



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**: 571 @H5 8 8 E -B; EB=EF& M5 FEI -HE7 HI F5
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación del desempeño sísmico para mejorar el comportamiento dinámico estructural utilizando disipadores sísmicos SLB en el Centro de Salud Belempampa – Cusco, 2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Rodríguez Mejía, Jonatan Edgar (orcid.org/0000-0002-9957-0411)

ASESOR:

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (orcid.org/0000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE FEGDCBG5 6 -@8 5 8 GC7 5 @I B-J EFG-H5 F-5.

Apoyo a la reducción de brecha y carencias en la educación en todos sus niveles

**LIMA - PERÚ
2022**

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada con mucho cariño para mi madre adorada Aydee, quien me apoya constantemente en mis proyectos, es la persona a quien tomo como un ejemplo de perseverancia y superación, también quiero dedicar a mi padre Edgar, mis hermanos Jhamilet y Diego, también con mucho aprecio a mi enamorada Lizbeth, ellos son los que a lo largo de este proceso confiaron en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre adorada Aydee, quien me apoya constantemente en mis proyectos, es la persona a quien tomo como un ejemplo de perseverancia y superación, también quiero dedicar a mi padre Edgar, mis hermanos Jhamilet y Diego, también con mucho aprecio a mi enamorada Lizbeth, ellos son los que a lo largo de este proceso confiaron en mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....È.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variables de operacionalización.....	26
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.5. Procedimientos	28
3.6. Método de análisis de datos	31
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS	33
4.1. Estudio de Suelos.....	33
4.1.1. Nivel estratigráfico del suelo	34
4.1.2. Geología Estructural	35
4.1.3. Nivel estratigráfico del suelo	35
4.1.4. Registros y Ensayos de Campo.....	37
4.1.5. Ensayos de laboratorio	37
4.1.6. Capacidad Admisible	38
4.2. Descripción del caso de estudio.....	40

4.2.1.	Propiedades de los materiales son las siguientes:	44
4.2.2.	Cargas Estructurales	44
4.3.	Disipadores Shear Link	45
4.4.	Análisis sin Disipadores	50
4.4.1.	Análisis Estático.....	50
4.4.2.	Análisis Dinámico modal Espectral	52
4.5.	Análisis con Disipadores	58
4.5.1.	Procedimiento de diseño iterativo	58
4.5.1.1.	DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS CON DISIPADORES.....	64
4.5.1.2.	CORTANTE BASAL CON DISIPADORES	66
4.5.2.	Verificación No Lineal Tiempo Historia.....	67
4.5.3.	Máximo desplazamientos de entre piso	70
4.5.4.	ANALISIS DE CURVAS HISTERETICAS	73
4.5.5.	RESPUESTA ENERGETICA DE LA ESTRUCTURA.....	77
V.	DISCUSIÓN	82
5.1.	Análisis comparativo	82
5.1.1.	Derivas	82
5.1.2.	Desplazamientos	84
5.1.3.	Fuerzas cortantes	86
5.1.4.	Periodos	88
5.1.5.	Energía disipada	88
VI.	CONCLUSIONES	89
VII.	RECOMENDACIONES	90
	REFERENCIAS	91
	ANEXOS.....	93
	Anexo 1. Matriz de consistencia.....	94

Anexo 2. Matriz de Operacionalización de variables.	95
Anexo 3. Planos del anteproyecto del centro de salud	96
Anexo 4. Registros Sísmicos	101
Registro Sísmico Acomayo – Cusco.....	101
Registro Sísmico Acomayo – Cusco.....	103
Registro Sísmico Puente Piedra	105
Anexo 5. Diseño de confinamiento de muro de albañilería.....	107
Anexo 6. Detalles de muro desacoplado	115
Anexo 7. Estudio de Mecánica de Suelos	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	DESCRIPCIÓN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	30
TABLA 2.	FACTORES SÍSMICOS DEL SUELO SEGÚN RNE E.030	36
TABLA 3.	RESUMEN DE REGISTROS DE CAMPO	37
TABLA 4.	RESUMEN DE ENSAYOS BÁSICOS DE LABORATORIO.....	37
TABLA 5.	CAPACIDAD ADMISIBLE EN TERRENO NATURAL, PARA EMPOTRAMIENTO A 1.50M	39
TABLA 6.	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PARA EL ANÁLISIS.....	44
TABLA 7.	CARGA MUERTA Y METRADO DE CARGAS POR NIVEL SEGÚN LA NORMA E.020	45
TABLA 8.	CARGA VIVA Y METRADO DE CARGAS POR NIVEL SEGÚN LA NORMA E.020	45
TABLA 9.	PESOS DE LA ESTRUCTURA SIN DISIPADORES.....	50
TABLA 10.	LOS PERIODOS Y MASAS PARTICIPATIVAS DE MODELO DESARROLLADO EN ETABS.	52
TABLA 11.	DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS EN DIRECCIÓN X OBTENIDOS EN ETABS	55
TABLA 12.	DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS Y DERIVAS EN DIRECCIÓN Y OBTENIDOS EN ETABS. (ELABORACIÓN PROPIA)	56
TABLA 13.	FUERZAS CORTANTES DINÁMICAS EN DIRECCIÓN X-Y	57
TABLA 14.	FUERZAS ACTUANTES EN EL SISTEMA DE DISIPACIÓN DE MURO DESACOPLADO.....	60
TABLA 15.	ASIGNACIÓN DE DISIPADORES SLB EN MUROS DESACOPLADOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	63
TABLA 16.	DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS EN DIRECCIÓN X, CON DISIPADORES OBTENIDOS EN ETABS.....	64
TABLA 17.	DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS EN DIRECCIÓN Y, CON DISIPADORES OBTENIDOS EN ETABS	65
TABLA 18.	FUERZAS CORTANTES DINÁMICAS DE ESTRUCTURA CON DISIPADORES EN DIRECCIÓN X-Y.....	66
TABLA 19.	REGISTROS SÍSMICOS CONSIDERADOS PARA EL ANÁLISIS(ELABORACIÓN PROPIA).....	67
TABLA 20.	DERIVAS DE ESTRUCTURA CON DISIPADORES EN DIRECCIÓN X. ANÁLISIS NO LINEAL TIEMPO HISTORIA.	71
TABLA 21.	RESPUESTAS DE HISTÉRESIS DISIPADOR SLB4 30_8 Y SLB4 25_8 EN MURO DESACOPLADO EN EL EJE Y (NIVELES1,2). (ELABORACIÓN PROPIA).....	74
TABLA 22.	RESPUESTAS DE HISTÉRESIS DISIPADOR SLB4 30_8 Y SLB4 25_8 EN MURO DESACOPLADO EN EL EJE Y (NIVELES1,2). (ELABORACIÓN PROPIA).....	76
TABLA 23.	COMPARACIÓN DE DERIVAS EN DIRECCIÓN X.....	82
TABLA 24.	COMPARACIÓN DE DERIVAS EN DIRECCIÓN Y.....	83
TABLA 25.	COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS EN DIRECCIÓN X.(ELABORACIÓN PROPIA)	84
TABLA 26.	COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS EN DIRECCIÓN Y.(ELABORACIÓN PROPIA).....	85
TABLA 27.	COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN DIRECCIÓN X.(ELABORACIÓN PROPIA).....	86
TABLA 28.	COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN DIRECCIÓN Y.(ELABORACIÓN PROPIA).....	87
TABLA 29.	COMPARACIÓN DE PERIODOS.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CONTROL ACTIVO.....	8
FIGURA 2.	DISIPADORES DE FLUENCIA DE METALES. (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, 2011).....	10
FIGURA 3.	DISIPADORES DE FRICCIÓN. (CONSTANTINO, 1998)	11
FIGURA 4.	DISIPADORES DEPENDIENTES DE LA VELOCIDAD. (BOZA Y GALÁN, 2013)	12
FIGURA 5.	AISLADORES ELÁSTOMERICOS. (AGUIAR, 2008).....	13
FIGURA 6.	AISLADORES PÉNDULO DE FRICCIÓN. (AGUIAR, 2008)	14
FIGURA 7.	PRIMERA GENERACIÓN DE DISIPACIÓN SLB. (CACHIS, 2000)	15
FIGURA 8.	GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DE PRIMERA GENERACIÓN DE DISIPADORES SLB. (CACHIS, 2000).....	16
FIGURA 9.	ENSAYO DE LA SEGUNDA GENERACIÓN DE DISIPADORES SLB (HURTADO, 2006)	16
FIGURA 10.	GEOMETRÍA DE DISIPADORES PARA ANÁLISIS NUMÉRICO. (HURTADO, 2006)	17
FIGURA 11.	GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DEL DISPOSITIVO SL30_2. (HURTADO,2006)	18
FIGURA 12.	CURVA HISTORIETICA EXPERIMENTAL DEL DISPOSITIVO SL30_2 SOMETIDO A CARGA CÍCLICA CON AMPLITUD CONSTANTE. (HURTADO,2006)	18
FIGURA 13.	GEOMETRÍA DE TERCERA GENERACIÓN DE DISIPADORES SLB. (BOZZO, 2019).....	19
FIGURA 14.	MODELO A ESCALA DE PÓRICO METÁLICO INCORPORANDO MUROS DESACOPLADOS (ADAPTADO DE BOZZO Y GAXIOLA, 2015).	20
FIGURA 15.	DESPLAZAMIENTO LATERAL Y NIVELES DE DESEMPEÑO. (GOOGLE)	22
FIGURA 16.	SE PUEDE APRECIAR EL PROCESO DE TOMA DEL MUESTRO Y LOS ENSAYOS DE CAMPO QUE SE REALIZÓ INSITU DE LA CALICATA C-01.....	29
FIGURA 17.	METODOLOGÍA A SEGUIR PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA (PROPIO).....	31
FIGURA 18.	UBICACIÓN REFERENCIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	33
FIGURA 19.	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL MAPA GEOTECTÓNICO DE CUSCOFUENTE: INGEMMET	35
FIGURA 20.	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LAS ZONAS SÍSMICA DEL PERÚFUENTE: RNE E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE.....	36
FIGURA 21.	ESQUEMA GEOTÉCNICO.	38
FIGURA 22.	VISTA EN PLANTA DEL COMPLEJO DEL CENTRO DE SALUD Y BLOQUE A INTERVENIR.	40
FIGURA 23.	VISTA DE PLANTA DE LA ESTRUCTURA QUE SE LE ASIGNARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	41
FIGURA 24.	ESTRUCTURAS A PORTICADA SIN DISIPADORES.	42
FIGURA 25.	ESTRUCTURA REFORZADA CON DISIPADORES SLB SOBRE MUROS DESACOPLADOS	43
FIGURA 26.	FUERZAS ACTUANTES INTERNAS SOBRE DISIPADORES SLB (POSTENSA 2022)	46
FIGURA 27.	NOMENCLATURA DE SLB DE TERCERA GENERACIÓN Y PROPIEDADES.	46
FIGURA 28.	NOMENCLATURA SLB CUARTA GENERACIÓN Y PROPIEDADES.	48
FIGURA 29.	DETALLE DE INSTALACIÓN DE DISIPADORES EN MURO DESACOPLADO.	49
FIGURA 30.	SOFTWARE DISSIPA DE ITERACION DE DISIPADORES SLB DEVICES (2022).....	50
FIGURA 31.	ESPECTRO INELÁSTICO DE DISEÑO.....	53
FIGURA 32.	ESPECTRO DE VELOCIDADES.	53

FIGURA 33.	ESPECTRO DESPLAZAMIENTOS.,	54
FIGURA 34.	GRAFICA DE RESPUESTAS ESTRUCTURALES EN DIRECCIÓN X.....	55
FIGURA 35.	GRÁFICAS DE RESPUESTA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y.....	56
(A) DESPLAZAMIENTOS POR NIVEL. (B) DERIVAS POR NIVEL. (ELABORACIÓN PROPIA)		56
FIGURA 36.	GRAFICA DE LAS FUERZAS CORTANTES EN LAS DOS DIRECCIONES. FUERZAS CORTANTES EN DIRECCIÓN X (B) FUERZA CORTANTE EN DIRECCIÓN Y.....	57
FIGURA 37.	DISTRIBUCIÓN E UBICACIÓN DEL SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN PLANTA TÍPICA.....	58
FIGURA 38.	DISTRIBUCIÓN E UBICACIÓN DEL SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN PLANTA TÍPICA.....	59
FIGURA 39.	ELEVACIÓN DE EJE 1-1 DE SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN DIRECCIÓN X, EJE A-A EN LA DIRECCIÓN Y....	59
FIGURA 40.	FUERZAS CORTANTES DE DISEÑO PARA ASIGNACIÓN DE DISPOSITIVOS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN EL EJE A-A QUE SE UBICA EN DIRECCIÓN Y.....	61
FIGURA 41.	SOFTWARE DE ITERACIÓN DIRECTA LA EMPRESA DISSIPA SLB , LA CUAL MUESTRA ASIGNA DE FORMA AUTOMÁTICA LOS DISIPADORES QUE TENGAN MENOR RELACIÓN 1.5 DE LAS FUERZAS CORTANTES.	62
FIGURA 42.	GRÁFICAS DE RESPUESTA ESTRUCTURAL CON DISIPADOR EN DIRECCIÓN X (A) DESPLAZAMIENTOS POR NIVEL. (B) DERIVAS POR NIVEL. (ELABORACIÓN PROPIA).....	64
FIGURA 43.	GRÁFICAS DE RESPUESTA ESTRUCTURAL CON DISIPADOR EN DIRECCIÓN Y (A) DESPLAZAMIENTOS POR NIVEL. (B) DERIVAS POR NIVEL. (ELABORACIÓN PROPIA).....	65
FIGURA 44.	GRAFICA DE LAS FUERZAS CORTANTES EN LAS DOS DIRECCIONES.	66
FIGURA 45.	ESCALAMIENTO DE LOS REGISTROS SÍSMICOS LAS CUALES SERÁN TRANSFORMADAS A PSEUDOACELERACION.....	68
FIGURA 46.	MUESTRA LOS ESPECTROS ELÁSTICOS DE PSEUDOACELERACIONES DE LOS REGISTROS SÍSMICOS ESCALADOS CONSIDERANDO UN AMORTIGUAMIENTO DEL 5%.	69
FIGURA 47.	ESPECTROS ELÁSTICOS DE PSEUDOACELERACIONES ESCALADOS DE LOS 3 REGISTROS.	70
FIGURA 48.	DERIVAS DE ESTRUCTURA CON DISIPADORES DERIVA EN DIRECCIÓN X (B) DERIVA EN DIRECCIÓN Y.....	71
FIGURA 49.	MÁXIMAS DERIVAS EN LA ESTRUCTURA.....	72
FIGURA 50.	DERIVAS DE ESTRUCTURA CON DISIPADORES MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN LAS DOS DIRECCIONES X-Y.....	72
FIGURA 51.	CURVAS DE HISTÉRESIS DISIPADOR SLB4 30_8 Y SLB4 25_8 EN MURO DESACOPADO EN EL EJE X (NIVELES1,2). (ELABORACIÓN PROPIA).....	73
FIGURA 52.	CURVAS DE HISTÉRESIS DISIPADOR SLB4 30_9 Y SLB4 25_7 EN MURO DESACOPADO EN EL EJE Y (NIVELES1,2). (ELABORACIÓN PROPIA).....	75
FIGURA 53.	GRAFICA DE ENERGÍAS HISTERÉTICAS ACTUANTES EN UNA ESTRUCTURA SIN DISIPADOR Y CON DISIPADOR.....	77
FIGURA 54.	RESPUESTA ENERGÉTICA DEL SISTEMA	78
FIGURA 55.	COMPARACIÓN DE DERIVAS EN DIRECCIÓN X.(ELABORACIÓN PROPIA).....	82
FIGURA 56.	COMPARACIÓN DE DERIVAS EN DIRECCIÓN Y.(ELABORACIÓN PROPIA).....	83
FIGURA 57.	COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS EN DIRECCIÓN X.(ELABORACIÓN PROPIA)	84
FIGURA 58.	COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS EN DIRECCIÓN Y.(ELABORACIÓN PROPIA).....	85
FIGURA 59.	COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN DIRECCIÓN X.(ELABORACIÓN PROPIA).....	86
FIGURA 60.	COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN DIRECCIÓN Y.(ELABORACIÓN PROPIA).....	87

RESUMEN

La presente tesis se enfoca principalmente en el reforzamiento estructural frente a las solicitaciones sísmicas de una estructura de concreto armado, en la cual se estudió las respuestas dinámicas de una estructura esencial ubicada en la ciudad de Cusco. La estructura fue sometida inicialmente a un análisis modal espectral de acuerdo con la norma técnica peruana E.030 (2018), el objetivo principal fue de mejorar la respuesta dinámica de la estructura utilizando disipadores de energía activos por desplazamiento en este caso Shear Link Bozzo (SLB), este tipo de dispositivos de disipación de energía presenta una elevada rigidez inicial que funcionan con valores mínimos de desplazamiento de la estructura por acción sísmica.

Los periodos se obtuvieron con el análisis estructural y las derivas con el análisis modal, ambos se obtuvieron de un primer análisis sin reforzamiento estructural, para luego realizar un análisis incorporando los disipadores Shear Link Bozzo sobre diagonales tipo chevron y acondicionados sobre los muros desacoplados. Se procedió a realizar el análisis estructural y la verificación de los dispositivos frente a una solicitud de un análisis no lineal, incorporando los registros sísmicos corregidos y escalados según norma técnica peruana E.030(2018).

El anteproyecto del centro de salud contó con 6 bloques para el estudio solo se utilizó un bloque el cual tiene un área de 555.43 metros cuadrados, 3 niveles y un 4.5 m de altura de piso para cada nivel, 5 m de altura de sótano.

La estructura es regular en planta y en altura, el principal inconveniente en la estructuración se da por que tiene 7.20 metros de luz algunos pórticos y una altura de 4.5 metros de altura de entre piso. Con esas dimensiones solicitadas en la distribución arquitectónica no cumple con las derivas mínimas solicitadas por norma, es por ello que se optó por realizar la incorporación de dispositivos que absorban la energía sísmica con dispositivos históricos tipo Shear Link Bozzo (SLB). Con los cambios realizados en toda la estructura se pudo obtener una disminución considerable en las derivas, desplazamiento de entre piso y periodos de la estructura y también se analizó la energía adsorbida por cada disipador instalado.

Dalavras clave. Disipadores, SLB, disipadores de energía.

ABSTRACT

This thesis focuses mainly on the structural reinforcement against seismic stresses of a reinforced concrete structure, in which the dynamic responses of an essential structure located in the city of Cusco were studied. The structure was initially subjected to a spectral modal analysis according to the Peruvian technical standard E.030 (2018), the main objective was to improve the dynamic response of the structure using active energy dissipaters by displacement in this case Shear Link Bozzo (SLB), this type of energy dissipation devices presents a high initial stiffness that work with minimum values of displacement of the structure by seismic action.

The periods were obtained with the structural analysis and the drifts with the modal analysis, both were obtained from a first analysis without structural reinforcement, to then perform an analysis incorporating the Shear Link Bozzo dissipaters on chevron type diagonals and conditioned on the decoupled walls. The structural analysis and verification of the devices were carried out in response to a request for a non-linear analysis, incorporating the corrected and scaled seismic records according to Peruvian technical standard E.030(2018).

The preliminary design of the health center had 6 blocks for the study only one block was used which has an area of 555.43 square meters, 3 levels and a 4.5 m floor height for each level, 5 m basement height.

The structure is regular in plan and in height, the main drawback in the structuring is that it has 7.20 meters of light some porches and a height of 4.5 meters of height between floors. With these dimensions requested in the architectural distribution, it does not comply with the minimum drifts requested by the standard, which is why it was decided to incorporate devices that absorb seismic energy with Shear Link Bozzo (SLB) type hysteretic devices. With the changes made throughout the structure, it was possible to obtain a considerable reduction in the drifts, displacement between floors and periods of the structure, and the energy absorbed by each dissipator installed was also analyzed.

Keywords. Dissipaters, SLB, energy dissipaters

≠ INTRODUCCIÓN

Realidad problemática de los establecimientos de salud recae básicamente sobre la infraestructura y el nivel de servicio de estas, en la actualidad se puede apreciar el poco mantenimiento de las edificaciones por ende un riesgo inminente de colapso ante las actividades sísmicas que con frecuencia se dan en el país. Los establecimientos de salud tienen que ser edificaciones que presten servicio después de un evento sísmico. Por esa razón, es necesario que estas sean edificadas sofisticadas para que puedan cumplir un buen nivel de servicio.

A nivel internacional el Sur de América forma parte del anillo de fuego del Pacífico, ella se genera interacciones entre la placa de Sur América (placa continental) y la placa Nazca (placa oceánica) causando un fenómeno de subducción por el que la placa oceánica se introduce por debajo de aquella con la que se encuentra. La subducción genera actividades sísmicas importantes continuamente como se puede registrar al sur de Perú y al norte de Chile, a consecuencia de la actividad sísmica en la zona, el 22 de mayo de 1960 en Valdivia (Chile) se produjo el sismo de mayor registro en el mundo hasta la actualidad y catalogado como un sismo severo de magnitud 9.5 en escala de Richter.

Debido a la amenaza sísmica, se pierden vidas humanas e infraestructura cada vez que ocurren un evento de gran magnitud. Por consiguiente, la resiliencia (es decir, fuerza y rigidez) siempre ha sido importante para que la Organización Mundial de la Salud (OMS 2008), la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (UNISDR), campaña mundial Hospitales a salvo de desastres, Día Mundial de la Salud (7 de abril de 2009) y Día Internacional para la Reducción de Desastres (14 de octubre de 2009). "Hay innumerables ejemplos de infraestructura de salud desde hospitales sofisticados hasta centros de salud pequeños pero vitales que han sufrido este destino. Uno de estos casos ocurrió en el Hospital Juárez de México. En 1985, casi 600 pacientes y personal perdieron la vida cuando este moderno (para su tiempo) y bien equipado hospital se derrumbó a raíz de un terremoto" (OMS, 2007).

A nivel nacional El Perú se encuentra en una zona de peligro sísmico ya que en sus costas se encuentra una de las zonas con más actividad sísmica en el cinturón de fuego, entre los principales acontecimientos sísmicos con mayor magnitud se tienen ocurridos en Lima octubre de 1746 (8.4Mw), Arequipa en junio

de 2001 (6.9Mw) y el terremoto de Pisco en agosto de 2007 (8.0Mw). En dichos eventos se perdieron vidas e infraestructura hospitalaria las cuales colapsaron sin que puedan prestar el servicio hospitalario.

Así mismo (**ComexPerú, 2021**) indica que “el 97% de los establecimientos de salud del primer nivel de atención cuenta con capacidad instalada inadecuada” (pag.1).

El peligro a la que está expuesta una edificación hospitalaria es realmente preocupante, si bien la norma actualizo para el año 2016 la NTP E.030 “diseño sismorresistente”, el cual obliga el diseño de edificaciones categorizadas según MINSA como esenciales A1 en las zonas sísmicas con factor 3 y 4, es necesario utilizar también otros sistemas de control protección sísmica para edificaciones esenciales que se encuentren en zonas con factor sísmico 1 y 2, ya que no se tiene una verdadera investigación en este tipo de zonas y se cuenta con un nivel alto de incertidumbre.

A nivel local En la ciudad del cusco, en el distrito de Santiago la mayoría de las instalaciones hospitalarias requieren intervenciones debido al estado de deterioro en que se encuentran, tienen más de 50 años de antigüedad, y su infraestructura física ya ha sobrepasado su vida útil.

Las condiciones de seguridad no son las adecuadas en los establecimientos de salud debido a que se ubican en zonas vulnerables, situados en zonas inundables, y mala calidad en el tipo de suelo. Además de que no incorporan estándares modernos de sismo-resistentes, lo cual los hace altamente vulnerables ante sismos de mediana a gran magnitud.

Se debe realizar intervenciones de tipo estructural, no estructural y funcional, y contar con el análisis de vulnerabilidad.

En los centros de salud de Belén Pampa y Zarzuela que gran parte de la infraestructura no cumple con la norma técnica de salud N°113- MINSA, los ambientes de especialidad no se encuentran en óptimas condiciones para la atención del paciente, los accesos y la circulación no prestan las condiciones adecuadas para los pacientes con o sin discapacidad siendo las zonas de acceso muy estrechas, lo que conlleva el no facilitar el ingreso y salida de los pacientes, los servicios higiénicos están en mal estado por falta de mantenimiento, todo esto debido a que la demanda de servicios por parte de la población es alta.

En atención a lo mencionado, se propone una alternativa de protección sísmica en la construcción de centros de salud incorporando disipadores SHEAR LINK BOZZO (SLB), este tipo de dispositivos vienen siendo usados en diferentes partes del país y el exterior, con un buen desempeño frente a los sismos.

Por lo expuesto anteriormente se plantea el siguiente problema general: ¿De qué manera se puede mejorar el desempeño sísmico del centro de salud Belepampa con la incorporación de disipadores sísmicos SLB?; asimismo, se plantean los siguientes problemas específicos: ¿Se cumple con la función de proteger todos los elementos estructurales no permitiendo el colapso de la estructura al realizar el diseño sísmo – resistente con la incorporación de disipadores tipos SLB?, ¿Qué características presenta el suelo como base de estudio de evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belepampa con la incorporación de disipadores SLB ? Y ¿Se tendrá una mejora técnicamente y económicamente con la incorporación de disipadores SLB en el centro de salud?

Como **justificación teórica**: El proyecto de investigación tiene la finalidad de mejorar el desempeño sísmico del centro de salud Belepampa. Esta metodología servirá para confrontar y evaluar los procedimientos actuales de diseño de edificaciones. También la **justificación práctica**: Mejorar significativamente los parámetros sísmicos establecidos en la norma peruana sísmica, reduciendo los daños estructurales en edificaciones esenciales, con respecto a edificaciones diseñadas convencionalmente.

Además, la **justificación social**, con este sistema de disipación de energía, se espera beneficiar a toda construcción de centros de salud (Cusco) y nacionales para evitar los colapsos y la **justificación metodológica**, los dispositivos SLB han sido incorporados en varios proyectos del Perú y en muchos otros países de la región, esta tecnología fue desarrollada por el Dr. Luis Bozzo Rotondo, el análisis estructural será iterativo mediante un análisis no lineal, con ayuda de programas como el ETABS y SAFE de CSI.

Por lo expuesto anteriormente se plantea el siguiente objetivo general: determinar la evaluación del desempeño sísmico de centro de salud Belepampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB ; asimismo, se plantean los siguientes objetivos específicos: Determinar los parámetros para el diseño estructural en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de centro

de salud, realizar el análisis, evaluación y diseño de un sistema convencional en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de una edificación de centro de salud.

Por último, se plantea la siguiente **hipótesis general**: El comportamiento estructural utilizando disipadores sísmicos tipo SLB, se mejora significativamente respecto a la sistema convencional, en la reducción de daños ocasionados por sismos de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.; asimismo, se plantean las siguientes **hipótesis específicas**: Los parámetros para el diseño estructural reflejan que el terreno es apropiado para el diseño estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco., El análisis estructural sismorresistente con dispositivos SLB, cumple con la función de proteger todos los elementos estructurales no permitiendo el colapso de la estructura en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.

≡ MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes nacionales**, tenemos a los siguientes:

Según Santiago Aguirre y Elio Vidal (2021) comparo diseño estructural de una edificación esencial con aisladores sísmicos y con disipadores SLB. El **objetivo**: Fue un estudio en el que se analizó una estructura diseñada con aisladores y deslizadores sísmicos, los cuales tuvieron como parámetros la NTP E 030 2018, esta edificación esencial es de mediana altura en zona sísmica 4 y tipo de suelo 1. Con ese estudio se pretendía proponer la aplicación del diseño con disipadores SLB en edificaciones esenciales en Zonas sísmica tipo 4. La **metodología** implementada fue simulación escalonada mediante el software SeisnoSignal y SeismoMach, el cual sirvió para escalar la edificación con el registro sísmico, luego se realizó el modelado con el software ETABS con los sistemas de aislamiento y con la propuesta de los disipadores SLB, se realizó el análisis estático y dinámico según NTP E.030, por último se realizó un análisis tiempo historia-no lineal, los resultados analizados de las derivas en las direcciones X e Y de la edificación con los sistemas de aislamiento y disipadores SLB, con el disipador SLB se pudo apreciar que las derivas se encuentran por debajo del límite del código peruano de edificaciones y en tanto sus aceleraciones se encuentran entre 0.8g y 0.7g, también se pudo disipar 32.14% de la energía disipada por los disipadores SLB. Se **concluyó** que ambos sistemas de disipación de energía se tienen un rango de operatividad inmediata que por el análisis de rotula plástica todas están bajo el rango de IO y por debajo del estado límite de fluencia. Se logró verificar la eficiencia de los disipadores SLB para el control de derivas, pero recomienda un plan de contingencia en cuanto a los equipos móviles que se vieron afectados por la rigidez del piso y esto influenciado la aceleración de piso.

Según Romero Jesús (2021) cuyo **objetivo** fue analizar la respuesta dinámica de estructuras esenciales utilizando disipadores Shear Link Bozzo (SLB). Con la finalidad de realizar un modelo matemático el cual simulara el comportamiento de la estructura. La **metodología** empleada fue una investigación de tipo aplicada y diseño no experimental. Consiste en realizar un análisis comparativo de una edificación existente sin disipadores y con disipadores de

energía la cual se estudió las repuestas sísmicas. Para la metodología del diseño se realizó el diagnóstico del estado actual de la estructura seguido del modelamiento del mismo y su posterior análisis dinámico, verificar las repuestas sísmicas sin dispositivos. En una segunda fase se planteó la disposición de los disipadores SLB mediante un diseño de muros desacoplados. Los **resultados** la disposición de disipadores SLB en la edificación ayudó en la reducción en cuanto a los desplazamientos en un 35% con respecto a la estructura sin disipadores. El sistema sin disipadores, se pudo observar que el 67% es la energía inelástica y para el sistema con disipación representa el 25% de la energía, con estos datos obtenidos se pudo apreciar que una reducción significativa en la disminución de la energía inelástica. Instalando los muros desacoplados en los porticos se disipó el 54% de la energía de todo el sistema. Se **concluyó** que la deriva máxima en dirección X, se produjo una reducción considerable de 0.00815 a 0.00486 representando el 40% de reducción, luego de la incorporación de dispositivos de disipación de energía en los muros desacoplados. En cuanto a la dirección Y, se produjo una deriva de 0.00928 a 0.0498 representando 46% de reducción, con ello se aseguró la funcionalidad y el servicio de la estructura después de un sismo.

Como **antecedentes internacionales**, tenemos a los siguientes:

Según Bozzo Guillermo (2018) cuyo **objetivo** fue proponer estructuras de bajo costo con dispositivos de disipación sísmica, desarrollando modelos numéricos de la estructura en una mesa vibratoria para lo cual se tuvo que calibrar los parámetros modales entre el modelo físico y numérico. La **metodología** empleada corresponde a una investigación de tipo aplicada y el diseño corresponde a un diseño experimental. Para lo cual se tuvo que construir un portico sobre una mesa vibratoria el cual se le acondicionaron dispositivos de disipación de energía de tipo SLB, el portico fue sometido a diferentes intensidades y aceleraciones sísmicas. Los **resultados** del ensayo sísmico de la estructura fueron procesados para realizar un estudio paramétrico en condiciones de contorno para la estructura elástica con la finalidad de ajustarse al de la estructura, ya que debieron ser comparados con el análisis sísmico desarrollados a computadora con el software Etabs, se pudo apreciar que es conveniente desarrollar dos distintos para medir la aceleración y el desplazamiento. En cuanto al dispositivo de disipación de energía se recomienda que el coeficiente de Wen sea de 2, con ello se pretende ajustar al

comportamiento histérico del dispositivo para luego realizar los cálculos numéricos de las aceleraciones y desplazamientos. Finalmente se pudo apreciar un error medio del 17% de las aceleraciones en comparación con los cálculos del software Etabs, esto debido a que el ensayo a escala real está sometido a diferentes factores los cuales influyen en la respuesta sísmica como las fricciones del dispositivo.

Como **antecedentes en otros idiomas**, tenemos a los siguientes:

(Clemente, y otros, 2020) Se presentó el artículo en la 17va Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica un estudio en el cual se reforzó una edificación con disipadores Shear Link Bozzo devices el cual se tuvo como **objetivo** reforzar una edificación de gran altura se describió tres procedimientos para la definición de un conjunto completo de dispositivos metálicos histéricos que se instalan a lo largo de la altura de la estructura de un edificio. La **metodología** que se realizó es descrita a continuación, (1) método iterativo "directo", (2) método iterativo "inverso" o de "fuerza fija", (3) método de diseño basado en el desplazamiento. todos los procedimientos pueden aplicarse manualmente o mediante un software específico desarrollado en Visual Basic que automatiza cada paso operativo. los procedimientos (1) y (2) se han diseñado para un amortiguador histérico específico, es decir, el shear link bozzo, apoyado en muros arriostrados de acero o desacoplados, mientras que el (3) es factible para una amplia gama de dispositivos histéricos. aplicado habitualmente en la práctica profesional, el procedimiento iterativo "directo" permite seleccionar un conjunto adecuado de dispositivos de forma que la relación entre la demanda de cortante y la capacidad, obtenida mediante el análisis del espectro de respuesta, sea como máximo igual a un valor fijo como 1,5. este último valor tiene en cuenta factores acumulativos que sólo podrían considerarse mediante el análisis no lineal, como el endurecimiento cinemático del acero o su mayor resistencia a las cargas dinámicas. Se llegó a la siguiente **conclusión**, se han comparado los resultados finales en cuanto a la deriva entre plantas, la aceleración del piso, el coeficiente sísmico, la cantidad y el costo de los disipadores y de los muros de hormigón. para el caso de estudio en examen, entre todos los procedimientos el "inverso" puede considerarse el más eficaz, ya que garantiza un mejor comportamiento estructural, espesores aceptables para los muros desacoplados y un menor tiempo de cálculo que permite

su aplicación en numerosas ocasiones. por otra parte, el procedimiento basado en el desplazamiento da lugar a una solución de diseño más económica.

Como **bases teóricas**, tenemos:

SISTEMAS DE CONTROL DE LA RESPUESTA DINÁMICA

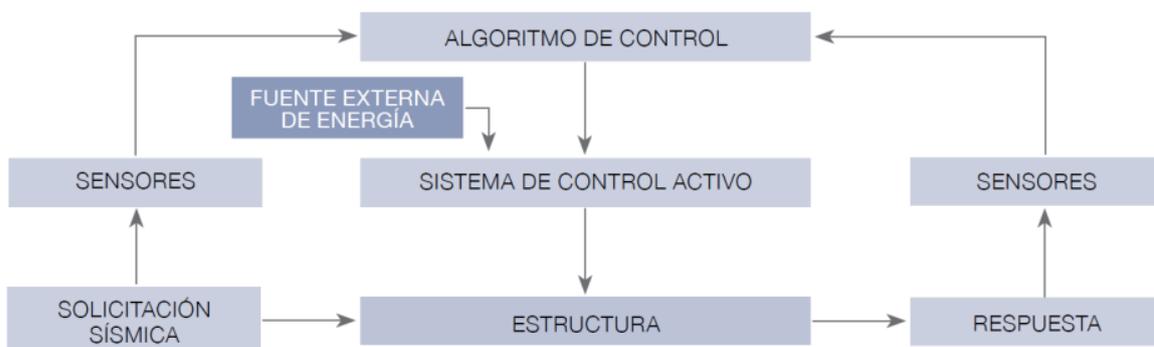
Para que los sistemas de control de la respuesta dinámica funcionen, la respuesta estructural a las tensiones externas debe ajustarse mediante componentes especializados. Los términos "pasivo" y "activo" se utilizan para describir los dos tipos de sistemas que se utilizan.

Un sistema de control pasivo, que funciona independientemente de una fuente de energía externa, convierte la energía cinética de un terremoto en deformaciones en una estructura. Utilizando fuerzas externas que contrarrestan los desplazamientos de la estructura, los sistemas de control pasivo protegen las estructuras de los daños sísmicos. Los sistemas activos son mucho más sofisticados y caros que los pasivos porque necesitan energía externa y actuadores controlados por ordenador. Los sistemas pasivos pueden funcionar sin ningún componente adicional.

a) Sistemas de control activo

Estos sistemas basan su funcionamiento en la instrumentación de la estructura considerada, los sensores (principalmente acelerómetros) colocados en puntos estratégicos de la estructura permiten medir datos en tiempo real asociados a la excitación sísmica, los controladores procesan la información y calculan la fuerza necesaria para contrarrestar los efectos sísmicos. Los actuadores ejercen dicha fuerza calculada a la estructura, alimentados mediante una fuente de energía externa (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2011). La figura 1 detalla un esquema que muestra el funcionamiento de un sistema de control activo.

Figura 1. Esquema del funcionamiento de un sistema de control activo.
(corporación de desarrollo tecnológico, 2011)



Los sistemas de control activo presentan múltiples ventajas como un mayor control de la respuesta estructural, aplicación ante eventos sísmicos y de viento, pero a su vez presenta un elevado costo de mantenimiento y una dependencia de fuentes de alimentación externa para su correcto funcionamiento.

b) Sistemas de control pasivo

La mayor parte de las protecciones sismorresistente que se utilizan actualmente son sistemas pasivos. Los sistemas de control pasivo incluyen sistemas de aislamiento de bases sísmicas y disipadores de energía. Los sistemas pasivos reducen la reactividad dinámica de los edificios utilizando sistemas mecánicos destinados a disipar la energía en forma de calor.

DISIPADORES DE ENERGÍA

Los dispositivos de disipación de energía se clasifican en tres grupos: los disipadores cuyo funcionamiento depende del desplazamiento, los disipadores que dependen de la velocidad y los disipadores que dependen del desplazamiento y la velocidad.

a) Disipadores dependientes del desplazamiento

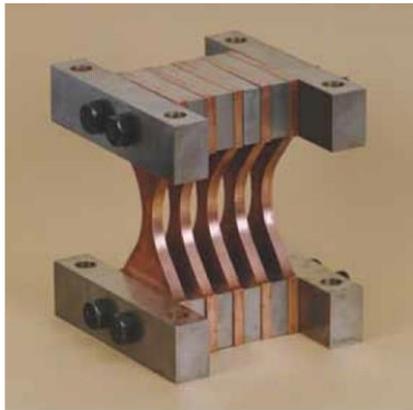
Los disipadores dependientes del desplazamiento o histeréticos se subdividen en:

- **Disipadores de fluencia de metales**

La fluencia de metales en disipadores se puede producir a partir de esfuerzos estructurales o bien a partir del proceso de extrusión. Cualquier esfuerzo, sea de torsión, flexión, cortante o axial puede conducir a procesos de plastificación en metales. (Bozzo y Barbat, 1999).

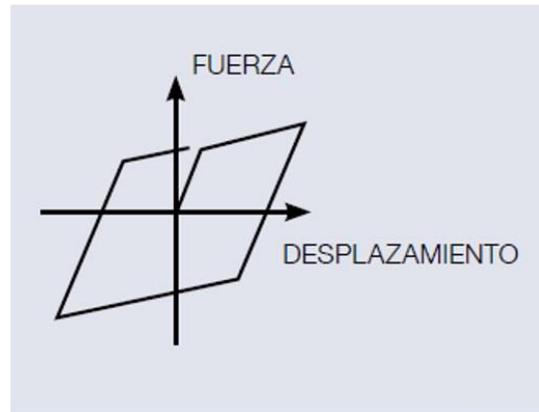
La figura 2 muestra un disipador metálico tipo ADAS, cuya geometría está especialmente diseñada para disipar energía mediante la deformación plástica de las placas de acero que lo conforman. Además, se muestra gráficamente una relación idealizada entre la fuerza y la deformación en el disipador de fluencia. Los disipadores metálicos permiten añadir simultáneamente rigidez y amortiguamiento a la estructura, además, poseen un comportamiento predecible y estable (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2011).

