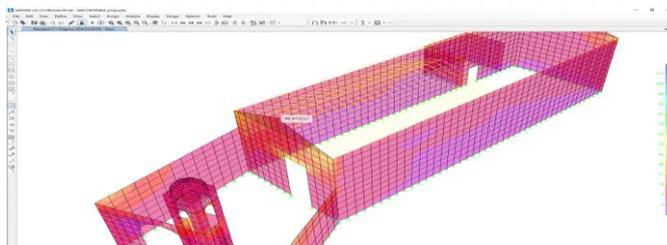


Figura 20: Esfuerzo máximo en dirección X

Tabla 15:
Esfuerzos máximos y mínimos

Análisis modal espectral			
Modelo sin refuerzo			
Dirección	Esfuerzo mínimo Tn/m2	Esfuerzo	Esfuerzo máximo Tn/m2
X	-18.070		48.47
Y	0.070		38.56

Fuente: Elaboración propio 2020

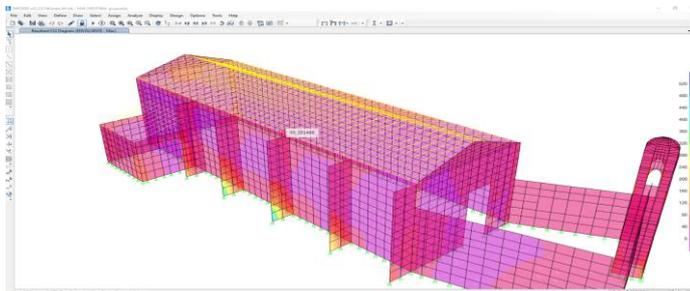


Figura 21: Esfuerzo máximo en dirección Y
Fuente: Elaboración personalizada 2020

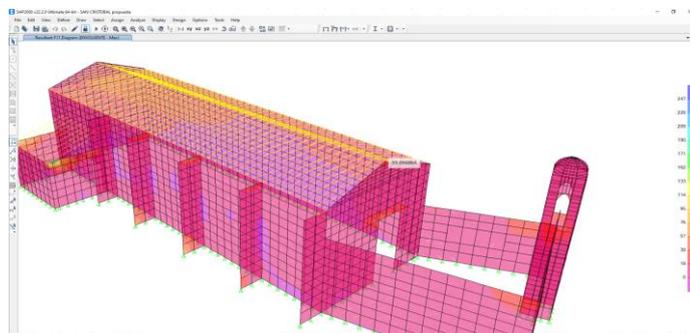


Figura 22: Esfuerzo máximo en dirección X

Tabla 16
Esfuerzos máximos y mínimos (Tn/m2)

Análisis modal espectral			
Modelo con refuerzo			
Dirección	Esfuerzo mínimo Tn/m2	Esfuerzo	Esfuerzo máximo Tn/m2
X	-20.590		55.50
Y	0.073		35.19

Fuente: Elaboración propio.

3.6.3 Estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales

Análisis estructural de la iglesia según diseño sismoresistente E.030

Actividades a realizar

- Periodo espectral sísmico
- Espectro respuesta de aceleración

Según la ubicación geográfica del Perú, la estructura del proyecto se encuentra en la ciudad de Ayacucho, de acuerdo a la zonificación corresponde a Zona 2 el factor corresponde $Z=0.25$

En la evaluación del proyecto iglesia San Cristóbal, el valor del suelo corresponde al perfil S2, y el factor suelo $S = 1,20$

Categoría de edificación: la iglesia de San Cristóbal se considera en categoría B. Según la categoría, el factor de uso corresponde a $U = 1,30$

→ Dado que el valor del período estructural (T) es menor que TP , entonces $C = 2.5$ en ambas direcciones.

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

Donde:

$$\diamond C_t = 60$$

$$\diamond h_n = 7.56 \text{ m}$$

Se tiene el periodo en ambas direcciones:

$$T_{XX} = T_{YY} = \left(\frac{7.56}{60} \right) = 0.126 \text{ s}$$

$$T_{p(s)} = 0.6 \text{ y } T_{L(s)} = 2.0 \text{ se}$$

→ Dado que el valor del período estructural (T) es menor que TP , entonces $C = 2.5$ en ambas direcciones.

Tabla 17

Resumen de parámetros del diseño sismoresistente

Z	0.25	Zona 2
U	1.3	Edificación importante
S	1.2	Perfil tipo S2
C	2.5	Factor de amplificación sísmica
R	1	Se asumió de la norma E-0.80 de adobe
g	9.81	Valor de la gravedad

Fuente: Elaboración propia 2020

En la siguiente tabla 17 se muestra los valores de espectro aceleración para un periodo de 0 a 10 segundos.

Tabla 18:Valores de espectro respuesta aceleración espectral

Valores de espectro respuesta aceleración espectral

Factor	Periodo	Aceleración espectral	Factor	Periodo	Aceleración espectral
C	T (s)	Sa	C	T (s)	Sa
2.50	0.00	9.56	1.58	0.95	6.04
2.50	0.02	9.56	1.50	1.00	5.74
2.50	0.04	9.56	1.36	1.10	5.22
2.50	0.06	9.56	1.25	1.20	4.78
2.50	0.08	9.56	1.15	1.30	4.41
2.50	0.10	9.56	1.07	1.40	4.10
2.50	0.12	9.56	1.00	1.50	3.83
2.50	0.14	9.56	0.94	1.60	3.59
2.50	0.16	9.56	0.88	1.70	3.38
2.50	0.18	9.56	0.83	1.80	3.19
2.50	0.20	9.56	0.79	1.90	3.02
2.50	0.25	9.56	0.75	2.00	2.87
2.50	0.30	9.56	0.62	2.20	2.37
2.50	0.35	9.56	0.52	2.40	1.99
2.50	0.40	9.56	0.44	2.60	1.70
2.50	0.45	9.56	0.38	2.80	1.46
2.50	0.50	9.56	0.33	3.00	1.28

2.50	0.55	9.56	0.19	4.00	0.72
2.50	0.60	9.56	0.12	5.00	0.46
2.31	0.65	8.83	0.08	6.00	0.32
2.14	0.70	8.20	0.06	7.00	0.23
2.00	0.75	7.65	0.05	8.00	0.18
1.88	0.80	7.17	0.04	9.00	0.14
1.76	0.85	6.75	0.03	10.00	0.11
1.67	0.90	6.38			

Fuente: Elaboración propia 2020

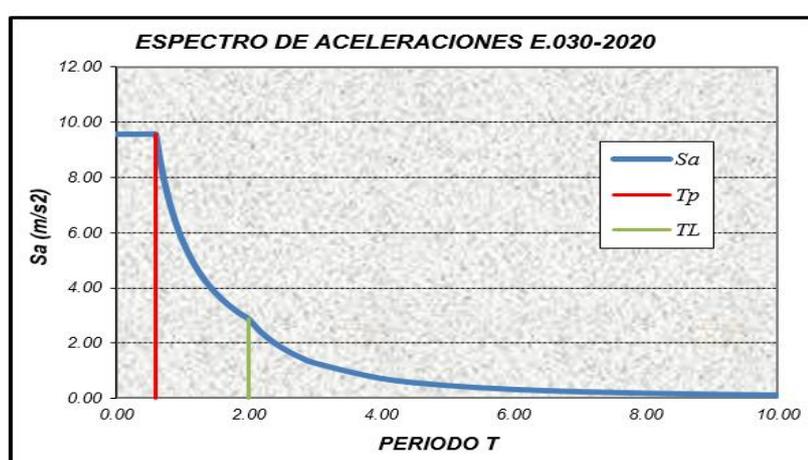


Figura 23: Espectro respuesta de pseudo aceleración

Fuente: Elaboración personalizada 2020.

3.6.4 Determinación del comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Actividades a realizar.

- a. Modelado con análisis estático no lineal.
- b. Modelado con elementos finitos
- c. Análisis estático no lineal.

Índice de vulnerabilidad sísmica.

El índice de vulnerabilidad sísmica basado en el método Benedetti-Petrini se determina utilizando 11 parámetros de este método de desarrollo, completaremos la siguiente tabla para determinar su vulnerabilidad sísmica.

Tabla 19
Cálculo del índice de vulnerabilidad de la iglesia San Cristóbal

Parámetro	Clase Ki				Peso Wi	Σki.Wi
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente	-	-	20	-	1	20
2. Calidad del sistema resistente	-	5	-	-	0.25	1.25
3. Resistencia convencional	-	-	-	45	1.5	67.5
4. Posición del edificio Y cimientos	-	5	-	-	0.75	3.75
5. Diagrama horizontales	-	-	-	45	1	45
6. Configuración en planta	-	-	-	45	0.5	22.5
7. Configuración en elevación	0	-	-	-	1	0
8. Distancia máxima entre los muros.	-	-	20	-	0.25	5
9. Tipo de cubierta	-	-	25	-	1	25
10. Elementos no estructurales	0	-	-	-	0.25	0
11. Estado de conservación	-	5	-	-	1	5
					Iv=	195

Fuente: (Benedetti-petrini)

De donde $Iv = 195.00/3.825 \rightarrow Iv = 50,98\%$

De acuerdo a esta calificación corresponde a una edificación dentro de un tipo de **“Vulnerabilidad alta”**.

➤ **Reforzamiento de la propuesta estructura.**

Antes del terremoto, la destrucción de templos por adobe no reforzado solía ser frágil, incluso sin ductilidad, el mecanismo de falla más común era el colapso del muro por pérdida de estabilidad lateral, visto en una iglesia o templo. El espesor del muro dependerá de su altura libre (h) y longitud efectiva (l), con un mínimo de 40 cm. Para Zona 3, Zona 1 y zona 2, la relación es siguiente:

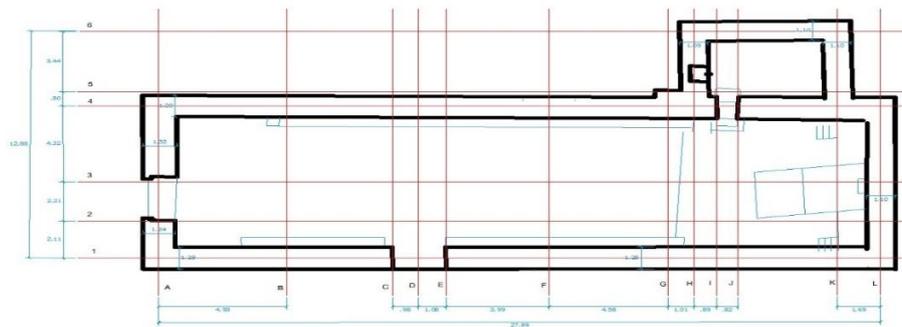


Figura 24: Trazo de ejes en planta

Fuente: Elaboración propia 2020

- a) $h \leq 8 t$
- b) $l \leq 10 t$ para zona 3 y $l \leq 12t$ para zonas 1 y 2
- c) $l \leq 2 h$

El cumplimiento de estas relaciones no exime de revisión la estabilidad y resistencia de cada muro (Crisosto et al, 1981)

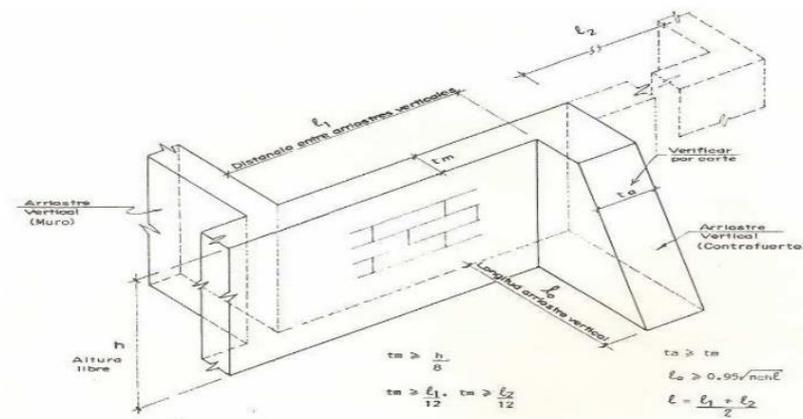


Figura 25: Dimensionamiento de muros.

Dimensionamiento de albañilería en adobe muros y arriostres verticales

Los elementos de soportes verticales (muros de arrioste y contrafuertes) tendrán suficiente resistencia y estabilidad para trasladar fuerzas de corte a las cimentaciones. También se verificará la permanencia del soporte frente a fuerzas perpendiculares a su plano (Crisosto et al, 1981).

El contrafuerte como arrioste debe tener una longitud en su base no menor de:

$$l_0 = 0.95(n, c, h)^{1/2}$$

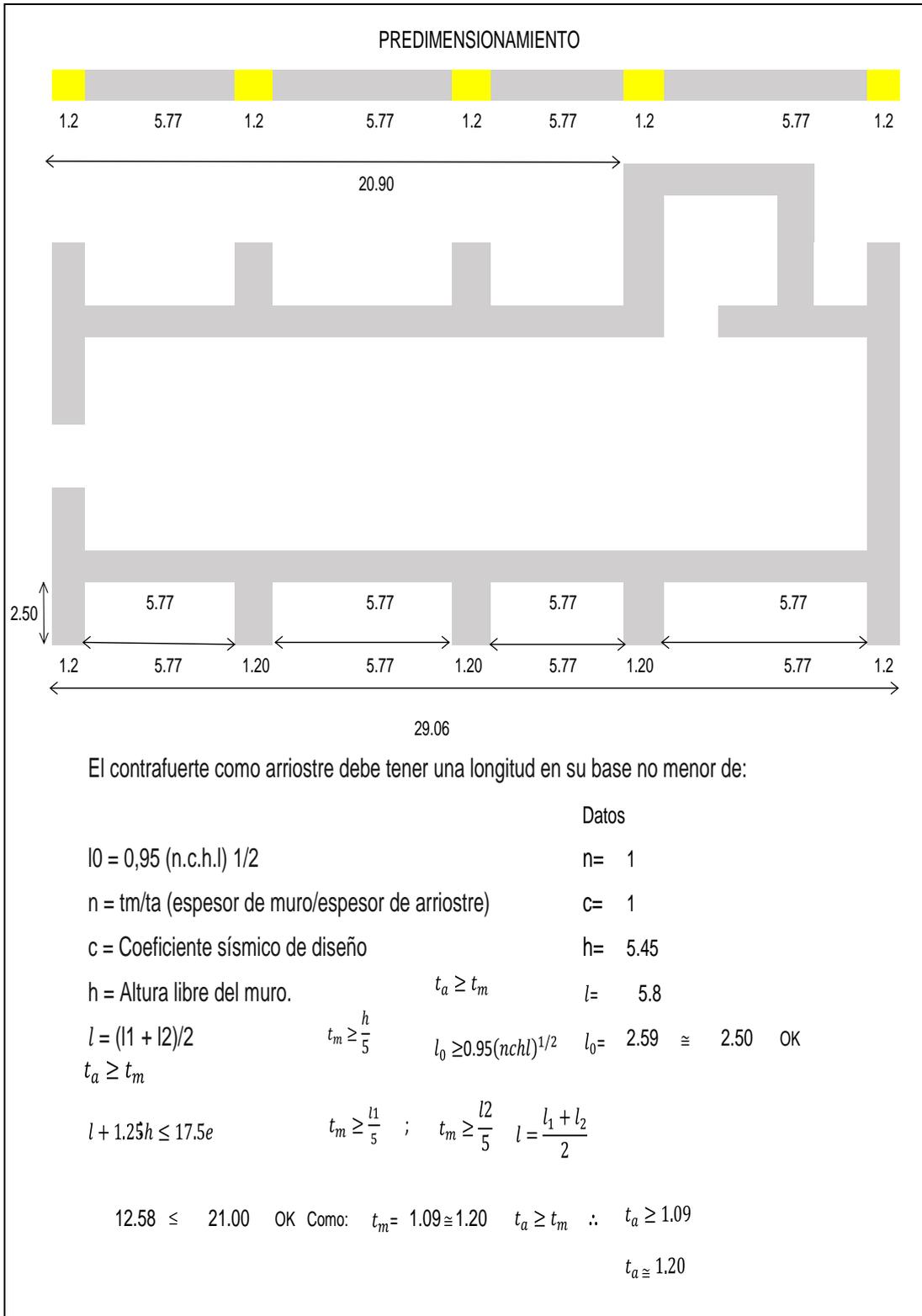
$$n = t_m / t_a \text{ (espesor de muro/espesor de arrioste)}$$

c = coeficiente sísmico de diseño

h = altura libre del muro.

$$l = (l_1 + l_2) / 2$$

Con las consideraciones de pre dimensionamiento se opta entonces por colocar muros de contrafuerte con un espesor de 1.20 m con equidistancia mínimas de 6.97m entre eje a eje.