Figura 2. Disipadores de fluencia de metales. (Corporación de Desarrollo



(a)

Disipador metálico tipos ADAS.



(b)

Gráfica fuerza – desplazamiento de disipadores de fluencia .

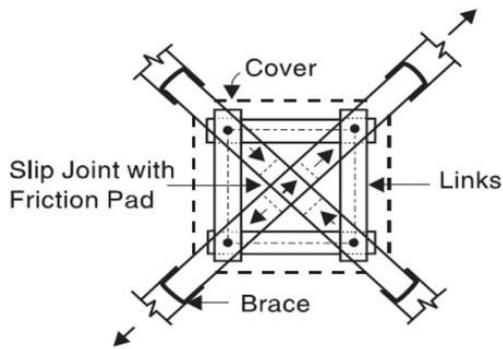
Tecnológico, 2011)

Disipadores de fricción

Disipan energía por medio del rozamiento entre dos superficies de contacto bajo presión y en constante deslizamiento entre ellas. Estos disipadores son solicitados cuando se alcanza una determinada carga en el dispositivo, de no ser así, permanecen inactivos, lo cual es una desventaja.

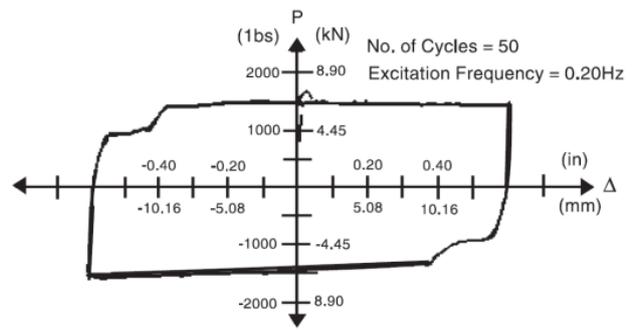
La figura 3 muestra un disipador de fricción tipo Pall, donde el dispositivo se coloca en la intersección de dos brazos diagonales, funciona adecuadamente cuando se produce un desplazamiento lateral en el sistema, se generan esfuerzos de deslizamiento en el disipador. Además, se muestra gráficamente la relación típica entre la fuerza y la deformación en el disipador de fricción, que tiende a ser de forma rectangular, a diferencia de los disipadores de fluencia.

Figura 3. Disipadores de fricción. (Constantino, 1998)



(a)

Disipadores de fricción tipo Pall



(b)

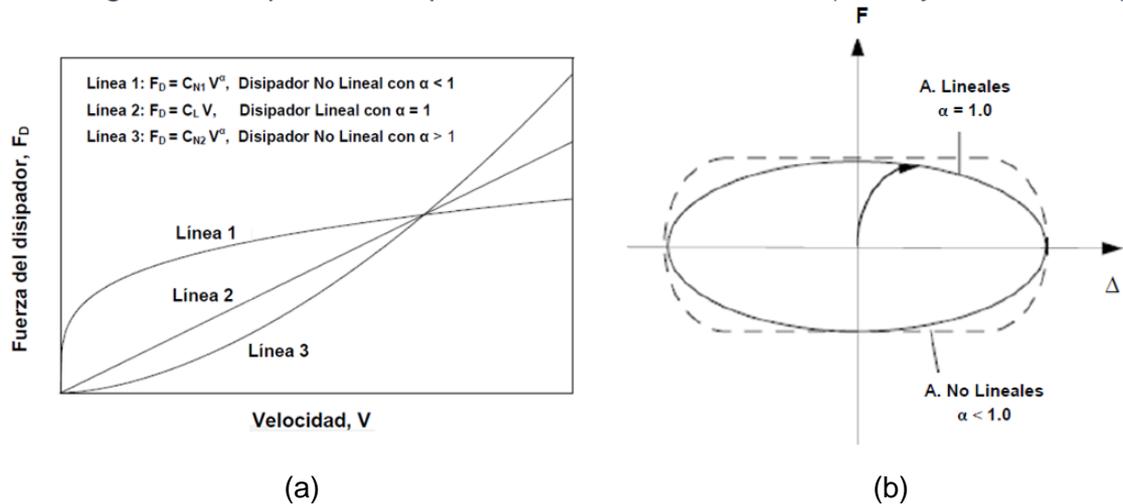
Grafica fuerza – desplazamiento de disipación de fricción.

Disipadores dependientes de la velocidad

Los disipadores de fluido viscoso reducen la aceleración del sismo que afecta a la estructura, los disipadores de calor de fluidos viscosos reducen las tensiones y las deformaciones de la estructura al mismo tiempo al proporcionar una reacción que está naturalmente desfasada con las cargas.

La figura 4 muestra gráficamente la relación entre la fuerza axial del disipador y la velocidad. El coeficiente α depende del tipo de fluido, la constante de amortiguamiento C depende de la frecuencia, temperatura y amplitud del movimiento. Si $\alpha=1$ el comportamiento es lineal, sin embargo, los disipadores más comunes son no lineales, donde $\alpha < 1$. Además, se muestra gráficamente el comportamiento histerético de un disipador de fluido viscoso, la idealización tiene una forma ovalada y va tomando forma rectangular a medida que α se aproxima a cero.

Figura 4. disipadores dependientes de la velocidad. (Boza y Galán, 2013)



(a) Grafica fuerza – velocidad de disipador de fluido visco.

(b) Grafica fuerza – desplazamiento de disipadores de fluidos viscoso.

2.3.3. Disipadores dependientes del desplazamiento y la velocidad

También conocidos como Disipadores Viscoelásticos, su acción disipativa se basa en el aumento de amortiguamiento estructural, no necesita de fuerza significativa para disipar energía, a su vez es sensible a cambios de temperatura y deformación. La figura 2.5 muestra el esquema de un disipador viscoelástico sólido, este disipador está formado por placas de acero y material viscoelástico entre estas, disipan energía a través del movimiento relativo entre las placas de acero. Además, muestra la curva típica entre la fuerza y la deformación en el disipador viscoelástico tiende a ser de forma ovalada, a diferencia de la Figura 2, la curva fuerza - desplazamiento tiene una pendiente, que representa la rigidez del disipador.

AISLADORES DE BASE

La aislación basal es considerada un diseño estratégico que está dirigido a reducir la cantidad de energía de entrada a las fundaciones de una estructura. Esta estrategia logra su efectividad mediante los siguientes mecanismos (Aguilar et al., 2008):

A través de la reducción de la respuesta sísmica como una consecuencia al corrimiento del periodo fundamental de la estructura.

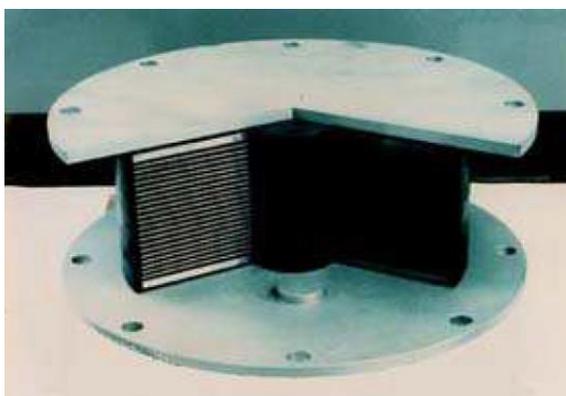
A través de una limitación de las fuerzas transmitidas a la fundación. Una alta capacidad de amortiguamiento de los aisladores permite controlar y reducir los desplazamientos relativos.

Existen una gran cantidad de aisladores de base, entre los más utilizados están los aisladores elastoméricos y los aisladores tipo péndulo de fricción.

Aisladores elastoméricos

Los aisladores elastoméricos están compuestos por capas alternadas de goma y placas de acero unidas entre sí por un proceso de vulcanización, como se muestra en la figura 2. La rigidez del apoyo es controlada por el espesor de las capas de goma, entonces, mientras más gruesas son estas capas más flexibles es el apoyo en la dirección horizontal. En cambio, la rigidez vertical del apoyo es controlada por la alta rigidez en planta de las placas de acero que inhibe la expansión lateral de la goma que resulta de la presión vertical (Aguiar et al., 2008).

Figura 5. Aisladores Elásticos. (Aguiar, 2008)

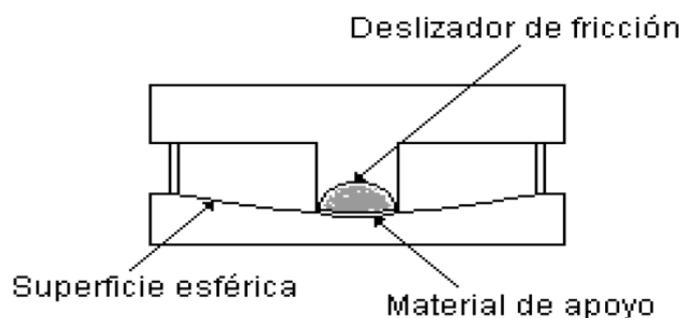


Con el fin de aumentar la capacidad de disipación de energía de este sistema, se creó un tipo de aislador elastomérico con núcleos de plomo en el centro geométrico del aislador, que aprovecha al máximo las propiedades disipativas del plomo.

2.4.2. Aislador péndulo de fricción

El rodamiento FPS es un deslizador de apertura/cierre montado en una esfera de acero inoxidable. El deslizador está recubierto por un material compuesto de alta capacidad de carga a base de politetrafluoroetileno (teflón), que tiene un bajo coeficiente de fricción del orden del 5 al 7%, lo que distingue a estos cojinetes de otros. La superficie de deslizamiento esférica es de acero inoxidable pulido. Para evitar la contaminación del contacto de deslizamiento entre los cojinetes y el eje, se sellan y se colocan con la superficie de deslizamiento hacia abajo.

Figura 6. Aisladores péndulo de fricción. (Aguiar, 2008)



El apoyo FPS es activado sólo cuando la fuerza de corte sobre la interface de aislación, debida a las fuerzas sísmicas, supera la fuerza de fricción estática. Una vez en movimiento, el cursor articulado (deslizador) se mueve a lo largo de la superficie esférica cóncava, causando la elevación de la masa soportada, con movimientos equivalentes a los de un péndulo simple.

Los resultados de aislación basal deseados se alcanzan por la geometría del apoyo y la gravedad. Durante la elevación a lo largo de la superficie esférica, el apoyo desarrolla una fuerza resistente lateral igual a la combinación de la fuerza friccional movilizada y una fuerza de restauración inducida por la gravedad.

DISIPADOR SHEAR LINK BOZZO (SLB)

El disipador SLB está basado en el aumento localizado de la ductilidad del edificio, permitiendo una reducción significativa en las fuerzas inducidas por un sismo de alta intensidad.

Está formado por una sección *I* que permite una disipación de energía en toda el alma, el dispositivo se obtiene por fresado de una platina plana, evitando el uso de soldadura entre los rigidizadores y el alma. Con ello también se evitó la aparición de tensiones residuales producto del sobrecalentamiento de la chapa en las partes soldadas. De esta forma, se obtiene un disipador que disipa energía más uniforme y eficientemente (Hurtado, 2006).

El disipador SLB presenta un modo doble de trabajo, inicialmente la energía es disipada en el alma por corte. Después de la degradación del alma, los rigidizadores continúan disipando energía por flexión. Lo segundo representa un factor de seguridad, ya que en la etapa de diseño solo se cuenta con la disipación por corte (Hurtado, 2006).

Para la generación actual de disipadores se maneja la siguiente terminología. Por ejemplo, el dispositivo SLB2 15_4 representa un disipador de 15 cm de ancho disipativo, 4 mm de espesor de ventana. El espesor del disipador está representado por el número

seguido del código “SLB”, si es 2, el espesor del dissipador será 19 mm; si es 3, el espesor del dissipador será 25 mm (Bozzo, 2020).

Para la generación actual de dissipadores se maneja la siguiente terminología. Por ejemplo, el dispositivo SLB2 15_4 representa un dissipador de 15 cm de ancho disipativo, 4 mm de espesor de ventana. El espesor del dissipador está representado por el número seguido del código “SLB”, si es 2, el espesor del dissipador será 19 mm; si es 3, el espesor del dissipador será 25 mm (Bozzo, 2020).

Primera generación

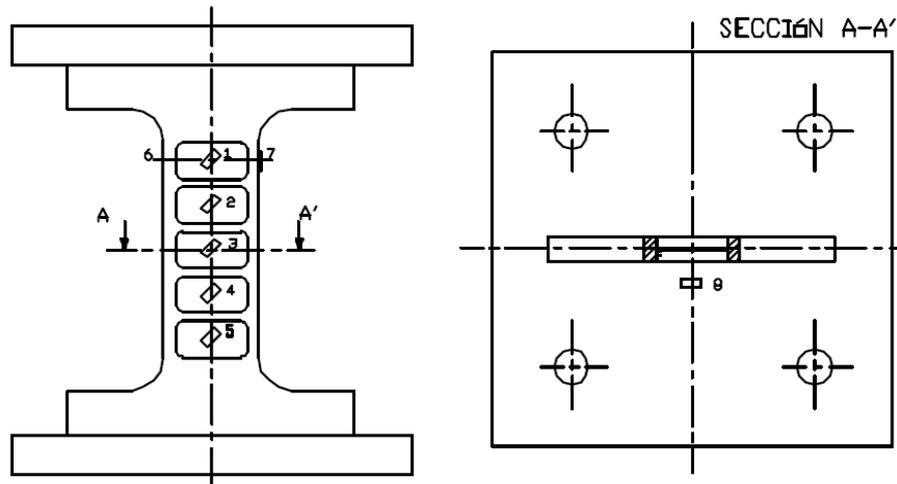
La primera generación de dissipadores SLB se desarrolló en Bergamo (Italia) en el laboratorio de ISMES en 1997. La figura 7 muestra un dispositivo siendo ensayado, las alas fueron soldadas a placas horizontales gruesas a través de tornillo de alta resistencia. En el alma había solo una columna de ventanas cuyos espesores estaban entre 1.5 mm y 2 mm, mientras que las alas tenían un espesor de 15 mm (Cahis, 2000).



Figura 7. Primera Generación de disipación SLB. (Cachis, 2000)

La figura 8 muestra la geometría del dispositivo, tiene una altura total de 284 mm, una altura de área disipativa de 136 mm. Fueron ensayados cuatro dispositivos con distintas zonas de transición entre el alma y los refuerzos, todos mostraron un comportamiento histerético estable y una deformación importante. Además, el comportamiento histerético de los dissipadores SLB era estable aun cuando las ventanas habían sufrido un daño severo. (Cahis, 2000).

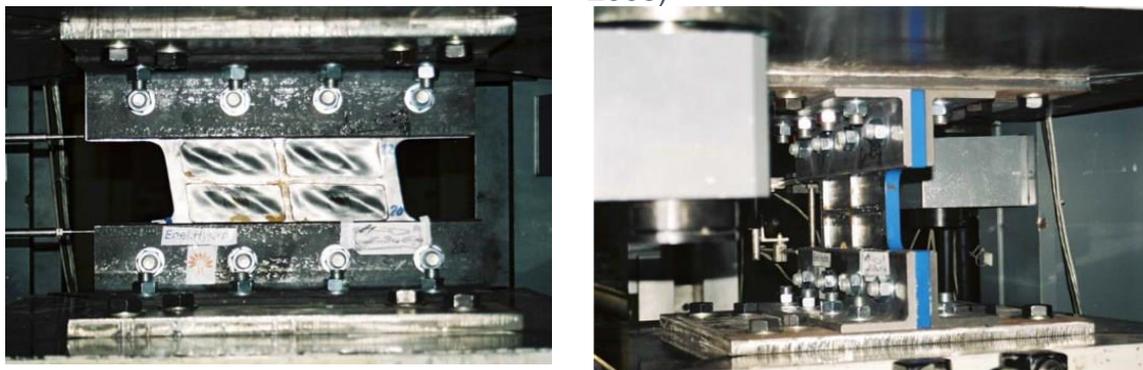
Figura 8. geometría y dimensiones de primera generación de disipadores SLB. (Cachis, 2000).



Segunda generación

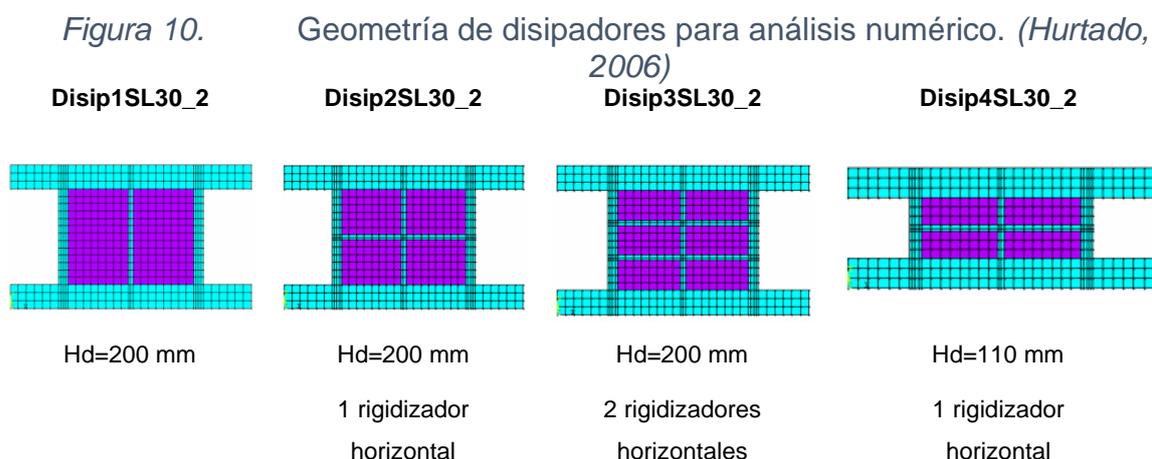
La segunda generación de disipadores SLB tuvo como objetivo principal generalizar sus propiedades mecánicas para distintos niveles de fuerza en función a análisis numéricos y resultados experimentales (Hurtado, 2006). La figura 2.10 muestra un disipador de la segunda generación siendo ensayado en el Laboratorio de ISMES y sus conexiones atornilladas a los cabezales de la máquina de prueba.

Figura 9. Ensayo de la segunda generación de disipadores SLB (Hurtado, 2006)



Para determinar las dimensiones geométricas de un disipador base se analizaron numéricamente cuatro dispositivos con los programas de elementos finitos GID y ANSYS. Se sometieron los disipadores a un desplazamiento monótonico creciente hasta alcanzar un desplazamiento relativo máximo de 20 mm. La figura 10 muestra la geometría de los

disipadores que se analizaron numéricamente. Los parámetros a variar fueron la altura del área disipativa H_d y la cantidad de rigidizadores horizontales de los disipadores.



Para todos los dispositivos en análisis se observaron uniformidad de tensiones de Von Mises en el área disipativa delimitada por las ventanas. La disipación de energía será estable siempre que se evite la abolladura del alma.

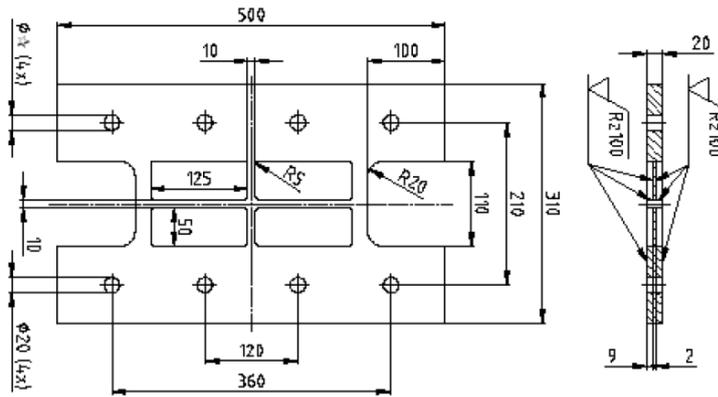
Los tres primeros dispositivos tienen un comportamiento muy similar en la curva fuerza - desplazamiento. Si bien el aumento del número de rigidizadores aumenta la energía disipada y la fuerza de inicio de plastificación, esto no es significativo para el diseño posterior.

Los rigidizadores previenen una posible abolladura de los dispositivos. Los dispositivos Disip1SL30_2 y Disip2SL30_2 fueron descartados debido a que su desplazamiento de inicio de abolladura es menor a 10mm, el desplazamiento relativo aproximado para un terremoto fuerte.

Entre los dispositivos Disip3SL30_2 y Disip4SL30_2 optaron por el segundo, que al ser de menor altura de área disipativa presenta mayor rigidez inicial, mayor fuerza de inicio de plastificación, mayor deformación y mayor disipación de energía.

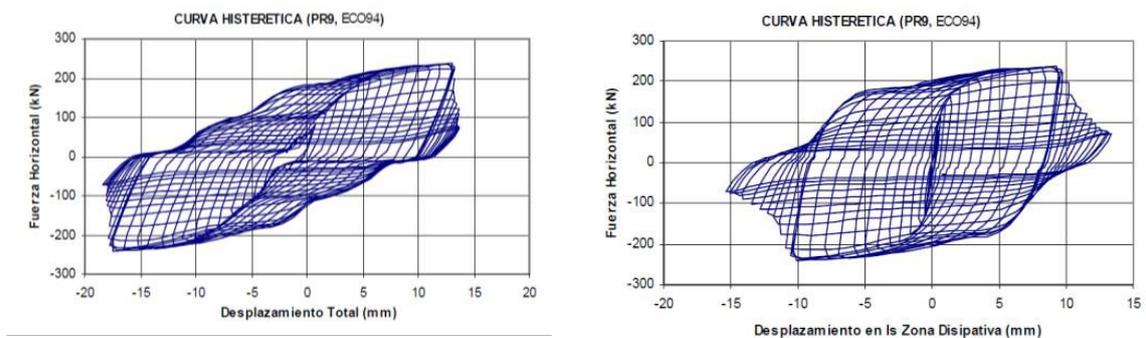
La figura 11 muestra la geometría del dispositivo ensayado y a partir del cual se elaboró una tabla con las propiedades mecánicas para 32 dispositivos en función del ancho del área disipativa y el espesor de las ventanas.

Figura 11. Geometría y dimensiones del dispositivo SL30_2. (Hurtado,2006)



La tolerancia de montaje de las uniones atornilladas influye en la curva histerética del disipador. En la figura 12 se muestran dos curvas histeréticas del disipador SL30_2 sometido a cargas cíclicas con amplitud constante. Si se considera una tolerancia de montaje de ± 1 mm, las conexiones metálicas se deslizarán, dificultando la predicción de la respuesta, pero a su vez, la fuerza axial a la que estarán sometidas será mínima. En el caso opuesto, si se opta por ajustar las conexiones atornilladas sin considerar una tolerancia de montaje, estas no se deslizarán, se obtendrá una curva histerética más simple de modelar y predecir su respuesta, pero el disipador estará sometido a una mayor fuerza axial que en el caso anterior (Hurtado, 2006). En conclusión, existe un conflicto para lograr el comportamiento ideal en un disipador, que la curva histerética sea estable, de simple modelado para predecir su respuesta y que no tenga influencia de la carga axial, ya que incluir más parámetros dificulta la elaboración de modelos matemáticos.

Figura 12. Curva historietica experimental del dispositivo SL30_2 sometido a carga cíclica con amplitud constante. (Hurtado,2006)



(a)

Incluyendo deslizamiento de las conexiones atornilladas.

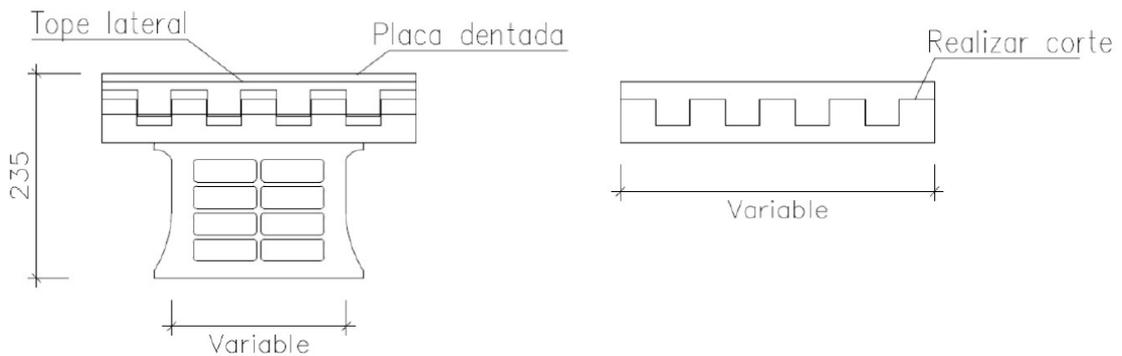
(b)

Sin incluir deslizamiento de las conexiones atornilladas.

Tercera generación

La tercera generación de disipadores SLB cuentan con una conexión almenada que no transmite fuerza axial hacia el disipador. La figura 13 muestra la geometría de un disipador SLB de la tercera generación, donde la altura total es 235 mm y la altura disipativa es 155 mm. Se elaboró una tabla de diseño que cuenta con 52 dispositivos y los parámetros variables son el ancho del área disipativa, el espesor de las ventanas y el espesor del disipador (rigidizadores).

Figura 13. Geometría de tercera generación de Disipadores SLB. (Bozzo, 2019)

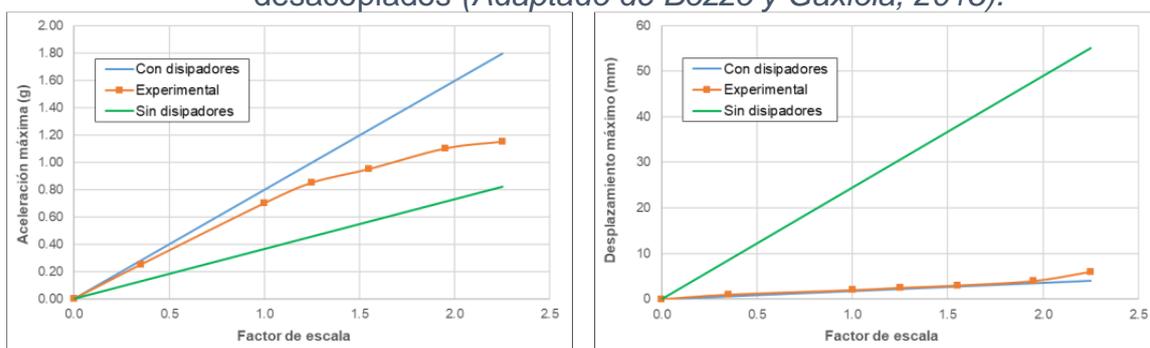


Concepto rígido – flexible – dúctil

El ideal sismorresistente es que una estructura presente desplazamientos de un sistema rígido y fuerzas de un sistema flexible. Los disipadores de energía concentran las demandas de ductilidad en elementos fabricados industrialmente (Bozzo y Gaxiola, 2015).

La figura 14 muestra las curvas experimentales para un modelo a escala de un pórtico metálico incorporando muros desacoplados de concreto sobre una mesa vibratoria. Se concluye que a medida que se incrementa el factor de escala se logra un sistema con el nivel de fuerzas de un sistema flexible y el nivel de desplazamientos de un sistema rígido.

Figura 14. Modelo a escala de pórtico metálico incorporando muros desacoplados (Adaptado de Bozzo y Gaxiola, 2015).



(a) Corte basal para distintos factores de escala.

(b) Desplazamientos máximos para distintos factores de escala.

Alternativas de colocación

La figura 2.16 muestra las alternativas de colocación de muros desacoplados con disipadores más usadas. Es indispensable que los disipadores estén conectados por su parte inferior con el sistema de soporte asignado (muros desacoplados, diagonales, etc.) y por su parte superior a la viga. Asimismo, los sistemas de soporte deben estar conectados por su parte inferior a una viga para que el sistema trabaje adecuadamente.

Ventajas de utilización

La utilización de los disipadores es ventajosa respecto a otros sistemas de protección sísmica debido a su inmediata acción, porque mientras que los amortiguadores requieren grandes velocidades para entrar en funcionamiento, los disipadores reaccionan ante desplazamientos de decimas de milímetros, además de poseer rigideces iniciales altas. (Bozzo, 2019).

Además, se pueden usar disipadores SLB en los siguientes casos:

Para corregir irregularidades estructurales. Para estructuras con torsión alta es conveniente colocar los disipadores en ubicación opuesta a donde se genera la torsión. En estructuras con pisos blandos se adicionan disipadores en los niveles que se requiera, sin necesidad ir hasta la cimentación o que haya una continuidad.

Para rigidizar estructuras existentes. Los disipadores son más efectivos cuando se colocan alejados del centro de masa de la estructura.

En estructuras donde se requiera espacio libre en sótanos, la colocación de los disipadores se puede dar desde la primera planta, permitiendo la circulación y aparcamiento de los vehículos en los sótanos.

Como **enfoques conceptuales**, tenemos:

DISEÑO ESTRUCTURAL

La estructura debe verse como un sistema, es decir, un conjunto de partes y componentes interrelacionados que funcionan juntos para cumplir un propósito. Antes de empezar con la técnica, es fundamental describir los objetivos y las limitaciones del sistema.

LA DUCTILIDAD EN LAS EDIFICACIONES

La durabilidad y la fiabilidad, es crucial que la estructura muestre ductilidad incluso en las situaciones de tensión más extremas. Para ello hay que asegurarse de que la estructura no tenga un rápido colapso frágil.

De hecho, puede soportar deformaciones considerables bajo tensiones casi máximas. Las grandes deformaciones de este tipo ofrecen una advertencia suficiente antes del colapso, y mantener la capacidad de carga puede evitar un fallo catastrófico y salvar vidas.

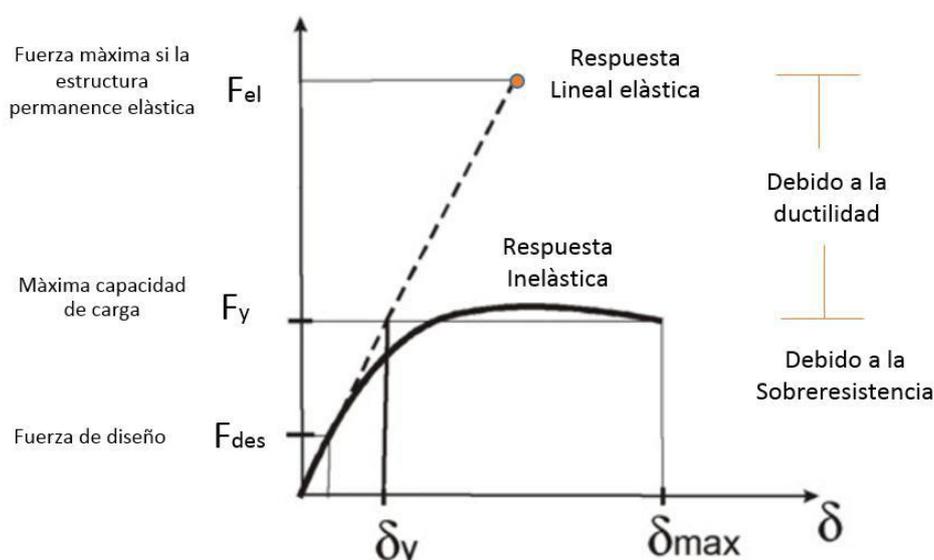
Para evitar los fallos por fragilidad, los diseñadores deben prestar especial atención a la cantidad de refuerzo longitudinal, el anclaje de la armadura y el confinamiento del hormigón comprimido para garantizar un comportamiento dúctil.

COEFICIENTE DE REDUCCIÒN DE FUERZA SÌSMICA

Para el análisis sismorresistente de las estructuras, se establecen relaciones entre el análisis elástico (utilizado en el diseño estructural) y el análisis plástico (la respuesta proyectada de las estructuras sometidas a grandes movimientos sísmicos).

Cuando se diseña una estructura, se utiliza un espectro de diseño elástico que ha sido ajustado por un factor de reducción de la respuesta sísmica para proporcionar una resistencia lateral que es menor que la resistencia elástica (R) normada.

Figura 15. Desplazamiento lateral y niveles de desempeño. (Google)



El objetivo es diseñar una estructura cuyo rendimiento pueda alcanzar todo su potencial en un grado específico de actividad sísmica, en lugar de estar limitado por ella. El enfoque para el desarrollo de rótulas plásticas establece el grado de resistencia necesario para alcanzar los objetivos de diseño, que se establecen como objetivos de desplazamiento especificados.

SISTEMA DUAL CONVENSIONAL

Un sistema dual está compuesto por muros estructural y sistemas aporticados los cuales proporcionan rigidez en la estructura. Entre el 20% y el 70% de la fuerza cortante basal es absorbida por los muros portantes y los elementos aporticados deben soportar al menos el 30% de la fuerza cortante basal, estos elementos deben de ser asignados con apoyos empotrados en la base de la estructura.

SISMO

Descrito de forma sencilla, un terremoto es un movimiento del terreno causado por el paso de ondas de tensión que se originan por la fractura de rocas tensadas y el movimiento de una falla sísmica. Algunas regiones, como el Cinturón de Fuego del Pacífico, los experimentan con más frecuencia que otras.

DISEÑO SISMORRESISTENTE

En el diseño sísmico convencional, el comportamiento aceptable de una estructura durante un evento sísmico depende de la capacidad del sistema de resistencia a la fuerza lateral para absorber y disipar la energía de forma consistente a través de un gran número de ciclos. Las vigas y las columnas expuestas a los efectos irreversibles de la carga de gravedad disipan la energía en zonas de bisagra plástica dúctil especificadas espacialmente. Obviamente, el hecho de que se evite el colapso estructural y se garantice la seguridad de las personas hace que estos atributos de diseño sean justificables desde el punto de vista financiero.

ANÁLISIS NO LINEAL

Hasta ahora hemos analizado estructuras con un comportamiento “Lineal” cumple entre causas y efectos, existe una relación lineal. Para este comportamiento se debía verificar que los materiales sean elástico lineal (Material hookeano) y los desplazamientos de la estructura pequeñas.

Si el comportamiento no cumple con:

- Material elástico
- Desplazamientos pequeños
- Causas y efectos se relacionan de manera lineal.

Entonces el comportamiento es NO-LINEAL

Si el material no es lineal, entonces el caso es “No-Linealidad Física”.

Desplazamiento no son pequeños (Desplazamientos grandes), entonces el caso es “No-Linealidad Geométrica”.

La hipótesis de este comportamiento es de presentar:

Material elástico

Los desplazamientos no son pequeños, y no deben de despreciarse en el análisis del equilibrio.

Con respecto a esta última hipótesis cabe realizar algunas consideraciones respecto a la magnitud de los desplazamientos.

Estos desplazamientos pueden tomar distintos valores para los cuales se puede hacer distintas aproximaciones que permiten arribar a soluciones matemáticas sencillas sin perder por ello la precisión en los resultados.

Si analizamos deformaciones y desplazamientos se consideran las siguientes consideraciones:

CASO I:

Las “Deformaciones” específicas y los “Desplazamientos” son pequeños.

Este es el caso del análisis de estructuras “Lineales” donde los desplazamientos son pequeños y el equilibrio se analiza sin tenerlos en cuenta.

CASO II:

Las “Deformaciones” específicas no son pequeñas y los “Desplazamientos” son pequeños.

CASO III:

Las “Deformaciones” específicas son pequeñas y los “Desplazamientos” no son pequeños.

En este caso es un comportamiento “No Lineal” de estructura debido a la “No linealidad Geométrica”

CASO IV:

Las “Deformaciones” específicas y los “Desplazamientos” no son pequeños.
En este caso corresponde a un comportamiento No lineal Geométrico y Físico.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según Carrasco (2007) Para cada propósito del estudio, podemos elegir un enfoque de investigación que funcione bien. Esta actividad debe completarse antes de construir el plan de investigación para haber planteado correctamente qué se va a hacer y qué tipo de información se va a adquirir, ya que este documento comprende una secuencia ordenada de etapas y acciones que se articulan en cadena. Carrasco S. sostiene que este tipo de estudio se diferencia por sus objetivos prácticos claros e inmediatos; es decir, se estudia con la intención de realizar algún tipo de acción, afectar algún aspecto de la realidad o provocar algún tipo de modificación. Este tipo de investigación entra en la categoría de investigación aplicada.

Nivel de investigación

Según Hernández R. (2014) el nivel de investigación **cuantitativa** según su alcance puede ser:

- **Descriptivo:** Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.

El nivel de investigación de la presente tesis es de tipo descriptivo.

Diseño de investigación

Experimental o no experimental

Enfoque de investigación

Técnicas en el Análisis Cuantitativo Utiliza la medición cuantitativa y el análisis estadístico para detectar patrones de comportamiento y evaluar hipótesis a través de la recolección de datos.

Según Hernández R. (2014) indica que los resultados de las investigaciones cuantitativas pueden extrapolarse de forma más amplia, los fenómenos pueden controlarse y se puede conseguir una perspectiva cuantitativa. Facilita la comparación con otros estudios que han examinado los mismos sucesos o similares y da amplias posibilidades de réplica.

3.2. Variables de operacionalización

Variables

Variable independiente

Utilización de disipadores sísmicos tipo SLB.

Definición conceptual

Se refiere al tipo de sistema pasivo, según la clasificación perteneciente a los de plastificación de metales.

Definición operacional

Variable dependiente

Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB.

Definición conceptual

Son dispositivos SLB son conexiones metálicas no lineales que se fundamentan en el incremento localizado de la ductilidad del edificio, permitiendo una reducción significativa en las fuerzas inducidas por un sismo de alta intensidad (Bozzo L.,2018)

Definición operacional

ETABS VERSIÓN 2020

Operacionalización de variables

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La **población** de esta investigación está constituida con el Anteproyecto arquitectónico de una edificación esencial en el centro de salud Belempamapa ubicada en la calle 21 de mayo en el distrito de Santiago de Cusco – Cusco, el cual consta de 06 bloques de 3 pisos de los cuales está conformado por 1 sótano.

.

Muestra

La **muestra** de esta investigación está definida con el Anteproyecto de arquitectura de una de la edificación esencial en el centro de salud Belempamapa ubicada en la calle 21 de mayo en el distrito de Santiago de Cusco – Cusco, la muestra solo se diseñara el bloque corresponsables al eje 10 -13 con el eje C-H que corresponde a salud de 3 pisos de los cuales está conformado por 1 sótano.

Muestreo

El **muestreo** hace referencia al conjunto de procesos con los que se contarán para estudiar a la población mediante datos estadísticos, los muestreos tienen que ser parte de la población. El muestreo que se requirió para este proyecto de investigación fue realizado mediante un estudio de mecánica de suelos en la cual se llegó a recolectar y someter a pruebas de laboratorio.

Unidad de Análisis

La unidad de análisis son todos los objetos de estudio de un universo estos son relacionados con el planteamiento del problema, los cuales tienen que ser definidos antes de la selección de la muestra las cuales se tendrán que limitar de la población, en el proyecto de investigación la unidad de análisis esta definida como la medición del comportamiento estructural de un bloque de toda la edificación, los cuales serán sometidos a diferentes pseudoaceleración y con ello poder ver el desempeño sísmico de dicha estructura incorporada con disipadores SLB.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

De acuerdo a Hernández R. (2003), Técnicas de recopilación de datos es la elección de quiénes serán objeto de la recopilación de datos depende del enfoque utilizado (cualitativo o cuantitativo), de la naturaleza del tema examinado y del alcance de la investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Análisis Documentales

El análisis documental varía considerablemente de otros enfoques, ya que no pretende recopilar datos de fuentes primarias, sino que utiliza fuentes secundarias como libros, boletines, revistas, folletos y periódicos para obtener información sobre las variables de interés.

Los formularios estandarizados son el método más popular para documentar los datos.

Validez del instrumento

Esta técnica es de obtener información de manera directa proporcionada del mismo autor que forma parte del indicador planteado, es así que esta investigación de tesis está desarrollada con la ayuda del profesional PhD. Luis Bozzo el principal creador de los Disipadores Sísmicos SLB.

Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad de instrumento viene dada por la acción de medir la variable, esta al ser sometida a la misma acción debe tener el mismo valor estos están libres de errores, en el proyecto de investigación se realizaron pruebas de campo. Los equipos están normados y calibrados, en cuanto al análisis estructural, los diferentes parámetros estructurales están normados en el NTP E.020, E.030 y E0.50.