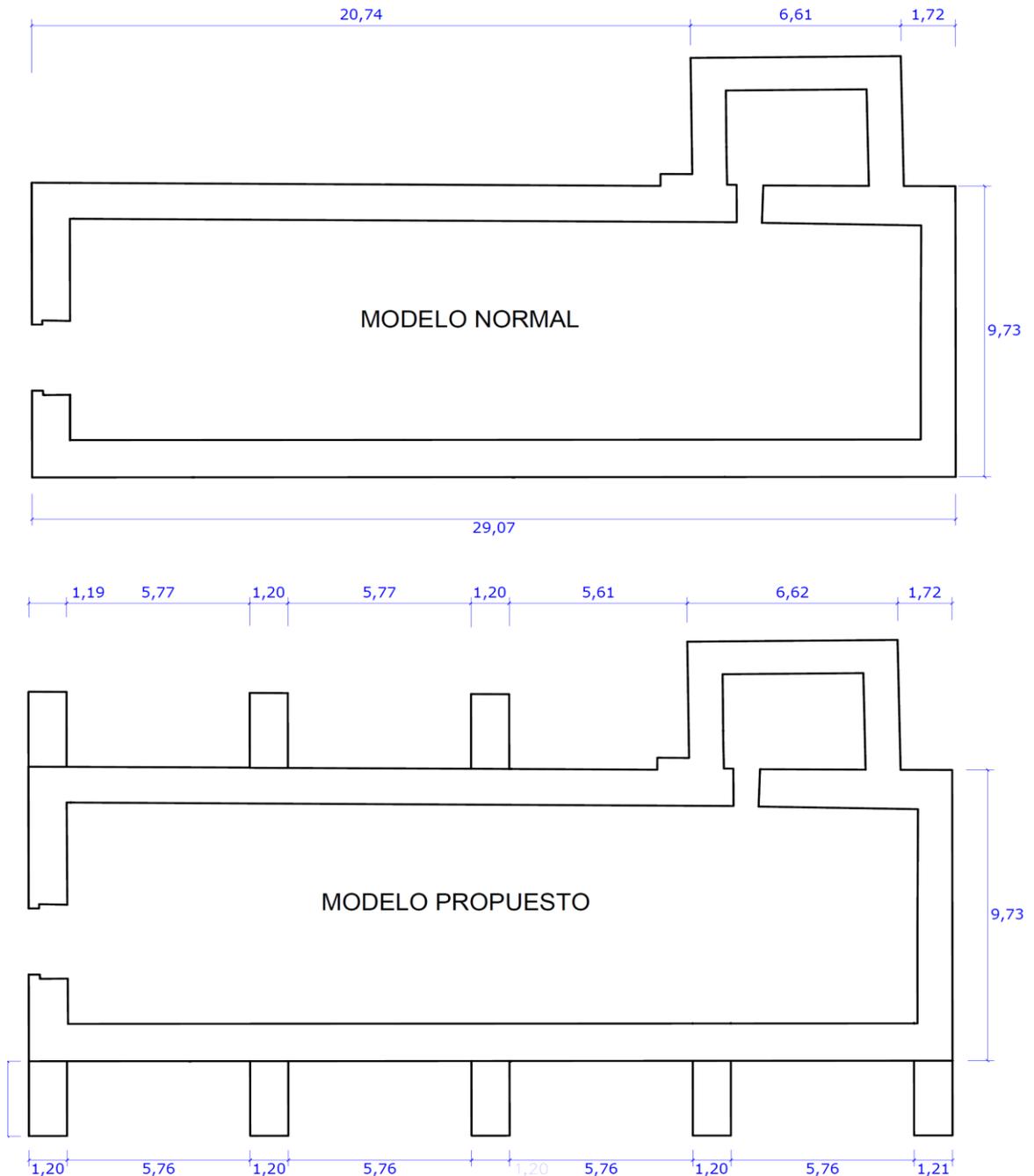


Figura 26: Reforzamiento con contrafuertes en planta

Fuente: (Crisosto et al, 1981)

Tanto para el modelamiento del sistema actual como para el nuevo sistema propuesto, se verificará los desplazamientos para los puntos más crítico, estos puntos de control se colocarán de acuerdo a los modelamientos previos y de la parte superior según recomendación de la bibliografía revisada.

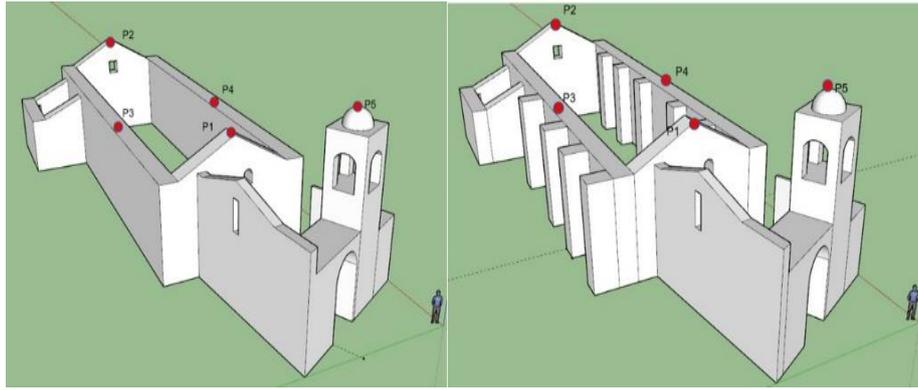


Figura 27: ubicación de puntos de control del actual de la propuesta.
 Fuente: Elaboración propia 2020

Otro método de refuerzo de la pared es utilizar malla de acero o geomalla de plástico y cubrirla con mortero de barro o cal y arena.

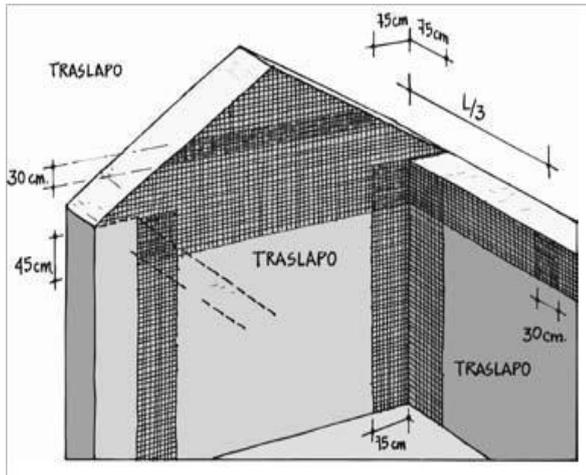


Figura 28: Refuerzo con mallas de acero o geomalla
 Fuente: Elaboración propia 2020

➤ Evaluación sísmica

Un paso que se debería considerar antes de entrar al análisis sísmico es la calibración del elemento. Ante esta formación de grietas, la alternativa más óptima es utilizar muros de contrafuerte que apoyen a los muros longitudinales, con el fin de reducir los desplazamiento y agrietamientos en la parte central de los muros más largos. Otra alternativa sería incorporar mallas electro soldadas en los puntos más críticos de la estructura.

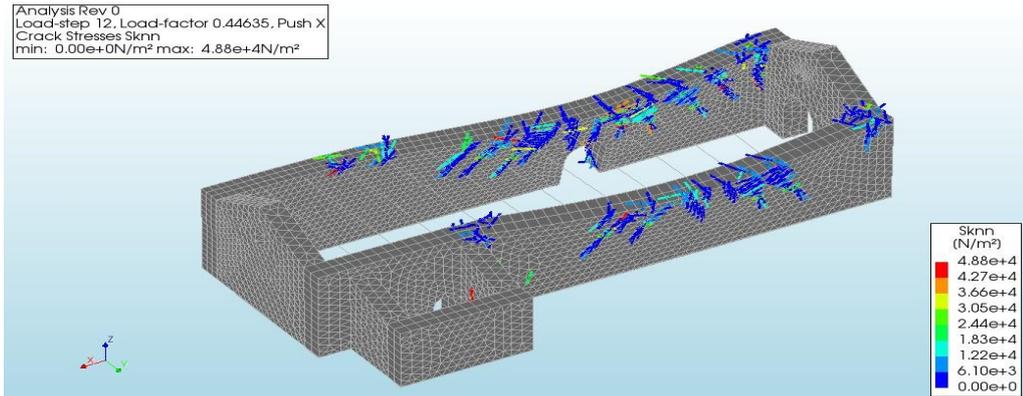


Figura 29: Formación de grietas en la estructura de la nave principal.

Fuente: Elaboración propia 2020

Tabla 20

Resumen de deformaciones lineales y angulares

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.078678	0.031583	0.00245	0.004358	0.011635	0.00031
1	ENVOLVENTE	Combination	Min	-0.079498	-0.029917	-0.005506	-0.004615	-0.011815	-0.000353
2	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.078638	0.031694	0.007844	0.004383	0.011965	0.000146
2	ENVOLVENTE	Combination	Min	-0.079433	-0.030039	-0.011011	-0.004677	-0.01213	-0.000198
3	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.080517	0.032435	0.007669	0.004451	0.012055	0.000166
3	ENVOLVENTE	Combination	Min	-0.081325	-0.030737	-0.01086	-0.004706	-0.012131	-0.000206
4	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.08056	0.032332	0.002397	0.004515	0.012091	0.000153
4	ENVOLVENTE	Combination	Min	-0.081395	-0.030629	-0.005476	-0.004755	-0.01216	-0.000205
5	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.078418	0.031673	0.007779	0.004633	0.011892	0.000552
5	ENVOLVENTE	Combination	Min	-0.079189	-0.030006	-0.011119	-0.004831	-0.012019	-0.000588
6	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.080297	0.032424	0.007608	0.004622	0.011977	0.000528
6	ENVOLVENTE	Combination	Min	-0.081081	-0.030714	-0.010968	-0.004908	-0.012066	-0.000575
7	ENVOLVENTE	Combination	Max	0.078197	0.03141	0.002301	0.004444	0.011603	0.000358

Fuente: Elaboración personalizada 2020

Tabla 21

Resumen de deformaciones lineales y angulares

Joint Text	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1	R2	R3
				Unitless	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.078678	0.031583	0.00245	0.004358	0.011635	0.00031
1	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.079498	-0.029917	-0.005506	-0.004615	-0.011815	-0.000353
2	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.078638	0.031694	0.007844	0.004383	0.011965	0.000146
2	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.079433	-0.030039	-0.011011	-0.004677	-0.01213	-0.000198
3	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.080517	0.032435	0.007669	0.004451	0.012055	0.000166
3	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.081325	-0.030737	-0.01086	-0.004706	-0.012131	-0.000206
4	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.08056	0.032332	0.002397	0.004515	0.012091	0.000153
4	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.081395	-0.030629	-0.005476	-0.004755	-0.01216	-0.000205
5	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.078418	0.031673	0.007779	0.004633	0.011892	0.000552
5	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.079189	-0.030006	-0.011119	-0.004831	-0.012019	-0.000588
6	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.080297	0.032424	0.007608	0.004622	0.011977	0.000528
6	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.081081	-0.030714	-0.010968	-0.004908	-0.012066	-0.000575
7	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.078197	0.03141	0.002301	0.004444	0.011603	0.000358
7	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.078957	-0.029719	-0.005773	-0.004661	-0.011766	-0.000403
8	ENVOLVENTE	Combination	Max		0.080089	0.032163	0.002253	0.004585	0.012056	0.000521
8	ENVOLVENTE	Combination	Min		-0.080869	-0.030428	-0.005741	-0.004888	-0.012151	-0.000557

Fuente: Elaboración personalizada 2020

La figura 30, muestra los principales puntos de falla de las patillas, estas fallas son causadas por vibraciones fuera del plano de la pared de apoyo y el colapso de la pared del tímpano desde la parte inferior.

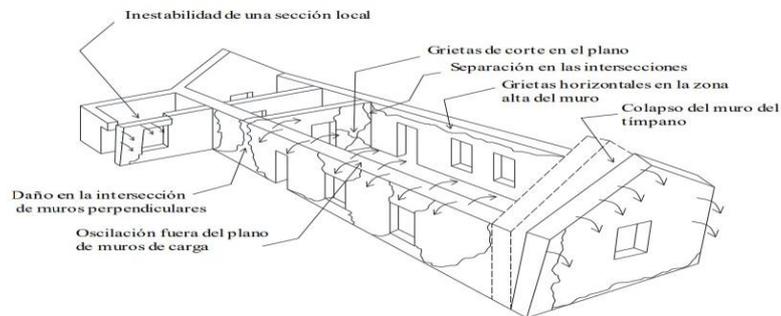


Figura 30: Modos típicos de daños observados en edificios de adobe
Fuente: Tollas et al. (2002)

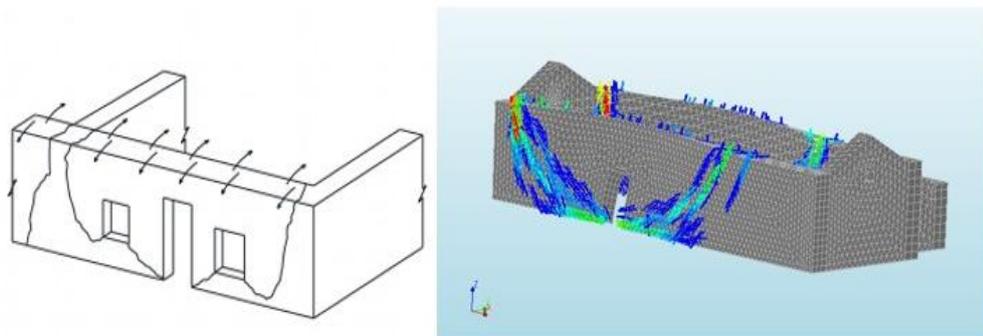


Figura 31: El principal punto de falla: la flexión fuera del plano del muro.
Fuente: Elaboración propio

Los desplazamientos máximos en dirección Y en los muros longitudinales: 13.61 cm máximo para el modelo con refuerzo y de 17.54 cm para condición normal.

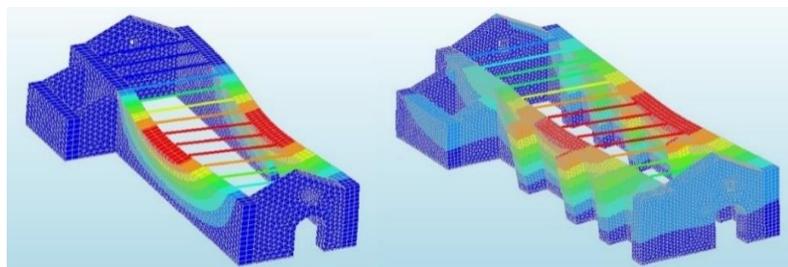


Figura 32: Desplazamientos para ambas alternativas
Fuente: Elaboración propia 2020

En resumen, los resultados de desplazamientos debido a los sismos

Tabla 22
Máximos desplazamientos laterales (m)

Ubicación	Dirección	Análisis modal espectral	
		Modelo sin refuerzo	Modelo con refuerzo
Muro de adobe lateral	X	0.160	0.112
Muro de adobe frontal	Y	0.175	0.136

Fuente: Elaboración propia 2020

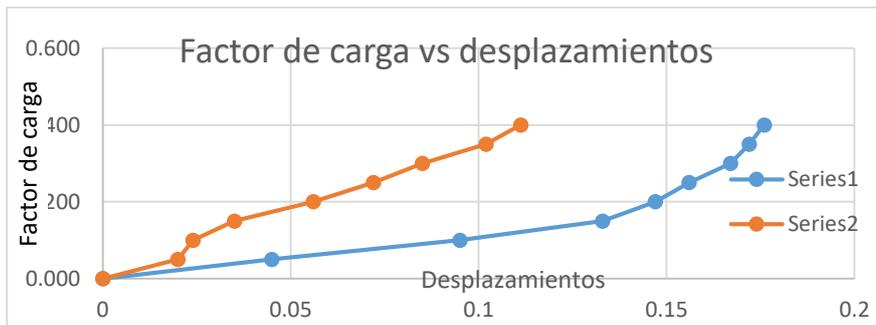


Figura 33: Desplazamientos y factores de carga.

Fuente: Elaboración propia

El efecto de los muros de arriostre en la estructura ayudan a rigidizar más el complejo

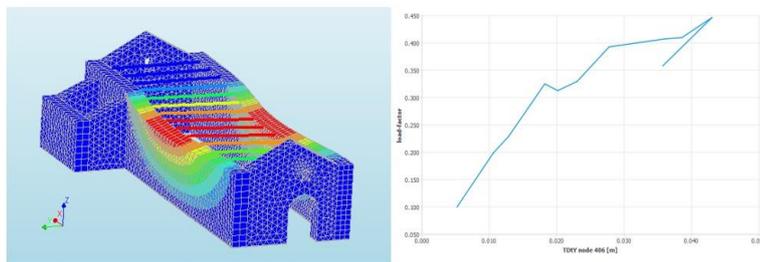


Figura 34: Modelamiento de la nave principal push X

Fuente: Elaboración propia 2020

Los efectos de los muros con contrafuertes en la estructura ayudan a rigidizar más el complejo la estructura.