3.5. Procedimientos

a) Para la obtención de datos se seguirá el siguiente procedimiento:

- Para poder desarrollar el proyecto de investigación se tuvo que realizar el estudio de mecánica de suelos, el proyecto investigación por la envergadura del bloque solo amerito el estudio de 01 calicata con una profundidad de 4.00 m. con ello se obtuvo los parámetros del suelo (tipo de suelo, capacidad portante y clasificación).

Figura 16. Se puede apreciar el proceso de toma del muestro y los ensayos de campo que se realizó insitu de la calicata C-01.



Ensayos realizados

En siguiente tabla se describe brevemente los principales ensayos que se realizó a la muestra.

Tabla 1. Descripción Estudio de mecánica de suelos

Descripción del estudio de suelos
1.00. Ensayos de campo
1.01. DPL (de 3 a 5m para fines de exploración)
1.02. Registro de perfil
1.03. Extracción de muestras
2.00. Ensayos de laboratorio
2.01. Clasificación de suelos SUCS (incluye ensayos)
2.02. Contenido de Humedad natural
2.04. Límites de Consistencia
2.05. Granulometría
3.00. Trabajos de ingeniería
3.01. Memoria descriptiva
3.02. Capacidad admisible por consolidación

- Codificación de la información.
- La información obtenida se ordenará y sistematizará adecuadamente conforme a criterios y parámetros elegidos por el estudio.
- Para su presentación se hará a través de cuadros comparativos y figuras que permitirá hacer más objetivo el análisis del objeto de estudio.

b) Para el análisis de datos obtenidos se seguirá el siguiente procedimiento:

- Selección de la información
- Codificación de la información.
- La información obtenida se ordenará y sistematizará adecuadamente conforme a criterios y parámetros elegidos por el estudio.
- Para su presentación se hará a través de cuadros comparativos y figuras que permitirá hacer más objetivo el análisis del objeto de estudio.

c) Para el procesamiento de los datos se usó los siguientes procedimientos comparativos:

- Cálculo de las derivas de ambos sistemas.
- Cálculo de los desplazamientos de los entrepisos.

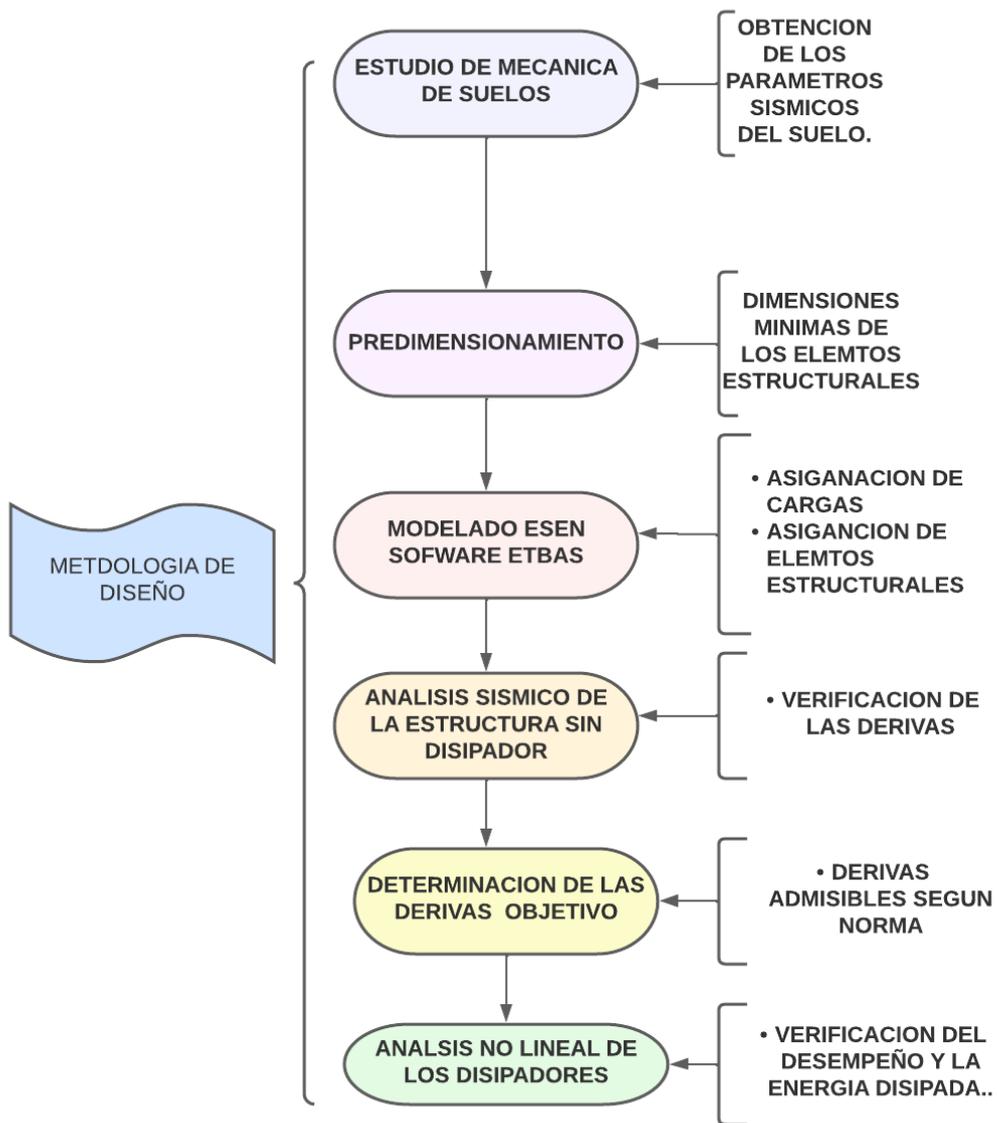
- Cálculo de la fuerza cortante en cada nivel.
- Cálculo de los dispositivos de disipación en las direcciones más críticas.

d) Contrastación y validación de las Hipótesis.

e) Flujograma de la metodología del trabajo de grado.

3.6. Método de análisis de datos

Figura 17. Metodología a seguir para el diseño de la estructura (propio).



3.7. Aspectos éticos

Como autor, me comprometo a garantizar que todos los procesos y los datos se han llevado a cabo de forma ética y con las normas más estrictas posibles para ofrecer unos resultados lo más fiables posible. La fiabilidad de los datos recogidos durante el proceso de estudio se realizó de acuerdo a la norma técnica peruana.

Se evalúa la exactitud de los datos recogidos y la conformidad con la metodología del estudio, realizada de acuerdo con la normativa peruana.

Además, se respetaron los autores reales de los textos citados, se les asignó con el formato de las referencias bibliográficas y las citas, las cuales tan normalizadas en el ISO 690. Los datos fueron procesados por software TURNITIN el cual utilizó para examinar la validez del estudio y analizar los resultados, con ello se garantizará la honestidad y originalidad de la investigación.

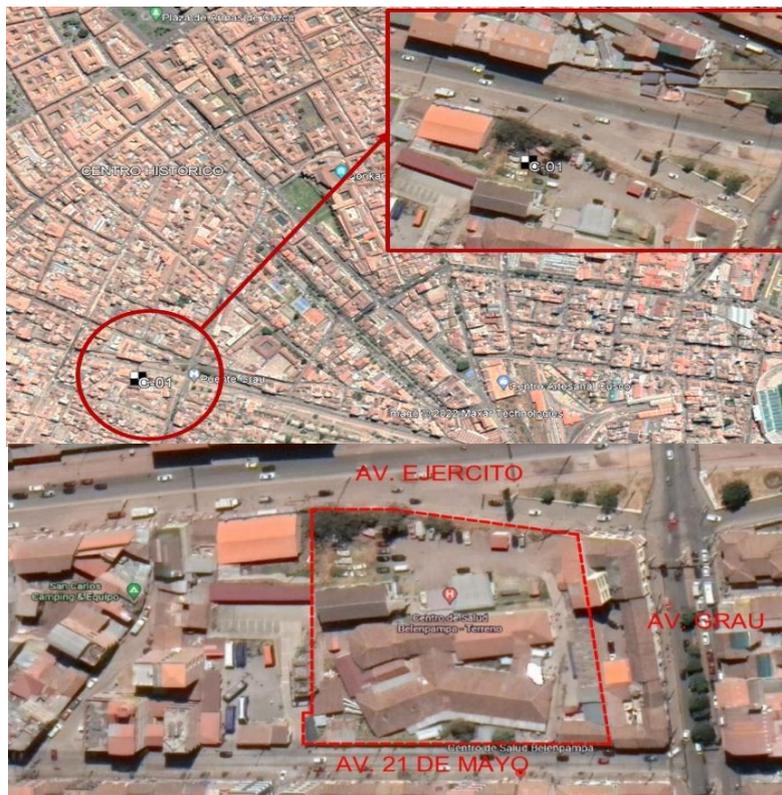
IV. RESULTADOS

4.1. Estudio de Suelos

El lugar del proyecto se encuentra ubicado dentro de la urb. Belepampa, Inmueble N°128 AV. 21 de mayo, Cercado del distrito de Santiago provincia y Departamento del Cusco. El objetivo principal de estudio de suelos que nos exige las normas E.050 Suelos y Cimentaciones, es tener una edificación con características de esencial que deberá contar con una buena estructuración, para ello es necesario estudiar los valores mínimos del suelo, los cuales obtendremos partir de los registros y ensayos, indicar la capacidad admisible del suelo en zona de estudio.

La zona de estudio se encuentra a $13^{\circ}31'29.2''$ latitud sur y $71^{\circ}58'44.1''$ longitud oeste en coordenadas geográficas y a 177524.7 este, 8502871.2 norte, huso 19 y hemisferio sur en coordenadas UTM - sistema WGS84 a una altitud de 3388 m.

Figura 18. Ubicación referencial de la zona de estudio
Fuente: Google Earth



4.1.1. Nivel estratigráfico del suelo

El área de estudio se encuentra, según la información del INGEMMET, en la formación San Sebastián sobre depósitos aluviales y cuyas descripciones, en relación a la zona de estudio, se dan a continuación:

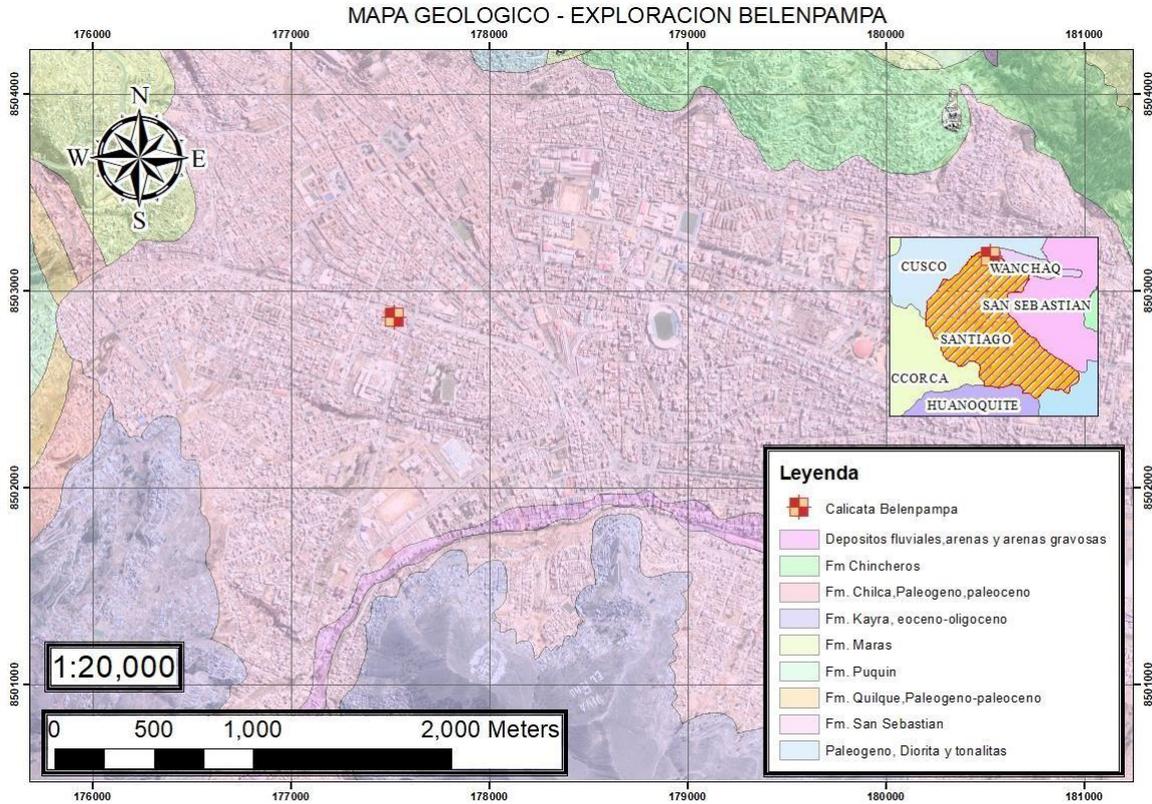


Figura 17. Ubicación de la zona de estudio en las Unidades Geológicas de Cusco Fuente: INGEMMET

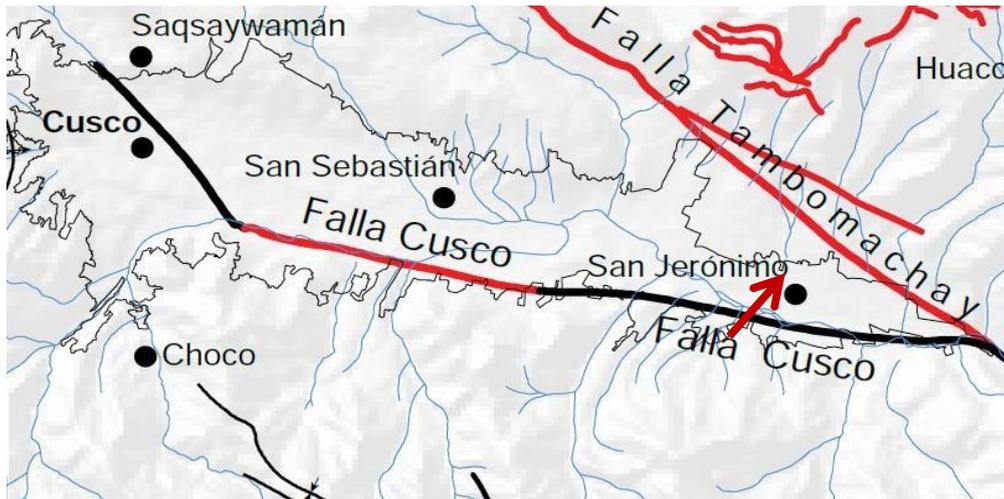
Formación San Sebastián

La unidad se compone de arcilla, arena fina, ceniza y turba, que en algunos lugares se superpone a conglomerados de más de 50 metros de espesor. Se relaciona con un pequeño lago en una pequeña depresión que quizás fue bloqueada por morrenas glaciares. Aquí se encuentra un importante depósito de fósiles de vertebrados.

4.1.2. Geología Estructural

El área de estudio se encuentra, según la información del INGEMMET, cerca de la Falla Cusco, cuya descripción, en la relación a la zona de estudio, se da a continuación:

Figura 19. Ubicación de la zona de estudio en el mapa geotectónico de Cusco Fuente: INGEMMET



Falla Cusco

en la imagen se muestra una alineación de no-se, la cual coincide con la depresión de río Huatanay la cual va desde cusco hasta Saylla - Oropesa, esta falla está compuesta por sedimentos cuaternarios, esta falla se encuentra entre la cordillera oriental y parte del altiplano, esta falla no se activa desde el sismo de 21 de mayo de 1950 las cuales trajeron consigo desplazamientos que afecto la formación de San Sebastián.

4.1.3. Nivel estratigráfico del suelo

El área de estudio se encuentra, según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la zona dos, por tanto, el factor de zona "Z" que corresponde a la zona de estudio es de 0.25g.

Figura 20. Ubicación de la zona de estudio en las zonas sísmica del Perú
 Fuente: RNE E.030 Diseño Sismorresistente

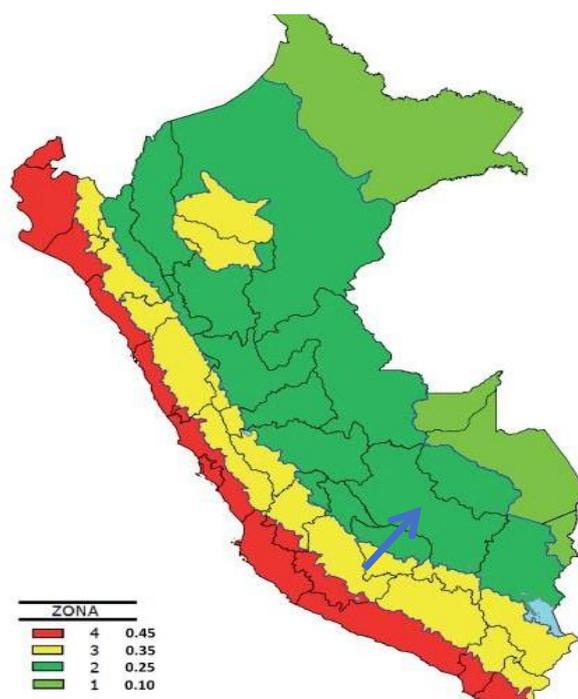


Tabla 2. Factores sísmicos del suelo según RNE E.030

Suelo	S ₀	S ₁	S ₁	S ₃
Zona 4	0.80	1.00	1.05	1.10
Zona 3	0.80	1.00	1.15	1.20
Zona 2	0.80	1.00	1.20	1.40
Zona 1	0.80	1.00	1.60	2.00
T _P	0.30	0.40	0.60	1.00
T _L	3.00	2.50	2.00	1.60

* El tipo de perfil del suelo se determina según las propiedades del suelo en los 30 m superiores por debajo de la profundidad de cimentación.

Según la geología, los registros de campo y los ensayos de campo o laboratorio, el tipo de perfil de suelo predominante probable en los 30 m superiores por debajo de la profundidad de cimentación es “S2”.

No se tiene ensayos de penetración o compresión no confinada, debido a la existencia de un estrato de suelo gravoso en el suelo del área de estudio.

Los parámetros de sitio, en función de la zona sísmica y el tipo de perfil del suelo, son:

- El factor de suelo: $S = 1.20$
- El periodo mínimo: $TP = 0.6 \text{ s}$
- El periodo máximo: $TL = 2.0 \text{ s}$

4.1.4. Registros y Ensayos de Campo

Se realizó en la zona de estudio: muestreo y DPL, cuyos datos, cálculos y resultados se encuentran en los anexos.

Las ubicaciones de los puntos de estudio se encuentran en la Memoria Descriptiva.

La profundidad, el nivel freático, los ensayos realizados y los estratos de la zona de estudio están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 3. Resumen de registros de campo

Punto de Estudio	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Ensayo	Estratos
C-01	4	3.5	DPL	R-GC

* Clasificación SUCS.

** N.P.: No presenta, C: Cimentación, R: Relleno, O: Suelo orgánico y P: Piedras.

Los perfiles estratigráficos de los puntos de la zona de estudio y mayores detalles se encuentran en los anexos.

4.1.5. Ensayos de laboratorio

Se realizaron los siguientes ensayos: **contenido de humedad natural, límites de consistencia, granulometría, clasificación SUCS** cuyos datos, cálculos y resultados se encuentran en los anexos.

Los resultados de los ensayos de laboratorio están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Resumen de ensayos básicos de laboratorio

Punto de Estudio	Muestra	CH (%)	Granulometría			Límites (%)			SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.P	L.L	L.P.	
C-01	E-01	17.1	40.1	24.4	35.5	14	27	13	GC

* C.H.: Contenido de Humedad, L.P.: Límite plástico, L.L.: Límite Líquido, I.P.: Índice plástico y SUCS: Sistema unificado de clasificación de suelos

4.1.6. Capacidad Admisible

A partir de la superficie de la calicata hasta 3.00 m de profundidad se encontró material de relleno arcilloso con presencia de vidrio, carbón, plásticos, raíces, por lo que este material deberá ser retirado en su totalidad, y reemplazado en un espesor de 1.80 m con material de relleno controlado. A partir de esta nueva superficie, el empotramiento de la cimentación será $D_f = 1.80$ m, ubicándose este sobre el estrato de Grava arcillosa con arena GC.

La capacidad admisible para una cimentación superficial cargada céntricamente apoyado a 1.50m por debajo de un sótano, esta cimentación estará sobre el estrato de **Arena mal gradada con grava (SP)**, y por debajo el estrato de **Grava arcillosa con arena GC**, considerando **cimentación superficial flexible** y con una restricción de **asentamiento de 3.07 cm** (distorsión angular $L/150$ para luces de 4.6 m).

A continuación, se muestra la propuesta de esquema geotécnico:

Figura 21. Esquema geotécnico.

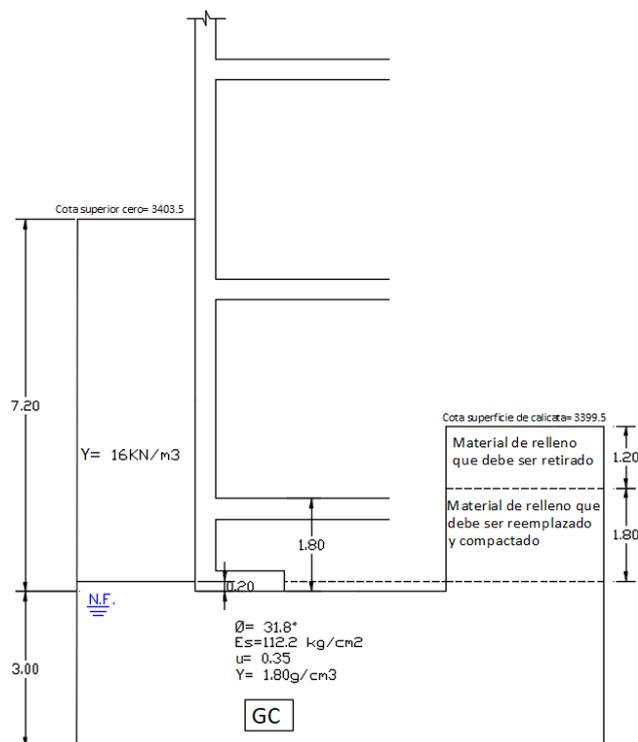


Tabla 5. Capacidad admisible en terreno natural, para empotramiento a 1.50m

B =	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	m
L =	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.8	2.5	3.0	3.2	3.3	2.4	3.3	4.0	4.2	4.4	m
qadm =	3.45	2.51	2.07	1.97	1.88	2.87	2.09	1.72	1.64	1.56	2.53	1.84	1.52	1.45	1.38	Kg/cm ²
Si (cm) =	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	cm

* B: Ancho de la cimentación, L: Largo de la cimentación, qadm: Capacidad admisible de carga, Si: Asentamiento inicial.

Los suelos explorados, no son licuables, colapsables o expansivos.

Se recomienda colocar un sistema de sostenimiento de acuerdo a la norma en caso de estructuras contiguas, según lo citado en la norma E.050 del RNE.

El profesional y la empresa encargada del presente estudio podrán absolver cualquier duda o consulta del presente informe.

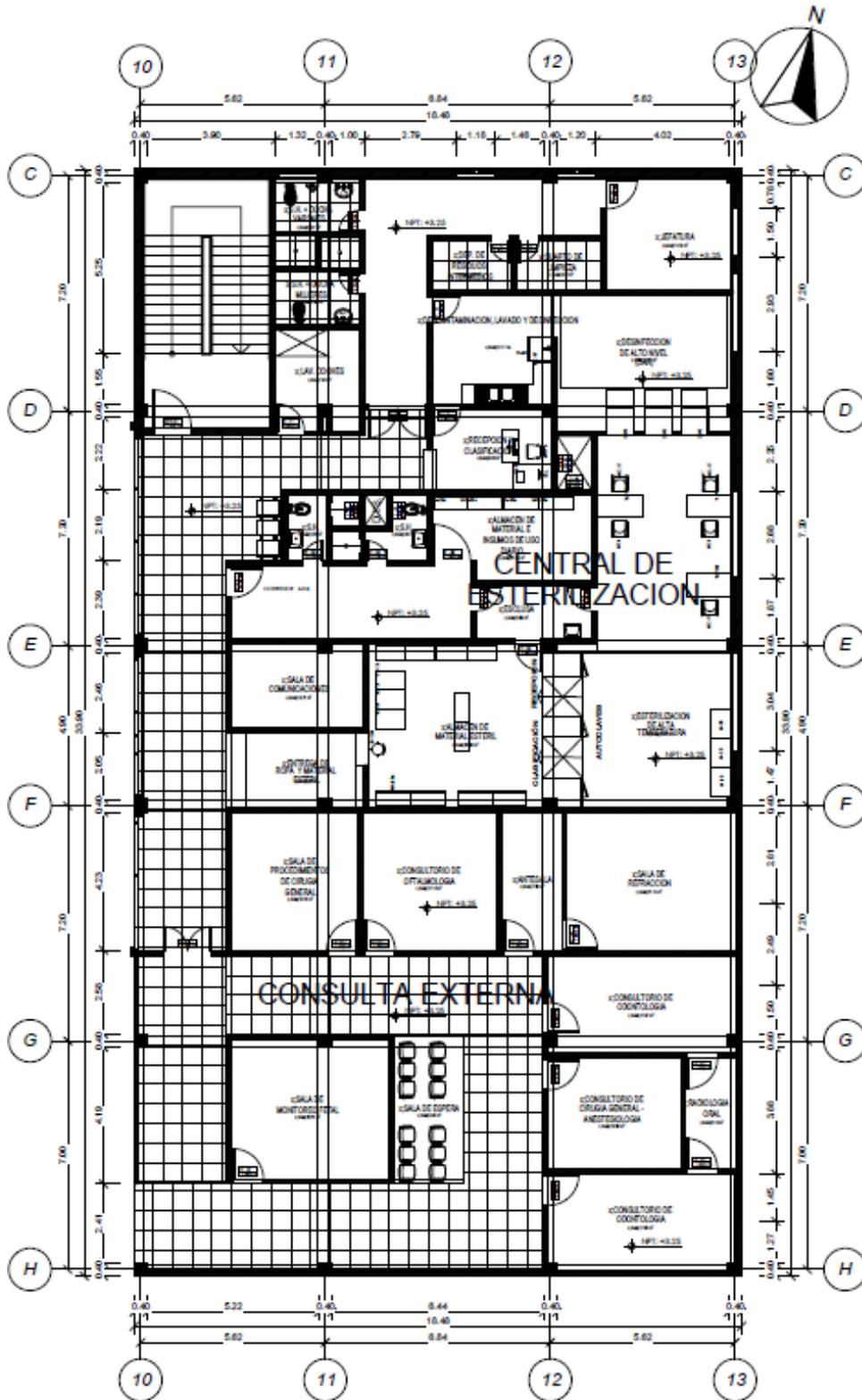
4.2. Descripción del caso de estudio

Se tiene un anteproyecto del centro de salud Belepampa, en el distrito de Santiago, provincia Cusco, departamento de Cusco. Clasificado en el tercer nivel de atención según el ministerio de Salud. En ella se muestra una vista arquitectónica del complejo hospitalario. Para este proyecto se tomó el bloque que esta comprendido entre los ejes 10-13 eje C-H, el cual cuenta con 4 niveles, el sótano que se encuentra a una profundidad de -5.0 m, para nuestro análisis estructural se considerará los 3 niveles por encima del nivel +0.00m.

Figura 22. Vista en planta del complejo del centro de salud y bloque a intervenir.

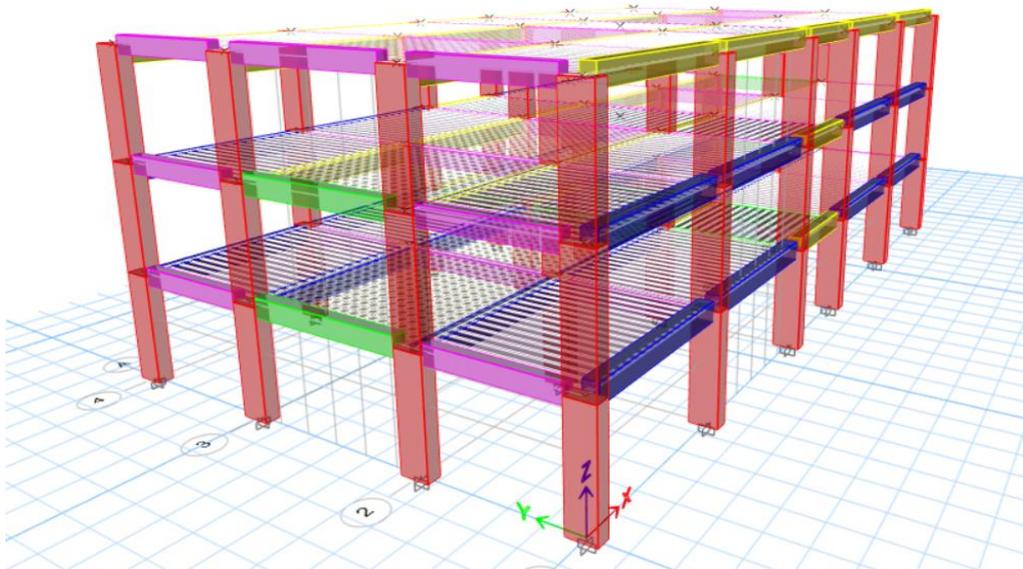
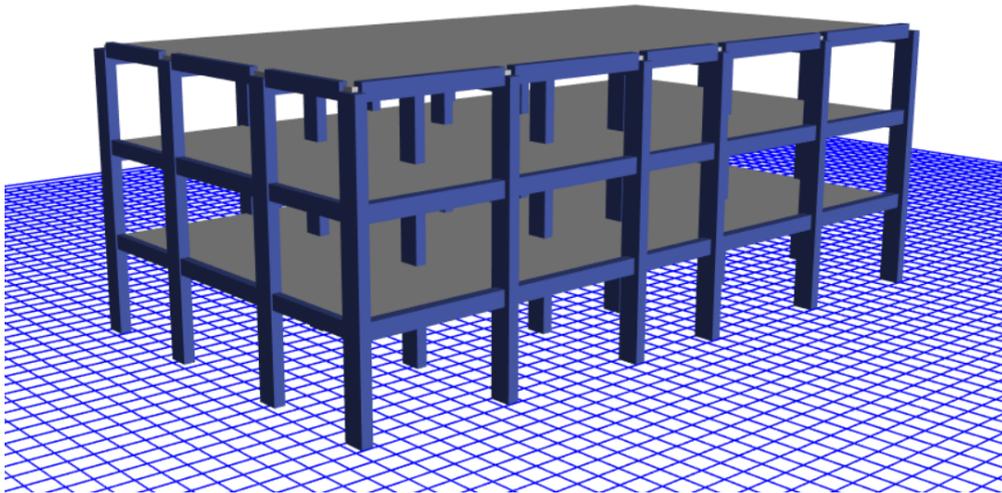


Figura 23. Vista de planta de la estructura que se le asignara el reforzamiento estructural



En la figura 23 Se pueden observar la estructuración en la dirección X-Y las cuales fueron concebidas como una estructura aporticada para las dos direcciones, esto como primer análisis, esta estructura será sometida a un análisis estático y dinámico según norma. La estructura es de concreto armado de las vigas y columnas.

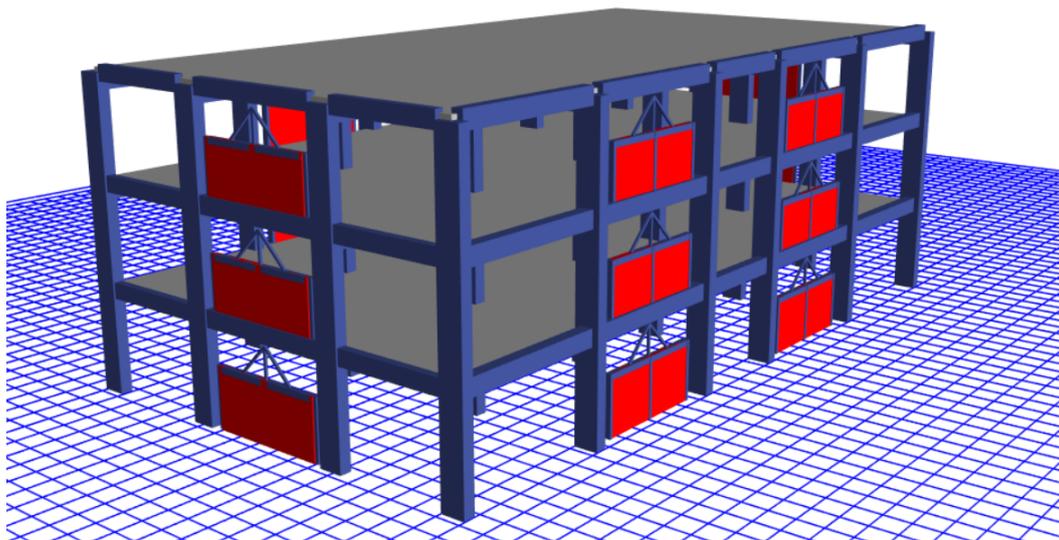
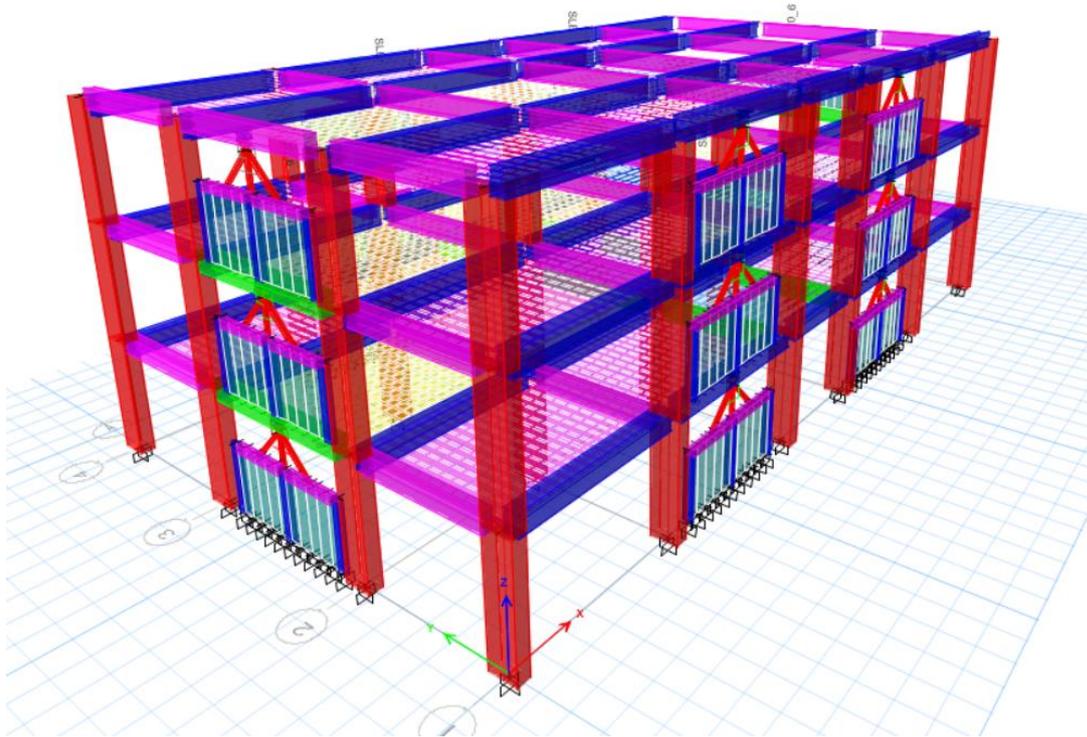
Figura 24. Estructuras a porticada sin disipadores.



En la figura 24 Se pueden observar la estructuración en la dirección X-Y las cuales fueron concebidas inicialmente como una estructura aporticada para las dos direcciones, se propuso el reforzamiento en las dos direcciones como se muestra

en figura 25, los cuales tendrán que ser verificados los desempeños de los disipadores SLB.

Figura 25. Estructura reforzada con disipadores SLB sobre muros desacoplados



4.2.1. Propiedades de los materiales son las siguientes:

En la tabla 5. Se puede apreciar las propiedades asignadas a los elementos estructurales, los cuales serán definidos en el programa Etbas.v20.

Tabla 6. Propiedades de los materiales para el análisis.

CONCRETO REFORZADO		
<i>Nombre del Material</i>	:	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Peso Específico</i>	:	$\gamma_m = 2400 \text{ Kg/m}^3$
<i>Resistencia a compresión</i>	:	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Módulo de Elasticidad</i>	:	$E'c = 252902.4516 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Módulo de Corte</i>	:	$Gc = 105376.0215 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Módulo de Poisson</i>	:	0.2

ACERO (corrugado grado 60)		
<i>Nombre del Material</i>	:	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Esfuerzo de fluencia</i>	:	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Módulo de elasticidad</i>	:	$E's = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Deformación unitaria maxima</i>	:	$E's = 0,0021$

ALBAÑILERIA		
<i>Nombre del Material</i>	:	$f'm = 65 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Peso Específico</i>	:	$\gamma_m = 2400 \text{ Kg/m}^3$
<i>Resistencia a compresión axial de las unidades</i>	:	$f'b = 145 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Resistencia a compresión</i>	:	$f'm = 65 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Módulo de Elasticidad</i>	:	$E'm = 500 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Módulo de Corte</i>	:	$Gc = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$

4.2.2. Cargas Estructurales

En las tablas 6 y tabla 7 se realizó un metrado considerando la Norma de Cargas E.020 la cual establece las cargas vivas y cargas muertas que deberán ser repartidas en la estructura, la cual dependerá de la importancia de la edificación y la densidad de transpirabilidad.

Carga Muerta

Tabla 7. Carga muerta y metrado de cargas por nivel según la Norma E.020

CARGA MUERTA		
<i>Peso de tabiquería fija</i>	270	Kg/m2
<i>Piso terminado</i>	100	Kg/m2
<i>Aligerado ladrillo (01 direcciones)</i>	175	Kg/m2
<i>Aligerado ladrillo (02 direcciones)</i>	97.5	Kg/m2
<i>1er - 2do piso</i>	545 – 467.5	Kg/m2
<i>3ro piso</i>	275	Kg/m2

Nota: Tomado de Reglamento nacional de edificaciones. Norma E. 020 Carga

Carga Viva

Tabla 8. Carga viva y metrado de cargas por nivel según la Norma E.020

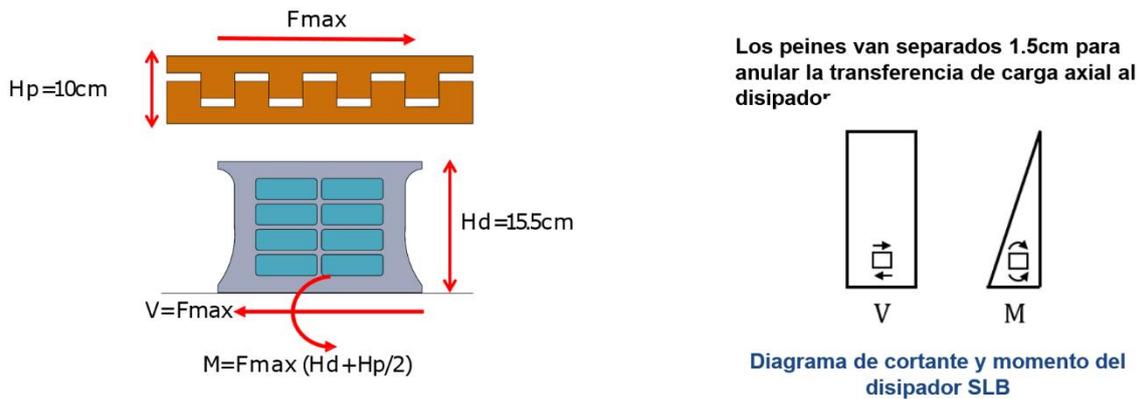
CARGA VIVA		
<i>Sala de operaciones, laboratorios y zonas de servicio</i>	300	Kg/m2
<i>Corredores y escaleras</i>	400	Kg/m2
<i>Azotea</i>	100	Kg/m2
<i>1er - 2do piso</i>	400	Kg/m2
<i>3ro piso</i>	100	Kg/m2

Nota: Tomado de Reglamento nacional de edificaciones. Norma E. 020 Carga

4.3. Disipadores Shear Link

Son dispositivos metálicos de acero grado A50 -A36, las principales fuerzas que actúan sobre este dispositivo de detalla en la figura 25, siendo la principal fuerza cortante la cual deformara al dispositivo generando energía.