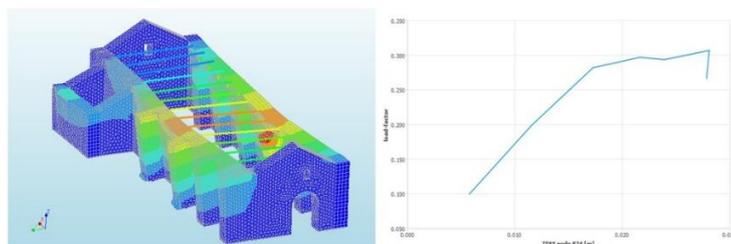


Figura 35: Modelamiento de la nave principal push Y

Fuente: Elaboración propia 2020

Modelo matemático de elementos finitos.

➤ Análisis espectral

Los muros y coberturas fueron modelados con 2,475 elementos tipo cáscara (Shell) con 2,666 nodos y 13,330 grados de libertad. Los muros están compuestos dos materiales: Muros de piedra y muros de adobe. La masa del muro se distribuye de forma distribuida bajo espesor y carga de todo el muro.

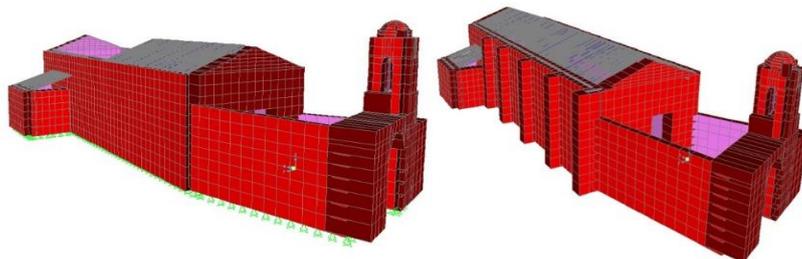


Figura 36:Modelo con normal y modelo propuesto.

bajo la acción del sismo en dirección Y-Y para los muros transversales y longitudinales.

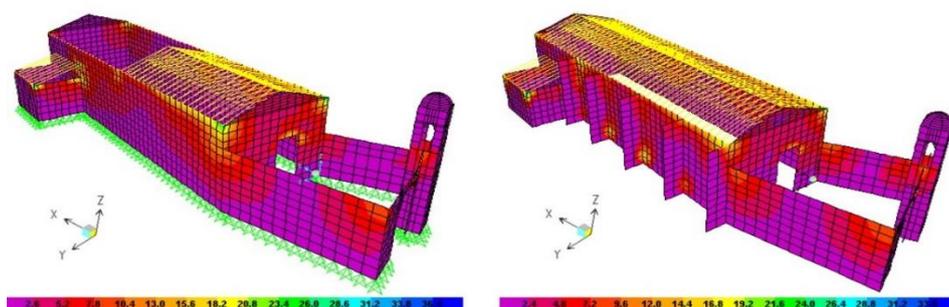


Figura 37:Modelo para condición actual y con refuerzos

Fuente: Elaboración propia 2020

Tabla 23: Esfuerzos laterales mínimo y máximo.

Dirección	Análisis modal espectral		Análisis modal espectral	
	Modelo sin refuerzo		Modelo con refuerzo	
	Esfuerzo mínimo Tn/m ²	Esfuerzo máximo Tn/m ²	Esfuerzo mínimo Tn/m ²	Esfuerzo máximo Tn/m ²
X	-18.070	48.47	-20.590	55.50
Y	0.070	38.56	0.073	35.19

Fuente: Elaboración propia 2020

IV. RESULTADOS.

4.1 Cuantificación de los cambios que alcanzan los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales

Tabla 24

Los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Ubicación	Dirección	Análisis modal espectral	Análisis no lineal
		Modelo normal	Modelo normal
Muro de adobe lateral	X	0.16	0.04
Muro de adobe frontal	Y	0.17	0.05

Fuente: Elaboración personalizada 2020

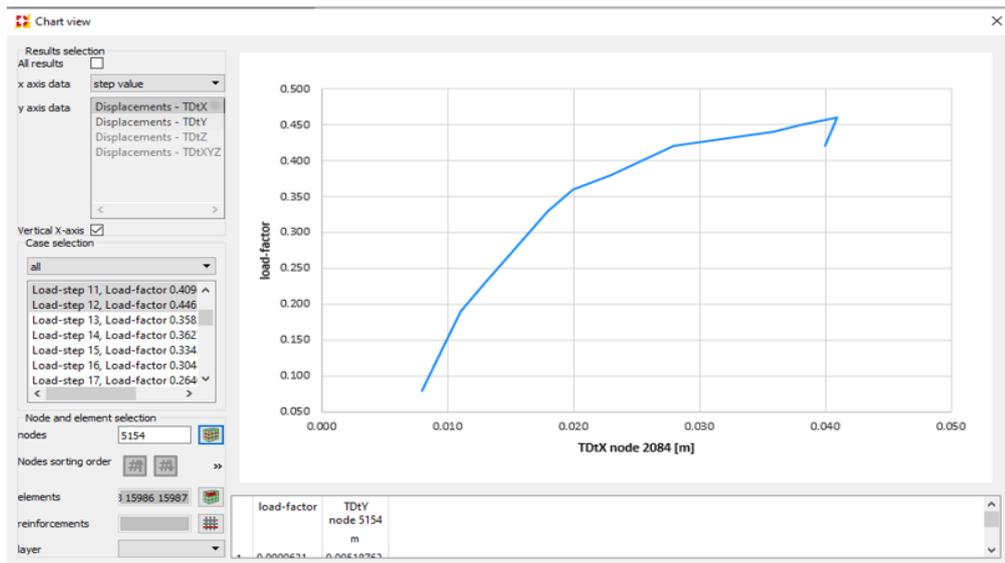


Figura 38: Desplazamientos laterales máximos en dirección Y.

Fuente: Elaboración propia 2020

En la tabla 24, se observa que los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de **análisis modal espectral** en sentido X = (0;0.16); Y= (0;0.17) m. De la misma forma se observa que los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de **análisis no lineal** en sentido X = (0;0.04); Y= (0;0.05) m.

De la **figura 38**, se observa que los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de análisis no lineal en dirección Y es 0.05 m, a partir del cual la estructura falla y/o colapsa.

4.2 Determinación de los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Tabla 25

Los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Dirección	Análisis modal espectral				Análisis estático no lineal			
	Modelo sin refuerzo		Modelo con refuerzo		Modelo sin refuerzo		Modelo con refuerzo	
	Esfuerzo mínimo Tn/m ²	Esfuerzo máximo Tn/m ²						
X	-18.070	48.47	-20.59	55.50	-68.91	14.15	-48.560	12.11
Y	3.84 E-04	38.56	3.96 E-04	35.19	-34.560	9.07	-42.560	10.34

Fuente: Elaboración propia

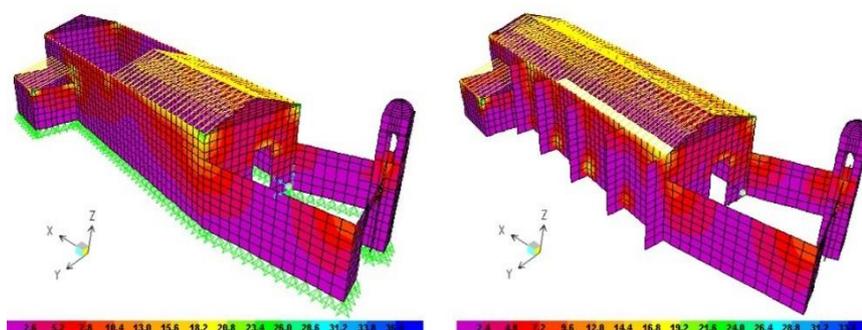


Figura 39: Esfuerzos laterales del modelo actual y propuesto

Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 24**, se observa que los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de **análisis modal espectral** en sentido X = (-18.07;48.47); Y= (3.84 E-04;38.56) Tn/m². De la misma forma se observa que los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de **análisis no lineal** en sentido X = (-68.91;14.15); Y= (-34.56;9.07) Tn/m²

En la **figura 39**, se observa que los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de análisis modal espectral

en sentido $X = (-20.19;55.50)$; $Y = (3.96 \text{ E-}04;35.19)$ Tn/m². De la misma forma la variación que alcanzan desde los esfuerzos mínimos hasta llegar los esfuerzos máximos perpendicular al plano del muro.

4.3 Estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales

Tabla 26

Los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Factor	Perido	Aceleración espectral	Factor	Perido	Aceleración espectral
C	T (s)	Sa	C	T (s)	Sa
2.50	0.00	9.56	1.58	0.95	6.04
2.50	0.02	9.56	1.50	1.00	5.74
2.50	0.04	9.56	1.36	1.10	5.22
2.50	0.06	9.56	1.25	1.20	4.78
2.50	0.08	9.56	1.15	1.30	4.41
2.50	0.10	9.56	1.07	1.40	4.10
2.50	0.12	9.56	1.00	1.50	3.83
2.50	0.14	9.56	0.94	1.60	3.59
2.50	0.16	9.56	0.88	1.70	3.38
2.50	0.18	9.56	0.83	1.80	3.19
2.50	0.20	9.56	0.79	1.90	3.02
2.50	0.25	9.56	0.75	2.00	2.87
2.50	0.30	9.56	0.62	2.20	2.37
2.50	0.35	9.56	0.52	2.40	1.99
2.50	0.40	9.56	0.44	2.60	1.70
2.50	0.45	9.56	0.38	2.80	1.46
2.50	0.50	9.56	0.33	3.00	1.28
2.50	0.55	9.56	0.19	4.00	0.72
2.50	0.60	9.56	0.12	5.00	0.46
2.31	0.65	8.83	0.08	6.00	0.32
2.14	0.70	8.20	0.06	7.00	0.23
2.00	0.75	7.65	0.05	8.00	0.18
1.88	0.80	7.17	0.04	9.00	0.14
1.76	0.85	6.75	0.03	10.00	0.11
1.67	0.90	6.38			

Fuente: Elaboración propia

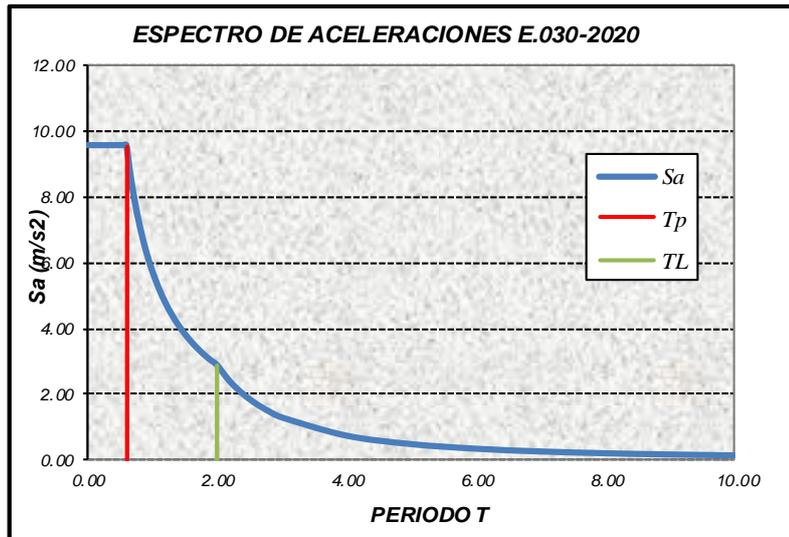


Figura 40: Diagrama de aceleración espectral

Fuente: Elaboración propia 2020.

En la **tabla 26**, se observa que Los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías varían de 9.56 a 0.11 m/s^2 en un periodo de 0 a 10 segundo.

En la **figura 40**, se observa que los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales es de 9.56 m/s^2 en 0.60 segundos es constante; a partir del cual disminuye hasta 0.11 m/s^2 en un periodo de 10 segundos.

4.4 Determinación del comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Tabla 27:

El comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales.

Ubicación	Dirección	Análisis modal espectral		Análisis no lineal	
		Modelo sin refuerzo	Modelo con refuerzo	Modelo sin refuerzo	Modelo con refuerzo
Muro de adobe lateral	X	0.16	0.112	0.04	0.04
Muro de adobe frontal	Y	0.17	0.14	0.05	0.024

Fuente: Elaboración propia 2020

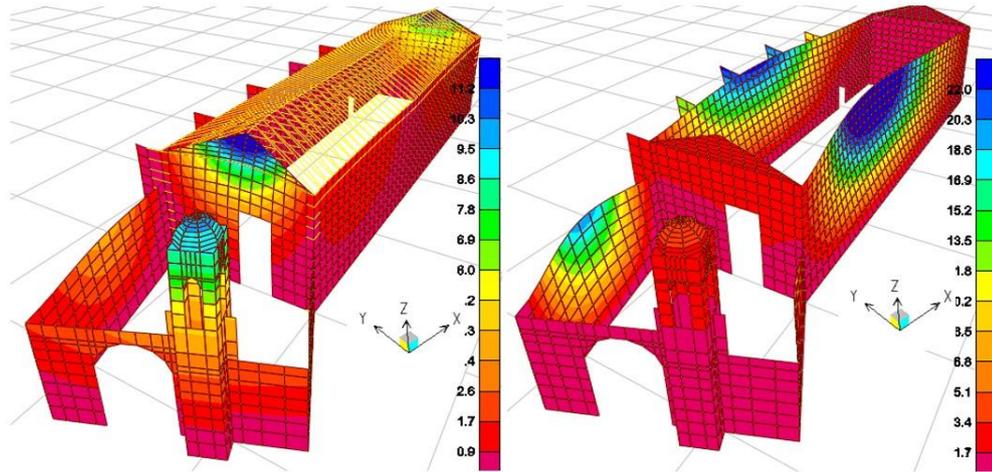


Figura 41: Desplazamientos laterales para ambas alternativas.

Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 27**, se observa que el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de análisis **modal espectral** con modelo normal en sentido $X = (0;0.16)$; $Y = (0;0.17)$ m. De la misma forma se observa el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de **análisis no lineal** con modelo normal en sentido $X = (0;0.04)$; $Y = (0;0.05)$ m.

De la **Figura 41**, se observa que los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales análisis modal espectral de 0.112 m, a partir del cual la tendencia es a disminuir progresivamente hasta tendencia inicial.

V. DISCUSIÓN

Las discusiones se presentan en el orden de los objetivos (específicos luego generales):

DISCUSIÓN 1. Los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de análisis modal espectral en sentido $X = 0.16$ m; $Y = 0.17$ m y de análisis estático no lineal en sentido $X = 0.04$ m; $Y = 0.05$ m.

Para Díaz (2015) citado como antecedente nacional obtuvo como resultado los desplazamientos máximos mediante análisis estático no lineal en dirección X de 0.15 m ; Y de 0.045 m, y análisis modal espectral se obtuvo los resultados en dirección X de 0.16 m ; Y de 0.17 m. Asimismo, Salvatierra (2017) citado como antecedente nacional obtuvo como resultado desplazamiento máximos en dirección X de 0.021 m ; Y de 0.34 m y para análisis estático no lineal se obtuvo los resultados en dirección X de 0.04 m ; Y de 0.05 m.

Como se puede observar los valores determinados para los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales, con análisis modal espectral en ambas direcciones el desplazamiento máximo en dirección X es 0.16 m; Y es 0.17 m, y por análisis estático no lineal en ambas direcciones el desplazamiento máximo en X es 0.05 m; Y es 0.04 m son similares consistentes con los antecedentes; por consiguiente, el objetivo es alcanzado.

DISCUSIÓN 2. Los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de análisis modal espectral en sentido $X = (-1.87; 4.85)$ kg/cm²; $Y = (0.038; 3.86)$ kg/cm² y por análisis estático no lineal en sentido $X = (-6.89; 1.42)$ kg/cm²; $Y = (-3.46; 0.91)$ kg/cm².

Respecto a Quispe (2017), citado como antecedente nacional obtuvo como resultado de los esfuerzos mínimos y máximos mediante análisis modal espectral en la dirección X de $(-3.74; 1.22)$ kg/cm² ; $Y (-4.11; 0.52)$ kg/cm². Asimismo, Díaz (2015) citado como antecedente nacional obtuvo como resultado los esfuerzos cortantes máximos son mayores 0.25 kg/cm² que es

el esfuerzo admisible según la norma E-0.80, los esfuerzos máximos y mínimos mediante análisis modal espectral en dirección $X=(-18.07;48.47)$; $Y=(-4.11;0.52)$ kg/cm² y para análisis estático no lineal $X = (-1.81;4.58)$ kg/cm² ; $Y=de (3.84E-5;3.86)$ kg/cm² .

Como se puede observar los valores determinados para los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales con análisis modal espectral los resultados sin refuerzo estructural en ambas direcciones el esfuerzo en X es 4.85 kg/cm²; Y es 3.86 kg/cm². Modelo con refuerzo estructural en ambas direcciones el esfuerzo máximo en sentido X es 5.50 kg/cm²; Y es 3.52 kg/cm², son similares y consistentes con los resultados con los antecedentes; por consiguiente, el objetivo es alcanzado.

DISCUSIÓN 3. Los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales varían de 9.56 a 0.11 m/s² en un periodo de 0 a 10 segundo.

Para Quispe (2017) ,citado como antecedente nacional obtuvo como resultado de los aceleraciones espectrales es de 12.83 m/s² hasta 0.43 m/s² en un intervalos de 6 segundos .Asimismo, Salvatierra (2017) citado como antecedente nacional obtuvo como resultado los aceleraciones espectrales es de 1.453 m/s² hasta 0.017 m/s² en un intervalos de 0 a 10 segundos.

Como se puede observar los valores para las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales varía desde (9.56 a 0.11 m/s²) en un periodo de 10 segundos. Son similares y consistentes con los resultados con los antecedentes; por consiguiente, el objetivo es alcanzado

DISCUSIÓN 4: El comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales de análisis modal espectral con modelo normal en sentido $X = 0.16$ m; $Y= 0.17$ m, con modelo de análisis estático no lineal con modelo normal en $X = 0.04$ m; $Y= 0.05$ m. En seguida en la misma tabla 27, el comportamiento estructural analizados mediante metodologías convencionales de análisis modal espectral con modelo con refuerzo en sentido $X = 0.11$ m; $Y= 0.14$ m y con método de análisis no lineal con modelo con refuerzo en sentido $X = 0.04$ m; $Y= 0.024$ m y la deriva X ($\Delta i /$

$hei)=0.024/7.56=0.0032$ y dirección Y $(\Delta i / hei)=0.04/7.56=0.005$ cumple con la norma E-0.80.

Respecto a Quispe (2017) en la tesis citado en los antecedentes nacionales obtuvo como resultado del comportamiento estructural con refuerzo estructural analizados, el máximo desplazamiento máximos en sentido X-X ; en el sentido Y-Y es $(\Delta i / hei) = 0.0024 \leq 0.005$, por lo tanto cumple con la Norma Técnica E-030,el comportamiento estructural mediante metodología convencional análisis no lineal con modelo con refuerzo estructural el desplazamiento en dirección X es 0.024 m; en dirección Y es 0.04 m ,por lo tanto en dirección X $(\Delta i / hei)=0.024/7.56=0.0032$ y dirección Y $(\Delta i / hei)=0.04/7.56=0.005$,cumple con la norma E-0.30. Asimismo Arroyo (2019) citado como antecedente internacional obtuvo como resultado desplazamiento lateral sin refuerzo 0.018 m y para modelo con refuerzo 0.015 m.

Como se puede observar los valores para el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales con análisis estático no lineal con modelo con refuerzo estructural el desplazamiento en dirección X es 0.024 m ; en dirección Y es 0.04 m ,y la deriva en dirección X $(\Delta i / hei)=0.024/7.56=0.0032$ y dirección Y $(\Delta i / hei)=0.04/7.56=0.005$,cumple con la norma E-0.30 son similares y consistentes con los resultados con los antecedentes; por consiguiente, el objetivo es alcanzado .

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: Los desplazamientos mediante metodologías convencionales de análisis modal espectral en dirección X de 0.16m; en la dirección Y de 0.17 m y mediante análisis estático no lineal el máximo desplazamiento en dirección X de 0.04 m; Y de 0.05m, los desplazamientos son mayores por ambas metodologías en condición normal, se requiere realizar un refuerzo estructural de contrafuerte de muro para poder disminuir los desplazamientos y las derivas superan el 5/1000 según la norma-E0.30. Los resultados obtenidos de la estructura tiende a colapsar ante la presencia de evento sísmico y la edificación es inhabitable en condición normal.

Conclusión 2: Los esfuerzos mediante metodologías convencionales análisis estático no lineal se obtuvo los esfuerzos mínimos y máximo en la dirección X (-6.81;1.42) kg/cm²; Y (-3.46;0.91) kg/cm² y mediante análisis modal espectral en dirección X de (-1.81;4.85) kg/cm²; Y de (3.84E-5;3.86) kg/cm², los resultados de los esfuerzos cortantes máximos son mayores 0.25 kg/cm² el esfuerzo admisible no cumple según la norma E-0.80.

Conclusión 3: Los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales mediante metodologías convencionales según diseño sismoresistente E-0.30, las aceleraciones espectrales varían de 9.56 m/s² hasta 0.11 m/s² en un intervalo de 0 a 10 segundos, estos resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros de la norma E-0.50 y los ensayos realizados en laboratorio.

Conclusión 4: El comportamiento estructural de monumentos históricos con análisis estático no lineal con modelo con refuerzo estructural el desplazamiento en dirección X es 0.024 m; en dirección Y es 0.04 m, en dirección X $(\Delta_i / h_{ei})=0.024/7.56=0.0032$ y dirección Y $(\Delta_i / h_{ei})=0.04/7.56=0.005$, cumple con la norma E-0.30, cabe indicar con el refuerzo estructural disminuye los desplazamientos y las deformaciones .

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda disminuir los desplazamientos mediante un refuerzo estructural, las metodologías no cumplen con la norma E-0.30 y que las derivas no deben superar el 5/1000 según la norma-E0.30. Mediante los resultados obtenidos la estructura tiende a colapsar ante la presencia de evento sísmico y la edificación es inhabitable.

Recomendación 2: Se recomienda un adecuado refuerzo estructural para disminuir los esfuerzos perpendiculares al plano ya que los resultados obtenidos por ambas metodologías, superan los esfuerzos cortantes máximos son mayores 0.25 kg/cm² según la norma E-0.80.

Recomendación 3: Se recomienda tomar los parámetros de aceleraciones según el Instituto Geofísico del Perú para obtener los resultados adecuados ya que dicha institución está actualizada y encuentra en la página de internet. Para Evaluación del Peligro Sísmico en Perú (2014) ,los mapas de peligro sísmico propuestos pueden ser considerados como insumo base para la elaboración de proyectos de ingeniería y/o obras de gran envergadura. Los espectros de peligro uniforme deben ser integrados de manera adecuada en los procesos del diseño estructural (pág. 40) .

Recomendación 4. Se recomienda realizar el comportamiento estructural de monumentos mediante el análisis estático no lineal o pushover para obtener los resultados más reales, de la misma forma es necesario obtener las propiedades físico mecánicas reales de la albañilería del templo. Los resultados obtenidos con refuerzo estructural con modelo con refuerzo o propuesto los desplazamientos en dirección X es 0.024 m; en dirección Y es 0.04 m, en dirección X (Δ_i / h_{ei})=0.024/7.56=0.0032 y dirección Y(Δ_i / h_{ei})=0.04/7.56=0.005 ,cumple con la norma E-0.30.De la misma forma se recomienda proponer nuevas propuestas de restauración estructural basado en tecnologías modernas que puedan salvaguardar de mejor manera la integridad de las estructuras que se pretendan proteger.

REFERENCIAS

- Arroyo, R. (2019). *Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo ,Chiapas*. Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- Ayuque, Z. (2015). *"Análisis comparativo del método convencional y por etapas para diseñar un edificio de concreto aramado de 11 pisos y 5 sotanos*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Benedetti-petrini. (1982). *Método de índice de vulnerabilidad*.
- Ccosio. (1958). *Fundación del templo al patrón de los caminantes*.
- Centurión. (2018). *Análisis estructural para la restauración del patrimonio cultural en el distrito de Pueblo Libre-Lima-2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Crisosto et al. (1981). *Recomendaciones para las cosntrucciones de adobe en regiones sísmica*. Mexico: University of new mexico.
- Cruz. (2019). *Evaluación estructural de construcciones históricas con métodos de identificación modal -2019*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Díaz, A. Y. (2015). *"Determinación de La Vulnerabilidad Sísmica de la Casona*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Díaz, A. Y. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la Casona Espinach-ex palacio Municipal de la Ciudad de Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- E-0.20 Carga, R. N. (2019). *Norma E-0.20*. Lima: Normas legales el peruano.
- E-0.80 Adobe, R. N. (2019). *Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima: Normas legales.
- Edificación, R. N. (2019). *Norma E.080*. Lima: Normas legales.
- Esquivel, Y. W. (2009). *Sistemas de Refuerzo Estructural en Monumentos Históricos de la Región Cusco*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Flamez, A. V. (2012). *Orientación para la presentación de los trabajos de grado*. Venezuela: Universidad Bolivariana de Venezuela.

- Huanca Chambi, C. A. (2020). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en viviendas existentes de adobe con dos pisos en la ciudad de Ayaviri*. Puno: Universidad Altiplano de Puno Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.
- Inavov. (1961). Las bellas de la ciudad están siendo destruidas barbaramente destruidas, los propietarios demuelen los monumentos de nuestro gran pasado para usarlos en nuevas construcciones.
- Kennedy, J., Oakley, C., & Suman, S. (2004). *Impact of road humps on vehicles and their occupants*. . Summary of TRL Report TRL614.
- Lizarbe. (2010). *Restauración del sistema estructural de los monumentos: Iglesia Santa Teresa y Iglesia San Cristobal*. Ayacucho: Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- Lopez et al. (2017). *Aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para la evaluación ala norte del edificio de la facultad de medicina de la Universida de el Salvador*. San Salvador: Universidad de el Salvador.
- LOURENÇO, P. (2009). *Evaluation and Structural diagnosis: Structural systems and components*”, “Field evaluation non destructive tests”. University of Minho ISISE Guimarães Brites Journal Internacional de Patrimonio Arquitectónico: Conservación, Análisis y Restauración.
- Lozano Chávez, G. A. (2020). *"Evaluación estructural de construcciones masivas de tierra utilizando modelos numéricos avanzados: el caso de la huaca de la luna"*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Mat, N., Ruddin, M., Hamzah, G., & Najib, S. (2009). *A comparative study of passive and active suspension for automobile applications*. . Malaysia: Faculty of Electrical Engineering, Universiti.
- Medina. (1942). *La iglesia san Cristobal se edifico pocos días despues de Vasco Guevarra cuando fijo plano de la nueva población*.
- MEDINA, P. M. (1942). *"Los monumentos coloniales de Huamanga"*.
- MITACC, M. (1996). *Tópicos de Inferencia Estadística. 2da Edición*. Lima.: Universidad de Lima.

- Munjin, M. A., Zamorano, J. J., Marré, B., & Llabaca, F. (2011). *Speed hump spine fractures: injury mechanism and case series*.
- Ñaupas, g. (2006). *Proyecto de investigación introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial epistome,c.a.
- Oseda. (2011).
- Pacheco, J. E. (2016). *Diseño y emulacón de un sistema de control para la suspensión de un vehículo utilizando técnicas de hardware in the loop y comunicación por protocolo can*. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Pasántes. (2020). *Comportamiento sísmico de paredes de adobe en el plano*. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- PERÚ, I. G. (2014). *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Pesántes, W. S. (2020). *"comportamiento sísmico de paredes de adobe en el plano"*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Pesántez. (2020). *"comportamiento sísmico de paredes de adobe en el plano"*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- POMAR, F. C. (1986). *"Arte del Perú colonial"*.
- PUCP. (s.f.). *Niveles de investigación*. Lima: PUCP.
- Quispe, M. Y. (2017). *Evaluación y propuesta de reforzameinto estructural de la capilla cristo pobre de la beneficencia de puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, M. Y. (2017). *Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural de la capilla cristo pobre de la beneficencia de Puno*. Puno: Universidad Nacional de Altiplano.
- Reglamento nacional de edificaciones. (2019). *Norma técnica E.030 diseño sismoresistente*. LIMA: Resolución Ministerial.

- Salvatierra, E. L. (2017). *Sistema de refuerzo estructural contemporaneo en el coliseo Municipal de Huancayo en la Región Junín 2017*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.
- Sánchez, M. I. (2013). *"Vulnerabilidad Sísmica de Cosntrucciones Patrimoniales Históricas de Mapostería en Chile :Aplicación a los Torreones Españoles de Valdivía "*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Santiago, V. y. (2018).
- Serna. (1966). *Fundación de la Iglesia San Cristobal como la primera iglesia más antigua*.
- Stephens, W. (1981). *Road humps for the control of vehicular speeds and traffic flow. .* Transport.
- Supo, J. (2013). *Como validar un instrumento*. Lima: Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Tamayo, M. (2003). *El problema de la investigación científico*. Mexico: Grupo Noriega.
- TOLEDO, C. Z., CHICATA, L. V., BASUALDO, R. S., TATAJE, R. P., & CÁRDENAS., G. H. (2003). *Experiencias recientes de evaluación estructural de edificaciones históricas"*. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Iquitos.
- Torres, A. (2016). *Cálculo sísmico de estructuras convencionales de edificación aplicando métodos lineales y no lineales implementados en diferentes normas, estudio comparativo*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- UNESCO, & ICOMOS. (2012). *Documentation Centre UNESCO-ICOMOS, International Council on Monuments and sites. .:* Unesco.
- VARGAS UGARTE, R. (1931). *Libro de Cabildo de San Juan de la Frontera de Guamanga, siendo villa que recorrió desde 24 de Septiembre de 1539 hasta el 20 de Mayo de 1547 .* Lima: El comercio.
- Villegas. (1990). *Patrimonio nacional determina con ley n°24047 de 1884*.
- WATTS, G. R. (1973). *Road humps for the control of vehicle speeds*. Transport and Road Research.

Webster, D. C. (1993). *Road humps for controlling vehicle speeds*. . Transport Research Laboratory (TRL).

Zabala, A. (2017). *Modelado y análisis Pushover*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Zaidel, D., Hakkert, A. S., & Pistiner, A. H. (1992). *The use of road humps for moderating speeds on urban streets*. Accident Analysis and Prmention.

ANEXOS

Anexo 1: Matrices de variables

Anexo 1.1: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Metodologías Convencionales	<p>Los métodos convencionales son técnicas, procedimientos y guías para llegar al resultado que se desea demostrar, las metodologías para este proyecto se utilizaron: análisis de elementos finitos, análisis estático no lineal y diseño sismoresistente según la norma E-0.30</p> <p>Para evaluar el templo de San Cristóbal se eligió realizar un análisis computacional con elementos finitos del comportamiento estructural, el análisis incluye el peso propio del sistema y la carga de empuje producido por las cargas.</p>	<p>La variable 1 se operacionaliza mediante sus dimensiones que representan dimensión 1: Método de elementos finitos. Dimensión 2: Método de análisis estático no lineal. Dimensión 3: Diseño sismo resistente (R.N. E-0.30)</p>	<p>D1: Método de elementos finitos</p> <p>D2: Análisis estático no lineal.</p> <p>D3: Diseño sismo resistente (R.N. E-0.30)</p>	<p>I1: Esfuerzos laterales(tn/m2)</p> <p>I2: Deformaciones</p> <p>I3: carga de compresión(tn)</p> <p>I1: Cortante basal (ton)</p> <p>I2: Aceleración espectral (m/s2)</p> <p>I3: Periodo fundamental (s)</p> <p>I1: Categoría.</p> <p>I2: Categoría-Zona</p> <p>I3: Perfiles.</p> <p>I1:Desplazamientos(m)</p> <p>I2: Deformaciones (m/m)</p> <p>I3: Frecuencias (hz)</p>	<p>Ficha de recopilación de datos</p>	<p>Escala/Razón</p>
V2: Comportamiento estructural		<p>La variable 2 se operacionaliza mediante sus dimensiones que representan dimensión 1: Desplazamiento lateral espectral modal. Dimensión 2: Esfuerzo modal espectral. Dimensión 3: Espectro aceleración</p>	<p>D1: Desplazamiento lateral espectral modal</p> <p>D2: Esfuerzo modal espectral</p> <p>D3: Espectro aceleración</p>	<p>I1: Fuerzas horizontales (tn-f)</p> <p>I2: Tensión(tn/m2)</p> <p>I3: Peso sísmico (ton)</p> <p>I1: Factor de amplificación</p> <p>I2: Periodo fundamental (s)</p> <p>I3: Espectro sísmico (m/s2)</p>	<p>Ficha de recopilación de datos</p>	<p>Escala/Razón</p>

Fuente: Elaboración propia 2020

Anexo 1.2: Matriz de consistencia

Título: Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuánto cambia el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales-iglesia San Cristóbal 2020?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuánto cambian los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020?</p> <p>¿Cuánto varían los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020?</p> <p>¿Qué valores alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020?</p>	<p>Determinar el comportamiento estructural de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Cuantificar los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020</p> <p>Determinar los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.</p> <p>Estimar los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020</p>	<p>El comportamiento de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales cambia significativamente - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</p> <p>Los cambios que alcanza los desplazamientos de monumentos históricos son mayores analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020</p> <p>Los esfuerzos de monumentos históricos analizados mediante metodologías convencionales es mínima en cuanto a la realidad-iglesia San Cristóbal, Ayacucho2020</p> <p>Los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales de monumentos históricos varia significativamente analizados mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020</p>	<p>INDEPENDIENTES</p> <p>V1:Metodologías Convencionales</p> <p>DEPENDIENTES</p> <p>V2:Comportamiento estructural</p>	<p>D1: Método de elementos finitos</p> <p>D2: Análisis estático no lineal.</p> <p>D3: Diseño sísmico resistente (R.N. E-0.30)</p> <p>D1: Desplazamiento lateral espectral modal</p> <p>D2: Esfuerzo modal espectral</p> <p>D3:Espectro aceleración</p>	<p>I1: Esfuerzos laterales(tn/m2)</p> <p>I2: Deformaciones</p> <p>I3: Carga de compresión(tn)</p> <p>I1: Cortante basal (ton)</p> <p>I2: Aceleración espectral (m/s2)</p> <p>I3: Periodo fundamental (s)</p> <p>I1: Categoría.</p> <p>I2: Categoría-Zona</p> <p>I3: Perfiles.</p> <p>I1:Desplazamientos(m)</p> <p>I2: Deformaciones (m/m)</p> <p>I3: Frecuencias (hz)</p> <p>I1: Fuerzas horizontales (tn-f)</p> <p>I2: Tensión(tn/m2)</p> <p>I3: Peso sísmico (ton)</p> <p>I1: Factor de amplificación</p> <p>I2: Periodo fundamental (s)</p> <p>I3: Espectro sísmico (m/s2)</p>	<p>Método: Científico</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Cuasi experimental</p> <p>Población: Son las 33 iglesias de la ciudad de Ayacucho</p> <p>Muestra: La muestra es el monumento de la iglesia San Cristóbal.</p> <p>Muestreo: El tipo de muestreo no probabilístico.</p> <p>-Simulación atreves de software</p>

Fuente: Elaboración propia 2020

Anexo 2: Instrumento de investigación validado

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento estructural del monumento históricos mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.
AUTOR: Máximo G. Valdez Pariona.