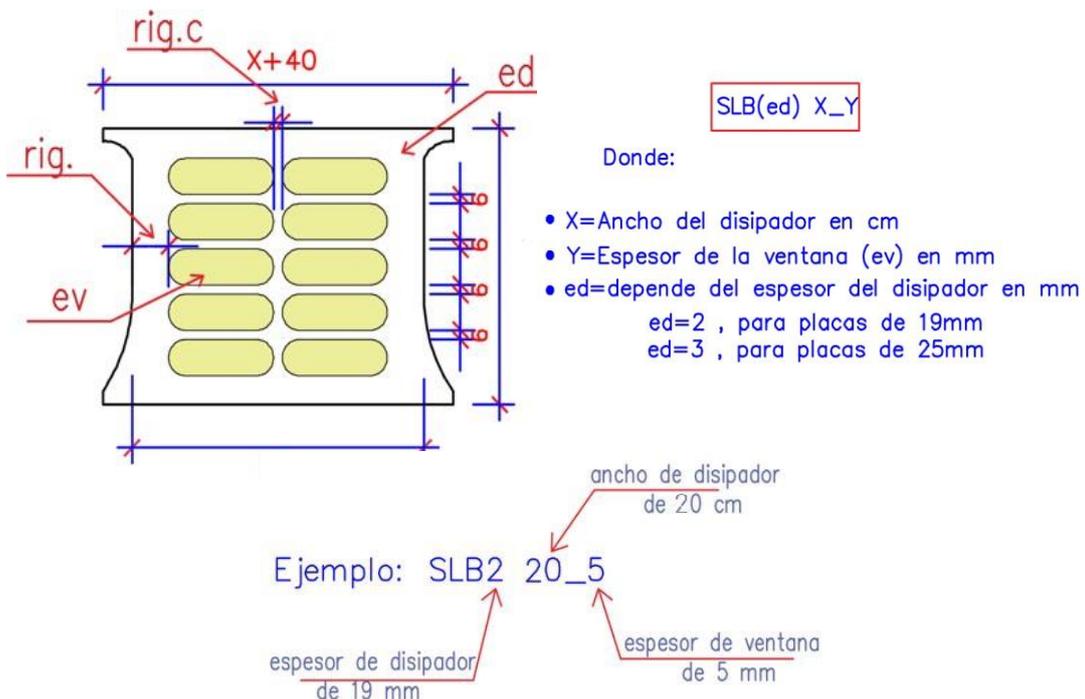
Figura 26. Fuerzas actuantes internas sobre disipadores SLB (postensa 2022)



En la figura 26, se puede apreciar las dimensiones de un disipador de tercera generación las cuales se diferencian por las propiedades físicas del acero que en este caso vendría hacer A36 de este tipo de disipadores se generó 56 tipos dispositivos que variarían en cuanto al número de ventanas biseladas, espesor mas no en altura la cual es 15.5cm para la tercera generación.

Estas se deberán escoger realizando una iteración la fuerza cortante que actúa sobre el dispositivo.

Figura 27. Nomenclatura de SLB de tercera generación y propiedades.



Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO										
Dispositivo	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	K ₁ (KN/cm)	K ₂ (KN/cm)	D _y (mm)	F _y (KN)	F _{máx} (KN)	E _D (KN.cm)
SLB2 6_2	19	13	-	2	363.33	9.75	0.980	35.60	69.01	87.08
SLB2 6_3	19	13	-	3	397.80	10.75	1.031	41.00	79.21	99.25
SLB2 6_4	19	13	-	4	421.73	11.65	1.065	44.90	88.58	108.31
SLB2 6_5	19	13	-	5	439.60	12.78	1.078	47.40	96.67	115.18
SLB2 8_2	19	15	-	2	592.87	13.86	0.811	48.10	92.76	119.78
SLB2 8_3	19	15	-	3	676.27	15.38	0.858	58.00	107.57	141.77
SLB2 8_4	19	15	-	4	737.00	16.28	0.900	66.30	120.87	159.39
SLB2 8_5	19	15	-	5	784.27	17.43	0.927	72.70	133.29	173.71
SLB2 10_2	19	20	-	2	893.40	19.15	0.761	68.00	128.71	168.89
SLB2 10_3	19	20	-	3	1039.13	21.57	0.780	81.10	148.63	198.84
SLB2 10_4	19	20	-	4	1149.53	22.96	0.809	93.00	166.26	224.54
SLB2 10_5	19	20	-	5	1237.80	14.93	0.906	112.20	182.26	246.55
SLB2 15_2	19	20	-	2	1571.47	31.17	0.648	101.80	199.61	258.66
SLB2 15_3	19	20	-	3	1961.47	37.36	0.643	126.10	240.45	318.16
SLB2 15_4	19	20	-	4	2290.27	42.03	0.654	149.70	276.57	373.16
SLB2 15_5	19	20	-	5	2575.60	45.69	0.670	172.50	310.13	424.52
SLB2 20_2	19	25	5	2	2073.33	37.83	0.601	124.60	243.14	316.64
SLB2 20_3	19	25	5	3	2630.13	46.27	0.597	156.90	298.30	396.26
SLB2 20_4	19	25	5	4	3105.53	53.03	0.606	188.30	348.53	470.63
SLB2 20_5	19	25	5	5	3520.20	58.63	0.620	218.40	395.71	540.18
SLB3 25_2	25	30	5	2	3214.07	58.98	0.606	194.80	383.50	494.69
SLB3 25_3	25	30	5	3	4046.67	70.69	0.589	238.20	457.15	602.54
SLB3 25_4	25	30	5	4	4783.20	81.04	0.585	279.60	526.49	703.70
SLB3 25_5	25	30	5	5	5447.47	90.85	0.586	319.00	592.39	799.88
SLB3 25_6	25	30	5	6	6064.13	99.65	0.589	357.10	655.63	891.48
SLB3 25_7	25	30	5	7	6644.13	107.41	0.594	394.50	716.83	979.51
SLB3 25_8	25	30	5	8	7191.47	114.57	0.599	430.70	776.40	1064.12
SLB3 25_9	25	30	5	9	7711.07	120.73	0.605	466.40	834.90	1145.71
SLB3 30_2	25	30	5	2	3666.73	64.22	0.578	212.10	415.33	539.19
SLB3 30_3	25	30	5	3	4717.00	78.76	0.563	265.70	507.23	672.79
SLB3 30_4	25	30	5	4	5661.33	92.21	0.560	316.90	594.62	799.16
SLB3 30_5	25	30	5	5	6525.67	104.99	0.561	366.10	678.62	920.34
SLB3 30_6	25	30	5	6	7336.60	116.45	0.565	414.20	759.77	1036.63
SLB3 30_7	25	30	5	7	8106.07	126.92	0.569	461.30	838.79	1149.06
SLB3 30_8	25	30	5	8	8840.00	135.98	0.575	508.00	915.50	1257.99
SLB3 30_9	25	30	5	9	9542.20	145.74	0.579	552.50	992.12	1363.85
SLB3 40_2	25	30	5	2	4571.07	76.44	0.543	248.30	482.60	634.54
SLB3 40_3	25	30	5	3	6043.67	97.23	0.531	321.00	609.64	817.79
SLB3 40_4	25	30	5	4	7393.67	116.17	0.530	391.60	732.20	993.03
SLB3 40_5	25	30	5	5	8650.00	133.79	0.533	460.80	851.48	1162.82
SLB3 40_6	25	30	5	6	9843.00	149.92	0.537	528.70	967.95	1327.13
SLB3 40_7	25	30	5	7	10988.00	165.19	0.542	595.40	1082.30	1487.36
SLB3 40_8	25	30	5	8	12091.27	179.81	0.547	660.90	1195.00	1643.93
SLB3 40_9	25	30	5	9	13156.07	194.00	0.551	725.10	1306.30	1797.11
SLB3 50_2	25	30	5	2	5479.60	88.67	0.520	284.90	551.27	730.67
SLB3 50_3	25	30	5	3	7367.13	114.64	0.512	377.50	713.65	963.00
SLB3 50_4	25	30	5	4	9116.00	138.30	0.513	468.10	871.40	1186.77
SLB3 50_5	25	30	5	5	10759.13	160.81	0.518	557.00	1025.70	1404.77
SLB3 50_6	25	30	5	6	12328.87	181.80	0.523	644.40	1177.30	1616.83
SLB3 50_7	25	30	5	7	13844.20	202.03	0.528	730.30	1326.80	1824.36
SLB3 50_8	25	30	5	8	15312.67	221.80	0.532	814.70	1474.50	2028.05
SLB3 50_9	25	30	5	9	16737.00	241.37	0.536	897.70	1621.20	2228.51

Estos dispositivos plastifican primero por flexión antes que por cortante.

Donde:

K1: Rigidez inicial

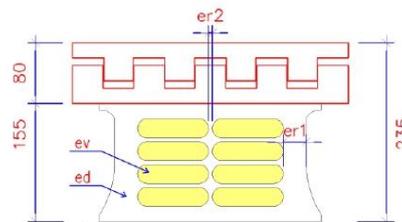
F_y=Fuerza de plastificación

K2: Rigidez post-plastificación

F_{máx}: Fuerza máxima

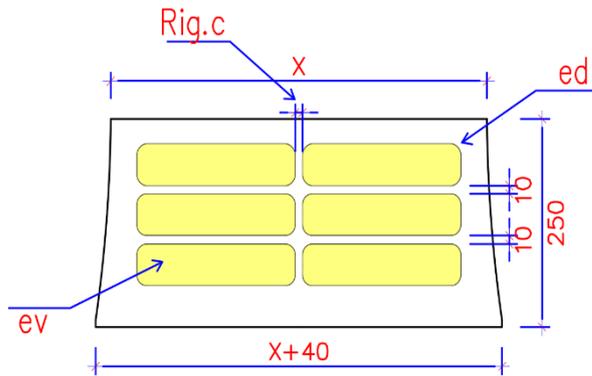
D_y: Desplazamiento de plastificación

E_D: Energía disipada.



En la figura 27, se puede apreciar la nomenclatura de los dispositivos SLB de cuarta generación la cual varía en altura $h=25\text{cm}$, estas están diseñadas con acero A50.

Figura 28. Nomenclatura SLB cuarta generación y propiedades.



SLB4-X_Y

Donde:

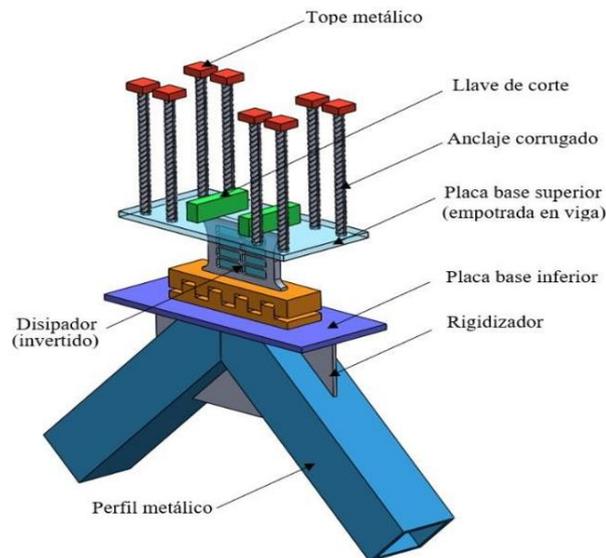
- X=Ancho del disipador en cm
- Y=Espesor de la ventana (ev) en mm
- ed=Depende del ancho del disipador en mm
 $ed=25$, para $X < 50\text{mm}$
 $ed=32$, para $X = 65\text{mm}$

Ejemplo: SLB4-50_10
 Cuarta generación de SLBs
 ancho de disipador de 50cm
 espesor de ventana de 10mm

Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO de 4a generación										
Dispositivo	Ancho rigidizador	Espesor y num topes	Kp (kN/cm)	Kp/K1	Kr (kNcm/cm)	K ₁ (KN/cm)	K ₂ (KN/cm)	D _y (mm)	F _y (KN)	F _{MAX} (KN)
SLB4_10_5	50	10,2	96	0.047	480	2026.65	21.62	0.749	151.79	250.00
SLB4_10_6	50	16,2	142	0.066	710	2163.53	22.90	0.742	160.54	265.78
SLB4_15_5	50	16,2	142	0.057	1420	2472.60	24.85	0.720	177.92	293.72
SLB4_15_6	50	16,2	143	0.052	1430	2761.73	26.96	0.706	195.09	320.62
SLB4_15_7	50	16,2	143	0.047	1430	3021.88	28.76	0.697	210.76	345.09
SLB4_20_6	50	16,2	158	0.047	2370	3361.00	33.09	0.687	230.93	381.61
SLB4_20_7	50	16,2	158	0.043	2370	3700.15	35.28	0.673	248.98	410.70
SLB4_25_6	65	16,2	305	0.072	4575	4260.80	42.53	0.654	278.74	468.96
SLB4_25_7	65	16,2	306	0.064	4590	4767.68	46.51	0.638	304.31	512.31
SLB4_25_8	65	16,2	307	0.059	4605	5238.65	50.43	0.626	327.73	552.76
SLB4_30_7	65	16,2	306	0.053	6120	5785.96	57.25	0.619	358.28	611.14
SLB4_30_8	65	16,2	308	0.048	6160	6419.52	62.36	0.608	390.28	665.17
SLB4_30_9	65	19,2	360	0.051	7200	6994.22	66.79	0.601	420.37	716.61
SLB4_30_10	65	19,2	362	0.048	7240	7535.22	70.90	0.596	449.29	764.52
SLB4_40_7	80	16,2	541	0.069	16230	7797.49	78.07	0.596	464.68	807.56
SLB4_40_8	80	16,2	543	0.062	16290	8718.88	86.41	0.588	512.48	890.20
SLB4_40_9	80	16,2	545	0.057	16350	9580.18	93.66	0.582	557.71	966.06
SLB4_40_10	80	16,2	548	0.052	16440	10439.63	101.20	0.576	601.31	1043.20
SLB4_40_11	80	19,2	645	0.057	19350	11253.53	109.93	0.571	643.06	1117.73
SLB4_40_12	80	19,2	650	0.054	19500	12033.64	115.64	0.570	685.73	1191.30
SLB4_50_9	80	19,3	941	0.077	37640	12289.99	120.57	0.578	709.95	1236.23
SLB4_50_10	80	25,3	1228	0.091	49120	13421.60	130.96	0.572	768.20	1340.09

En la Figura 28, se puede apreciar la instalación de dispositivo SLB en diagonales en V invertida o Chebrón la cual esta soldada a tubos metálicos rectangulares que se conectarán a los muros alfeizar, estos no transmitirán carga axial (vertical) de la estructura. Los dispositivos se conectan en el centro de la viga y la parte inferior en el marco reforzado el alfeizar.

Figura 29. Detalle de instalación de disipadores en muro desacoplado.

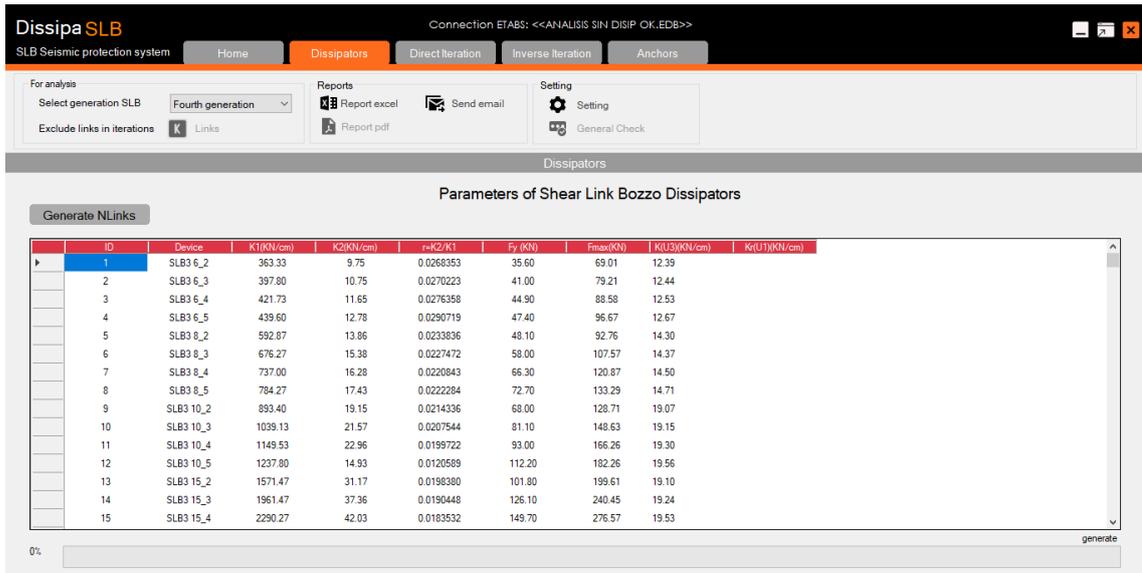


En la figura 29, se muestra una imagen del software de iteración directa e inversa la cual trabaja con software ETABS, esta carga de manera automática las propiedades de los disipadores al software, al realizar la elección de los disipadores se tiene que realizar una serie de iteraciones que serán elegidas con las envolventes de carga de mayor sollicitación en la dirección X y la dirección Y.

Una vez culminada la iteración se recomendará los disipadores que cumplan en un rango mínimo y máximo de fluencia del material y la fuerza cortante que se está aplicando sobre el dispositivo. Ya que las características están bien definidas en el software ya no es necesario realizar cálculos manuales de iteración lo cual hace más eficiente los cambios de dispositivos y el diseño.

Sin embargo, es necesario realizar la verificación del muro alfeizar en el cual está instalado todo el sistema de disipación por carga sísmica y las dimensiones mínimas de resistencia.

Figura 30. Software Dissipa de Iteracion de Disipadores SLB DEVICES (2022)



4.4. Análisis sin Disipadores

4.4.1. Análisis Estático

Se determino el peso o masa de la edificación teniendo en cuenta que nuestra edificación corresponde a una esencial “CATEGORIA A” considerando el 100% de la carga muerta, el 50% de la viva y el 25% de la carga viva de techo.

La tabla 8 muestra la masa participativa de la edificación en la cual se presentan los nueve modos de vibración.

Tabla 9. Pesos de la estructura sin disipadores

PESO	
Nivel	Tonf
Piso 3	503.1928
Piso 2	803.9265
Piso 1	812.1954
Peso Base	2119.3147

Fuerza cortante estática de la estructura.

Dirección X-Y:

$$T_X = 0.505 \text{ s} \quad T_Y = 0.412 \text{ s}$$

$$C_{XY} = 2.50$$

$$v_{XY} = \frac{0.25 * 2 * 2.5 * 1.20}{8} = 0.1875$$

$$V_{XY} = \frac{ZUCS}{R} * P = v_x * P$$

$$V_{XY} = v_x * P = 0.1875 * 2119.314$$

$$V_{XY} = 397.5 \text{ tonf}$$

$$V_{XY} = 397.5 \text{ tonf}$$

Cortante mínima

$$V_{est. \text{ min}} = 0.80V_{XY}$$

$$V_{est. \text{ min}} = 0.80 * 397.5 \text{ Tonf}$$

Verificación

$$V_{Dinamica} < 0.80V_{XY}$$

$$V_{Dinamica} = 3422 \text{ Tonf}$$

$$\rightarrow \frac{V_D}{V_E} < 0.80$$

$$\frac{3422}{397.5} = 1.023$$

$$\therefore \frac{V_D}{V_E} > 0.80 \dots \dots \dots \text{NO CUMPLE, SE AMPLIFICA AL 88\%}$$

Tabla 10. Los periodos y masas participativas de modelo desarrollado en ETABS.

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
	sec						
1	0.505	0.8727	0	0	0.8727	0	0
2	0.412	0	0.8105	0	0.8727	0.8105	0
3	0.387	0	0.0009	0	0.8727	0.8114	0
4	0.166	0.1036	0	0	0.9763	0.8114	0
5	0.118	0	0.146	0	0.9763	0.9573	0
6	0.114	0	0.0006	0	0.9763	0.9579	0
7	0.103	0.0237	0	0	1	0.9579	0
8	0.06	0	0.0185	0	1	0.9764	0
9	0.06	0	0.0236	0	1	1	0

4.4.2. Análisis Dinámico modal Espectral

El espectro inelástico de pseudoaceleraciones está definido por la ecuación.

$$S_a = \frac{zucs}{R} g$$

$$\frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$$

Región: Cusco	Z=0.25
Provincia: Cusco	U=2.00
Distrito: Santiago	S=1.20
Categoría: A1	Tp=0.60
Zona: Z2	TL=2.00
Suelo: S2	Ro=7.00
Sistema: Concreto Armado, Aporticado	$R = R_o I_p I_a$
Estructural:	R = 7.00
Verificación de Irregularidad: Irregular en Planta	→ $I_p = 1.00$
Irregular en Altura	→ $I_a = 1.00$

Figura 31. Espectro inelástico de diseño.

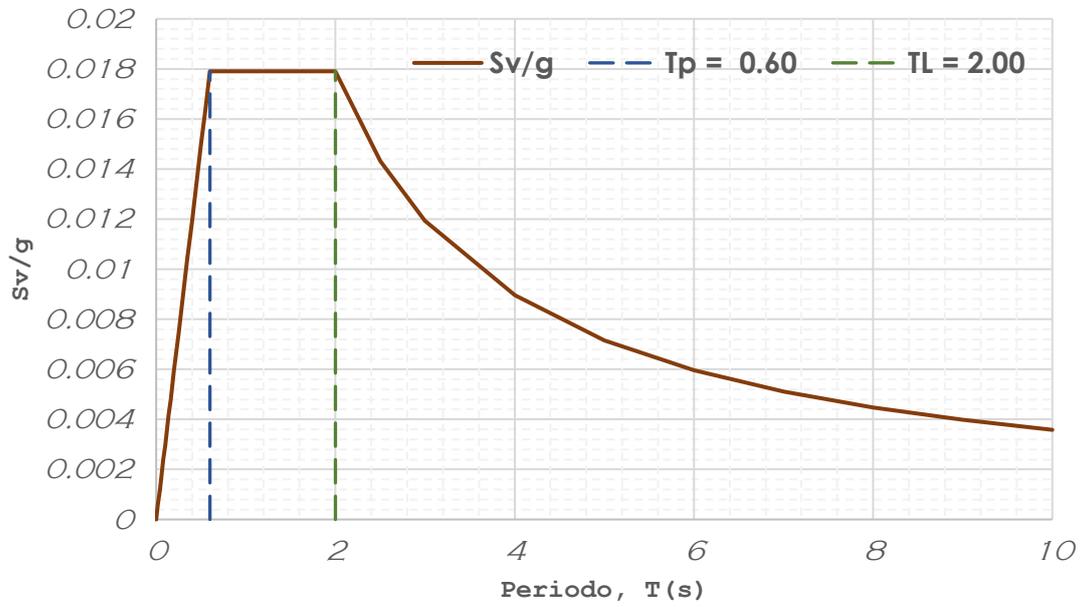


Figura 32. Espectro de velocidades.

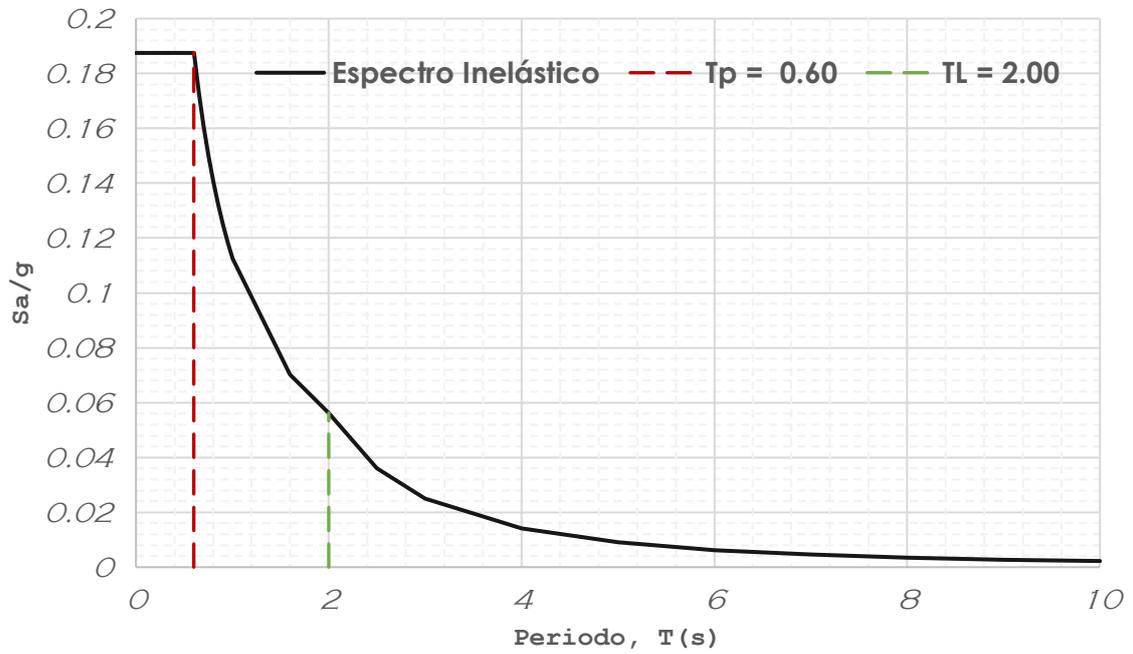
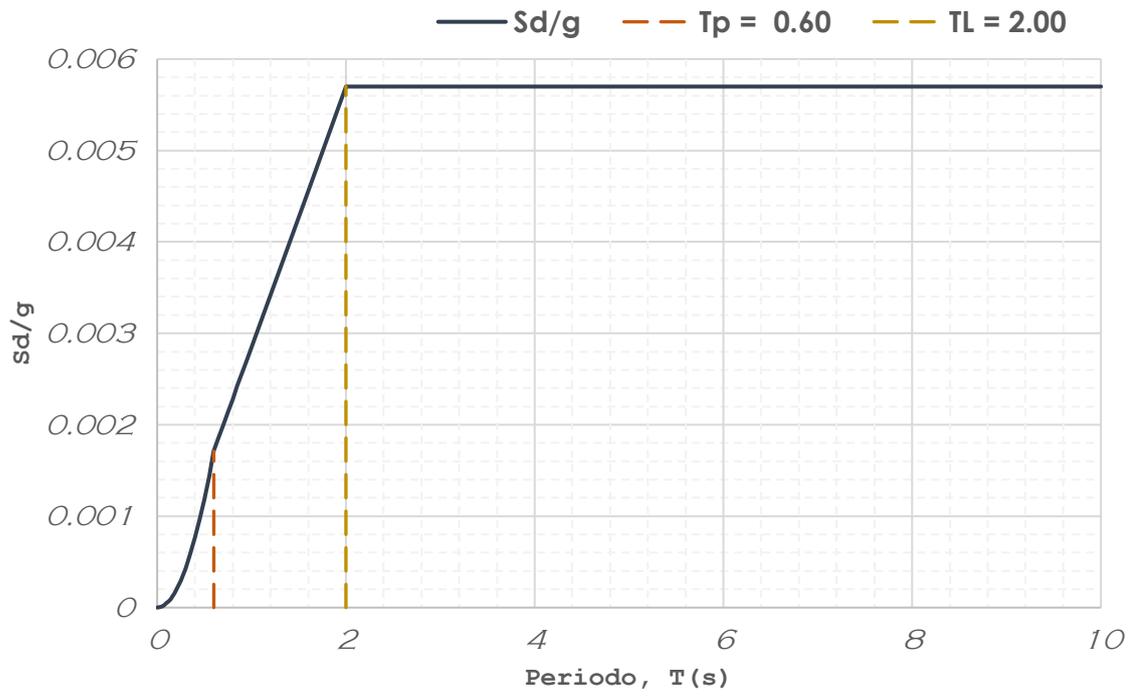


Figura 33. Espectro desplazamientos.,



Se creó un estado de carga dinámico en ETABS, y se obtuvieron los siguientes resultados:

La figura 34 y figura 35 muestran los desplazamientos inelásticos máximos y derivas inelásticas máximas de entrepiso.

DERIVAS DE ENTRE PISO Y DESPLAZAMIENTO

Tabla 11. Desplazamientos y derivas en dirección X obtenidos en ETABS

DIRECCION X			
NIVELES	ALTURA	$DX(m)$	ΔX
PISO 3	12.75	0.092533	0.004963
PISO 2	8.5	0.071888	0.00898
PISO 1	4.25	0.033887	0.007973
Base	0	0	0

Figura 34. Grafica de respuestas estructurales en dirección X

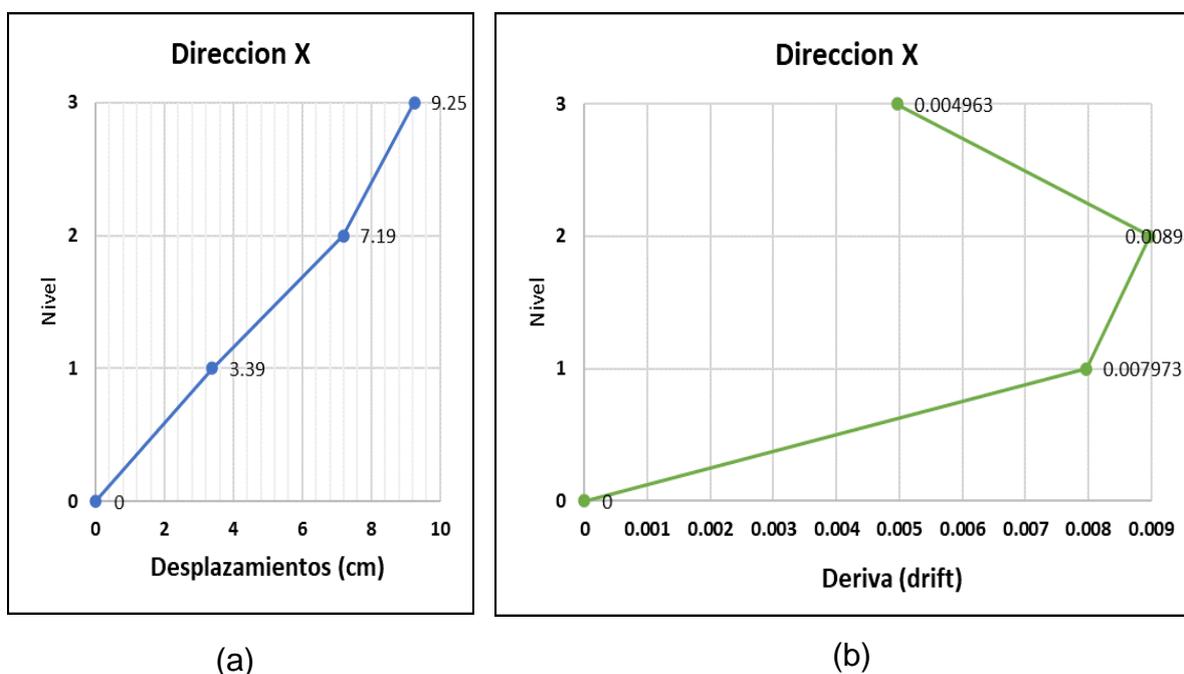
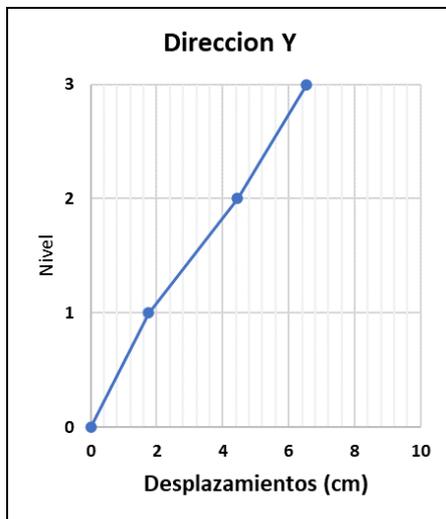


Tabla 12. Desplazamientos máximos y derivas en dirección Y obtenidos en ETABS. (Elaboración propia)

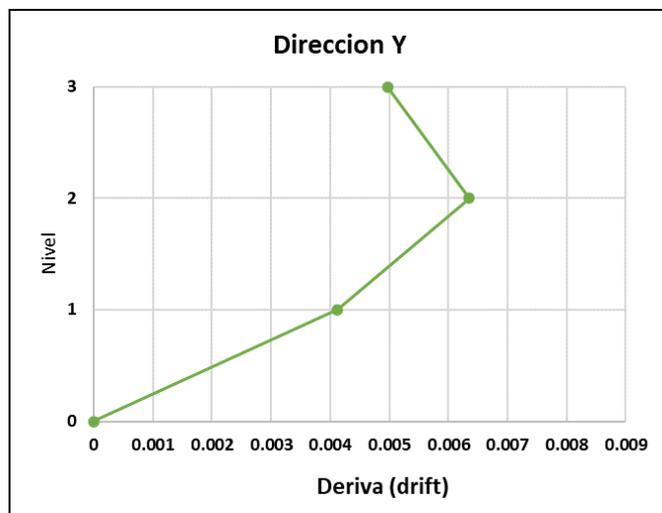
DIRECCION Y			
NIVELES	ALTURA	$DX(m)$	ΔY
PISO 3	12.75	0.065406	0.004973
PISO 2	8.5	0.04448	0.006354
PISO 1	4.25	0.01754	0.004127
Base	0	0	0

Figura 35. Gráficas de respuesta estructural en dirección Y

(a) Desplazamientos por nivel. (b) Derivas por nivel. (Elaboración propia)



(a)



(b)

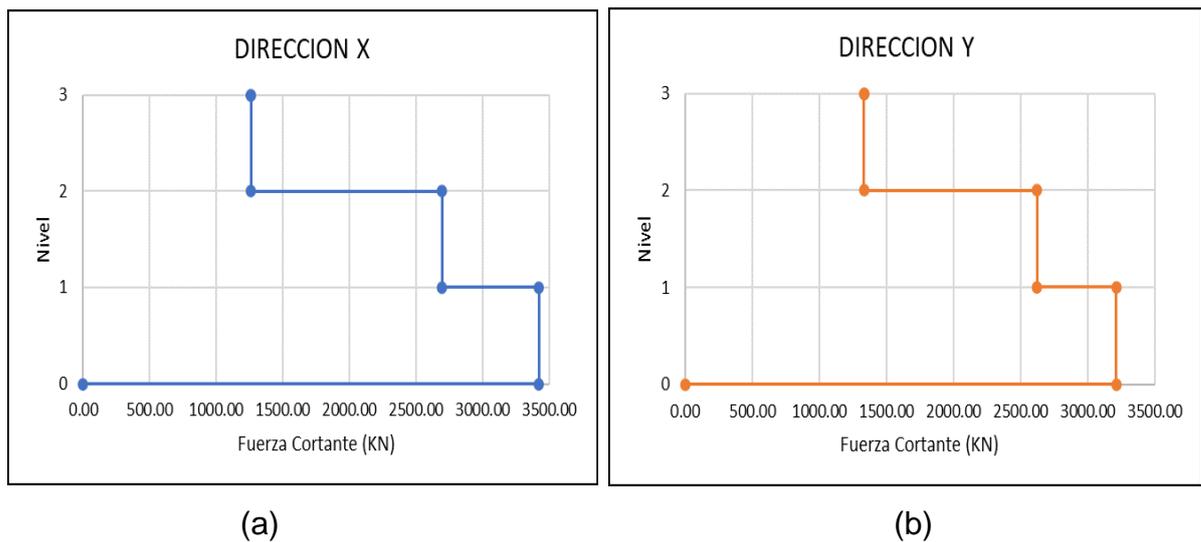
FUERZAS CORTANTES DINAMICO

Las fuerzas cortantes se calcularon con los valores iniciales asumidos del coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas $R_0 = 8$ y el factor de irregularidad en planta $I_p = 1$. La fuerza cortante dinámica basal en la dirección X es $V_x = 3422.054$ KN y en la dirección Y es $V_Y = 3214.987$ KN.

Tabla 13. fuerzas cortantes dinámicas en dirección X -Y

FUERZAS CORTANTES			
NIVELES	ALTURA	$VX(KN)$	$VY (KN)$
PISO 3	12.75	1260.9992	1333.0968
PISO 2	8.5	2694.543	2623.3609
PISO 1	4.25	3422.0538	3214.9872
Base	0	3422.0538	3214.9872

Figura 36. Grafica de las fuerzas cortantes en las dos direcciones.
Fuerzas cortantes en dirección X (b) fuerza cortante en dirección Y



4.5. Análisis con Disipadores

4.5.1. Procedimiento de diseño iterativo

Siendo una estructura regular se propuso la siguiente distribución del sistema de disipación de energía la cual contara con muros desacoplados de albañilería confinada de ancho de 25 cm (cabeza), en las dos direcciones como se muestra en la figura.

Figura 37. Distribución e ubicación del sistema de disipación de energía en planta típica.

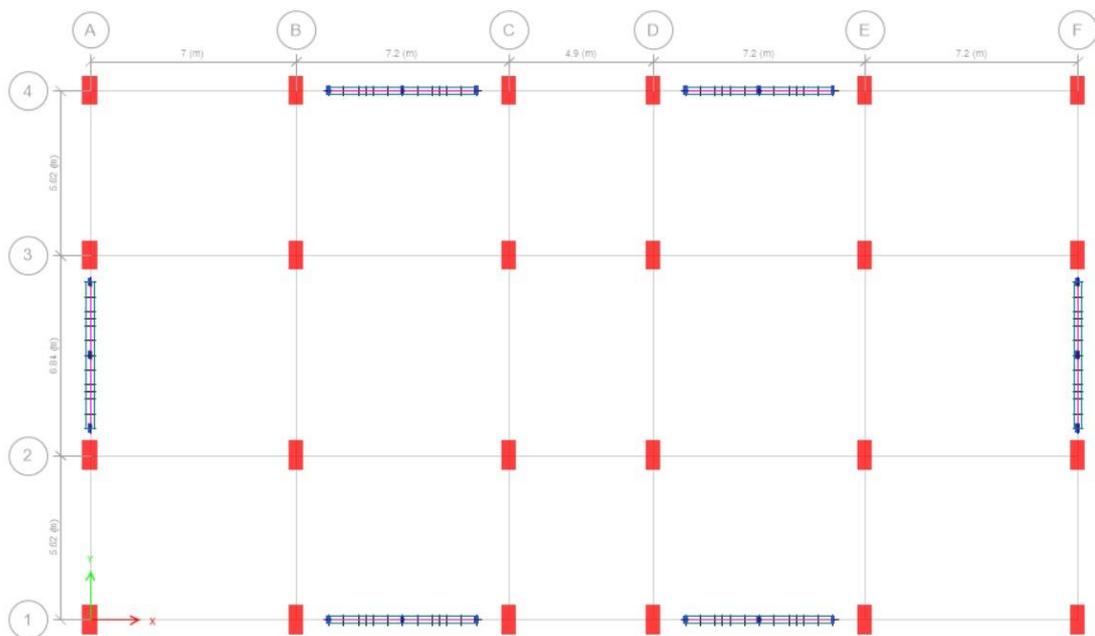
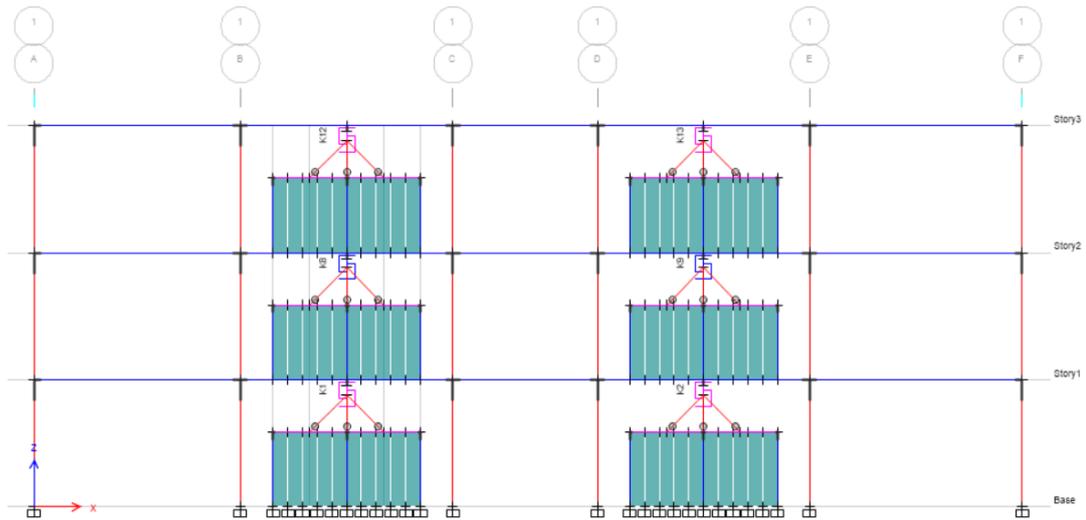
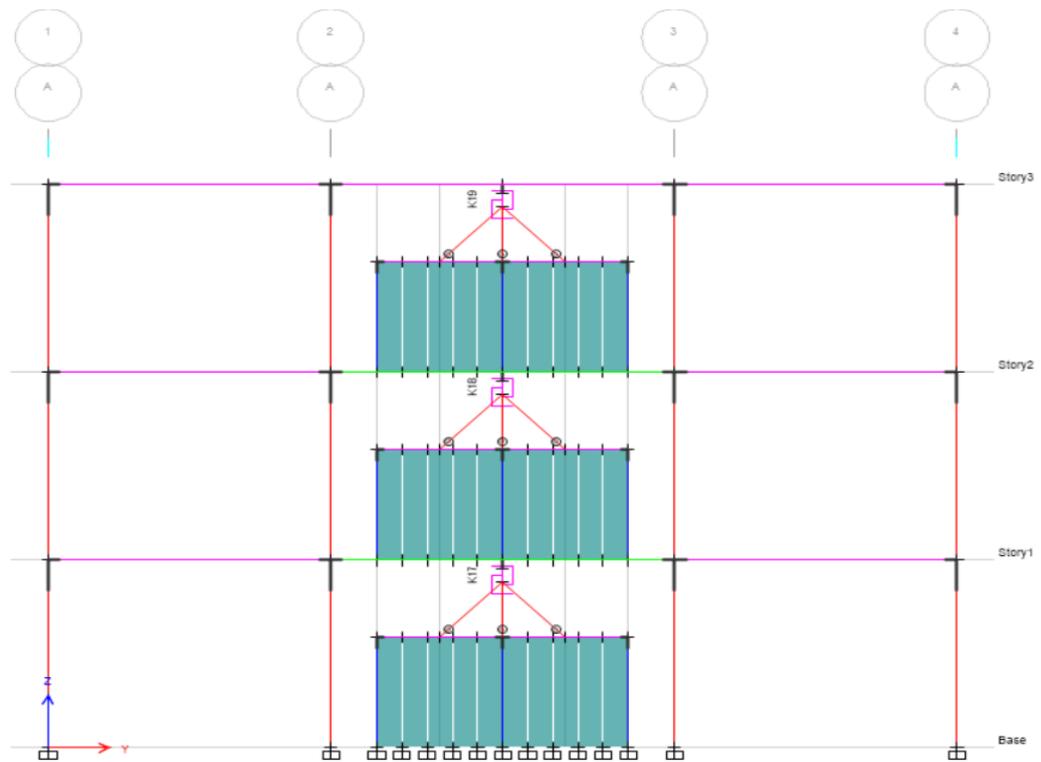


Figura 38. Distribución e ubicación del sistema de disipación de energía en planta típica.



Eje 1-1

Figura 39. Elevación de eje 1-1 de sistema de disipación de energía en dirección X, eje A-A en la dirección Y



Eje A-A

Tabla 14. Fuerzas actuantes en el sistema de disipación de muro desacoplado.

FUERZAS ACTUANTES EN LOS DISIPADORES (ELEMENTOS LINK)									
Story	Elemeto Link	Caso de carga	Inicio	P	V2	V3	T	M2	M3
				kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
PISO 3	K12	ENVOLVENTE XX	I-End	0	192.399	-0.019	0.000	-0.006	57.720
	K13	ENVOLVENTE XX	I-End	0	197.200	-0.019	0.000	-0.006	59.160
	K14	ENVOLVENTE XX	I-End	0	192.399	0.045	0.000	0.014	57.720
	K15	ENVOLVENTE XX	I-End	0	197.200	0.045	0.000	0.014	59.160
	K19	ENVOLVENTE YY	I-End	0	320.528	-0.100	0.000	-0.030	96.158
	K22	ENVOLVENTE YY	I-End	0	322.512	0.241	0.000	0.072	96.753
PISO 2	K6	ENVOLVENTE XX	I-End	0	471.046	0.058	0.000	0.017	141.314
	K7	ENVOLVENTE XX	I-End	0	470.421	0.058	0.000	0.017	141.126
	K8	ENVOLVENTE XX	I-End	0	471.047	-0.026	0.000	-0.008	141.314
	K9	ENVOLVENTE XX	I-End	0	470.422	-0.026	0.000	-0.008	141.127
	K18	ENVOLVENTE YY	I-End	0	620.531	-0.122	0.001	-0.037	186.159
	K21	ENVOLVENTE YY	I-End	0	624.962	0.289	0.001	0.087	187.489
PISO 1	K1	ENVOLVENTE XX	I-End	0	566.538	0.005	0.001	0.002	169.961
	K2	ENVOLVENTE XX	I-End	0	565.854	0.005	0.001	0.002	169.756
	K3	ENVOLVENTE XX	I-End	0	566.537	0.015	0.001	0.004	169.961
	K5	ENVOLVENTE XX	I-End	0	565.852	0.015	0.001	0.004	169.756
	K17	ENVOLVENTE YY	I-End	0	443.357	-0.015	0.001	-0.004	133.007
	K20	ENVOLVENTE YY	I-End	0	447.536	0.034	0.001	0.010	134.261

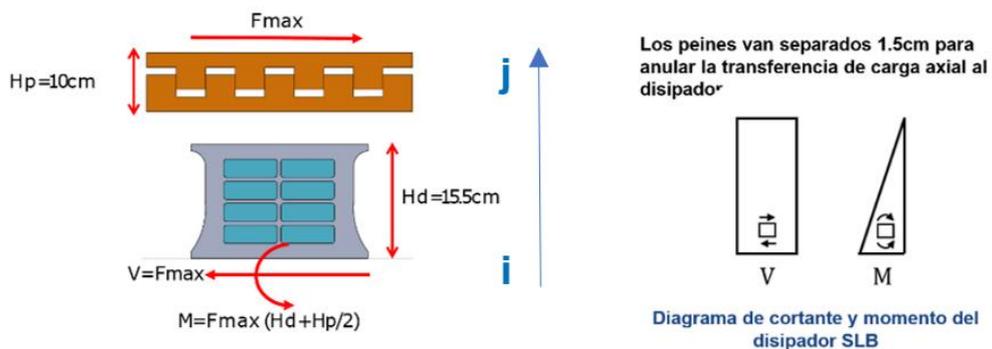
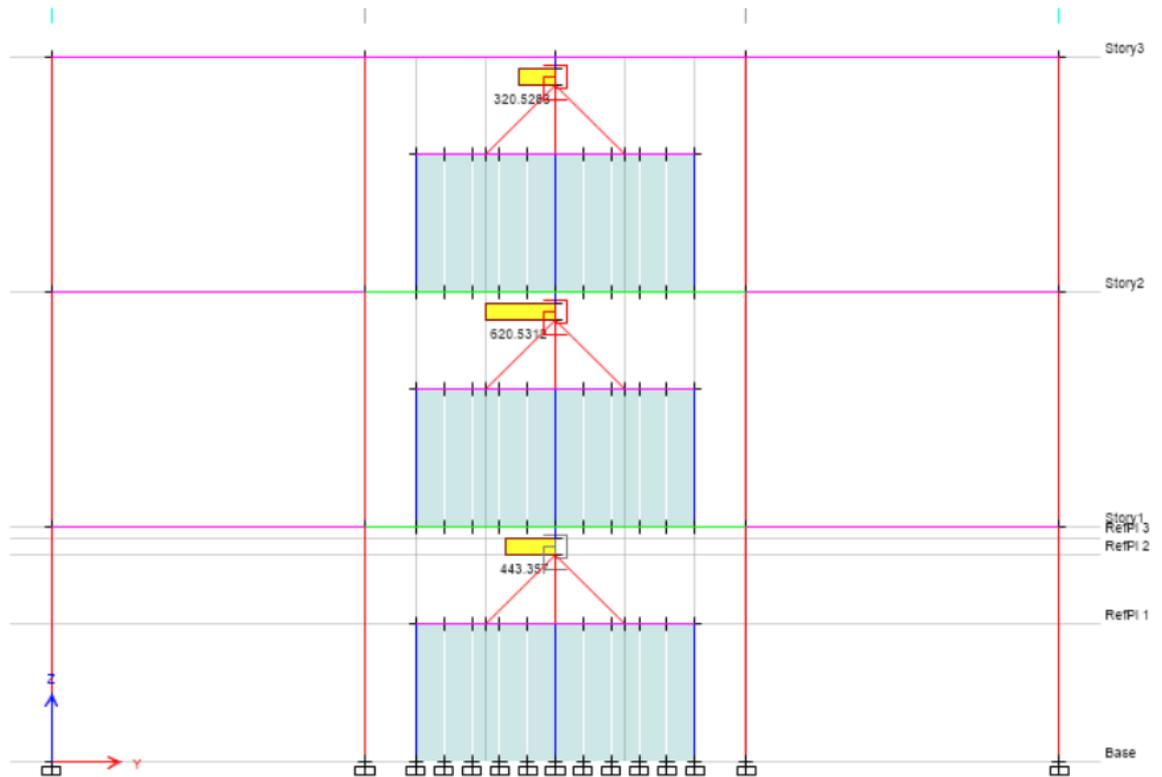


Figura 40. Fuerzas cortantes de diseño para asignación de dispositivos de disipación de energía en el Eje A-A que se ubica en dirección Y.



Las fuerzas cortantes que actúan sobre los elementos link, son las fuerzas de diseño las cuales mediante iteración se asignara el más económico y de mejor desempeño.

Para el diseño inicial se asignó la serie SLB2 10_2 ya que su F_y (Fuerza de Plastificación) es baja, estas se asignaron para ambas direcciones de análisis y se realizó 3 iteraciones en promedio para obtener el disipador más adecuado en cada nivel donde la relación demanda – capacidad es menor a 1.50.

Figura 41. Software de iteración directa la empresa **Dissipa SLB**, la cual muestra asigna de forma automática los disipadores que tengan menor relación 1.5 de las fuerzas cortantes.

Dissipa SLB
SLB Seismic protection system

Connection ETABS: <<V32 curvas.EDB>>

Home | Dissipators | Direct Iteration | Inverse Iteration | Anchors

For analysis: Select generation SLB: Fourth generation | Exclude links in iterations: Links

Reports: Report excel | Send email | Report pdf | Setting: Setting | General Check

Dissipators

Parameters of Shear Link Bozzo Dissipators

Generate NLinks

ID	Device	K1(KN/cm)	K2(KN/cm)	m=K2/K1	Fy (KN)	Fmax(KN)	N0.13(KN/cm)	N0.11(KN/cm)
427	SLB4 30_7	5785.961	57.251	0.009895	358.28	611.144	306	6120
428	SLB4 30_8	6419.519	62.363	0.009715	390.28	665.165	308	6160
429	SLB4 30_9	6994.223	66.789	0.009549	420.37	716.609	360	7200
430	SLB4 30_10	7535.221	70.902	0.009409	449.288	764.52	362	7240
431	SLB4 40_7	7797.493	78.073	0.010013	464.678	807.561	541	16230
432	SLB4 40_8	8718.882	86.406	0.00991	512.483	890.198	543	16290
433	SLB4 40_9	9580.177	93.658	0.009776	557.706	966.059	545	16350
434	SLB4 40_10	10439.629	101.197	0.009694	601.315	1043.196	548	16440
435	SLB4 40_11	11293.528	109.933	0.009769	643.06	1117.726	645	19350
436	SLB4 40_12	12033.639	118.644	0.00981	685.733	1191.302	650	19500
437	SLB4 50_9	12289.994	120.959	0.00981	709.946	1236.229	941	37640
438	SLB4 50_10	13421.604	130.961	0.009757	768.195	1340.092	1228	49120
439	SLB4 50_11	14537.409	141.393	0.009726	827.476	1443.519	1232	49280
440	SLB4 50_12	15599.373	150.535	0.00965	884.076	1540.016	1238	49520
441	SLB4 60_5	8891.127	91.736	0.010318	531.449	932.944	792	39600
442	SLB4 60_6	10457.28	106.249	0.01016	613.185	1078.093	793	39650
443	SLB4 60_11	17684.445	174.365	0.00986	993.077	1746.501	1237	61850
444	SLB4 60_12	19029.62	185.876	0.009768	1065.322	1868.983	1574	78700
445	SLB4 65_11	19829.082	194.602	0.009814	1113.764	1957.04	1597	87835
446	SLB4 65_12	21332.393	206.74	0.009638	1184.734	2103.636	1604	88300

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Dissipators SLB: Fourth generation | Units: cm, kN | Connection with: ETABS 18 or SAP2000 v2 | www.m | notificaciones nuevas

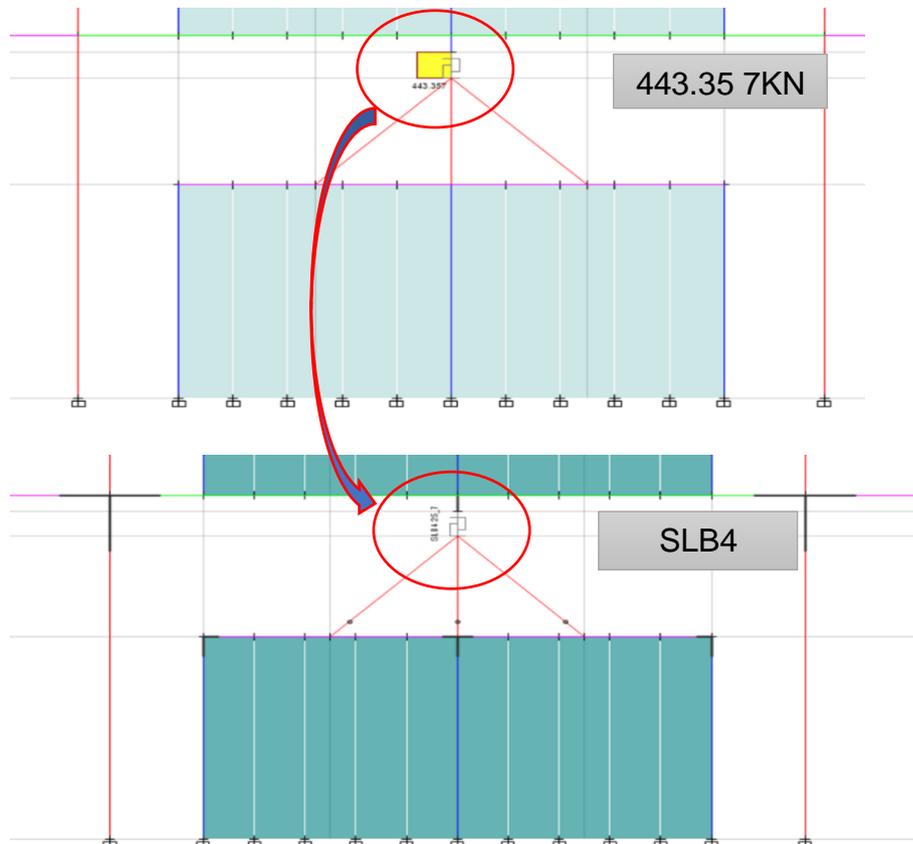


Tabla 15. Asignación de disipadores SLB en muros desacoplados de albañilería confinada.

NIVEL	Link	V (kN)	ELEGIDO			INICIO				VERIFICACION <1.5	
			DISIPADOR RECOMENDADO			DISIPADOR ASIGNADO					
			Disipador SLB	FY (KN)	FY max (KN)	Disipador ETABS	Fy (kN) ETABS	Fy max (kN) ETABS	V2 (kN) lt.	D/C lt.	Disipador lt.
PISO 3	K12	204.04	SLB4 10_5	151.79	250	SLB4 10_5	151.79	250	197.26	1.3	Ok!
	K13	204.65	SLB4 10_5	151.79	250	SLB4 10_5	151.79	250	197.87	1.3	Ok!
	K14	204.04	SLB4 10_5	151.79	250	SLB4 10_5	151.79	250	197.26	1.3	Ok!
	K15	204.65	SLB4 10_5	151.79	250	SLB4 10_5	151.79	250	197.87	1.3	Ok!
	K19	302.65	SLB4 15_7	210.76	345.09	SLB4 20_6	230.93	381.61	320.82	1.39	Ok!
PISO 2	K22	304.84	SLB4 15_7	210.76	345.09	SLB4 20_6	230.93	381.61	322.96	1.4	Ok!
	K6	404.76	SLB4 25_6	278.74	468.96	SLB4 25_8	327.73	552.76	473.38	1.44	Ok!
	K7	404.31	SLB4 25_6	278.74	468.96	SLB4 25_8	327.73	552.76	472.75	1.44	Ok!
	K8	404.76	SLB4 25_6	278.74	468.96	SLB4 25_8	327.73	552.76	473.38	1.44	Ok!
	K9	404.31	SLB4 25_6	278.74	468.96	SLB4 25_8	327.73	552.76	472.76	1.44	Ok!
	K18	456.98	SLB4 25_8	327.73	552.76	SLB4 30_9	420.37	716.61	623.78	1.48	Ok!
PISO 1	K21	460.99	SLB4 25_8	327.73	552.76	SLB4 30_9	420.37	716.61	628.77	1.5	Ok!
	K1	443.29	SLB4 25_8	327.73	552.76	SLB4 30_8	390.28	665.17	568.41	1.46	Ok!
	K2	442.85	SLB4 25_8	327.73	552.76	SLB4 30_8	390.28	665.17	567.73	1.45	Ok!
	K3	443.29	SLB4 25_8	327.73	552.76	SLB4 30_8	390.28	665.17	568.41	1.46	Ok!
	K5	442.85	SLB4 25_8	327.73	552.76	SLB4 30_8	390.28	665.17	567.73	1.45	Ok!
	K17	334.81	SLB4 20_6	230.93	381.61	SLB4 25_7	304.31	512.31	446.35	1.47	Ok!
	K20	338.47	SLB4 20_7	248.98	410.7	SLB4 25_7	304.31	512.31	451.04	1.48	Ok!

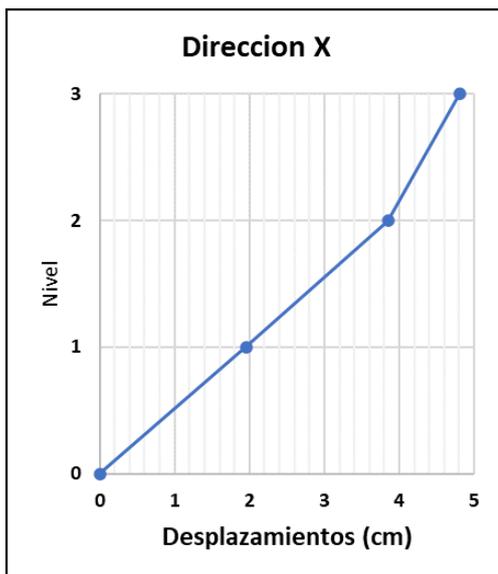
4.5.1.1. DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS CON DISIPADORES

Después de haberle asignado los disipadores en las dos direcciones, se procede a la verificación de las derivas, desplazamientos las cuales tienen que cumplir con la norma.

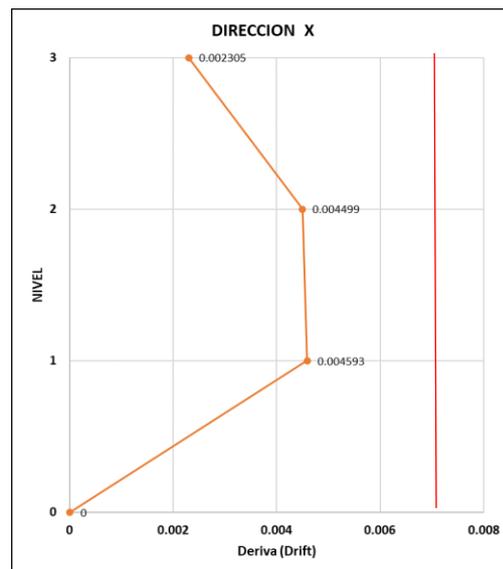
Tabla 16. Desplazamientos y derivas en dirección X, con disipadores obtenidos en ETABS

DIRECCION X			
NIVELES	ALTURA	$DX(m)$	ΔX
PISO 3	12.75	0.048056	0.002305
PISO 2	8.5	0.038532	0.004499
PISO 1	4.25	0.019522	0.004593
Base	0	0	0

Figura 42. Gráficas de respuesta estructural con disipador en dirección X
 (a) Desplazamientos por nivel. (b) Derivas por nivel. (Elaboración propia)



(a)



(b)

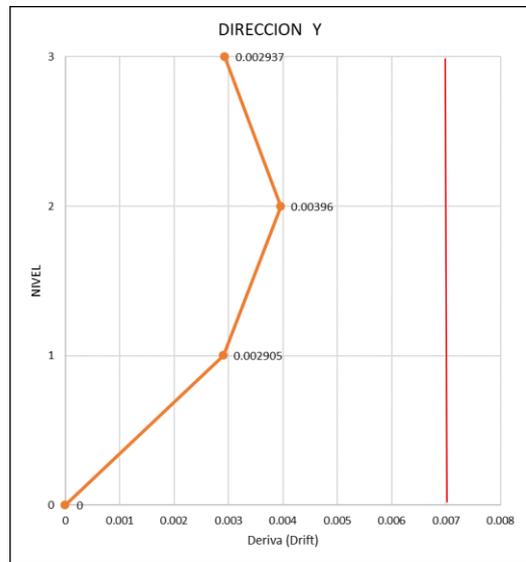
Tabla 17. Desplazamientos y derivas en dirección y, con disipadores obtenidos en ETABS

DIRECCION Y			
NIVELES	ALTURA	DY(m)	ΔY
PISO 3	12.75	0.04137	0.002937
PISO 2	8.5	0.02909	0.00396
PISO 1	4.25	0.01234	0.002905
Base	0	0	0

Figura 43. Gráficas de respuesta estructural con disipador en dirección Y
 (a) Desplazamientos por nivel. (b) Derivas por nivel. (Elaboración propia)



(a)



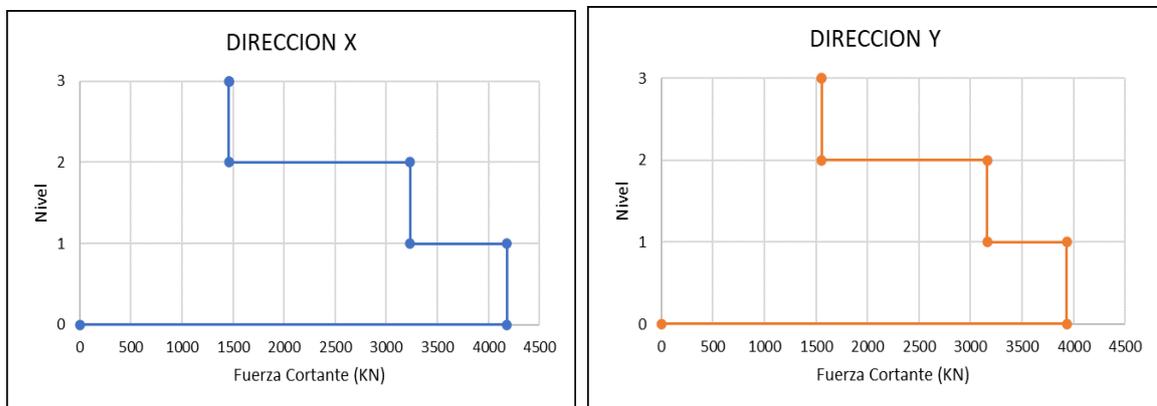
(b)

4.5.1.2. CORTANTE BASAL CON DISIPADORES

Tabla 18. Fuerzas cortantes dinámicas de estructura con disipadores en dirección X -Y

FUERZAS CORTANTES			
NIVELES	ALTURA	VX(KN)	VY (KN)
PISO 3	12.75	1458.458	1556.0415
PISO 2	8.5	3232.1688	3164.5299
PISO 1	4.25	4181.3871	3932.2905
Base	0	4181.3871	3932.2905

Figura 44. Grafica de las fuerzas cortantes en las dos direcciones.



4.5.2. Verificación No Lineal Tiempo Historia

La figura 45 Se muestra el espectro elástico de pseudoaceleraciones que será utilizado como espectro base para el escalamiento de los registros sísmicos.

Se seleccionaron un total de 3 conjuntos de registros sísmicos que la norma recomienda como mínimo identificados en la tabla 19. En el anexo 4 se encuentra más información acerca de los registros sísmicos seleccionados.

Tabla 19. Registros sísmicos considerados para el análisis (Elaboración propia)

Código	Fecha	Estacion		Duración(s)	Magnitud	Aceleracion max.
		Nombre	Código			
3.6M	25/08/2022	Gerencia Zonal SENCICO, Cusco, Cusco	SCCUS	69.905	3.6	20.075
3.7M	03/06/2017	Gerencia Zonal SENCICO, Cusco, Cusco	SCCUS	119.205	3.7	24.9
5.4M	12/03/2012	CISMID-UNI ESTACION PUENTE PIEDRA	LIM006	105.99	5.4	47.885

Figura 45. escalamiento de los registros sísmicos las cuales serán transformadas a pseudoaceleración.

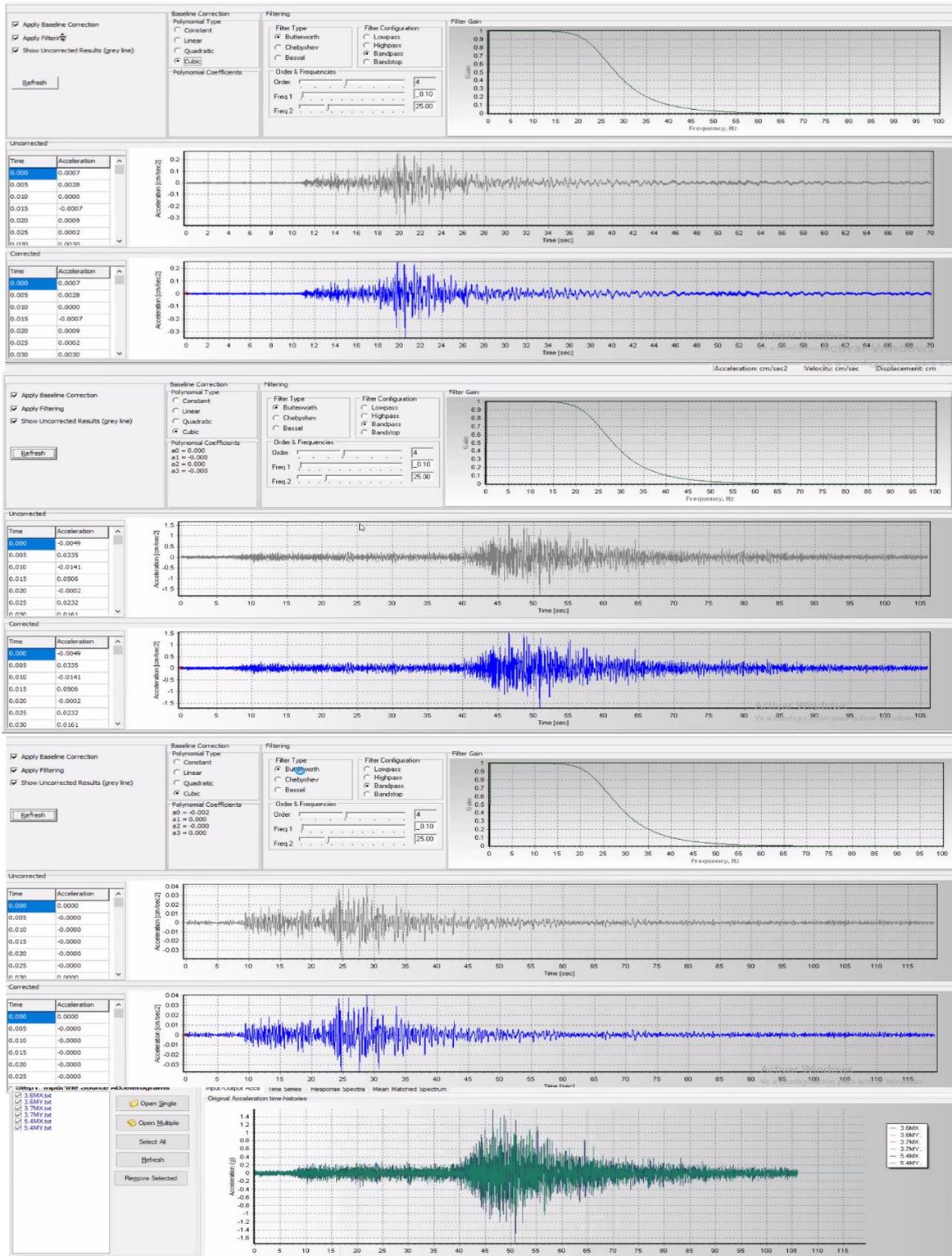


Figura 46. Muestra los espectros elásticos de pseudoaceleraciones de los registros sísmicos escalados considerando un amortiguamiento del 5%.

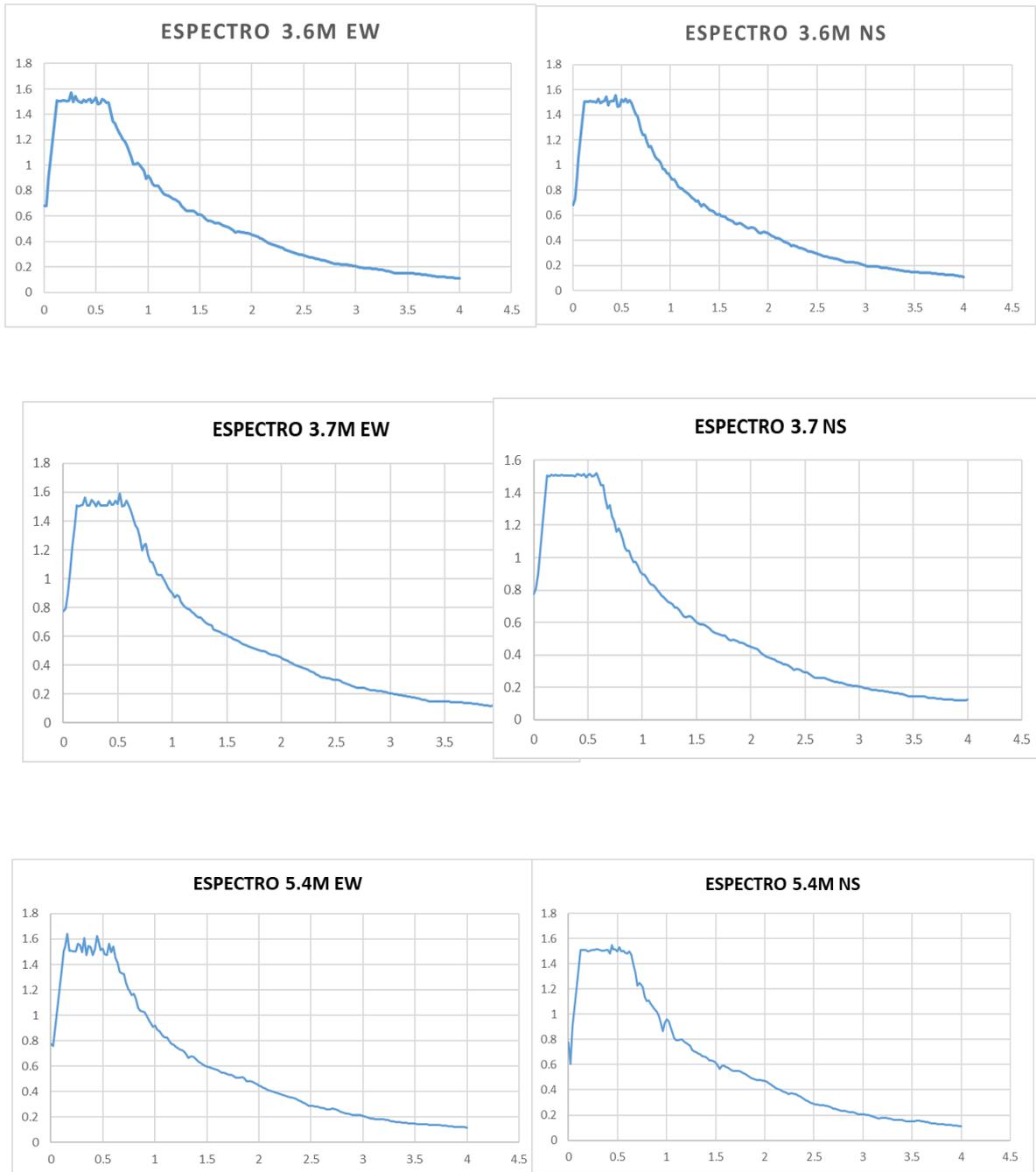
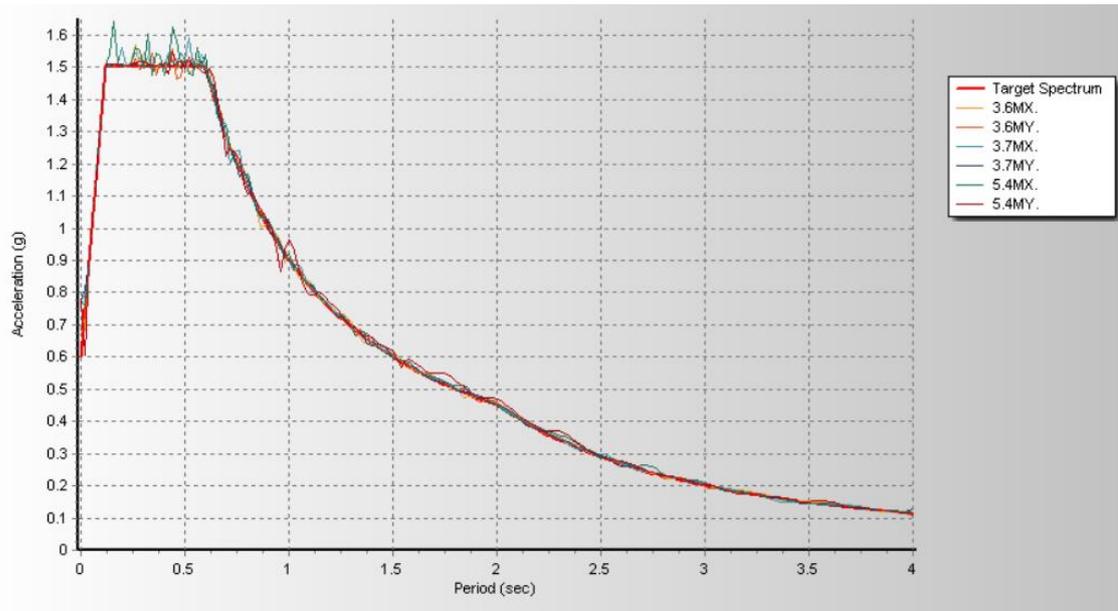


Figura 47. Espectros elásticos de pseudoaceleraciones escalados de los 3 registros.



Luego se definieron en ETABS las series de los disipadores seleccionados de acuerdo a las tablas anteriormente mostradas para ambas direcciones de análisis.

Posteriormente se definió el análisis modal utilizando vectores de Ritz, el número modos será equivalente a la suma de 3 modos por cada nivel más 1 modo por cada disipador, en total serán 9 modos.

4.5.3. Máximo desplazamientos de entre piso

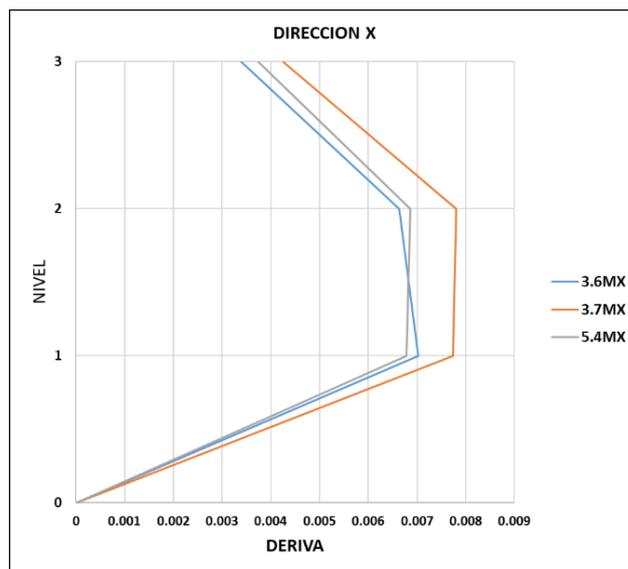
La Norma E.030 establece que, si se utiliza al menos siete registros sísmicos, las fuerzas de diseño, deformaciones y distorsiones de entrepiso son evaluadas a partir del promedio de los valores obtenidos de todo los análisis. Asimismo, establece que las distorsiones máximas de entrepiso no excedan de 1.25 veces el valor la deriva para el análisis modal espectral.

Para la Norma E.030 considera una deriva límite de 0.007 para estructuras de concreto armado, y se pretende comparar con una deriva de nivel de desempeño operacional, cuya deriva limite es de 0.005.

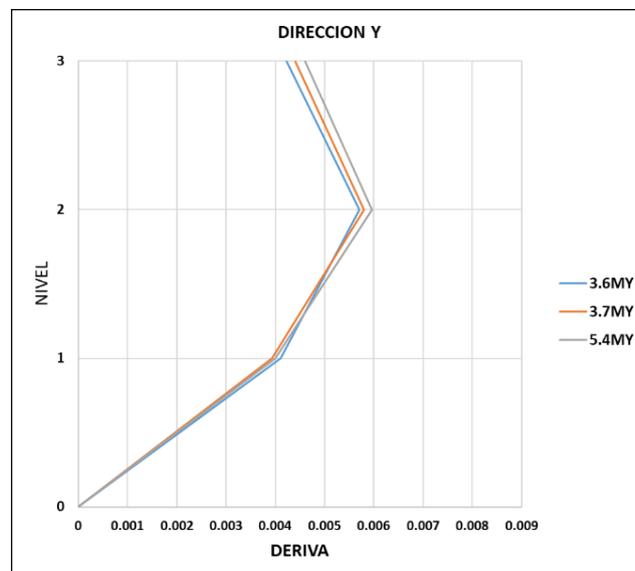
Tabla 20. Derivas de estructura con disipadores en dirección X. Análisis no lineal tiempo historia.