						EXPERTO
I.- INFORMACION GENERAL:						A
UBICACIÓN: Ayacucho						1
DISTRITO:	AYACUCHO	ALTITUD:	2,745 m.s.n.m.			
PROVINCIA:	HUAMANGA	LATITUD:	13°09'31" S			
REGION:	AYACUCHO	LONGITUD:	74°13'23" O			
II.- METODOLOGIA CONVENCIONAL						0
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D1V2:						
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	
Esfuerzo lateral	tn/m2	Deformaciones	m/m	Carga de compresión	Tn	
III.- METODOLOGIA CONVENCIONAL						1
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D2V2:						
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	
Cortante basal	Tn	Aceleración espectral	m/s2	Periodo fundamental	s	
IV.- METODOLOGIA CONVENCIONAL						1
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D3V2:						
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	
Categoría		Zona		Perfiles		
V.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL						1
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:						
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	
Desplazamientos	m	Deformaciones	m/m	Frecuencia	hz	
VI.- D2V2/D2V1:						1
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:						
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	
Fuerzas horizontales	Tn-f	Tensión	tn/m2	Peso sísmico	Tn	
VII.- D3V2/D3V1:						0
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:						
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	
Factor de amplificación	s	Periodo fundamental	s	Espectro sísmico	m/s2	
APELLIDOS Y NOMBRES: Flores Bautista, Edwin Efraín						
PROFESION: Ingeniero civil						
REGISTRO CIP No: 98728						
EMAIL: Floresbautista1256@gmail.com						
TELEFONO: 984745572						
						5
						0,714

GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO
Oficina Sub Regional Cangallo
Calle Insuñán de la Cruz 474-22350
CANGALLO - AYACUCHO
Edwin Efraín Flores Bautista
RUE: CIP N° 98728
Resolución de F. No.

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento estructural del monumento históricos mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.
AUTOR: Máximo G. Valdez Pariona.

I.- INFORMACION GENERAL:					
UBICACIÓN: Ayacucho					
DISTRITO:	AYACUCHO	ALTITUD:	2,745 m.s.n.m.		
PROVINCIA:	HUAMANGA	LATITUD:	13°09'31" S		
REGION:	AYACUCHO	LONGITUD:	74°13'23" O		
II.- METODOLOGIA CONVENCIONAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D1V2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Esfuerzo lateral	tn/m2	Deformaciones	m/m	Carga de compresión	Tn
III.- METODOLOGIA CONVENCIONAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D2V2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Cortante basal	tn	Aceleración espectral	m/s2	Periodo fundamental	s
IV.- METODOLOGIA CONVENCIONAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D3V2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Categoría		Zona		Perfiles	
V.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Desplazamientos	m	Deformaciones	m/m	Frecuencia	hz
VI.- D2V2/D2V1:					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Fuerzas horizontales	Tn-f	Tensión	tn/m2	Peso sísmico	tn
VII.- D3V2/D3V1:					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Factor de amplificación	s	Periodo fundamental	s	Espectro sísmico	m/s2
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lizarbe Alarcón ,Hemerson				
PROFESION	Ingeniero civil				
REGISTRO CIP No:	122138				
EMAIL:	hemiala@gmail.com				
TELEFONO:	966943119				

EXPERTO
B
0
1
0
1
0
1
1
4
0.571
0.714


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

 Mg.Sc. Ing. **HEMERSON LIZARBE ALARCÓN**
 DOCENTE

0.61

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento estructural del monumento históricos mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.
 AUTOR: Máximo G. Valdez Pariona.

I.- INFORMACION GENERAL:					
UBICACION: Ayacucho					
DISTRITO:	AYACUCHO	ALTITUD:	2,745 m.s.n.m.		
PROVINCIA:	HUAMANGA	LATITUD:	13°09'31" S		
REGION:	AYACUCHO	LONGITUD:	74°13'23" O		
II.- METODOLOGIA CONVENCIONAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D1V2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Esfuerzo lateral	tn/m2	Deformaciones	m/m	Carga de compresión	Tn
III.- METODOLOGIA CONVENCIONAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D2V2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Cortante basal	tn	Aceleración espectral	m/s2	Periodo fundamental	s
IV.- METODOLOGIA CONVENCIONAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D3V2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Categoría		Zona		Pertiles	
V.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Desplazamientos	m	Deformaciones	m/m	Frecuencia	hz
VI.- D2V2/D2V1:					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Fuerzas horizontales	Tn-f	Tensión	tn/m2	Peso sísmico	tn
VII.- D3V2/D3V1:					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Factor de amplificación	s	Periodo fundamental	s	Espectro sísmico	m/s2
APELLIDOS Y NOMBRES: Janampa Janampa, Ciró Arcadio					
PROFESION: Ingeniero civil					
REGISTRO CIP No: 33234					
EMAIL: ciraarcadioja12@gmail.com					
TELEFONO: 966147771					

EXPERTO
C
1
1
1
1
1
1
0
6
0.857


 GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO
 Sub Gerencia de Supervisión y Ejecución
 Ing. Ciró Arcadio Janampa Janampa
 SUPERVISOR META 232


SOILTEST PERÚ S.R.L.
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE

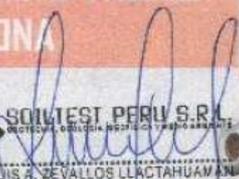
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO Y
DETERMINACION DE CAPACIDAD
PORTANTE DE SUELOS**

DEL PROYECTO:
**“Comportamiento estructural del Monumento Histórico
mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal
- Ayacucho 2020”**



<p>Región : AYACUCHO</p> <p>Provincia : HUAMANGA</p> <p>Distrito : AYACUCHO</p> <p>Lugar : JR. 28 DE JULIO</p> <p>SIXTA CUADRA S/N</p>	<p>SOLICITANTE: MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIONA</p>
--	---

ENERO 2021


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

INDICE

1	GENERALIDADES	- 3 -
1.1	ANTECEDENTES E INFORMACION PREVIA.	- 3 -
1.2	OBJETIVO DE ESTUDIO.	- 3 -
1.3	NORMATIVIDAD ACTUAL.	- 4 -
1.4	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.	- 5 -
1.5	ALTITUD DE LA ZONA Y CLIMA.	- 6 -
1.6	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ESTUDIADA.	- 6 -
2	INVESTIGACION DE CAMPO	- 8 -
2.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO	- 8 -
2.1.1	CALICATAS Y AFLORAMIENTOS DE EXPLORACIÓN.	- 8 -
2.1.2	MUESTREO Y REGISTRO DE EXCAVACIONES.	- 8 -
2.1.3	PERFILES DEL SUELO.	- 9 -
3	ENSAYOS DE LABORATORIO	- 10 -
3.1	ENSAYOS ESTÁNDARES.	- 10 -
3.2	ENSAYO ESPECIALES.	- 10 -
4	CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO	- 12 -
4.1	CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.	- 12 -
5	ANÁLISIS DE LA INFORMACION	- 15 -
5.1	SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.	- 15 -
6	CONCLUSIONES	- 16 -
7	RECOMENDACIONES	- 17 -
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	- 18 -



SOILTEST PERU S.R.L.
ING. LUISA ZEVALLOS LLACAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

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° 01

DESCRIPCION	NORMA APLICABLE *
SUELOS. Metodo de ensayo de penetración estándar SPT	NTP 339.133
SUELOS. Metodo para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS)	NTP 339.134
SUELOS. Metodo de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método de cono de arena **	NTP 339.143
SUELOS. Metodo de ensayo estándar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)	NTP 339.144
SUELOS. Ensayo de penetración cuasi estática profunda de suelos con cono y cono de fricción (CPT).***	NTP 339.148
SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual	NTP 339.150
SUELOS. Metodo de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo por carga estática 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 auscultación con penetrometro dinamico ligero de punta conica (DPL)	NTP 339.159
SUELOS. Practica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena	NTP 339.161
SUELOS. Guia normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción	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 perforación de núcleos de roca para la investigación del sitio	NTP 339.173
SUELOS. Metodo de ensayo normalizado para la medición de la densidad de suelos y rocas in-situ por el método de reemplazo con agua en un pozo de exploración.**	NTP 339.253
SUELOS. Metodo de ensayo estándar para la determinación de la densidad y peso unitario de suelos in situ por el método de balón de jebes.**	NTP 339.256
Metodo de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos	NTP 339.163
Cono Dinamico Superpesado (DPSH) - ver ANEXO II de la norma	JNE 103-801
Auscultación Dinamica mediante cono Tipo Peck (CTP)	(ver Anexo III)
Metodo de ensayo estándar para pruebas de integridad de inyecto con bajo deformación en cimentaciones profundas (Stándar test method for low strain impact integrity testing of deep foundations)	ASTM D5882
Metodo de ensayo estándar para cimentaciones profundas bajo carga lateral (Stándar test method for deep foundations under lateral load)	ASTM D3966

* En todo los casos se usa la última versión de la norma

** estos ensayos se emplean para el control de la compactación de rellenos con rolados

*** tambien conocido como "Ensayo de cono estatico"

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



SOILTEST PERU S.R.L.
ZORRILLA 1000, OFICINA 1000, PUNTO VERDE
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

1.4 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 : JR. 28 DE JULIO SEXTA CUADRA S/N

1.5.2. Ubicación Geográfica

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

CUADRO N° 02

COORDENADAS UTM DATUM: WGS 84 ZONA 18L	VERTICE ZONA DE INTERVENCIÓN	COORDENADAS		
		ESTE	NORTE	ALTURA
		583792.06	8544201.90	2744.00 msnm

El área en estudio se desarrolla entre las cotas absolutas 2744.00 msnm.



SOILTEST PERU S.R.L.
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
CONSULTORES EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

LAMINA N° 01

FOTOGRAFIA SATELITAL DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN



Vista de la zona de intervención - Fuente Google Earth

1.5 ALTITUD DE LA ZONA Y CLIMA

La Zona de Estudio se encuentra a una altitud de 2744,00 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.

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ESTUDIADA.

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


SOIL TEST PERU S.R.L.
ING. LUISA ZEVALLOS LACTAHUAMAN
CONSULTORA EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 22245

LAMINA N° 02
ZONIFICACIÓN SISMICA DEL PERÚ.



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° 003-2014-VIVIENDA

Fuente: Elaboración Propia



SOILTEST PERU S.R.L.
SISTEMA NACIONAL DE SERVICIOS INTEGRADOS
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

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.

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° 03:

Registro de excavación de calicatas.

Calicata N°	Estrato / Muestra	Ubicación de la excavación	Profundidad (m)	Depósitos	Suelo
C-01	E2 / M2	583792.06 E / 8544201.90 N	2.00	Depósitos Coluviales	Arena con arcilla y grava

2.1.2 Muestreo y Registro de Excavaciones.

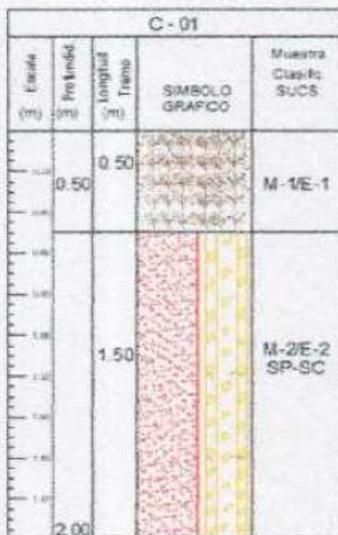
Se tomaron muestras alteradas o disturbadas de las calicatas y estratos atravesados, para determinar las características físicas mecánicas, luego se toma la muestra más representativa según la inspección visual realizada en campo, la inspección visual es el reconocimiento preliminar del suelo sin necesidad 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 obtuvieron 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 remoldeadas en laboratorio para simular las condiciones de campo, también se obtuvieron 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 II) de registro de exploraciones, así como la ubicación de las exploraciones se presentan en el Anexo I:

A. CALICATA 01:



De 0.00m a 0.50m terreno de cobertura, color blanquesino, conformado por suelo semi organico, antropicos con presencia de arena y limo, con presencia de raíces insipientes, hojas de ramas secas, troncos con material suelto, estrato no adecuado para desplante de cimentación.

De 0.50m a 2.00m, según la inspección en campo corresponde a un tipo de depósito coluvial, terreno de color marronesco, conformados por un suelo arenoso con arcilla y grava que se cataloga en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un Sp-SC y el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-2-4 (0), con presencia de material gravoso (25.87%), con gran cantidad de arena (63.88%) y con finos (10.25%), la fracción que pasa la malla N° 40 es ligeramente plástica,

(límite líquido 34.05 %, Índice plástico 6.10% lo que indica que la fracción fina es Ligeramente arcillosa), con una compactación natural y cohesión de 0.02, la compacidad en el momento de auscultación es casi firme (LP<w), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmedo, de talud vertical con un grado de estabilidad..

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

ING. LUIS AL ZEVALLLOS LACAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

3 ENSAYOS DE LABORATORIO.

3.1 ENSAYOS ESTÁNDARES.

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° 04:

Registro de Resultados de Laboratorio.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS ESTANDAR				
		SUSC	AASHTO	% Finos	LL%	IP%
C-01 / E-2	2.00	SP-SC	A-2-4(0)	10.25	34.05	6.10

3.2 ENSAYO 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 circulas, dividido horizontalmente en dos mitades, dentro de ellas se coloca la muestra con pedradas porosas en ambos extremos, luego se aplica un carga vertical de confinamiento y luego un carga horizontal creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja, originando el corte de la muestra.



SOILTEST PERU S.R.L.
PROTECTORA, RESERVA, REGISTRADA Y MANTENIDA
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLAGTA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 22243

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 período 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 catastróficos 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 detallara el ensayo de corte directo en laboratorio, en el cual posteriormente se darán a conocer los cálculos correspondientes (Anexo III).

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 (ϕ).

Los resultados de los ensayos especiales se muestran en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 05:

MUESTRA	SUCS	NOMBRE DE GRUPO (ASTM 2000) D-2487	COHESION C' (Kg/cm ²)	ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ)
C - 01	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla y grava	0.02	28.78



SOIL TEST PERU S.R.L.
ING. LUIS A. ZEVALEOS LLACAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

4 CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO

4.1 CALCULO 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 / Cm²)
- $q_{ADMISIBLE}$ = Capacidad admisible de carga del terreno (Kg / Cm²)
- FS = Factor de seguridad
- γ = Peso unitario del suelo natural (Densidad Húmeda Natural del Terreno)
- B = Ancho de zapata (Ancho menor de Cimiento, mts.)
- q' = Esfuerzo efectivo vertical en la fono de la cimentación
- D_f = Profundidad de cimentación (Profundidad de Desplante)

N_c, N_q, N_γ = 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
- γ = 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 γ = Factores de capacidad de carga
- Sc, Sq, S γ = 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 (ϕ), considera la influencia del peso del suelo.