ANALISIS NO LINEAL							
PISO	3.6MX	3.6MY	3.7MX	3.7MY	5.4MX	5.4MY	PROMEDIO
3	0.003391	0.004228	0.004252	0.004396	0.003743	0.0046	0.004101667
2	0.006632	0.005712	0.007801	0.005805	0.006871	0.005965	0.006464333
1	0.007031	0.004101	0.007734	0.003939	0.006789	0.003996	0.005598333

Figura 48. Derivas de estructura con disipadores Deriva en dirección X (b) deriva en dirección Y

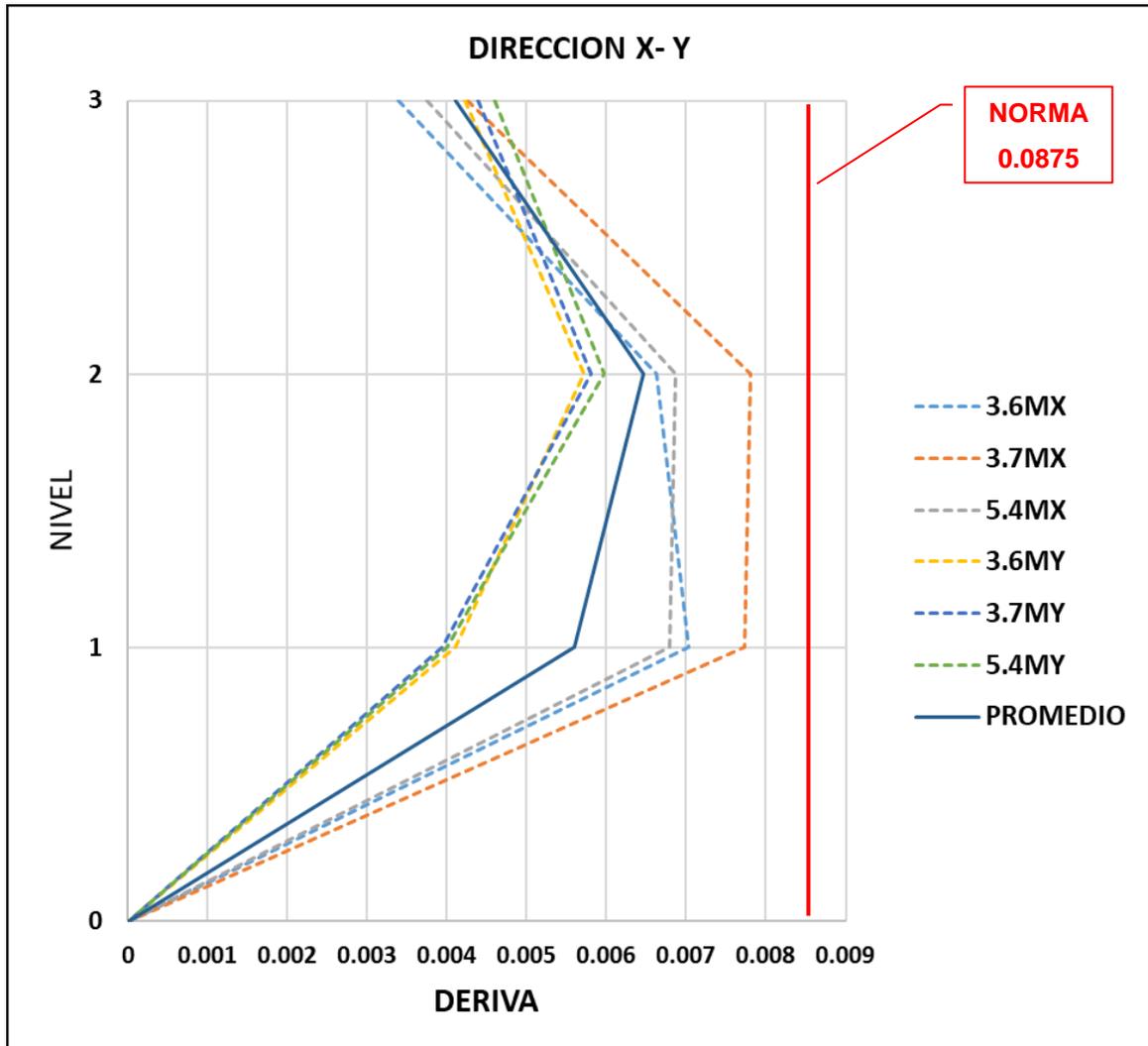


(a)



(b)

Figura 49. Máximas derivas en la estructura



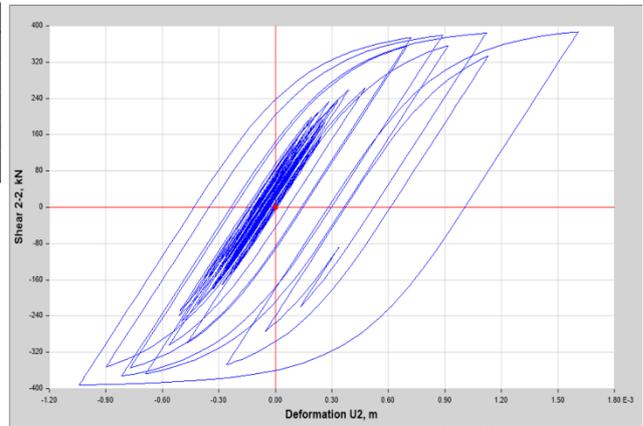
Se observa que en ambas direcciones las derivas obtenidas del análisis no lineal tiempo historia son mayores a las obtenidas del análisis modal espectral y en este tipo de análisis en particulares se tiene un límite de deriva mayor acorde a la norma peruana E030 que limite a 1.25 veces la deriva del análisis modal espectral. La deriva máxima obtenida del análisis no lineal tiempo historia analizando los registros 3.6M, 3.7M y 5.4M es de 7.8/1000 y 5.97/1000 en la dirección XX y YY respectivamente, se visualiza que en ambos casos son inferiores a la deriva máxima permisible de 8.75/1000, por lo que se verifica que el diseño es adecuado.

4.5.4. ANALISIS DE CURVAS HISTERETICAS

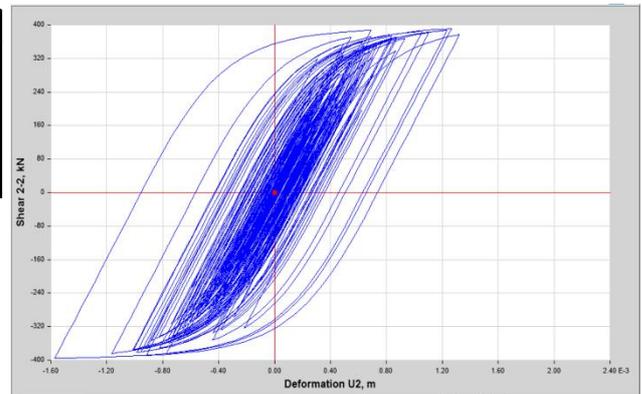
FUERZAS ACTUANTES EN LOS DISIPADORES

Figura 51. Curvas de histéresis disipador SLB4 30_8 y SLB4 25_8 en muro desacoplado en el eje X (niveles1,2). (Elaboración propia)

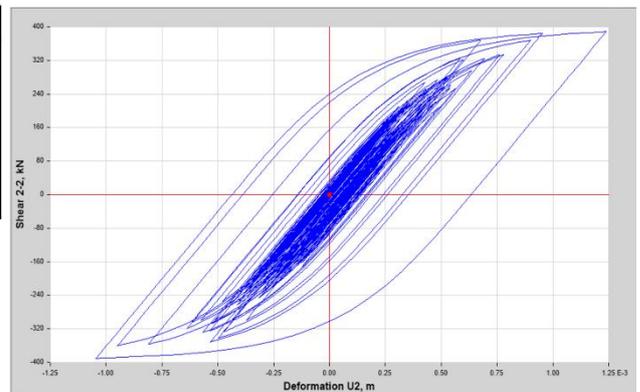
CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K1	SLB4 30_8	3.6MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001607	386.703254
MIN	-0.001042	-392.097909



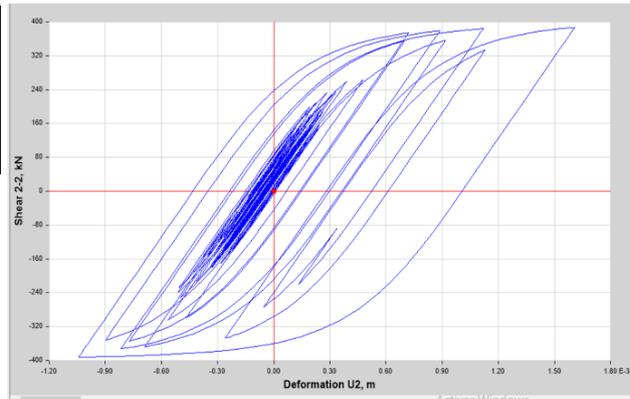
CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K1	SLB4 30_8	3.7MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001266	390.82
MIN	-0.001573	-395.916



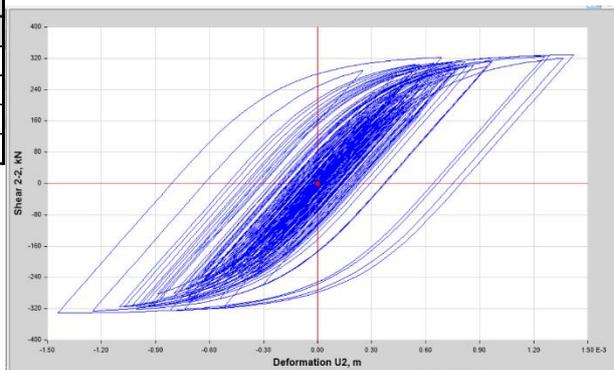
CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K1	SLB4 30_8	5.4MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001239	388.6322
MIN	-0.001045	-389.98



CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K9	SLB4 25_8	3.6MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001943	331.756
MIN	-0.006333	-326.518



CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K9	SLB4 25_8	3.7MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001423	329.822
MIN	-0.00144	-331.29



CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K9	SLB4 25_6	5.4MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001397	326.441
MIN	-0.00886	-325.912

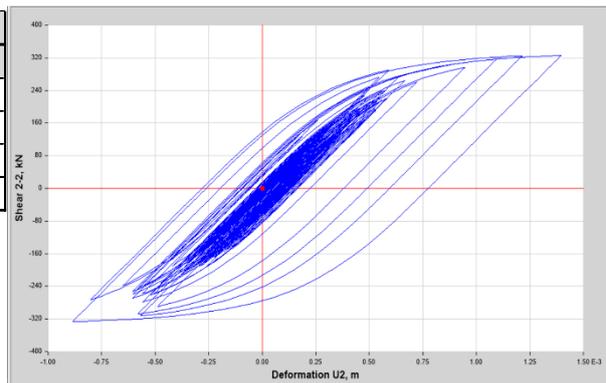
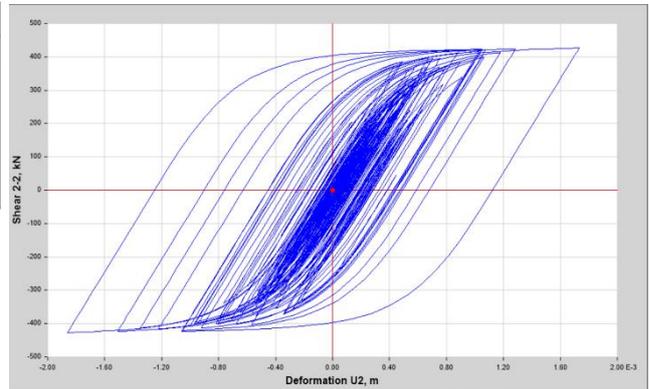


Tabla 21. Respuestas de histéresis disipador SLB4 30_8 y SLB4 25_8 en muro desacoplado en el eje Y (niveles1,2). (Elaboración propia)

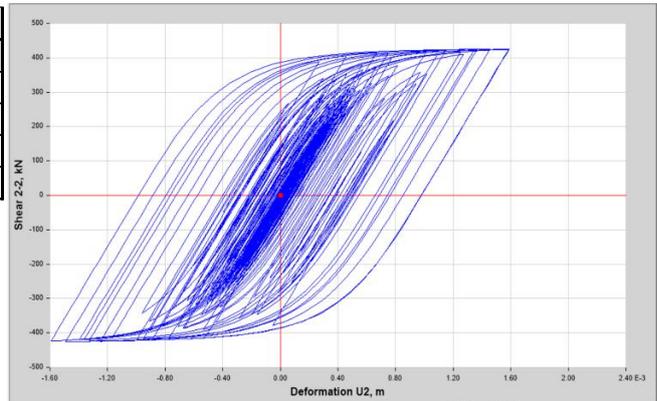
DIRECCION X										
ASIG. ETABS		Propiedades del Disipador			V(KN) Max			Deformacion Max (m)		
LINK	V (kN)	Disipador SLB	FY (KN)	FY max (KN)	3.6MX	3.7MX	5.4MX	3.6MX	3.7MX	5.4MX
K1	443.29	SLB4 30_8	390.28	665.17	392.098	395.916	389.632	0.0016	0.001573	0.001239
K9	404.31	SLB4 25_8	327.73	552.76	326.518	392.098	326.441	0.0063	0.00144	0.00886

Figura 52. Curvas de histéresis disipador SLB4 30_9 y SLB4 25_7 en muro desacoplado en el eje Y (niveles1,2). (Elaboración propia)

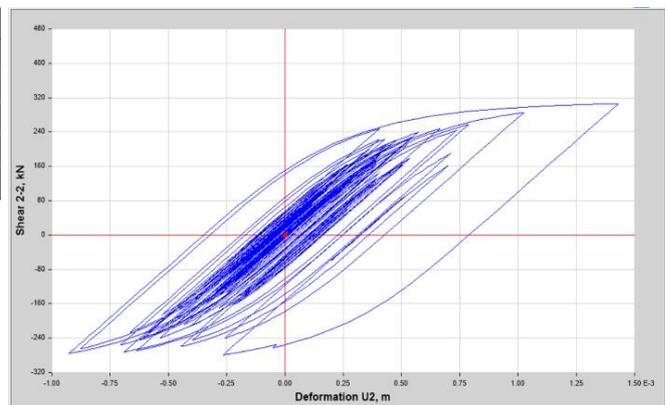
CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K18	SLB4 30_9	3.7MY
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001732	426.799
MIN	-0.00186	-426.694



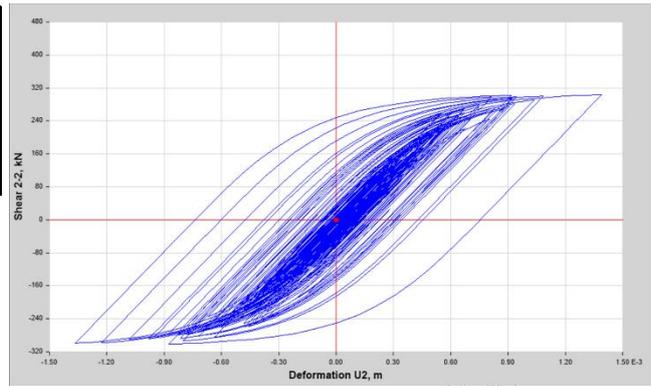
CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K18	SLB4 25_7	5.4MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.00159	425.665
MIN	-0.001492	-425.736



CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K20	SLB4 25_7	3.6MY
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001423	305.728
MIN	-0.000265	-278.642



CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K20	SLB4 25_7	3.7MY
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.00139	304.057
MIN	-0.000877	-301.865



CURVA HISTERETICA		
LINK	DISIPADOR SLB	ESPECTRO
K20	SLB4 25_6	5.4MX
	Deformacion (m)	V(KN)
MAX	0.001097	301.929
MIN	-0.001199	-304.483

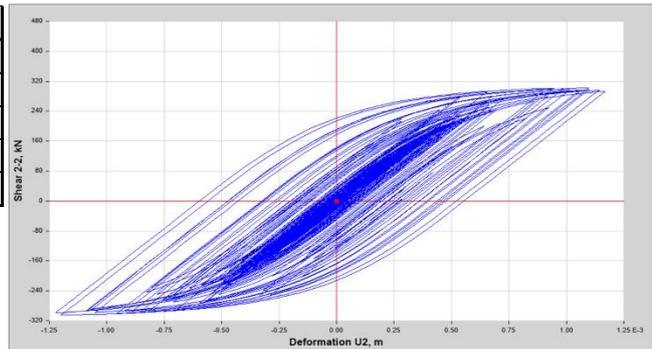


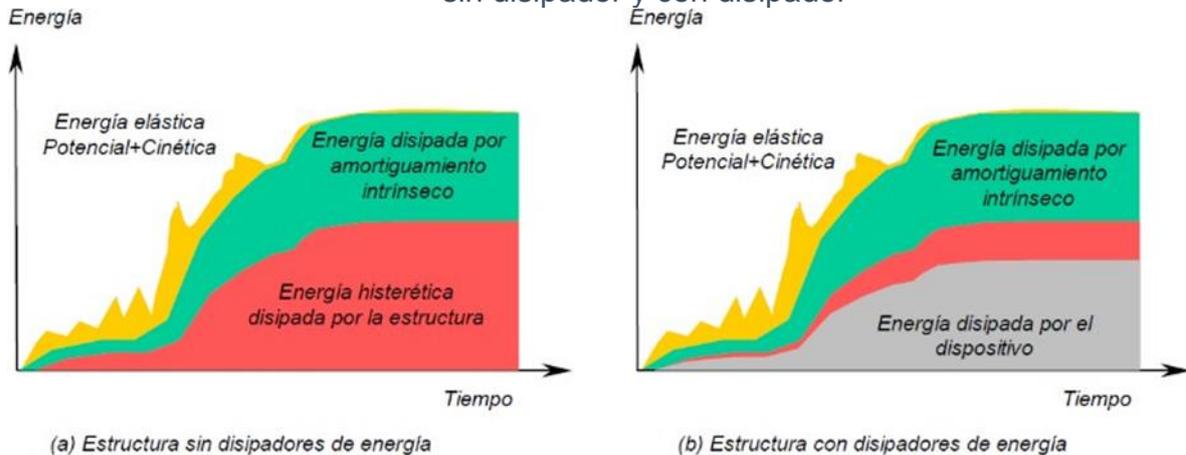
Tabla 22. Respuestas de histéresis disipador SLB4 30_8 y SLB4 25_8 en muro desacoplado en el eje Y (niveles1,2). (Elaboración propia)

DIRECCION Y										
ASIG. ETABS		Propiedades del Disipador			V(KN) Max			Deformacion Max (m)		
LINK	V (kN)	Disipador SLB	FY (KN)	FY max (KN)	3.6MY	3.7MY	5.4MY	3.6MY	3.7MY	5.4MY
K18	629.79	SLB4 30_9	420.37	716.61	429.982	426.799	425.665	0.000257	0.00186	0.00159
K20	486.23	SLB4 25_7	304.31	512.31	305.728	350.86	304.483	0.000265	0.00139	0.001097

4.5.5. RESPUESTA ENERGETICA DE LA ESTRUCTURA

Los dispositivos asignados en el análisis estructural tienen la finalidad de mejorar el comportamiento de la estructura en lo que respecta a rigidez, resistencia y amortiguamiento; en este sentido en la siguiente figura se puede apreciar las energías presentes en la estructura, las cuales fueron sometidas a aceleraciones sísmicas.

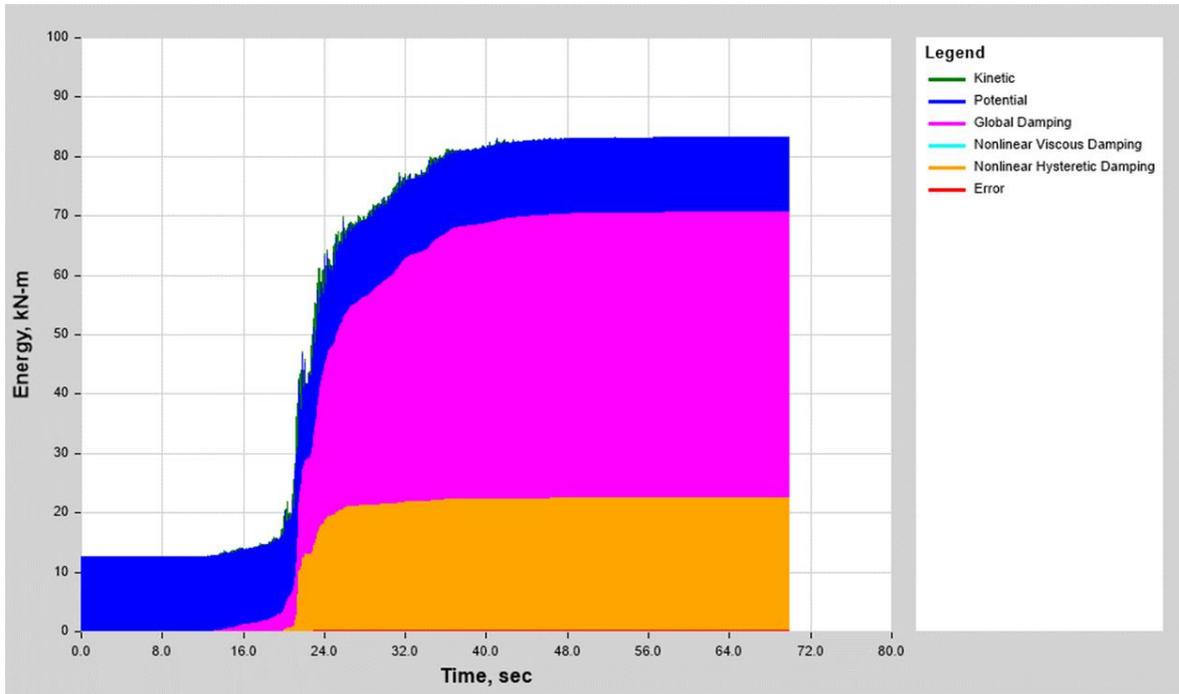
Figura 53. Grafica de energías histeréticas actuantes en una estructura sin disipador y con disipador



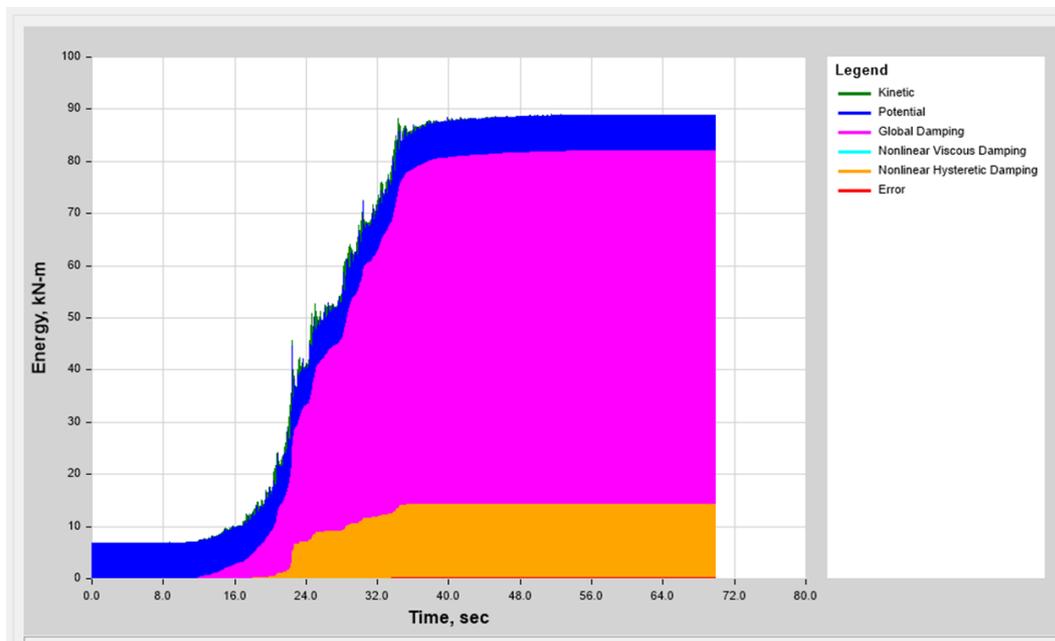
La figura 53 se representa la energía disipada en la estructura para los casos de carga seleccionados. La energía no lineal histerética es disipada por los disipadores SLB que en algunos casos los dispositivos están al límite de plastificar.

Figura 54. Respuesta energética del sistema

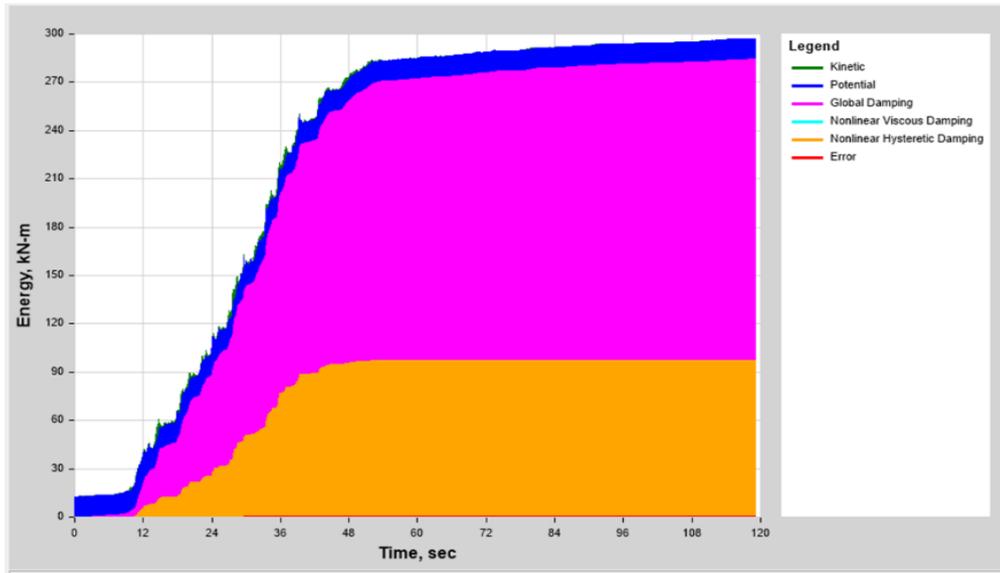
CASO 1	
PSEUDOACELRACION	DIRECCION X
3.6M	



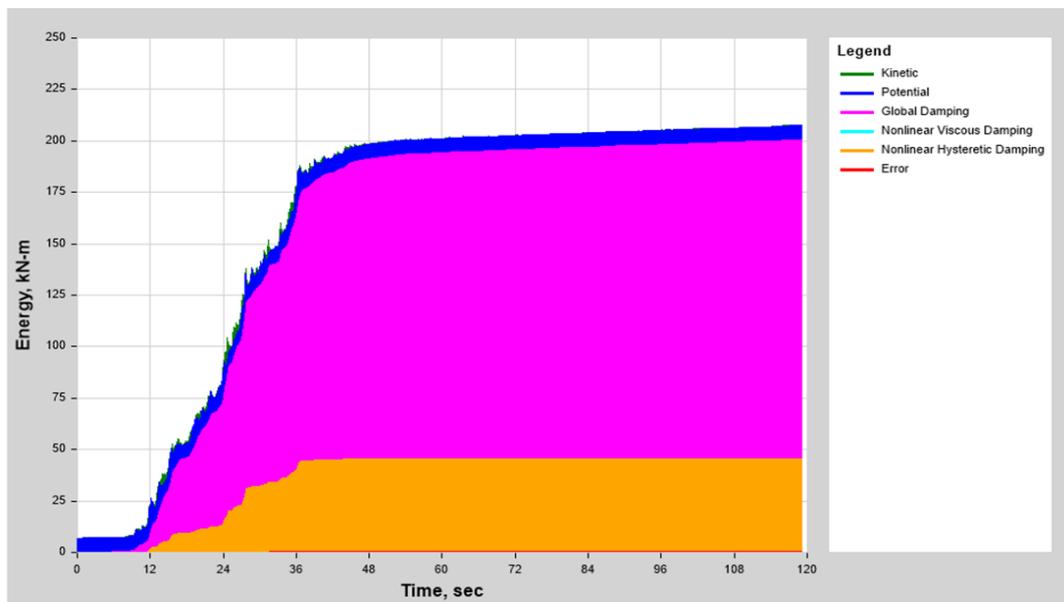
CASO 2	
PSEUDOACELRACION	DIRECCION Y
3.6M	



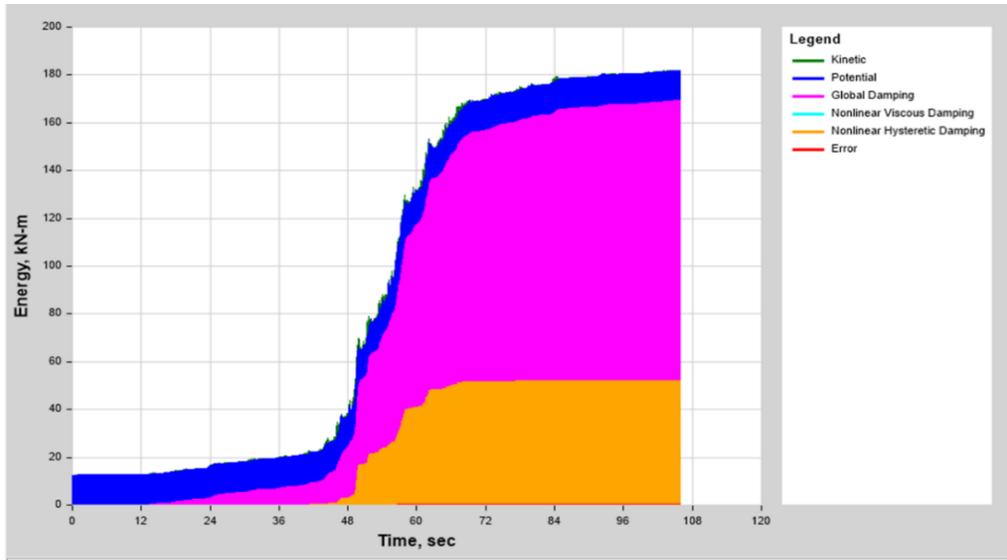
CASO 3	
PSEUDOACELRACION	DIRECCION X
3.7M	



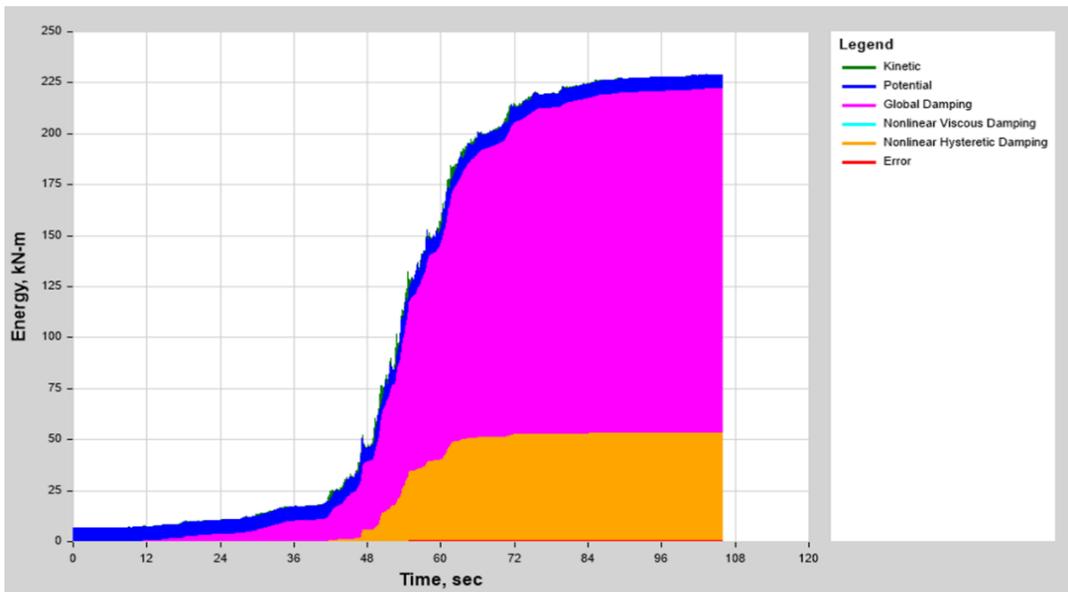
CASO 4	
PSEUDOACELRACION	DIRECCION Y
3.7M	



CASO 5	
PSEUDOACELRACION	DIRECCION X
5.4M	



CASO 6	
PSEUDOACELRACION	DIRECCION Y
5.4M	



Para el caso 1 se observa en el gráfico de energía acumulada por componente que la principal se debe al amortiguamiento global del 5% colocado, en segundo lugar, la mayor cantidad de energía se encuentra debido a la histéresis propia del edificio y de los disipadores, por último y en menor cantidad se encuentra la energía cinética y potencial debido a la velocidad de este y la posición. Además, se visualiza que la mayor cantidad de energía disipada se da entre el segundo 24 y el 40, debido a que en este lapso de tiempo se tiene mayores aceleraciones en el registro. Por último, se comenta que la obtención de la energía solo se puede realizar en un análisis no lineal tiempo historia porque en el análisis espectral no se tienen cambios de velocidad y desplazamiento en función del tiempo para que sean evaluados.

V. DISCUSIÓN

5.1. Análisis comparativo

5.1.1. Derivas

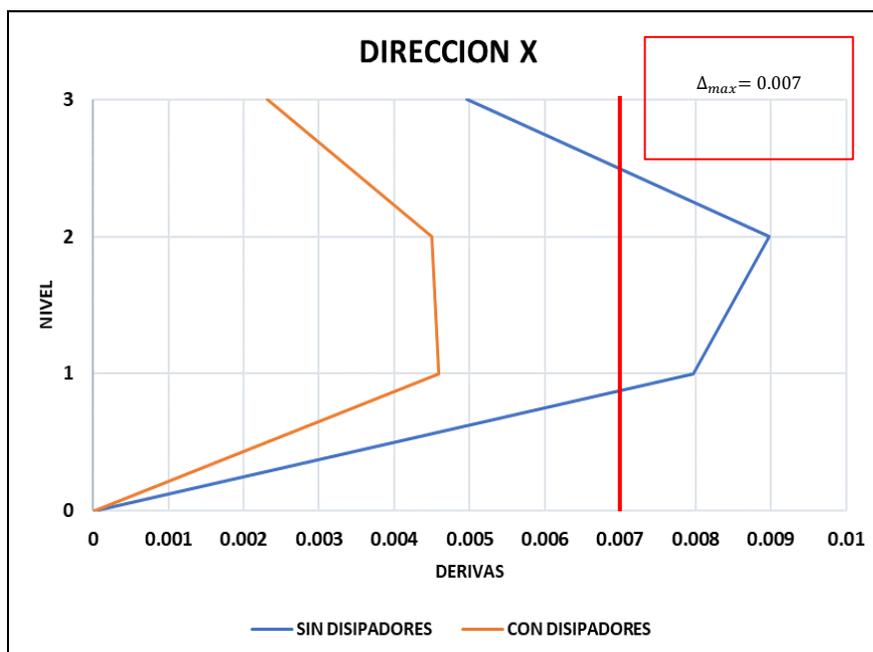
DIRECCION X

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello disminuye la deriva que sin la inclusión de estos disipadores llega a 9/1000 superando el límite de 7/1000 establecida en la norma peruana simoresistente, al incluir disipadores se observa que la deriva obtenida es de 4.6/1000 cumpliendo el límite establecido por la norma peruana E030.

Tabla 23. Comparación de derivas en dirección X.

DIRECCION X			
Derivas (drift)			
Nivel (m)	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
3	12.75	0.00496	0.00231
2	8.50	0.00898	0.00450
1	4.25	0.00797	0.00459
0	0.00	0.00000	0.00000

Figura 55. Comparación de derivas en dirección X. (Elaboración propia)



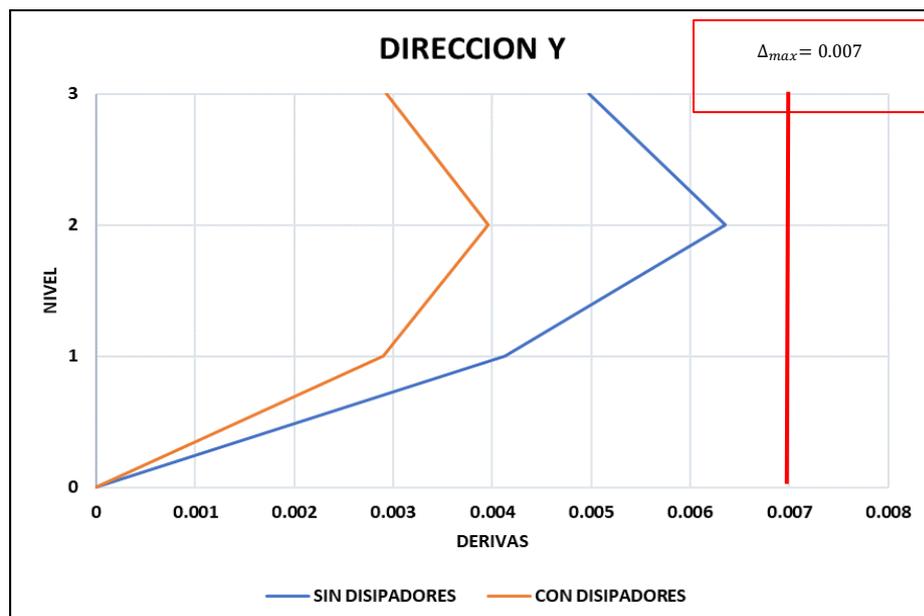
DIRECCION Y

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello disminuye la deriva que sin la inclusión de estos disipadores llega a 6.35/1000 cercano al límite de 7/1000 establecida en la norma peruana sismorresistente, al incluir disipadores se observa que la deriva obtenida es de 3.96/1000 cumpliendo ampliamente el límite establecido por la norma peruana E030.

Tabla 24. Comparación de derivas en dirección Y

DIRECCION Y			
Derivas (drift)			
Nivel (m)	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
3	12.75	0.00497	0.00294
2	8.50	0.00635	0.00396
1	4.25	0.00413	0.00291
0	0.00	0.00000	0.00000

Figura 56. Comparación de derivas en dirección Y (Elaboración propia)



5.1.2. Desplazamientos

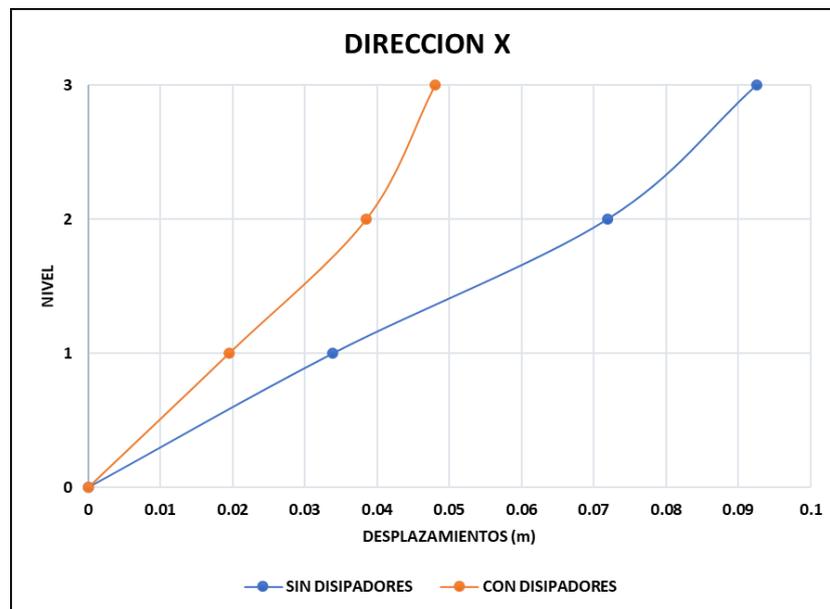
DIRECCION X

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello disminuye el desplazamiento de un valor de 9.3cm a 4.8cm, obteniéndose así una reducción de 4.5cm lo que significa una reducción de 48% en términos de desplazamiento.