N γ = 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° 01: PARAMETROS DE CALCULO, CALICATA-01

Cohesión C' (KN/m ²)	=	0.02
Fricción ϕ' °	=	28.78
Peso específico γ (KN/m ³)	=	17.45
Profundidad de cimentación D_f	=	1.80
Base de cimentación B (m)	=	1.20
Largo de cimentación L (m)	=	1.00
Altura del nivel Freático (h_w)	=	
Peso específico saturado γ_{sat} (KN/m ³)	=	18.35
Inclinación de carga sobre la cimentación (θ)	=	0.00

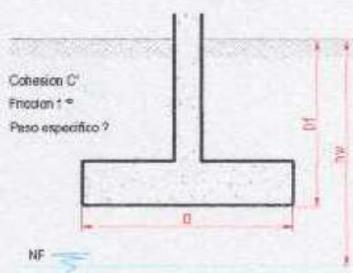


IMAGEN N° 02: RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE CARGA, CALICATA-1

q_u	=	4.00
q_{ad}	=	q_u / FS
F_s	=	3.00
q_{ad}	=	1.33 kg/cm²



SOIL TEST PERU S.R.L.
GESTIÓN Y ASesorIA EN OBRAS CIVILES Y AMBIENTALES
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUJAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

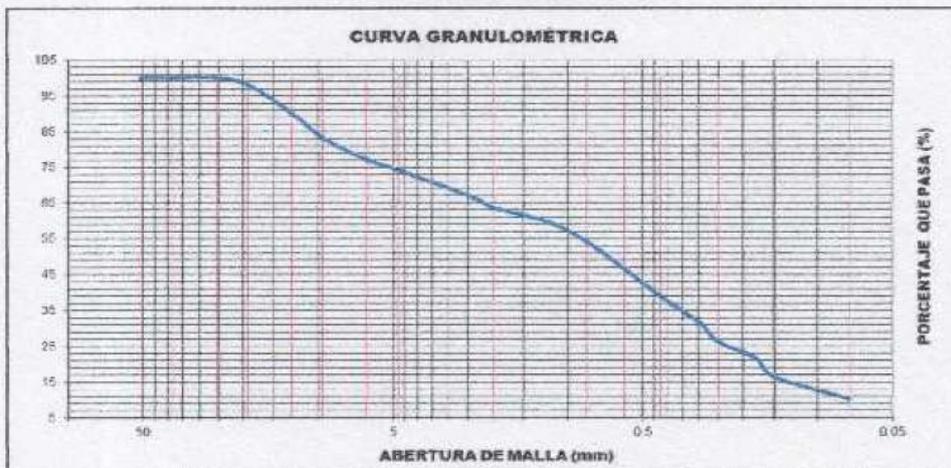
Anexo 3.1: Análisis granulométrico

5 ANALISIS DE LA INFORMACION

5.1 Sobre las propiedades del suelo.

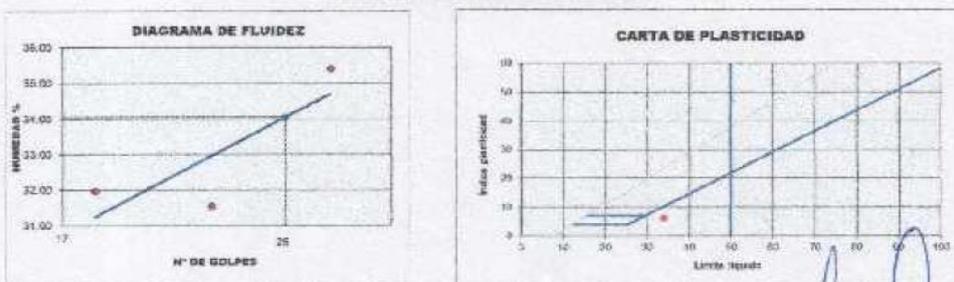
Dada la variabilidad que presentan los suelos (aun dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de la clasificación de suelos mediante el método SUCS y AASHTO, estos presentan ciertas características propias de los materiales que los conforman, es así que observando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

IMAGEN N° 03 CALICATA-01



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

IMAGEN N° 04 CALICATA-01



En términos de plasticidad, este es ligeramente plástico.

6 CONCLUSIONES

- a. El presente estudio servirá para el Proyecto: "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MONUMENTO HISTÓRICO MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES - IGLESIA SAN CRISTÓBAL, AYACUCHO 2020", específicamente para la construcción de estructuras de concreto armado.
- b. 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.
- c. 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).
- d. De los resultados de laboratorio del ensayo de corte directo se han obtenido los **parámetros de resistencia del suelo** de la Calicata - 01, Obteniendo un resultado 28.78° para el Angulo de fricción y una cohesión de 0.02 kg/cm², 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 ²)	ANGULO DE FRICCIÓN (Ø)
C - 01	0.02	28.78

- e. De acuerdo a los resultados de laboratorio y mediante la capacidad de carga última (formula de Meyerhof -1963, y Terzaghi -1943) de ha determinado la capacidad de carga admisible de la calicata-01, esta es de 1.23 kg/cm², para una profundidad de cimentación de 1.80m, con respecto a nivel de terreno natural.

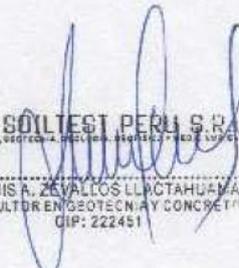
MUESTRA	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	PROFUNDIDAD
C - 01	1.33	1.80



SOIL TEST PERU S.R.L.
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 22245

7 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 recomienda la construcción de vigas de cimentación para conectar las zapatas aisladas, estas están diseñadas para soportar cargas lineales, concentradas o uniformes, para estructuras superiores a 4 niveles, esto para evitar los asentamientos diferenciales que pueda presentar en el tiempo y dañar la estructura de concreto.
3. Se establecerá controles para la protección de taludes y el humedecimiento del área de operación.
4. 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.
5. No se procederá a cimentar en lugares donde se encuentre niveles freáticos elevados, los cuales puedan comprometer la cimentación,

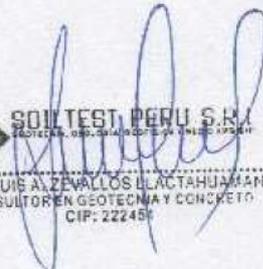


SOILTEST PERU S.R.L.
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMÁN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

B 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, 28 de enero del 2021.



SOIL TEST PERU S.A.L.
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222457



**ANEXO I:
REGISTROS DE CAMPO**



Anexo 3.2: Perfil estratigráfico



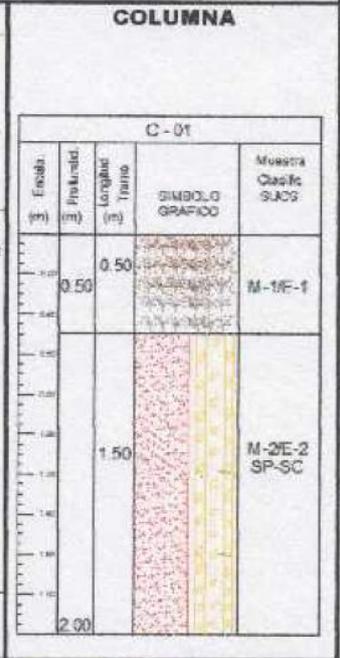
PARTE DE LA EXPLORACION	OBRA	*Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal - Ayacucho 2020*
	CALICATA	C - 01
	LOCALIZACION	: IGLESIA SAN CRISTOBAL
	FECHA DE REALIZACION	29/12/2020
	UBICACION EXPLORAC.	: DATUM WGS84 FUSO 18 ZONA L E = 583718.25m N = 8544171.24m
	SOLICITANTE	: SR. MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIONA
	TIPO DE EXCAVACION	: MANUAL

PROFUNDIDAD : 2.00m

DESCRIPCION :

De 0.00m a 0.50m terreno de cobertura, color blanquesino, conformado por suelo semi orgánico, antropicos con presencia de arena y limo, con presencia de raíces insipientes, hojas de ramas secas, troncos con material suelto, estrato no adecuado para desplante de cimentación.

De 0.50m a 2.00m, según la inspección en campo corresponde a un tipo de depósito coluvial, terreno de color marronoso, conformados por un suelo arenoso con arcilla y grava que se cataloga en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un Sp-SC y el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-2-4 (0), con presencia de material gravoso (25.87%), con gran cantidad de arena (63.88%) y con finos (10.25%), la fracción que pasa la malla N° 40 es ligeramente plástica, (límite líquido 34.05 %, Índice plástico 6.10% lo que indica que la fracción fina es ligeramente arcillosa), con una compactación natural y cohesión de 0.02, la compacidad en el momento de auscultación es casi firme (LP<w), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando esta húmedo, de talud vertical con un grado de estabilidad.



NIVEL FREATICO : A la profundidad de excavación no se encuentra.



ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 202174



**ANEXO II:
REGISTROS DE LABORATORIO**



Anexo 3.3: Limite líquido y límite plástico



Proyecto : "Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal - Ayacucho 2020"

Solicitante : Sr. MAXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIQUA

Region : AYACUCHO

Calibre : CALCATÁ - 01

Provincia : HUAMANGA

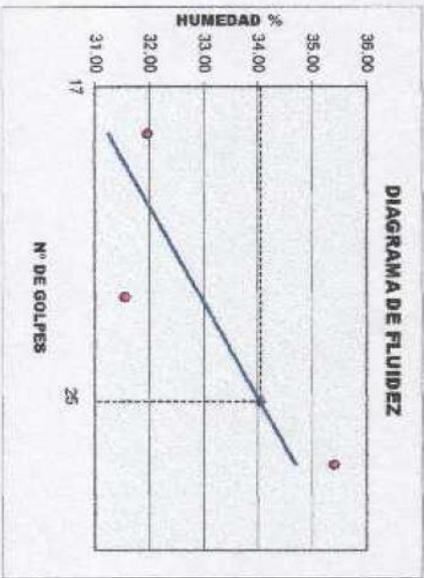
Estado : E-02

Distrito : AYACUCHO

Fedre : ENERO-2021

Lugar : JR. 28 DE JULIO SEXTA CUADRA SIN

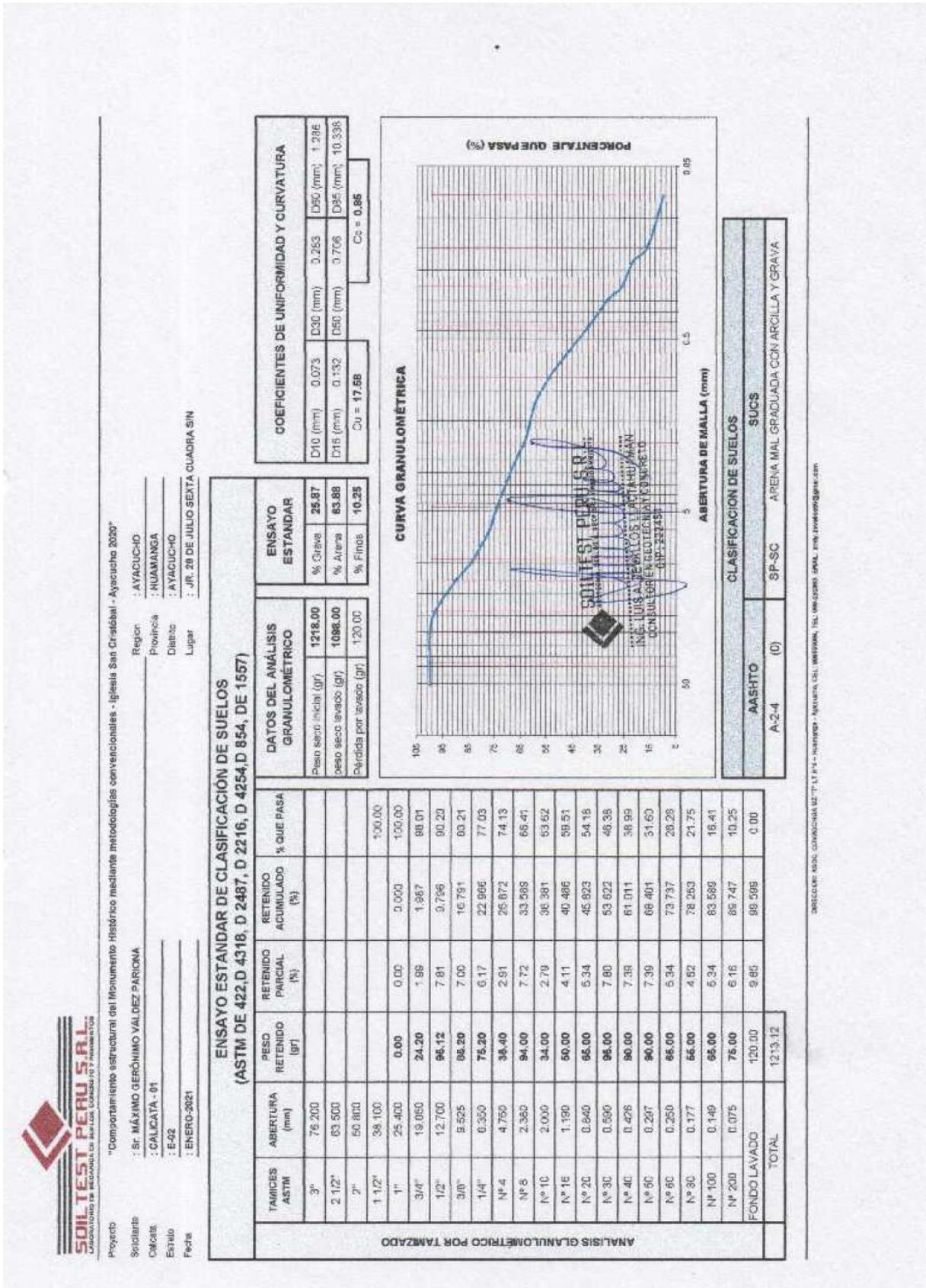
LIMITE DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LIMITE PLASTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LIMITE DE CONSISTENCIA	
Recipiente	Unidades	17	68	59	14	15	LL (%) =	LP (%) =	LL - LP = IP (%) =
Peso Recipiente + Suelo Humedo	gr	43.62	44.15	43.58	28.90	29.25	34.05		
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	36.65	38.16	38.33	27.17	27.42		27.95	
Peso del Recipiente	gr	23.00	23.30	23.50	21.09	20.75			
Peso del Suelo Seco	gr	15.55	15.85	14.83	6.08	6.67			
Peso del Agua	gr	4.97	5.00	5.25	1.73	1.83			
Contenido de Humedad	%	31.96	31.55	35.40	28.45	27.44			6.10
Numero de Golpes		18	22	27					



DIRECCION: AV. DE COMERCIO Nº 117 - LT 114 - Huancayo - Ayacucho, C.E. 99090804, TEL: 053-298021, EMAIL: info@soiltestperu.com

SOIL TEST PERU S.R.L.
 Ing. JULIO ZEVALLOS LACAYAHUANI
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 C.I.P. 222 451

Anexo 3.4: Clasificación de suelos



Anexo 3.5: Ensayo de corte directo



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

Proyecto : "Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal - Ayacucho 2020"
Solicitante : Sr. MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIONA **Región** : AYACUCHO
Calicata : C-01 **Provincia** : HUAMANGA
Estrato : E - 2 **Distrito** : AYACUCHO
Fecha : ENERO-2021 **Lugar** : JR. 28 DE JULIO SEXTA CUADRA

DATOS

Estado : REMOLDEADO (MATERIAL < TAMIZ N° 4)
Profundidad : E - 2
Tipo de Caja : CUADRADA
Diametro : 63.69 mm **Espesor muestra caja** : 21.55 mm

Tipo de ensayo : CONSOLIDADO DRENADO

Especimen N°	A	B	C
Diametro de la muestra (mm) :	63.69	63.69	63.69
Altura inicial de la muestra (mm) :	21.20	21.20	21.20
Densidad Humeda Inicial (tn/m ³) :	1.52	1.56	1.60
Contenido de Humedad (%) :	7.85%	8.55%	9.75%
Densidad Seca Inicial (tn/m ³) :	1.41	1.44	1.46
Deformacion vertical despues de la consolidacion (mm)	0.500	0.720	0.910
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (mm)	20.70	20.48	20.29
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	1.00	2.00	4.00
Esfuerzo de Corte Maximo (Kpa)	50.40	104.25	188.00
Esfuerzo de Corte Maximo (kg/cm ²)	0.51	1.06	1.92

LOS PARAMETROS GEOTECNICOS DE RESISTENCIA SON:

Angulo de friccion interna ϕ' (°) : 28.78

Cohesion C' (kg/cm²) : 0.02

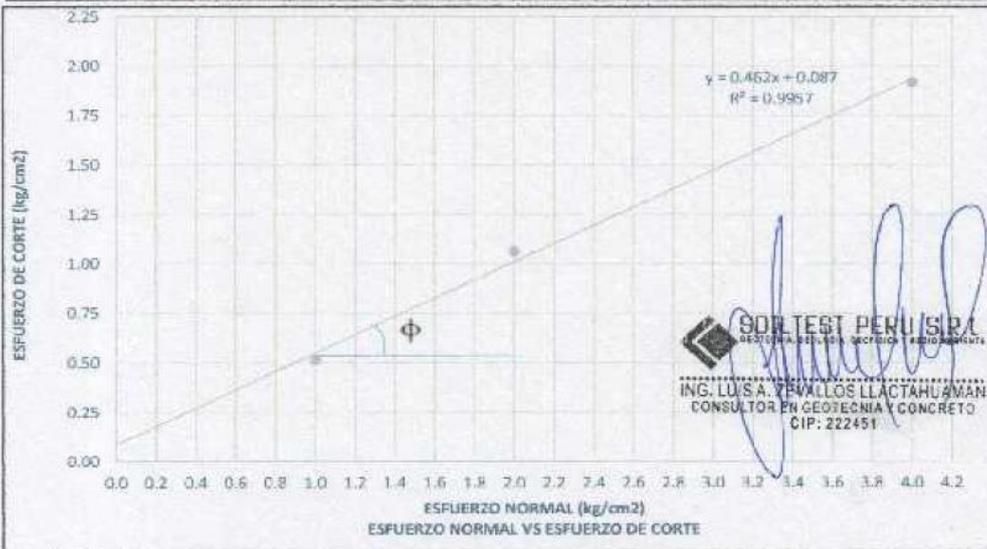
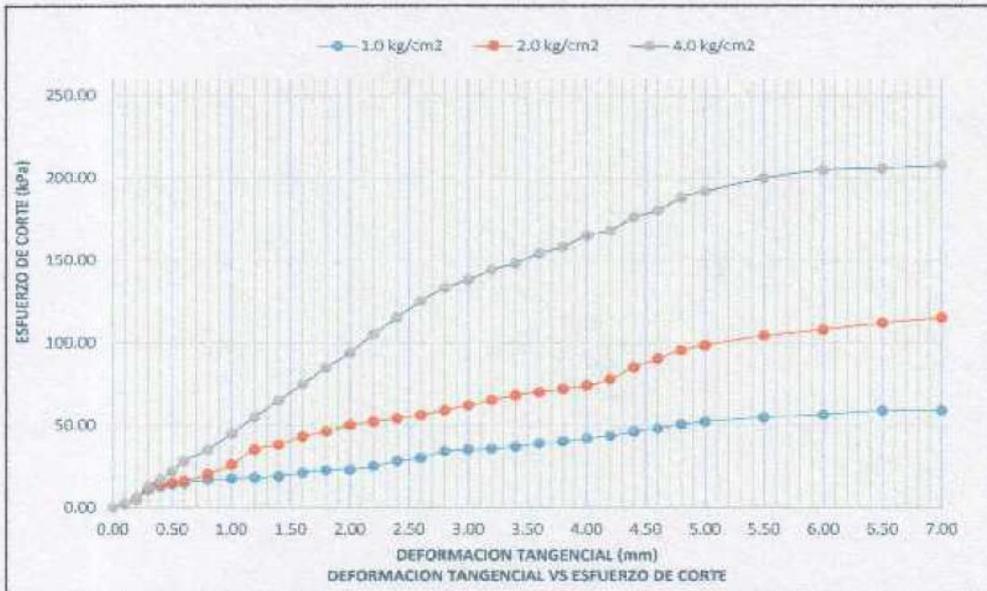
RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN LABORATORIO:

NORMAL	GRAFICO CORTE				
	ENSAYO		AJUSTE		
	KPA	KG/CM2	FACT	KG/CM2	KPA
1	50.40	0.514	1.00	0.514	50.431
2	104.25	1.063	1.00	1.063	104.315
3	188.00	1.918	1.00	1.918	188.117


SOIL TEST PERU S.R.L.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ING. LUIS ALZAVILLOS LACTAHUAMAN
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 222451

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

Proyecto	: "Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal - Ayacucho 2020"		
Solicitante	: Sr. MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARONA	Región	: AYACUCHO
Calicata	: C-01	Provincia	: HUAMANGA
Estrato	: E - 2	Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: ENERO-2021	Lugar	: JR. 28 DE JULIO SEXTA CUADRA S/N



Angulo de fricción interna ϕ' (°) : **28.78** **Cohesion C' (kg/cm²) :** **0.02**

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

Proyecto	: "Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal - Ayacucho 2020"		
Solicitante	: Sr. MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIONA	Región	: AYACUCHO
Calicata	: C-01	Provincia	: HUAMANGA
Estrato	: E - 2	Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: ENERO-2021	Lugar	: JR. 28 DE JULIO SEXTA CUADRA 5/N

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 (ϕ), 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 ϕ' (°) :	28.78	(°)
Cohesion C' (kg/cm ²) :	0.02	(kg/cm ²)




SOILTEST PERU S.R.L.
ECOTECNIA GEOTECNIA Y CONCRETO
 ING. LUIS A. ZAVALLLOS LLACAHUAMAN
 CONSULTORA GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 222451



**ANEXO III:
CÁLCULO Y ANALISIS**

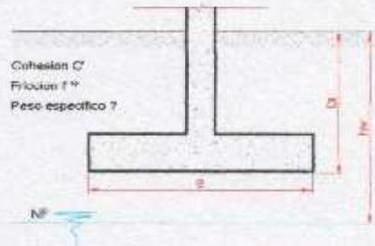


Anexo 3.6: Capacidad portante del terreno



PROYECTO: "Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal - Ayacucho 2020"

Cohesión C' (KN/m ²)	=	0.02
Fricción φ' °	=	28.78
Peso específico γ (KN/m ³)	=	17.45
Profundidad de cimentación D_f	=	1.80
Base de cimentación B (m)	=	1.20
Largo de cimentación (m)	=	1.00
Altura del nivel Freático (hw)	=	
Peso específico saturado γ_{sat} (KN/m ³)	=	18.35
Inclinación de carga sobre la cimentación (θ)	=	0.00



A) Cálculo de la capacidad de carga por la fórmula de Vesic.

q_u = Capacidad Última 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). N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga
- c). F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores por correccion de forma
- d). F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores por correccion de profundidad
- e). F_{ci}, F_{qi}, F_{yi} = Factores de Inclinación de carga

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

$$q' = \boxed{31.41} \text{ KN/m}^2$$

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

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) e^{\gamma D_f \tan \varphi'}$	=	16.05
$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$	=	27.39
$N_y = 2(N_q + 1) \tan \varphi'$	=	18.73

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

$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c)$	=	1.70
$F_{qs} = 1 + B/L \tan \varphi'$	=	1.66
$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L$	=	0.52

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

$F_{cd} = 1 + 0.4 D_f / B$	=	1.60
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 D_f / B$	=	1.44
F_{yd}	=	1.00

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

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

SOIL TEST PERU S.R.L.
 INGENIERIA CIVIL Y GEOTECNIA
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 222451

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 ϕ' y B/L		
ϕ' 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.

$E_s = m \text{ Pa}$

Donde:

P_a = presión atmosférica ($\approx 100 \text{ kN/m}^2$ o 2000 lb/ft^2)

$m =$ $\begin{cases} 100 \text{ a } 200 \text{ para suelos sueltos} \\ 200 \text{ a } 500 \text{ para suelo medio denso} \\ 500 \text{ a } 1000 \text{ para suelo denso} \end{cases}$

$m =$

$E_s = m P_a = 2548.42 \text{ tn/m}^2 = 25000.00 \text{ KN/m}^2$

μ_s = relación de poisson del suelo drenado

$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25)/20$ para $25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$

$\mu_s =$

$I_r = 625.62$

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 Última de carga en la base de la cimentación

$q_u = 1310.15 \text{ Kn/m}^2$

$q_u = 13.36 \text{ kg/cm}^2$

B) Calculo de la capacidad de carga por Terzaghi.

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresión:

$$q_u = c' N_c d_c S_c + q' N_q S_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$$

a). Influencia de la profundidad de cimentación, recomendados para la formula:

$d_c =$ Según Skempton

b). Influencia de la forma de la cimentación, recomendados para la formula:

$S_c = 1 + 0.2 B/L =$

$S_q = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L =$

$S_\gamma = 1 - 0.1 B/L =$

c). Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

ϕ' corregido =

c' corregido =

 **SUNTEST PERU S.R.L.**
REGISTRADO, ABOGADO AL EJERCICIO DE SU PROFESIÓN

ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 222451

$$\begin{aligned}
 Nq &= (1 - \sin \phi') / (1 + \sin \phi') e^{2 \tan \phi'} = & 5.91 \\
 Nc &= (Nq - 1) \cot \phi' = & 14.10 \\
 Ny &= 1.5 (Nq - 1) \tan \phi' = & 2.56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qu &= 392.69 \text{ KN/m}^2 \\
 \boxed{qu} &= \boxed{4.00 \text{ kg/cm}^2}
 \end{aligned}$$

C) La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$$\begin{aligned}
 qu &= 4.00 \\
 qud &= qu / FS \\
 FS &= 3.00 \\
 \boxed{qud} &= \boxed{1.33 \text{ kg/cm}^2}
 \end{aligned}$$

D) Asentamiento elástico de la cimentacion

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
 μ_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

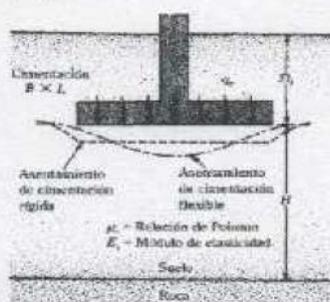


FIGURA 4.17 Asentamiento elástico de cimentaciones flexibles y rígidas

Cimentación:	Valores de I_f (cm/m)		
Cuadrada	Rígida		82
	Flexible	Centro	112
		Esquina	56
		Medio	95
Circular	Rígida		88
	Flexible	Centro	100
		Esquina	64
		Medio	85
Corrida ($L/B \Rightarrow 10$)	Rígida		210
	Flexible	Centro	254
		Esquina	127
		Medio	225
Rectangular ($5 \Rightarrow L/B \Rightarrow 2$)	Rígida		120
	Flexible	Centro	153
		Esquina	77
		Medio	130

$$\alpha = \frac{f}{L} = \frac{1}{300}$$

$$S = \frac{B q_0 (1 - \mu_s^2) \alpha}{E_s} \quad (\text{esquina de la cimentación flexible})$$

$$S = \frac{B q_0 (1 - \mu_s^2) \alpha}{E_s} \quad (\text{centro de la cimentación flexible})$$

Para cimientos cuadrados:

$$q_0 = 13.34 \text{ tn/m}^2$$

Se (rígido) =
 Se (centro de la cimentación flexible) =
 Se (esquina de la cimentación flexible) =

0.50 cm	5.03 mm
0.69 cm	6.86 mm
0.18 cm	1.76 mm

SUITEST PERU S.R.L.
 INGENIERIA, GEOTECNIA, GEOLÓGIA Y AMBIENTE
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 222451



**ANEXO IV:
PANEL FOTOGRAFICO**



Figura n°01.- Se observa la calicata C-1, excavada en el Jr. 28 de julio s/n – Ayacucho, sus estratos, suelo orgánico con presencia de raíces y rellenos antrópicos en el estrato E-1, presencia de material limo arenosos con arcilla, con poca presencia de grava en el estrato E-2.




SOILTEST PERU S.R.L.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
[Signature]
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451

Figura n°02.- Se observa el análisis en el laboratorio de Mecánica de Suelos correspondiente a la calicata C-1, excavada en el Jr. 28 de julio s/n – Ayacucho, se aprecia el ensayo de clasificación granulométrica, determinación del límite líquido y plástico, Ensayo de corte directo y determinación de la capacidad portante del suelo.




SOILTEST PERU S.R.L.
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 222451



**ANEXO V:
CERTIFICADOS DE
CALIBRACION**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA: <i>Instrument</i> Rangos <i>Measurement range</i> FABRICANTE <i>Manufacturer</i> Modelo <i>Model</i> Serie <i>Identification number</i> Ubicación de la máquina <i>Location of the machine</i> Norma de referencia <i>Norm of used references</i> Intervalo calibrado <i>Calibrated interval</i> Solicitante <i>Customer</i> Dirección <i>Address</i> Ciudad <i>City</i> PATRON(ES) UTILIZADO(S) <i>Measurement standard</i> Tipo / Modelo <i>Type / Model</i> Rangos <i>Measurement range</i> Fabricante <i>Manufacturer</i> No. serie <i>Identification number</i> Certificado de calibración <i>Calibration certificate</i> Incertidumbre de medida <i>Uncertainty of measurement</i> Método de calibración <i>Method of calibration</i> Unidades de medida <i>Units of measurement</i> FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i> FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of issue</i> NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of the certificate including documents attached</i> FIRMAS AUTORIZADAS <i>Authorized Signatures</i> Téc. César A. Huamán Poquioma <i>Responsable Laboratorio de Metrología</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN 2 000 N G&L LABORATORIO STZJY-6 200677 LAB. DE FERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25) Del 10% al 100% del Rango INGENIERIA & DESARROLLO ASOC. COVADONGA MZ. T2 LT. 04 AYACUCHO – HUAMANGA – AYACUCHO AYACUCHO T31P / DEF – A 500 kg OHAUS / KELI B632871732 / AHK2580 N° CC – 2047 – 2020 0.032 % Comparación Directa Sistema Internacional de Unidades (SI) 2021 – 01 – 19 2021 – 01 – 23 3	Pág. 1 de 3
---	---	--------------------





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 después 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 Humedad Mínima: 66.0 %Hr
Temperatura Máxima: 26.7 °C Humedad Máxima: 66.0 %Hr



G&L LABORATORIO S.A.C
Av. Miraflores Mz. E Lt. 80 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima
Teléfono: (01) 822 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 952 - 227 - 858

Correo: servicios@gylaboratorio.com / info@orio.gylaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



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. Huanan Paquioma**
Responsable Técnico de Metrología



RECIBO

N° 000009

S/ 1,200.00

Recibi del Sr. (a): Maximo Gerardo Valdez Pajona

La cantidad de: MIL DOSCIENTOS con 00/100 Soles

Por concepto de: ESTUDIO DE MECANISME SUELOS DEL
PROYECTO: "COMPLEMENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA SAN
(N) 10641"

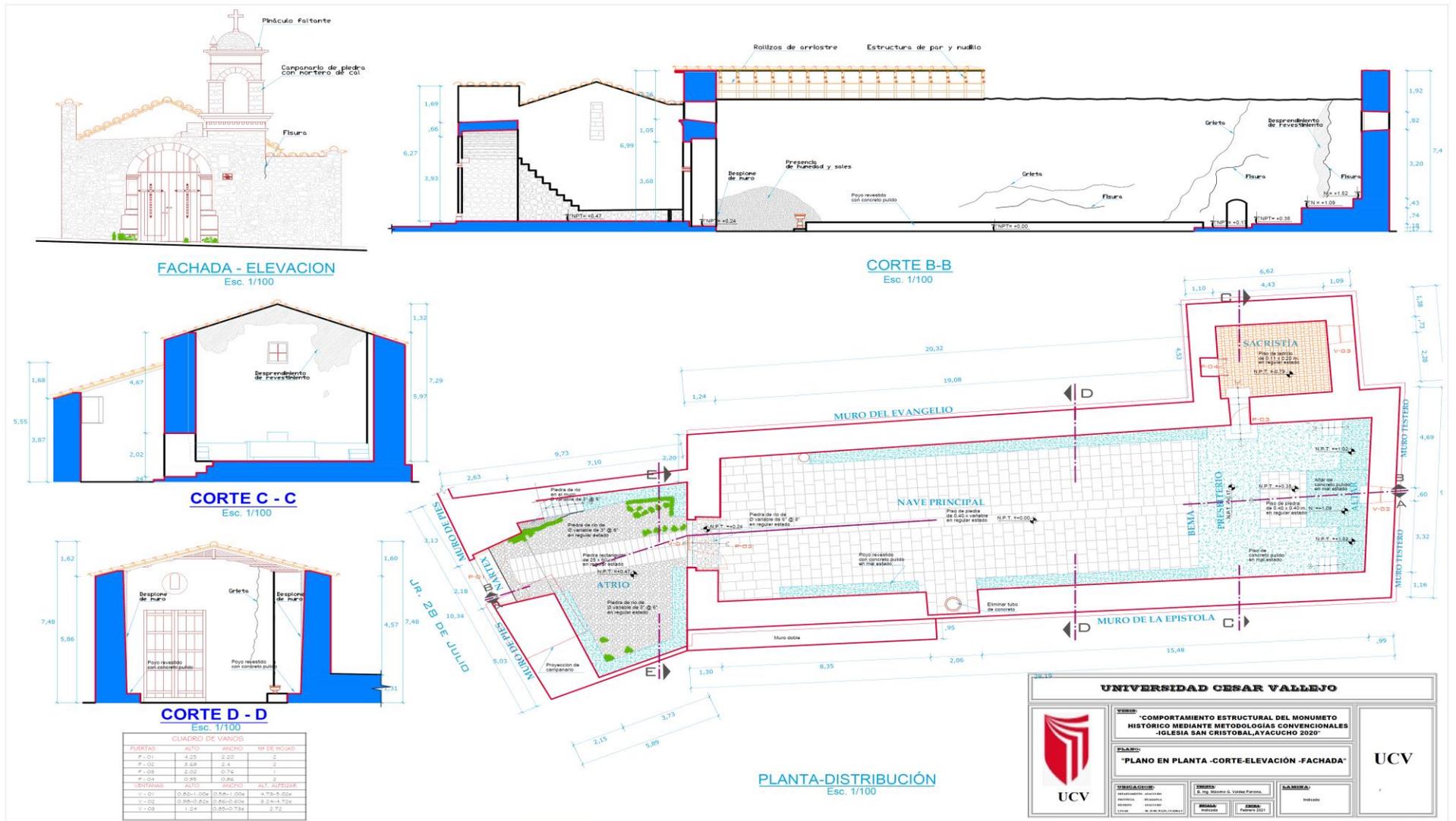
28 de Enero del 2021


FIRMA
concedido

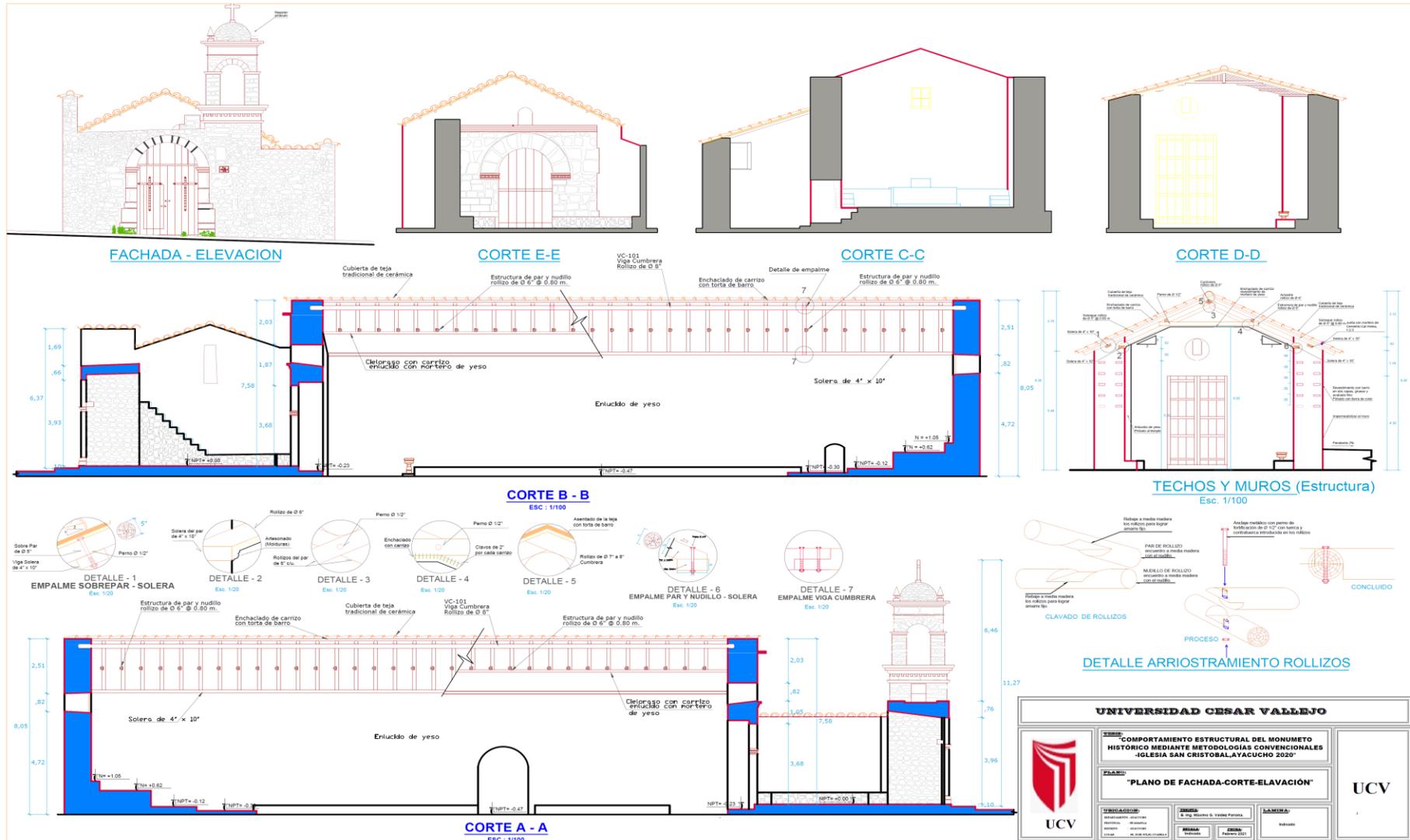

DNI: 43055636

Anexo 4: Planos

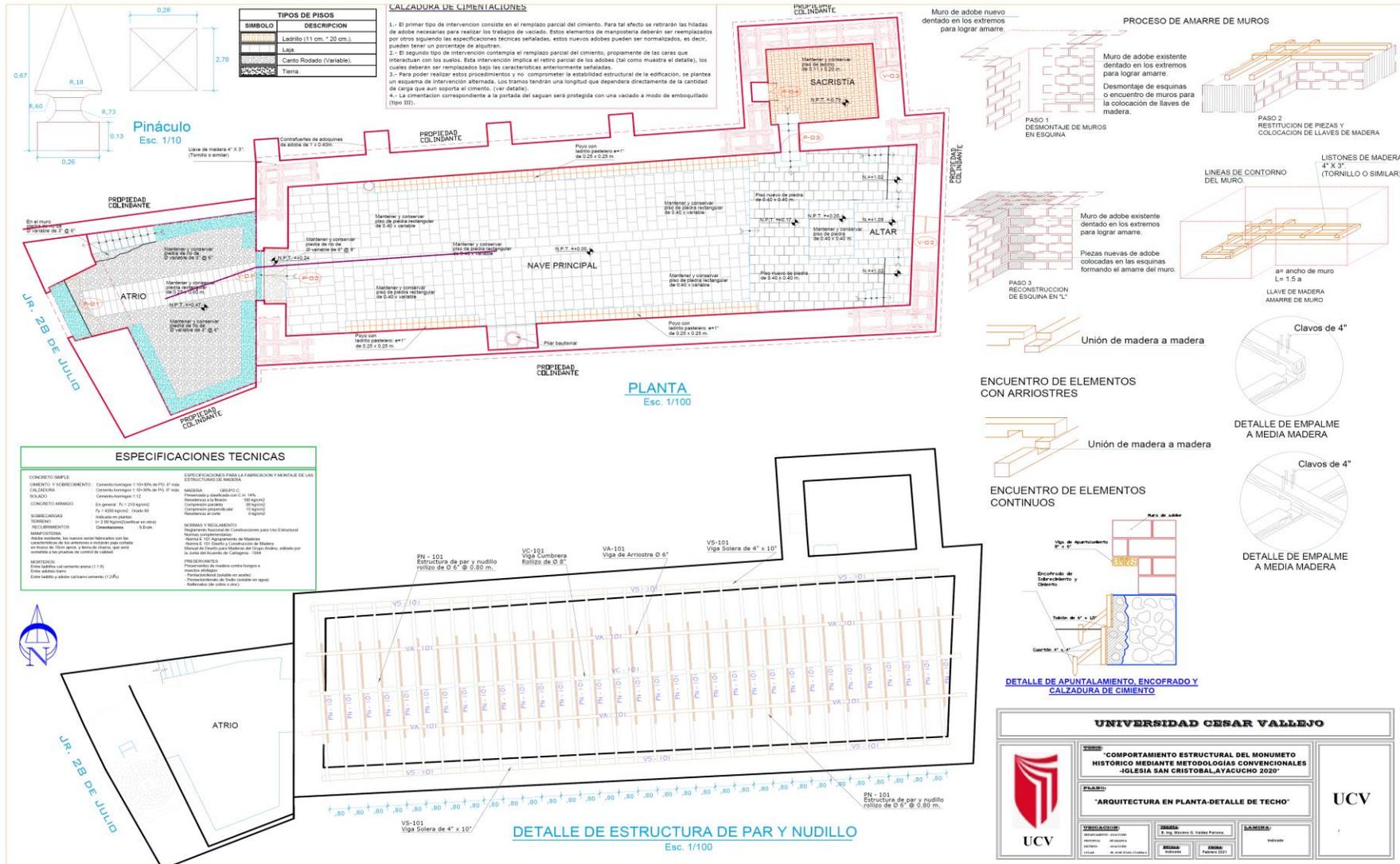
Anexo 4.1: Planos de arquitectura

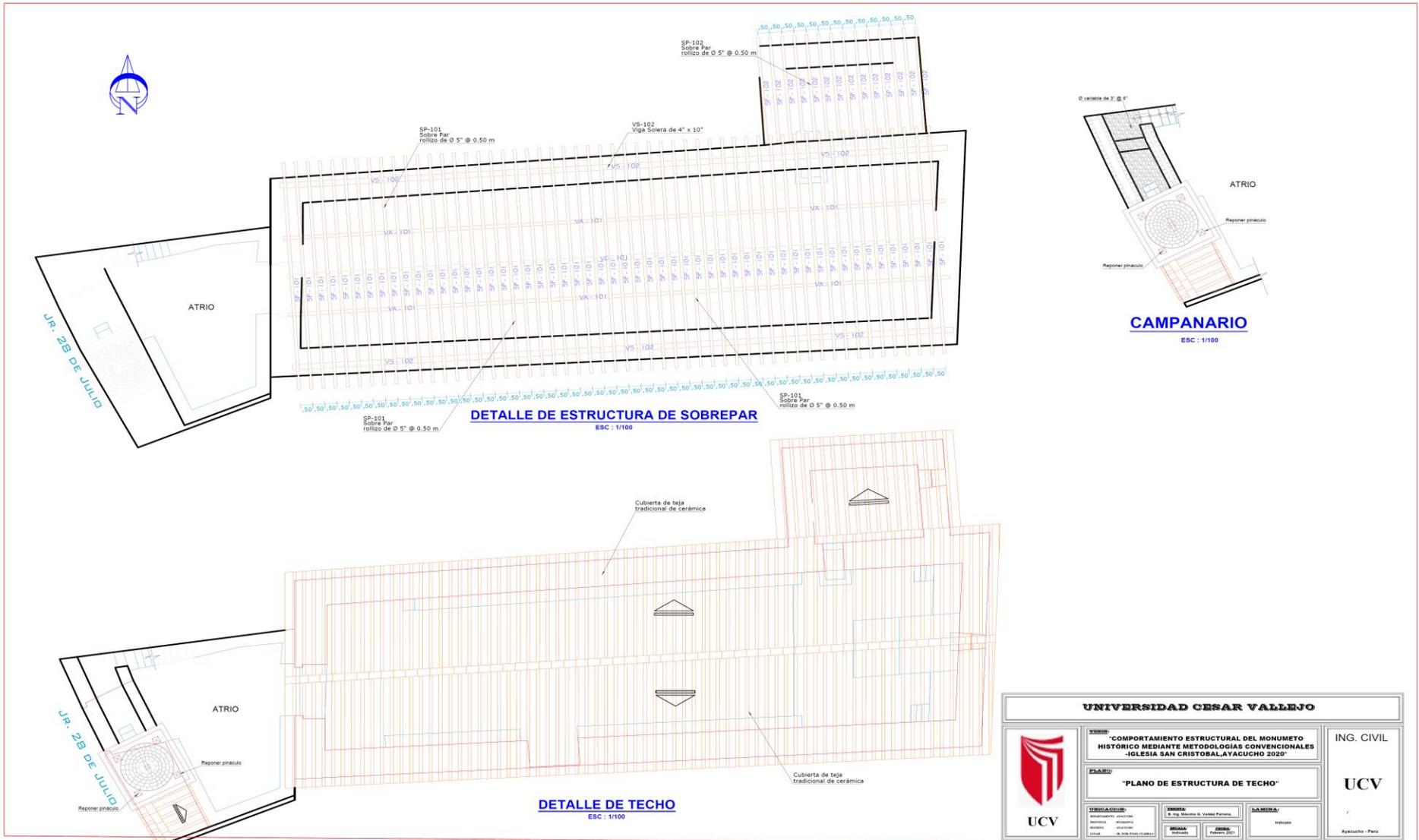


Anexo 4.2: Planos de estructura

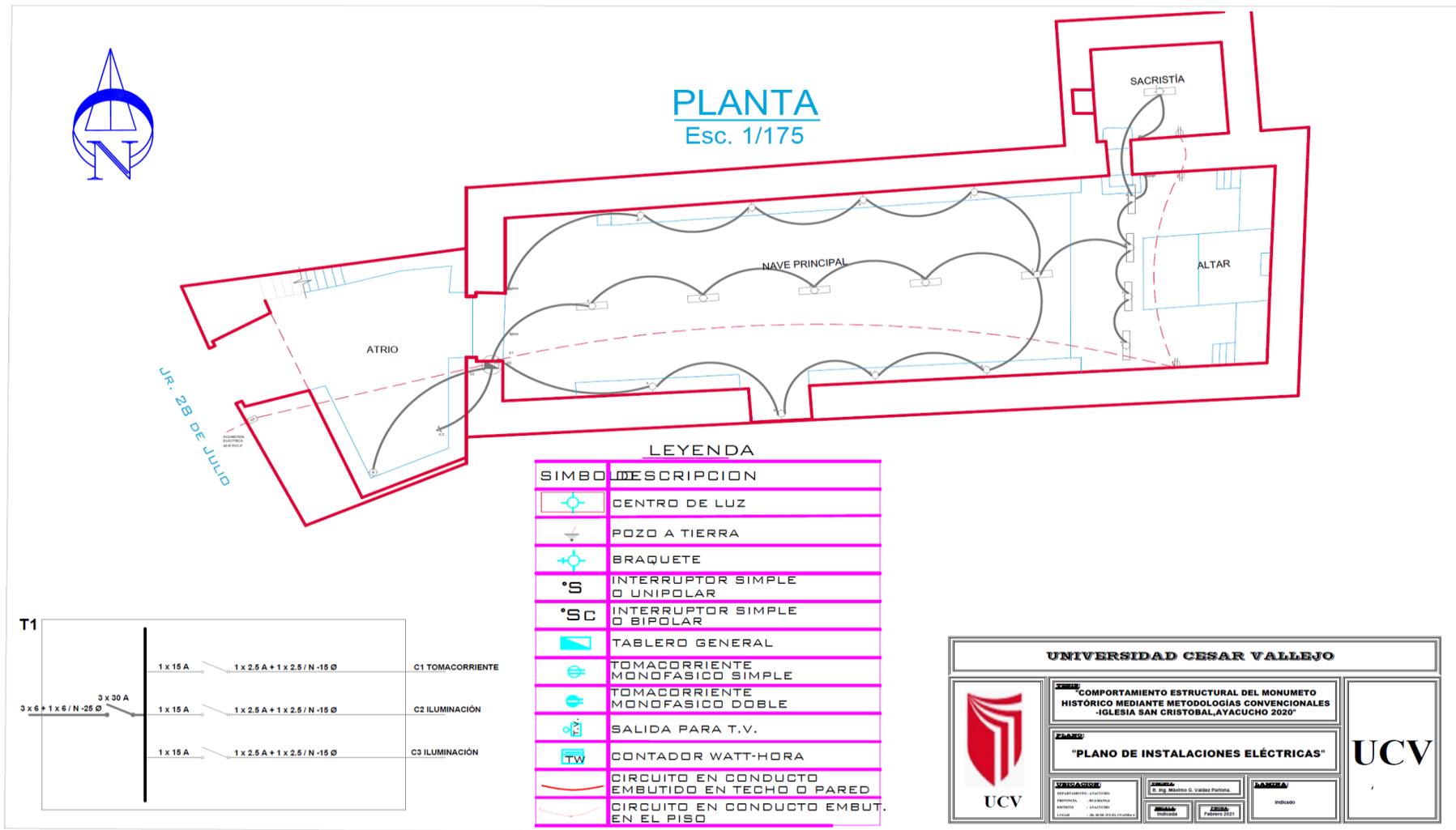


Anexo 4.3: Planos de estructuras de techo





Anexo 4.4: Planos de instalaciones eléctricas



Certificado de turnitín.

feedback studio | MAXIMO GERONIMO VALDEZ PARIONA | Comportamiento estructural de la iglesia San Cristóbal

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Comportamiento estructural del Monumento Histórico mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
MÁXIMO GERÓNIMO VALDEZ PARIONA
CÓDIGO ORCID: (0000-0003-0538-9644)

ASESOR (ES):
Dr. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta
CÓDIGO ORCID: (0000-0002-1988-9122)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Resumen de coincidencias
18 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	4 %
2	repositorio.unap.edu.pe	3 %
3	dspace.ucuena.edu.ec	1 %
4	Entregado a Universida...	1 %
5	repositorio.upla.edu.pe	1 %
6	Entregado a Universida...	1 %