Tabla 25. Comparación de desplazamientos máximos en dirección X.
(Elaboración propia)

DIRECCION X			
Desplazamientos máximos Piso (m)			
Nivel (m)	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
3	12.75	0.09253	0.04806
2	8.50	0.07189	0.03853
1	4.25	0.03389	0.01952
0	0.00	0.00000	0.00000

Figura 57. Comparación de desplazamientos máximos en dirección X.
(Elaboración propia)



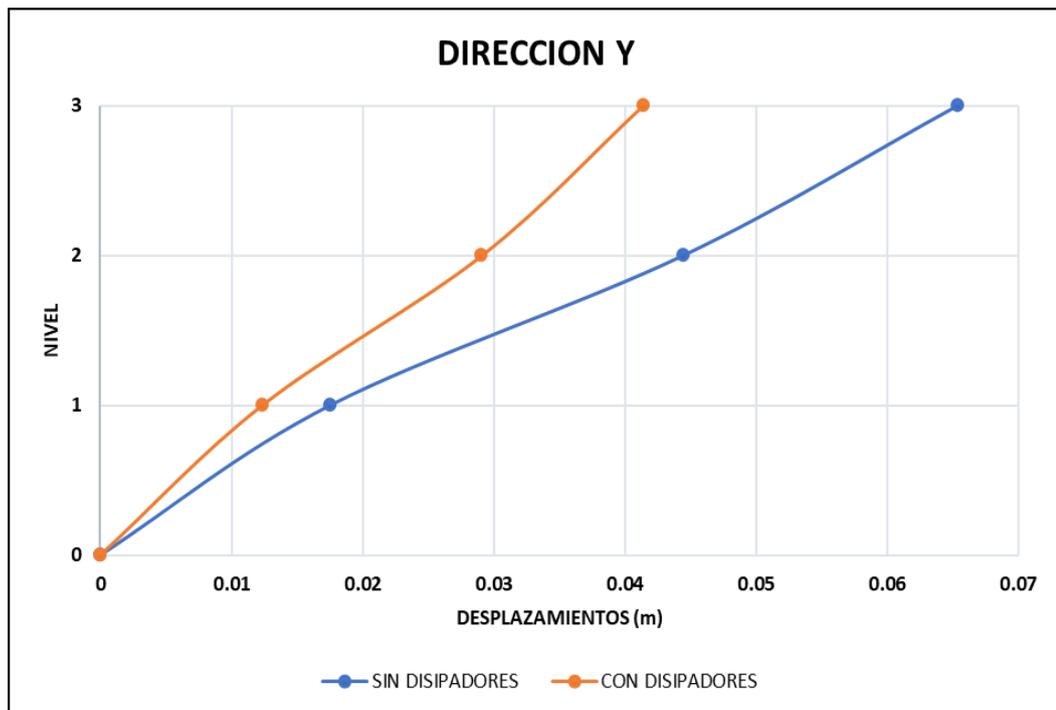
DIRECCION Y

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello disminuye el desplazamiento de un valor de 6.5cm a 2.9cm, obteniéndose así una reducción de 3.6cm lo que significa una reducción de 55% en términos de desplazamiento.

Tabla 26. Comparación de desplazamientos máximos en dirección Y.
(Elaboración propia)

DIRECCION Y			
Desplazamientos máximos Piso (m)			
Nivel (m)	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
3	12.75	0.06541	0.04137
2	8.50	0.04448	0.02909
1	4.25	0.01754	0.01235
0	0.00	0.00000	0.00000

Figura 58. Comparación de desplazamientos máximos en dirección Y.
(Elaboración propia)



5.1.3. Fuerzas cortantes

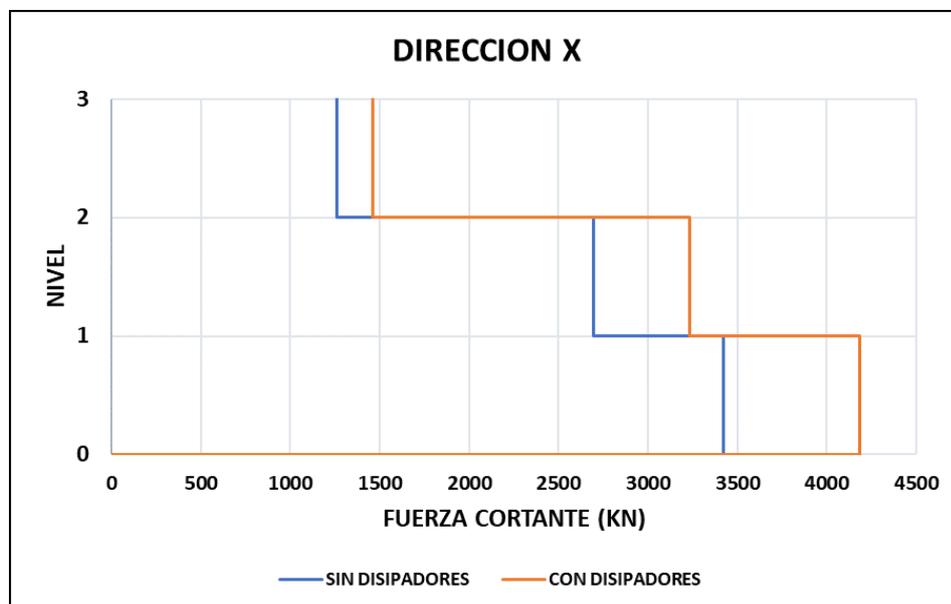
DIRECCION X

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello se incrementan las cortante basales en el edificio, la cortante basal del edificio sin disipadores es de 3422kN y al incluir los disipadores es de 4181kN, se obtiene con ello un aumento de 759kN, lo que significa un incremento de 22% respecto de la cortante del edificio sin disipadores. Se considera que la cortante incrementada no es significativamente grande como el beneficio en la reducción de derivas, por lo que se considera un método eficiente de reforzamiento.

Tabla 27. Comparación de fuerzas cortantes en dirección X. (Elaboración propia)

DIRECCION X			
Fuerzas Cortantes (KN)			
Nivel (m)	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
3	12.75	1260.999	1458.458
2	8.50	2694.543	3232.169
1	4.25	3422.054	4181.387
0	0.00	0.000	0.000

Figura 59. Comparación de fuerzas cortantes en dirección X. (Elaboración propia)



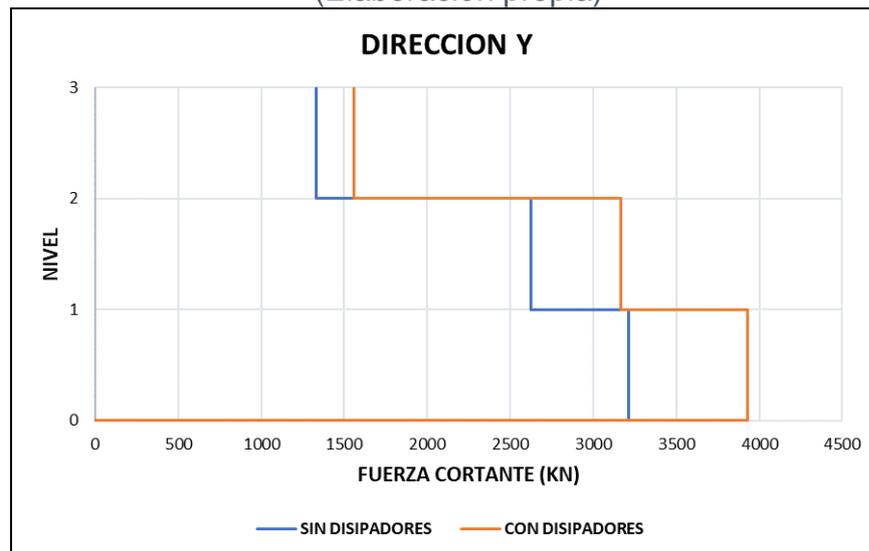
DIRECCION Y

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello se incrementan las cortante basales en el edificio, la cortante basal del edificio sin disipadores es de 3215kN y al incluir los disipadores es de 3932kN, se obtiene con ello un aumento de 717kN, lo que significa un incremento de 22% respecto de la cortante del edificio sin disipadores. Se considera que la cortante incrementada no es significativamente grande como el beneficio en la reducción de derivas, por lo que se considera un método eficiente de reforzamiento.

Tabla 28. Comparación de fuerzas cortantes en dirección Y. (Elaboración propia)

DIRECCION Y			
Fuerzas Cortantes (KN)			
Nivel (m)	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
3	12.75	1333.097	1556.042
2	8.50	2623.361	3164.530
1	4.25	3214.987	3932.291
0	0.00	0.000	0.000

Figura 60. Comparación de fuerzas cortantes en dirección Y. (Elaboración propia)



5.1.4. Periodos

Se observa que al agregar disipadores se incrementa la rigidez del edificio y por ello disminuye el periodo en ambas direcciones. En la dirección XX se reduce de 0.505seg a 0.366seg y en la dirección YY de 0.412seg a 0.331seg, se aprecia que la reducción es mayor en la dirección XX debido a que en esta dirección hay una mayor cantidad de disipadores.

Tabla 29. Comparación de periodos.

MODO	Sin disipadores	Con Disipadores	% Reducción
	Periodo (s)	Periodo (s)	
1	0.505	0.366	28%
2	0.412	0.331	20%
3	0.387	0.257	34%
4	0.166	0.129	22%
5	0.118	0.107	9%
6	0.114	0.089	22%
7	0.103	0.086	17%
8	0.06	0.058	3%
9	0.06	0.053	12%

	Tx	Ty
Sin disipadores	0.505	0.412
Con disipadores	0.366	0.331

5.1.5. Energía disipada

Con el acondicionamiento de disipadores en los pórticos de gran longitud se puede apreciar una mejor comportamiento y desempeño de la edificación resultando un promedio de 22% de energía adsorbida de la fuerza sísmica en promedio de todos los casos de pseudoaceleracion.

VI. CONCLUSIÓN

1. Se logra apreciar una mejora en la disminución de las derivas en la dirección X la cual fue de aproximadamente 9/1000, esto conlleva que no cumple con el límite de 7/1000 de la norma E.030 sismorresistente, con la incorporación de los disipadores SLB se logró disminuir en 4.6/ 1000, representa una reducción del 51% y con ello cumplir ampliamente la deriva límite establecida por norma.
2. Se puede apreciar que los desplazamientos de la edificación disminuyen de 9.3 cm a 4.8 cm obtenido una reducción de 4.5 cm en la dirección X, lo que representa el 48 % de reducción y deformaciones de la edificación.
3. Con el incremento de rigidez en ambas direcciones incorporando disipadores en los 3 niveles, se produjo a su vez un incremento de la cortante basal, por ejemplo, para la dirección X, de 3422KN sin disipadores a 4181KN que representa el 22%, un gran porcentaje de esta cortante incrementada serán disipadas por los dispositivos asignados en cada dirección. Se considera que la cortante incrementada no es significativamente grande como en el beneficio de la reducción de derivas, por lo que se considera un método eficiente de reforzamiento estructural.
4. La estructura sin disipadores produjo un periodo máximo en la dirección X con un valor de 0.505 segundos, incorporando los disipadores SLB se logró disminuir el periodo a un 0.336 segundo que representa 28% de reducción para el primer modo de vibración. Con ello se puede afirmar que se incrementó y mejor el desempeño de la edificación.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el reforzamiento estructural con diagonales metálicas cuando la altura de entre piso sean mayores a 2.5m ya que pueden tener un mejor comportamiento en cuánto a los muros desacoplados.
- Se recomienda utilizar este tipo de disipadores SLB para proteger las edificaciones esenciales en todo el país, ya que estas tienen que estar en un grado de operatividad frente a los fenómenos sísmicos.
- Este tipo de disipadores son los más económicos que existen en el mercado, por la facilidad de instalación y construcción, frente a otros sistemas de disipación de energía más costoso.
- Se recomienda utilizar este sistema de disipación de energía para reforzamientos estructuras existente o de gran antigüedad, con los procedimientos adecuados se puede rehabilitar este tipo de edificaciones.
- Se recomienda utilizar este tipo de disipadores en edificaciones de gran altura ya que permitirá reducir las derivas.

REFERENCIAS

- Bozzo , L., & Barbat , A. (2000). *Diseño sismorresistente de edificios. Técnicas convencionales y avanzadas*. Barcelona : Rivatec.
- Bozzo , L., Gonzales , H., Pantoja , M., Muñoz, E., & Ramirez, J. (21-23 August, 2019). *MODELING, ANALYSIS AND SEISMIC DESIGN OF STRUCTURES USING ENERGY DISSIPATORS SLB*. Lima: CISMID.
- Bozzo R., L., Pantoja , M., Gonzales, H., Muñoz , E., & Ramirez, J. (2019). *Modeling, analysis and seismic design of structures*. Obtenido de <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.713>
- Bozzo, L. (2019). *Análisis y Diseño utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB. Ejemplos de Aplicación*. Barcelona.
- Bozzo, L., & Gonzales , H. (2018). *Simulación de un ensayo en mesa vibrante de una estructura con dispositivos de disipación sísmica para*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya: <http://hdl.handle.net/2117/131255>
- Cliento, F., Ramirez, J., Nuzzo, I., Bozzo, L., Cateriano, N., & Serino, G. (2020). *COMPARISON OF SEISMIC DESIGN PROCEDURES FOR STRUCTURES EQUIPPED WITH HYSTERETIC DAMPERS. WORLD CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING, 17WCEE*.
- Comite AISC. (2016). *Base Plate and Anchor Rod Desing* . Berkeley.
- Committee, A. (2014). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14) and commentary*. Farmington Hills, Mich: American Concrete Institute (ACI),.
- ETABS. (2016). *Integrated Building Design Software. Computers and Structures, Inc., (CSI)*. Berkeley, CA.
- Hurtado, F., & Bozzo Rotondo, L. (2006). *Tesis doctoral: Propuesta de disipador genérico SL para edificios y su diseño sismorresistente*. barcelona .
- Morales, M. (2020). Método directo de diseño basado en desplazamientos (DDBD) aplicado a sistemas mixtos de hormigón armado. *Obras y Proyectos*, 28, 45-57. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132020000200045>

Reyes, O., Díaz, I., Ramos, A., & Martínez, J. O. (2021). Losa curva de hormigón armado para Centro de Convenciones. *Obras y Proyectos*, 29, 42-53. doi:<http://orcid.org/0000-0003-1969-1553>

Standar, c. a. (07 julio 1026). *Specification for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Constuction.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

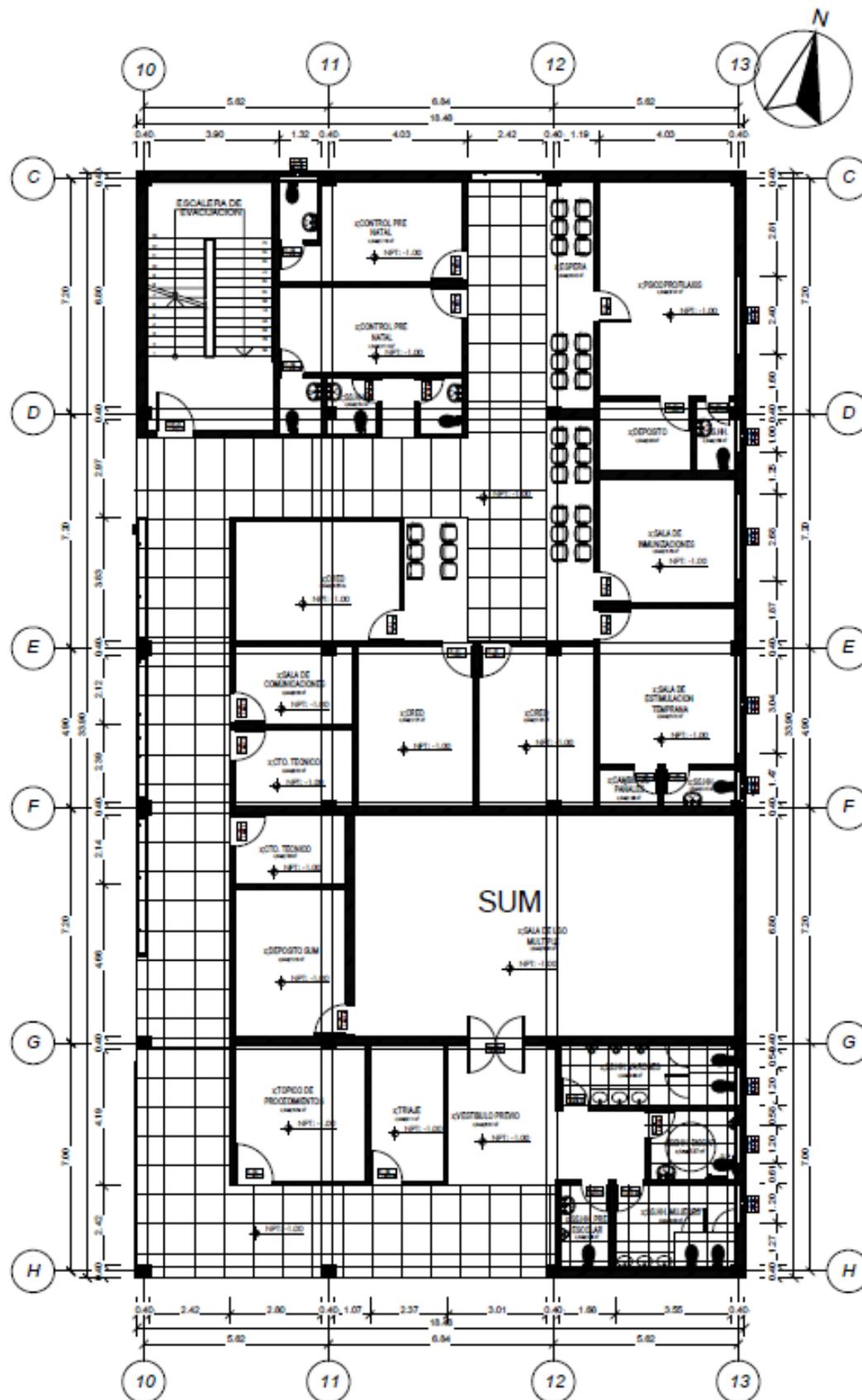
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	<u>Variable Independiente:</u> Utilización de disipadores sísmicos tipo SLB	CONSIDERACIONES GENERALES	Parámetros para el diseño estructural.	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Correlacional Enfoque de la investigación: Cuantitativo Diseño de la investigación: Descriptivo Población: Proyecto de construcción del centro de salud de Belepampa Muestra: el bloque corre ponentes al eje 10 -13 con el eje C-H que corresponde a salud de 3 pisos de los cuales está conformado por 1 sótano
¿De qué manera el uso de disipadores de energía tipo SLB, respecto al sistema convencional, reduce los daños causados por la actividad sísmica de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco?	Determinar las mejoras en el comportamiento estructural utilizando disipadores sísmicos tipo SLB, respecto al sistema convencional, para una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.	El comportamiento estructural utilizando disipadores sísmicos tipo SLB, se mejora significativamente respecto al sistema convencional, en la reducción de daños ocasionados por sismos de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.		DISIPADORES	Disipadores utilizados	
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO	<u>Variable dependiente:</u> Mejoramiento del comportamiento estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.	ANÁLISIS Y COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA	Análisis estructural antisísmico "disipador SLB en pórticos"	
¿Qué refleja los parámetros para el diseño estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco?	Determinar los Parámetros para el diseño estructural en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.	Los parámetros para el diseño estructural reflejan que el terreno es apropiado para el diseño estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.			Comparación de alternativas de análisis estructural.	
¿se cumple con la función de proteger todos los elementos estructurales no permitiendo el colapso de la estructura al realizar el análisis sísmo resistente con la incorporación de disipadores tipo SLB en los pórticos, para mejorar el comportamiento estructural de la edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco?	Realizar el análisis, evaluación y diseño de un sistema convencional en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.	El análisis estructural sismorresistente con dispositivos SLB, cumple con la función de proteger todos los elementos estructurales no permitiendo el colapso de las estructura en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de una edificación esencial de mediana altura en la ciudad de Cusco.				

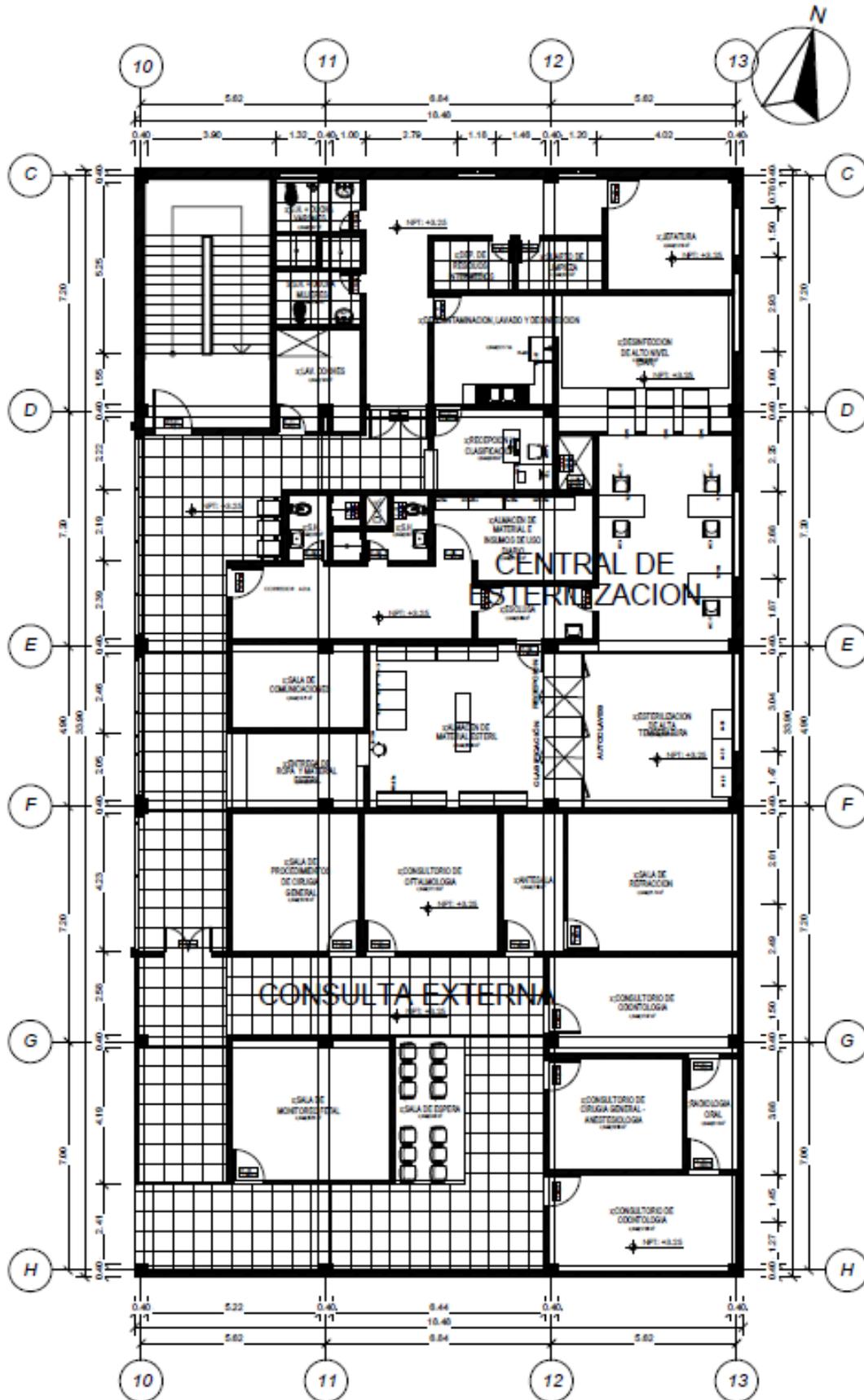
Anexo 2. Matriz de Operacionalización de variables.

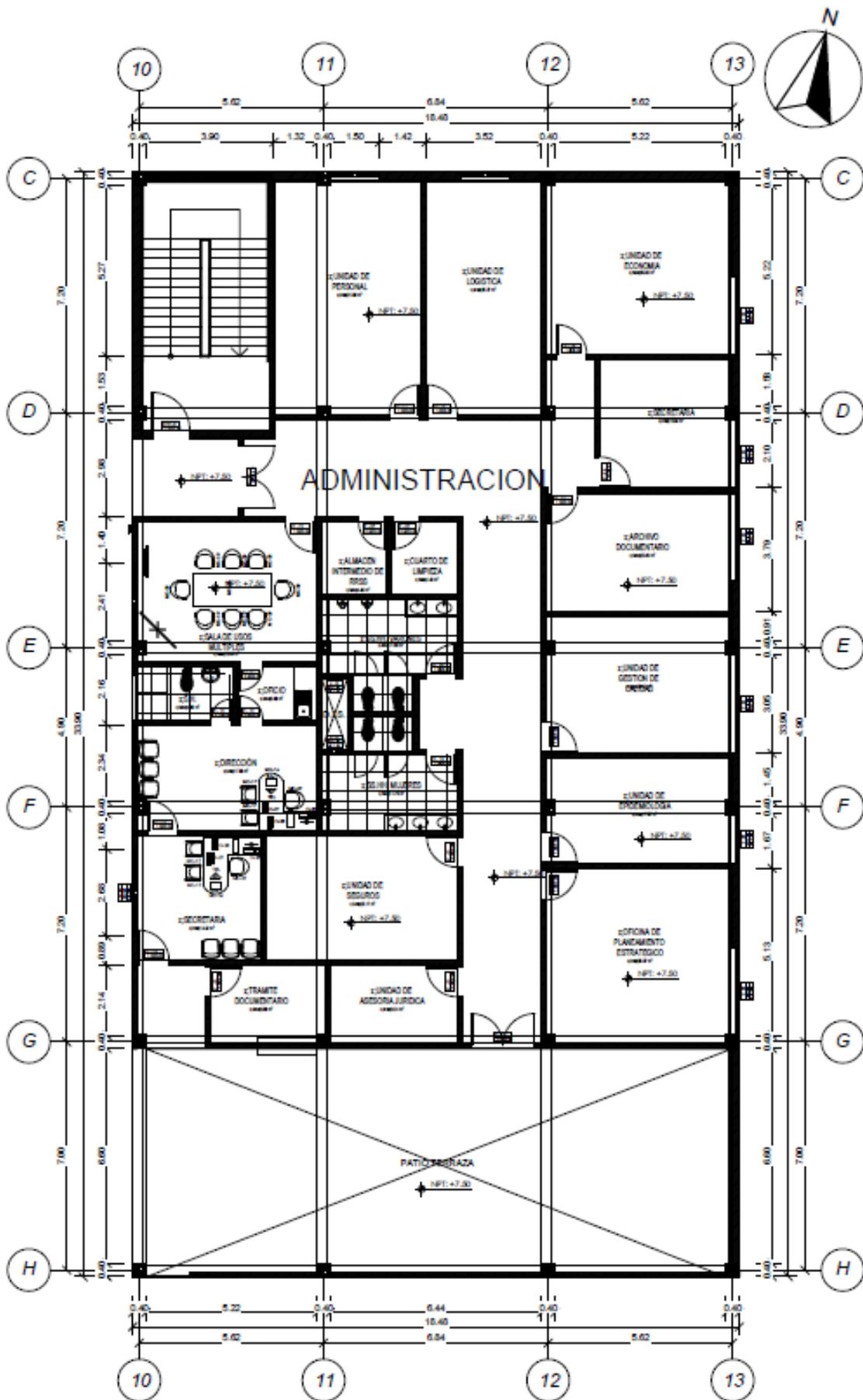
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Son dispositivos SLB son conexiones metálicas no lineales que se fundamentan en el incremento localizado de la ductilidad del edificio, permitiendo una reducción significativa en las fuerzas inducidas por un sismo de alta intensidad (Bozzo L.,2018)	ETABS VERSIÓN 2020	DIMENSIONES	Parámetros para el diseño estructural	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y DICHA TECNICA DE LOS ENSAYOS
UTILIZACIÓN DE DISIPADORES SÍSMICOS TIPO SLB				Análisis, evaluación y diseño de un sistema convencional.	
				Disipadores	
Variable dependiente	Es el procedimiento que contempla los criterios estáticos y dinámicos para el diseño de estructuras frente a fuerzas de sismo.(Bazan & Meli, 2001).	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	DUCTILIDAD RESISTENCIA RIGIDEZ	Análisis estructural sismo resistente “disipadores SLB en muros desacoplados “	UNIDADES INTERNCAIONALES.
DISEÑO SÍSMICO				Mejoramiento del comportamiento estructural	
				Energía dispada por los dispositivos SLB	

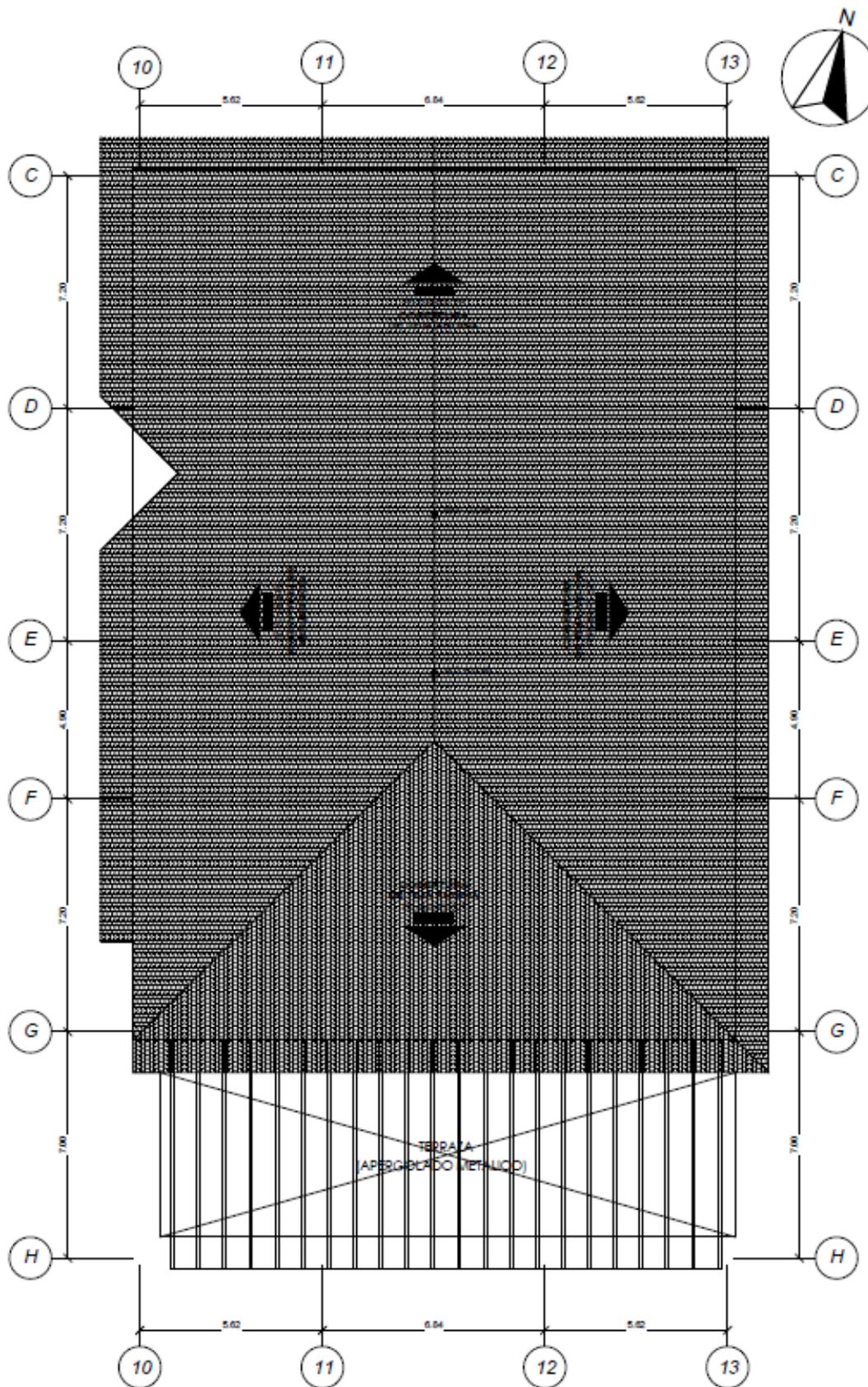
Anexo 3. Planos del anteproyecto del centro de salud











Anexo 4. Registros Sísmicos

Registro Sísmico Acomayo – Cusco

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC

STATION

STATION NAME : Gerencia Zonal
SENCICO
STATION CODE : SCCUS
STATION LOCATION : CUSCO
LATITUDE : -13.5252
LONGITUDE : -71.9623
ALTITUDE (m) : 130
ACCELEROMETER MODEL : Obsidian Kinematics
SAMPLING FREQUENCY
(Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE

EARTHQUAKE

DATE : 2022-08-25
ORIGIN TIME (Local) : 02:48:20
LATITUDE : -13.89
LONGITUDE : -71.73
DEPTH (km) : 12.0
MAGNITUDE : M 3.6
INFORMATION SOURCE : IGP

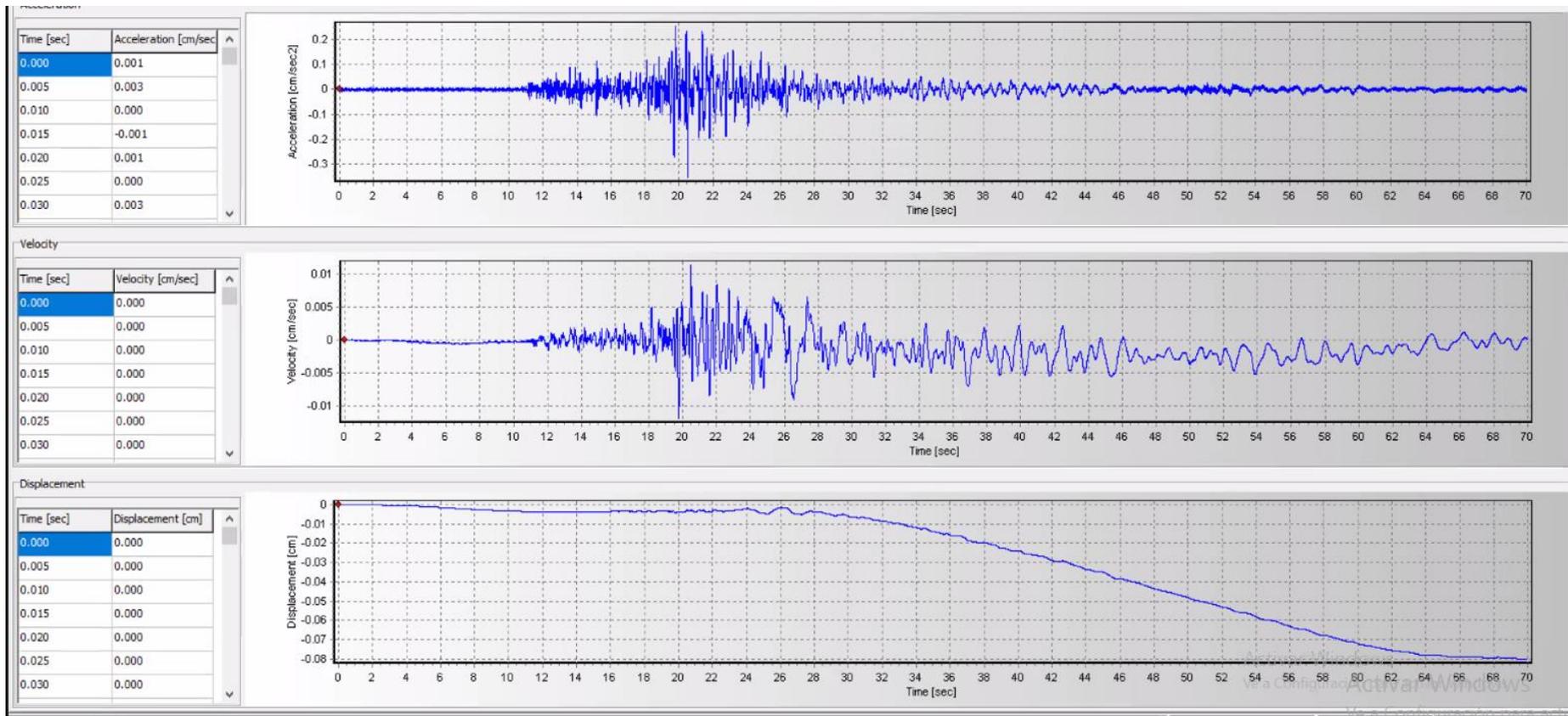
3. INFORMATION ABOUT THE RECORD

RECORD TIME (Local) : 2022-08-
25
07:48:20
NUMBER OF SAMPLES : 14000
MAXIMUM ACCELERATION : -0.35 0.20 -0.27
DATA UNITS : cm/s²

4. COMMENTS

BASELINE CORRECTED
ONLY

Figura 1C. registró sísmico de magnitud 3.6M



Registro Sísmico Acomayo – Cusco

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC

STATION

STATION NAME : Puente Piedra
STATION CODE : LIM006
STATION LOCATION : House, Puente Piedra, Lima
LATITUDE : -11.852
LONGITUDE : -77.074
ALTITUDE (m) : 194
ACCELEROMETER MODEL : CV-374A2 Tokyo Sokushin
SAMPLING FREQUENCY
(Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE

DATE : March 12, 2012
ORIGIN TIME (Local) : 01:34:36
LATITUDE : -14.22
LONGITUDE : -71.82
DEPTH (km) : 70.00
MAGNITUDE : 5.4 ML
INFORMATION SOURCE : IGP

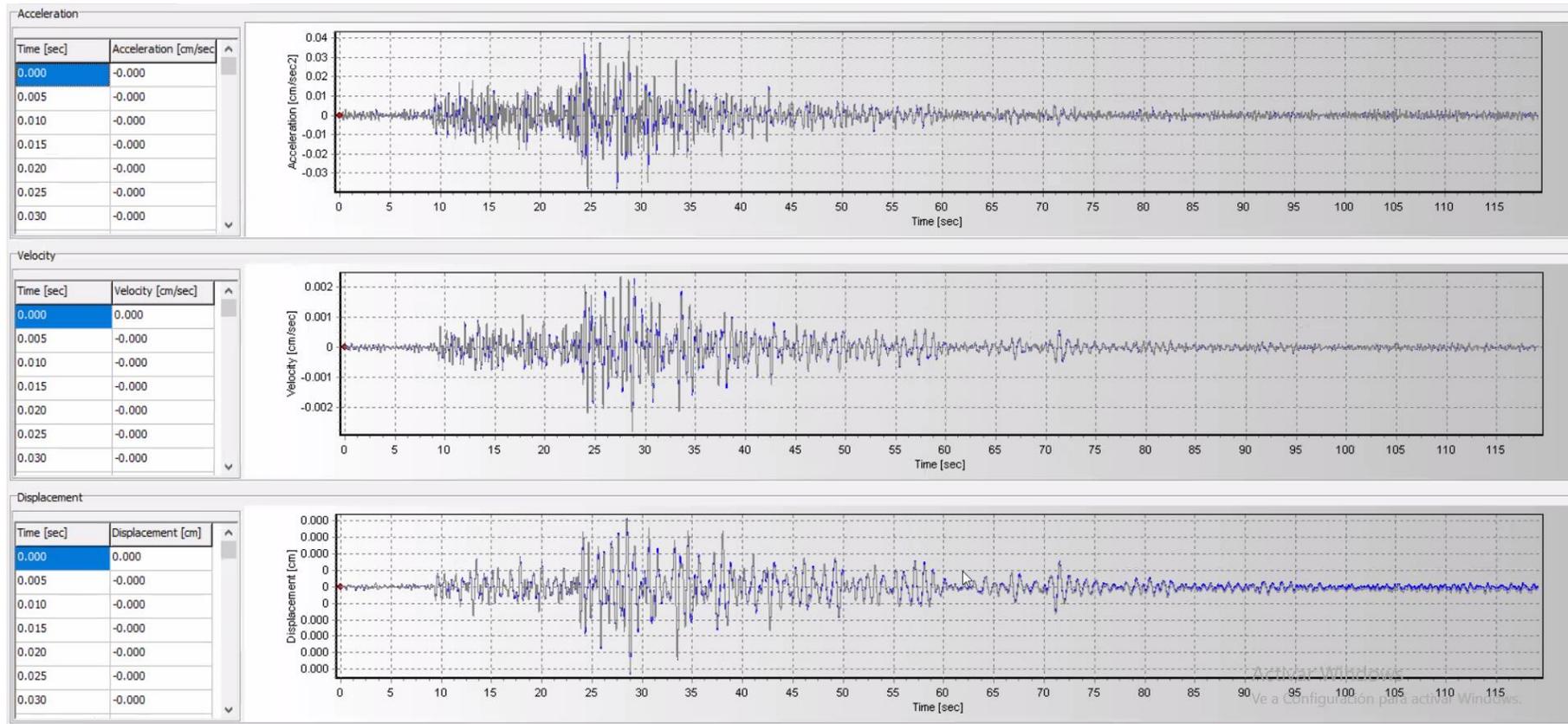
3. INFORMATION ABOUT THE RECORD

RECORD TIME (Local) : 01:35:34
NUMBER OF SAMPLES : 21200
MAXIMUM ACCELERATION : -1.73 1.37 0.60
DATA UNITS : cm/s²

4. COMMENTS

BASELINE CORRECTED

Figura 2C. registró sísmico de magnitud 3.7M



Registro Sísmico Puente Piedra

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC

STATION

STATION NAME : Gerencia Zonal SENCICO
STATION CODE : SCCUS
STATION LOCATION : CUSCO
LATITUDE : -
LONGITUDE : -
ALTITUDE (m) : 130
ACCELEROMETER MODEL : Acelerógrafo Analógico
SAMPLING FREQUENCY
(Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE

EARTHQUAKE

DATE : 2017-06-03
ORIGIN TIME (Local) : 09:37:51
LATITUDE : -14.46
LONGITUDE : -71.89
DEPTH (km) : 21
MAGNITUDE : 3.7 Mb
INFORMATION SOURCE : IGP

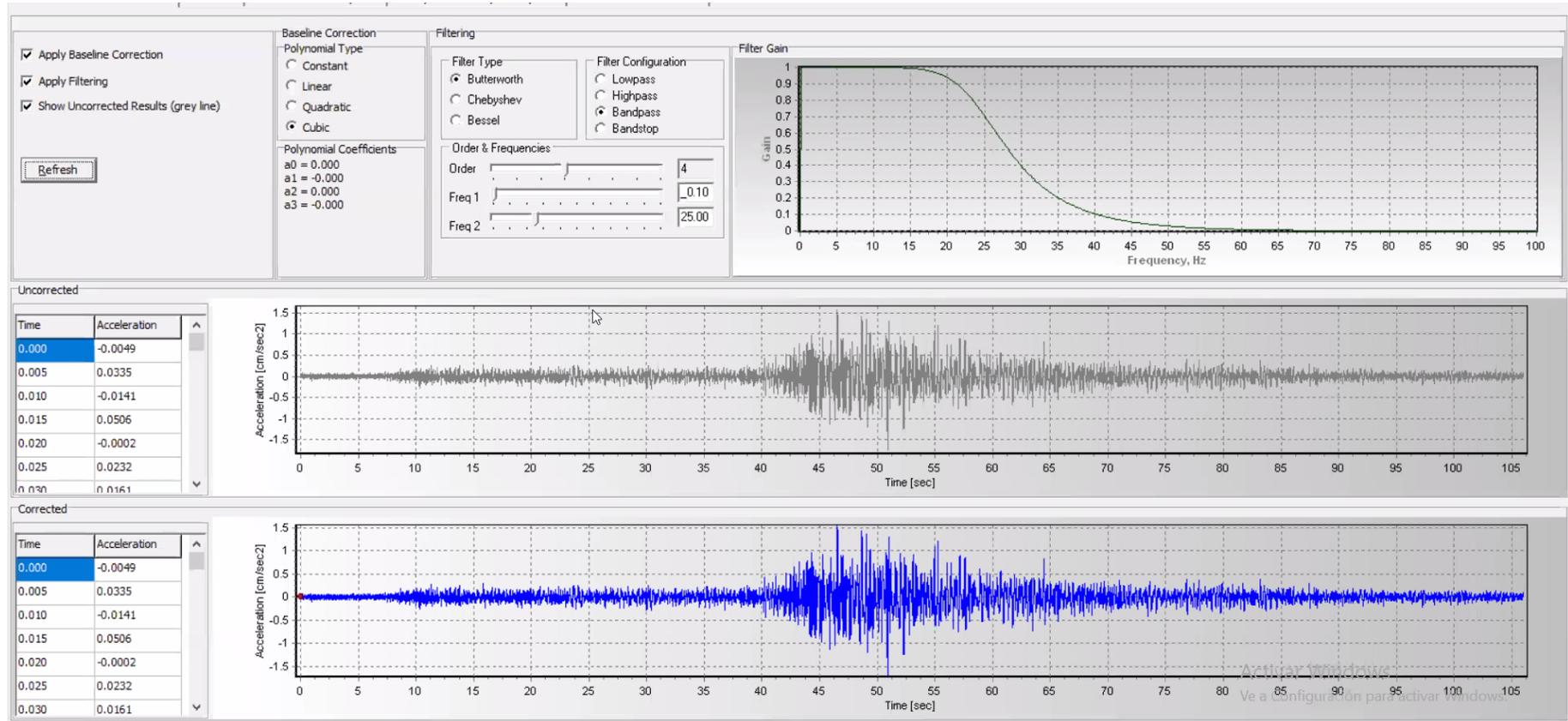
3. INFORMATION ABOUT THE RECORD

RECORD TIME (Local) : 2017-06-03T09:38:00
NUMBER OF SAMPLES : 23842
MAXIMUM ACCELERATION : 0.040000 0.040000 0.020000
DATA UNITS : cm/s²

4. COMMENTS

BASELINE CORRECTED

Figura 3C. registró sísmico de magnitud 5.4M



Anexo 5. Diseño de confinamiento de muro de albañilería

Determinar los confinamientos en el siguiente muro

Datos

Amarres soga: 10*14*24 cm

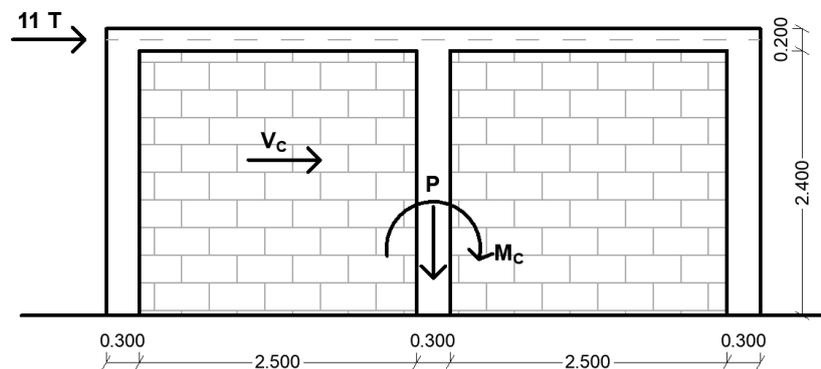
KK arcilla, mecanizada

$$f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$$

Losa aligerada h=20cm

B= 11 tomos, Me= 20 tan f – m

- CM= 7.00 tan f CV = 4.50 tan f
- Carga total sobre el muro.
- Vivienda: 3 pisos
- Columnas: 1 * 30 cm
- Juntas sin tratamiento
- Columnas sin muros transversales
- Estribos



Solución

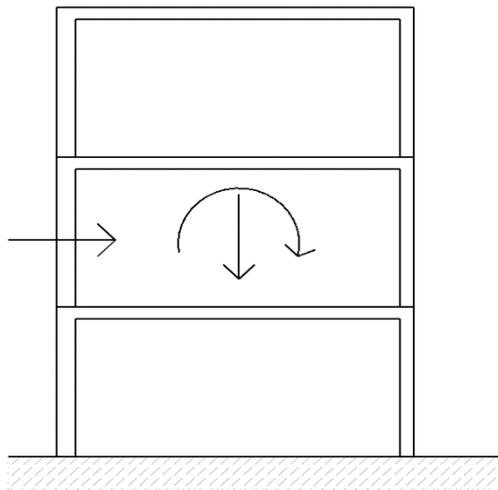
1.- compresión

$$\tilde{\sigma}_{adm} \geq \tilde{\sigma}_m$$

$$\tilde{\sigma}_m = \frac{P_m}{L * t} = (700 + 4500) \text{kgf}$$

$$\tilde{\sigma}_m = 1.39 \text{kgf/cm}^2$$

Segundo nivel



$$\tilde{\sigma}_{abm} = 0.2 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

$$\tilde{\sigma}_{abm} = 0.2 f_m \left[1 - \left(\frac{240}{35 * 14} \right)^2 \right]$$

$$\tilde{\sigma}_{abm} = 9.88 \text{kgf/cm}^2$$

$$\tilde{\sigma}_{abm} \leq 0.5 f'_m$$

$$\tilde{\sigma}_{abm} \leq 9.75 \text{kgf/cm}^2$$

Tomamos

$$\tilde{\sigma}_{abm} \leq 9.75 \text{kgf/cm}^2$$

$$\tilde{\sigma}_m = 1.39 \text{kgf/cm}^2$$

$$\tilde{\sigma}_{abm} > \tilde{\sigma}_m$$

Se cumple

2.- control de fisuración: $\tilde{\sigma}$

$$V_e = 0.55 V_m$$

$$V_e = 11000 \text{ kgf}$$

$$V_m = 0.50 V'_m * \alpha * t * (L + 0.23 P_g)$$

$$V_m = 0.50 V'_m * (8.10) * (1) * (14) * (590 + 0.23) * (8125)$$

$$V_m = 35321.75 \text{ kgf}$$

Verificar que

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

$$11000 \leq 0.55 (35321.75)$$

$$11000 \leq 19426.96 \text{ kgf}$$

Si

$$\alpha = \frac{V_e * L}{M_e} = \frac{11 \text{ton} * 5.90 \text{m}}{20 \text{ton} * m} = 3.25$$

$$P_g = P_D + \%P_L$$

$$P_g = 7000 + 0.25(4500)$$

$$P_g = 8125 \text{kgf}$$

No fisura ante el sismo figurado

3.- cargos de diseño

Factor de amplificación del sismo moderado a sismo severo

$$factor = \frac{V_{m_1}}{V_{e_1}} = \frac{35.32 \text{ tonf}}{11 \text{ tonf}}$$

$$factor = 3.21$$

Nota : factor máximo 3 y mínimo 2

$$Vu = 11 * 3 = 33tonf \quad \text{Sismo severo de diseño}$$

$$Mu = 20 * 3 = 60tonf.m$$

Diseño de columnas

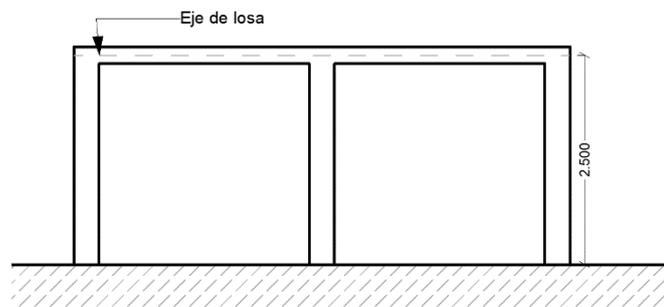
Columna extrema

$$Vc = 1.50 \frac{Vm_1 * Lm}{L(Nc+1)} \quad 2 \text{ paños iguales o el mayor paño } Lm = \frac{L}{2}$$

$$Vc = 1.50 \left(\frac{35321.75 \times \frac{590}{2}}{590 (3 + 1)} \right)$$

$$Vc = 6622.83 \text{ kgf}$$

$$M = Mu - \frac{1}{2} Vm * h$$



$$M = 60tn.m - \frac{1}{2} (35.32T.m) 2.50$$

$$M = 15.85 T.m$$

$$F = \frac{M}{L} = \frac{15.85}{5.90} = 2.69Tonf$$

$$Pc = \frac{Pg}{Nc} = \frac{8125kgf}{3} = 2708.33kgf$$

Tracción

$$T = F - Pc = 2690 - 2708.33 = -18.33, \text{ si sola } (-) \text{ se pone cero}$$

$$T = 0$$

$$C = F - P_c = 2690 - 2708.33 = 5398.33 \text{ kgf}$$

Acero vertical

$$A_{c_f} = \frac{V_c}{0.20 f'_c \cdot \phi} = \frac{6622.83}{0.20(175)(0.85)} = 222.62 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area de nucleo} = (15 - 5)(30 - 5) = 250 \text{ cm}^2$$

$$\therefore 250 > 222.62 \dots \text{cumple}$$

Fricción

$$A_{s_f} = \frac{V_e}{f_y \cdot \mu \cdot \phi} = \frac{6622.83 \text{ kgf}}{4200(0.80)(0.85)} = 2.32 \text{ cm}^2$$

Tracción

$$A_{s_t} = \frac{T}{\phi \cdot f_y} = 0$$

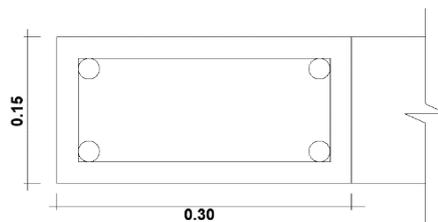
$$A_s = A_{s_f} + A_{s_t}$$

$$A_s = 2.32 \text{ cm}^2 + 0$$

$$A_{s_{min}} \geq 0.10 \frac{f'_c}{f_y} \cdot A_c = 0.10 \times \frac{175}{4200} \times 15 \times 30 = 1.88 \text{ cm}^2$$

“Elige el mayor “

$$A_s = 2.32 \text{ cm}^2 \quad 4\phi^{3/8} \rightarrow 2.84 \text{ cm}^2$$



Estribos

$\emptyset 1/4$ puede ser corrugado o liso $4\emptyset 3/8$

$$A \emptyset 1/4 = 0.32 \text{ cm}^2$$

chequeo de acero, cuando el acero es $3/8$ o $1/2$ usamos estribos $1/4$

Zona de confinamiento

L 45 cm

$$1.5d = 15 (30) = 450$$

coger el menor $\rightarrow L = 45 \text{ cm}$

$$S_1 = \frac{A_v \times f_y}{0.3 \times t_n \times f'c \left[\frac{A_c}{A_n} - 1 \right]}$$

$$A_v = 2 \text{ hiladas}$$

$$A_v = 2 (0.32 \text{ cm}^2)$$

$$A_v = 0.64 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = \frac{0.64 \times 4200}{0.3 \times 10 \times 175 \left[\frac{15 \times 30}{10 \times 25} - 1 \right]}$$

$$S_1 = 6.40 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{A_v \times f_y}{0.12 \times t_n \times f'c}$$

$$S_2 = \frac{0.64 \times 4200}{0.12 \times 10 \times 175}$$

$$S_2 = 12.8 \text{ cm}$$

$$S_3 = \frac{d}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}$$

$$S_4 = 10 \text{ cm}$$

$S = 6.40 \text{ cm} \rightarrow$ redondear hacia abajo 5 cm

Numero de estribos

$$N^{\circ} = \frac{L}{5} = \frac{45cm}{5} = 9 \text{ unidades de estribos}$$

Estribos $\phi 1/4$

1@ 0.05 ; 9@0.05; resto @ 0.25 C/E

Diseño de viga solera

$$T_s = V_m \times \frac{L_m}{2L} \quad L_m = \text{el mayor daño del muro y si son iguales } \frac{L}{2}$$

$$T_s = \frac{35321.75 \times 295}{2(590)}$$

$$T_s = 8830.44 \text{ kgf}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} = \frac{8830.44}{0.9(4200)} = 2.34cm^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.10 \times \frac{f'_c}{f_y} \times A_c$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.10 \times \frac{175}{4200} \times (25 \times 20)$$

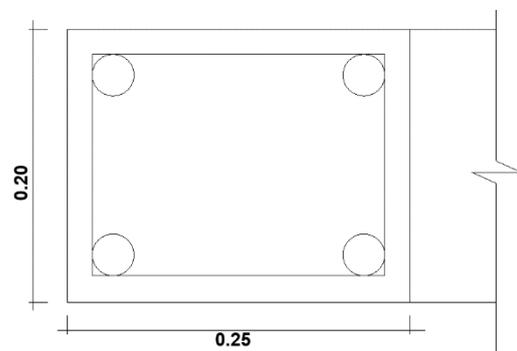
$$A_{s \text{ min}} = 2.08cm^2$$

el mayor

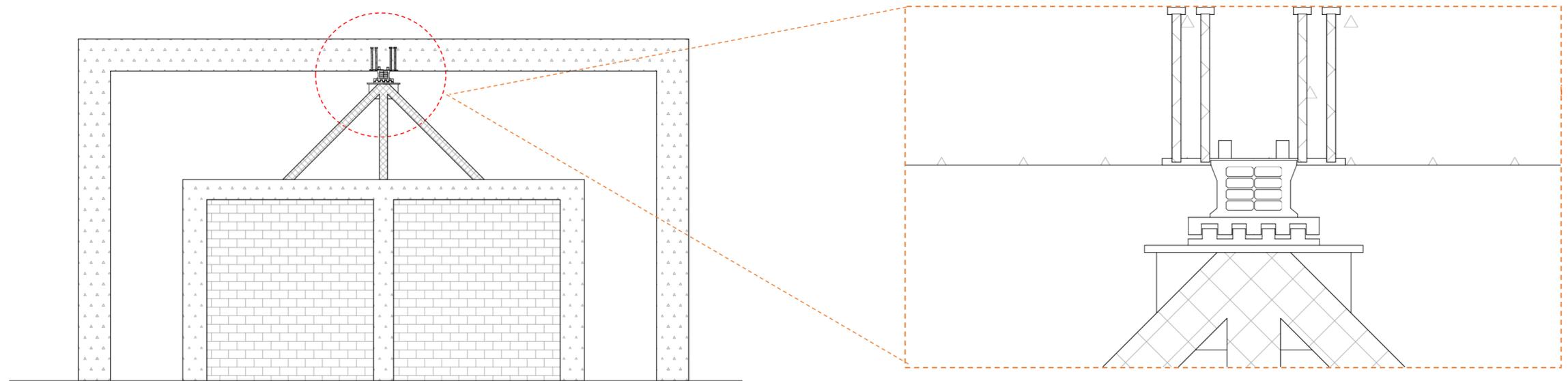
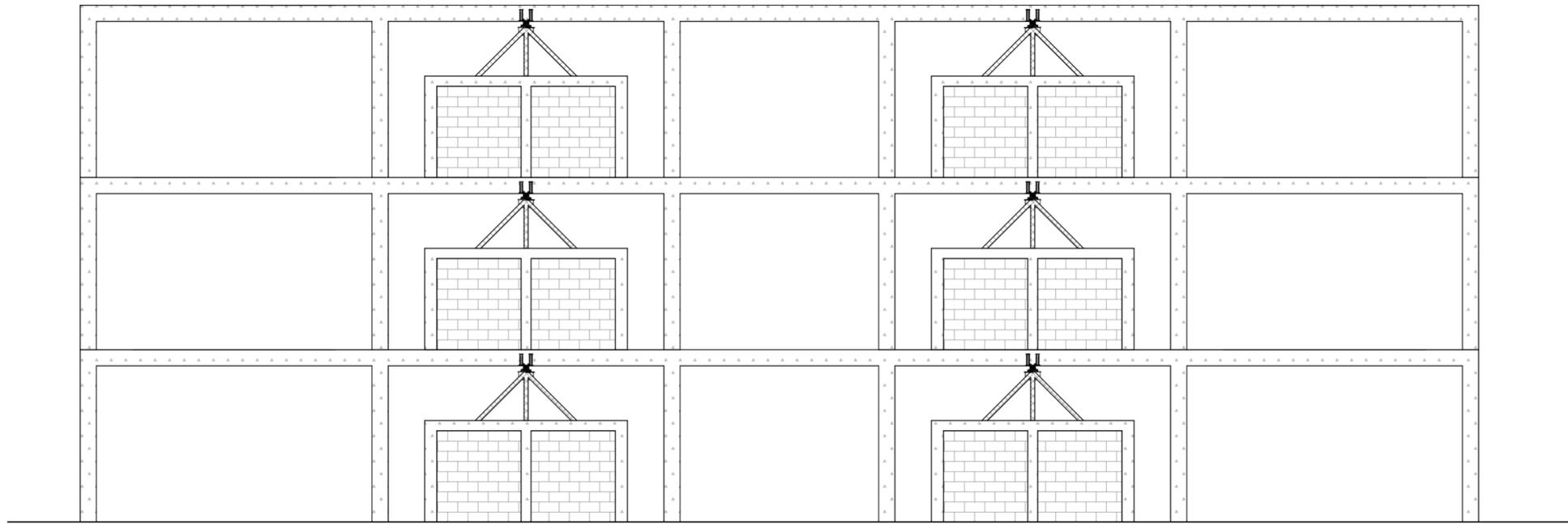
$$A_{s \text{ min}} = 2.34 \quad 4\phi 3/8$$

Estribo $\phi 1/4$

1 @ 0.05 ; 4@0.10; resto @ 0.25 C/E



Anexo 6. Detalles de muro desacoplado



Anexo 7. Estudio de Mecánica de Suelos



GRUPO ALLPA
Ingeniería y Construcción S.C.R.L.
Sección Laboratorio
Av. Costanera D-5, Wanchaq - Cusco- Cusco



1373-AL-SR-01

Estudio de Mecánica de Suelos

“Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB”



Fecha	N° de Revisión	Hecho por	Revisado por
05/09/22	0	T.A.D.C.	S.Q.C.

SOLICITA:

Jonatan Edgar Rodriguez Mejia

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

Departamento: Cusco
Provincia: Cusco
Distrito: Santiago

Cusco, septiembre de 2022

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	4
1.1. GENERALIDADES.....	4
1.2. OBJETIVO	4
1.3. UBICACIÓN	4
1.4. ANTECEDENTES.....	4
1.5. ACCESO	5
1.6. CLIMA	5
2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO	6
2.1. MARCO TEÓRICO.....	6
2.2. PROCEDIMIENTOS.....	8
2.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	9
2.4. MATERIALES	9
2.5. DATOS Y CÁLCULOS.....	9
3. GEOLOGÍA	9
3.1. GEOMORFOLOGÍA	9
3.2. ESTRATIGRAFÍA	10
3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	12
4. SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
5. REGISTROS Y ENSAYOS DE CAMPO	14
6. ENSAYOS DE LABORATORIO	14
7. ESTUDIO DE CAPACIDAD ADMISIBLE	15
7.1. CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE	15
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
9. ANEXOS	19
9.1. PANEL FOTOGRÁFICO	19
9.2. HOJAS DE CÁLCULO	20

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. TEMPERATURA PROMEDIO DIARIO DURANTE EL AÑO	5
GRÁFICO 2. PROBABILIDAD DIARIA DE PRECIPITACIÓN DURANTE EL AÑO	6
GRÁFICO 3. CLASIFICACIÓN RSCS – COMPORTAMIENTO PROMEDIO.	7

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. FACTORES DE FORMA Y PROFUNDIDAD MEYERHOF	7
TABLA 2. FACTORES SÍSMICOS DEL SUELO SEGÚN RNE E.030.....	14
TABLA 3. RESUMEN DE REGISTROS DE CAMPO	14
TABLA 4. RESUMEN DE ENSAYOS BÁSICOS DE LABORATORIO	14
TABLA 5: VALORES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	15
TABLA 6: CAPACIDAD ADMISIBLE EN TERRENO NATURAL, PARA EMPOTRAMIENTO A 1.80 M.....	16
TABLA 7. REGISTROS DE CAMPO	17
TABLA 8. ENSAYOS BÁSICOS DE LABORATORIO.....	17
TABLA 9: CAPACIDAD ADMISIBLE EN TERRENO NATURAL, PARA EMPOTRAMIENTO A 1.50M	18

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN REFERENCIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	4
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CUSCO	9
FIGURA 3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LAS UNIDADES GEOLOGICAS DE CUSCO	11
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL MAPA GEOTECTÓNICO DE CUSCO	12
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LAS ZONAS SÍSMICA DEL PERÚ	13
FIGURA 6. ESQUEMA GEOTÉCNICO	16
FIGURA 7: CAPACIDAD Y CARGA ADMISIBLE CIMENTACIÓN FLEXIBLE, DF=1.80M, TERRENO NATURAL	17

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Generalidades

A solicitud de Jonatan Edgar Rodríguez Mejía, se realiza un Estudio de Mecánica de Suelos para el proyecto “Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belepampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB”.

El presente estudio contiene: estudios preliminares, registros y ensayos in situ, ensayos de laboratorio, estudio de capacidad admisible, conclusiones y recomendaciones correspondientes a la zona de estudio.

1.2. Objetivo

El fin del presente estudio es, a partir de los registros y ensayos, indicar la capacidad admisible del suelo en la zona de estudio.

1.3. Ubicación

Ubicación Política

El proyecto se ubica en la jurisdicción del distrito de Santiago, provincia de Cusco y departamento de Cusco.

Ubicación Geográfica

La zona de estudio se encuentra a $13^{\circ}31'29.2''$ latitud sur y $71^{\circ}58'44.1''$ longitud oeste en coordenadas geográficas y a 177524.7 este, 8502871.2 norte, huso 19 y hemisferio sur en coordenadas UTM - sistema WGS84 a una altitud de 3388 m.



Figura 1. Ubicación referencial de la zona de estudio
Fuente: Google Earth

1.4. Antecedentes

El uso del suelo de la zona de estudio anteriormente era para fines de cultivo.

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>



1.5. Acceso

La zona de estudio se encuentra dentro de la ciudad de Cusco.

1.6. Clima

La zona de estudio se encuentra en el distrito de **Santiago**.

En Santiago, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es fresco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 0 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de -2 °C o sube a más de 22 °C.

Temperatura

La temporada templada dura 2.3 meses, del 18 de setiembre al 27 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 18 °C. El mes más cálido del año en Cuzco es noviembre, con una temperatura máxima promedio de 19 °C y mínima de 6 °C.

La temporada fresca dura 2.7 meses, del 31 de diciembre al 23 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El mes más frío del año en Cuzco es Julio, con una temperatura mínima promedio de 0 °C y máxima de 18 °C.

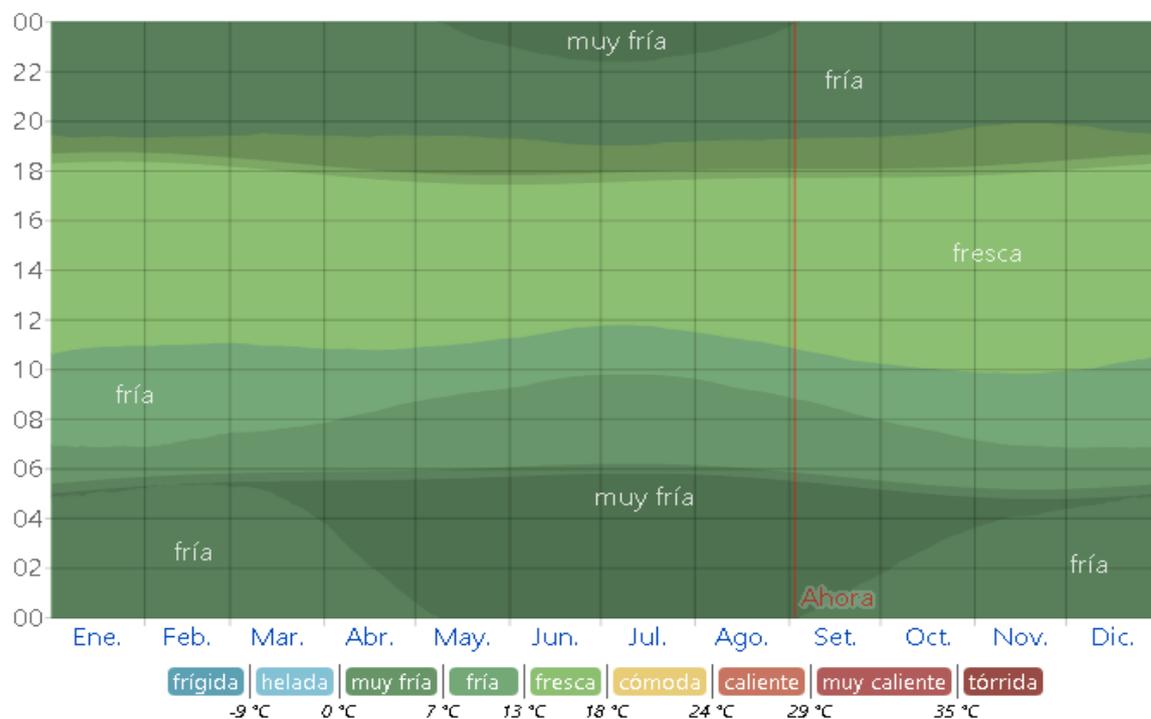


Gráfico 1. Temperatura promedio diario durante el año

Fuente: weatherspark.com

Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido.

La temporada más mojada dura 4.4 meses, de 16 de noviembre a 30 de marzo, con una probabilidad de más del 27 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Santiago es enero, con un promedio de 15.5 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 7.6 meses, del 30 de marzo al 16 de noviembre. El mes con menos días mojados en Santiago es Julio, con un promedio de 0.8 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Santiago es enero, con un

promedio de 15.5 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 51 % el 15 de enero.

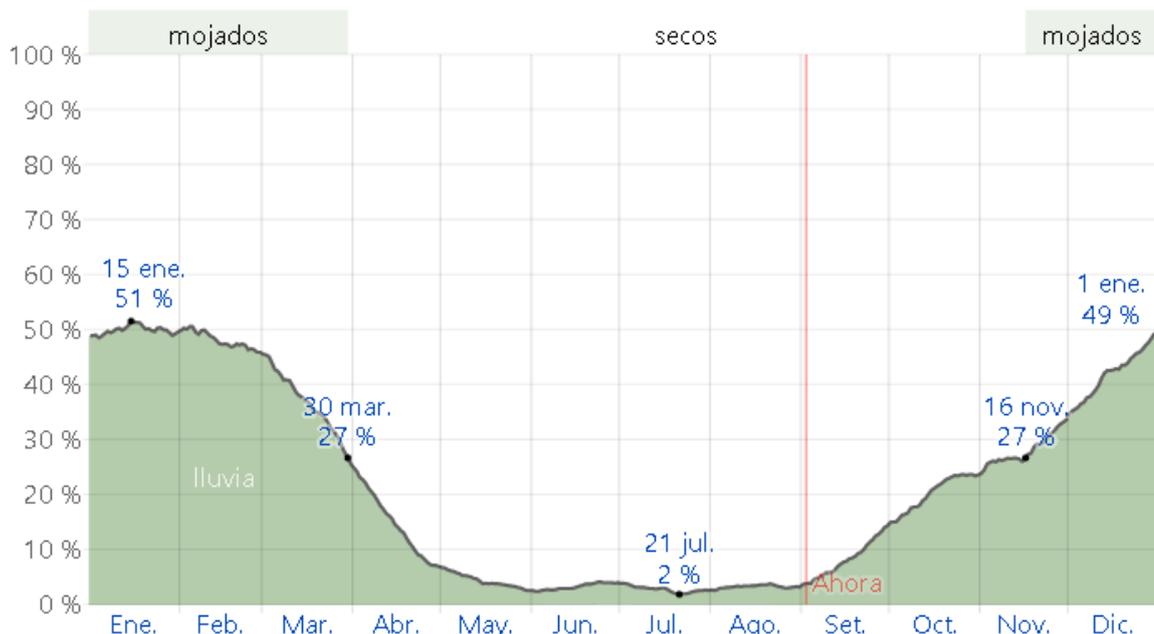


Gráfico 2. Probabilidad diaria de precipitación durante el año

Fuente: weatherspark.com

2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología de estudio se basa en los siguientes estudios y ensayos:

- Geología del área de estudio.
- Sismicidad del área de estudio.
- Registros y ensayos de campo (muestreo y DPL).
- Ensayos de laboratorio (contenido de humedad natural, límites de consistencia, granulometría, clasificación SUCS).
- Estudio de capacidad admisible.

2.1. Marco teórico

El marco de estudio del presente estudio se ha realizado con base en las siguientes referencias:

- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundations*. Arizona: John Wiley & Sons, Inc.
- Park, J., & Santamarina, J. (2017). Revised Soil Classification System for Coarse-Fine Mixture. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*.

Evaluación de propiedades

Para determinar los ensayos necesarios para caracterizar las muestras de suelo y roca, para el presente estudio, se utiliza el Sistema Revisado de Clasificación de Suelos que, con base en relaciones volumétricas y participación en peso de la grava, la arena y el suelo fino, estima que fracción o fracciones de suelo y roca influyen predominantemente sobre la resistencia y la permeabilidad.

El sistema, además, recopila relaciones empíricas para determinar relaciones volumétricas, en el caso de materiales granulares, en función de la forma y la distribución de las partículas, y en el caso de materiales finos, en función de los límites de consistencia.

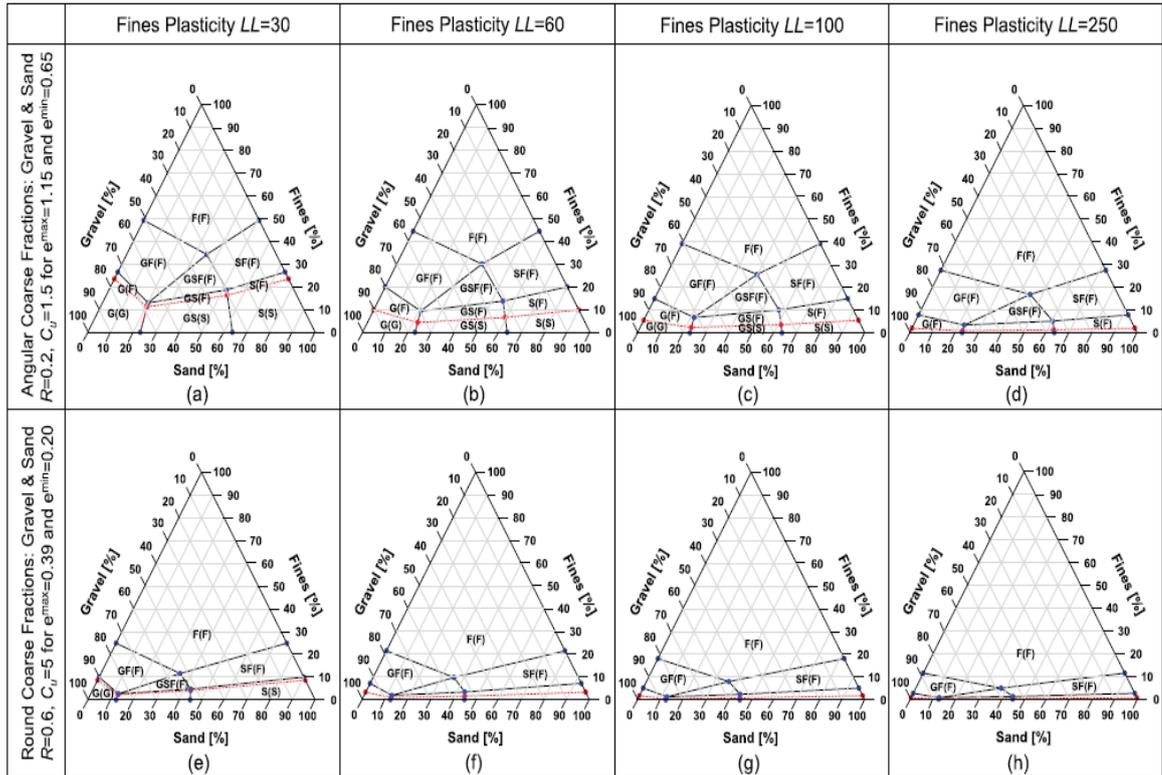


Gráfico 3. Clasificación RSCS – Comportamiento promedio.

Capacidad admisible

Capacidad Portante

Para la capacidad admisible sin mejoramiento, la capacidad de carga se ha analizado usando la fórmula de Meyerhof.

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s}$$

Donde:

q_u : capacidad última de carga

q_{adm} : capacidad admisible de carga

F_s : factor de seguridad (3)

γ : peso unitario del suelo

B : Ancho de la cimentación,

q : Sobrecarga por empotramiento de zapata ($q = \gamma \cdot D_f$)

N_c, N_γ, N_q : parámetros de capacidad portante en función de ϕ

S_c, S_γ, S_q : Factores de forma (Meyerhof),

d_c, d_q y d_γ : Factores de Profundidad.

Los factores de forma y profundidad de Meyerhof se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Factores de forma y profundidad Meyerhof

Factores de forma (Meyerhof)	
Para $\phi = 0$	Para $\phi \geq 10$
$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$	$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>



$s_q = s_\gamma = 1$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L}\right) \cdot \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$
Factores de profundidad (Meyerhof)	
Para $\phi = 0$	Para $\phi \geq 10$
$d_c = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B}\right)$	$d_c = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B}\right) \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$
$d_q = d_\gamma = 1$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \left(\frac{D_f}{B}\right) \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$

Verificación de capacidad admisible por asentamiento

Debido al tipo de estructura, podrían permitirse asentamientos admisibles de 2.56 cm.

Para determinar el asentamiento de la cimentación sobre el terreno de fundación se ha utilizado el método elástico para el cálculo de asentamientos inmediatos mediante la siguiente relación:

$$s_i = \frac{q_{ad} B (1 - \mu^2)}{E_s} \cdot I_f$$

$$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$$

Donde:

- S_i : Asentamiento producido en cm
- μ : Coeficiente de Poisson
- I_f : Factor de forma (cm/m)
- E_s : Módulo de elasticidad (t/m²)
- q_{ad} : Capacidad admisible (t/m²)
- B : Ancho de la cimentación
- L : Longitud de la cimentación
- B_z : Parámetro en función de las dimensiones de la cimentación

2.2. Procedimientos

Según el marco teórico mencionado, la norma E.050 Suelos y Cimentaciones, y los tipos de suelo y roca de la zona de estudio, se han seleccionado los procedimientos indicados en los siguientes ítems.

Los procedimientos para la realización de ensayos del presente estudio se han realizado con base en las siguientes normas:

Registros y ensayos de campo

- NTP 339.159 Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL).
- MTC E 101 Muestreo de Suelos y Rocas, con referencia en la norma ASTM D 420 Guide to Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes.
- MTC E 104 Conservación y Transporte de Muestras de Suelos, con referencia en la norma ASTM D 4220 Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- MTC E 105 Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo), con referencia en la norma NTP 339.089: Suelos. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).

Ensayos de laboratorio

- MTC E 108 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo, con referencia en las normas ASTM D 2216 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water

(Moisture) Content of Soil and Rock by Mass y AASHTO T 265 Standard Method of Test for Laboratory Determination of Moisture Content of Soils.

- MTC E 106 Preparación en Seco de Muestras para el Análisis Granulométrico y Determinación de las Constantes del Suelo, con referencia en la norma ASTM D 421 Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle – Size Analysis and Determination of Soil Constants.
- MTC E 107 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado, con referencia en las normas ASTM D 422 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils y AASHTO T 88 Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils.
- ASTM D 2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).

2.3. Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas utilizados en la realización del presente estudio son los recomendados en las normas mencionadas en el anterior ítem.

2.4. Materiales

Los materiales fueron extraídos de la zona de estudio, consistente en: muestras alteradas en bolsas plásticas y muestras alteradas en latas selladas.

2.5. Datos y cálculos

Los datos y cálculos se encuentran en los anexos.

3. GEOLOGÍA

3.1. Geomorfología

El área de estudio se encuentra, según la información del INGEMMET en la Unidad Geomorfológica Local de Valle Del Vilcanota Urubamba, en la Unidad Geomorfológica Regional de la Cordillera Oriental, cuyas descripciones, en relación a la zona de estudio, se dan a continuación:

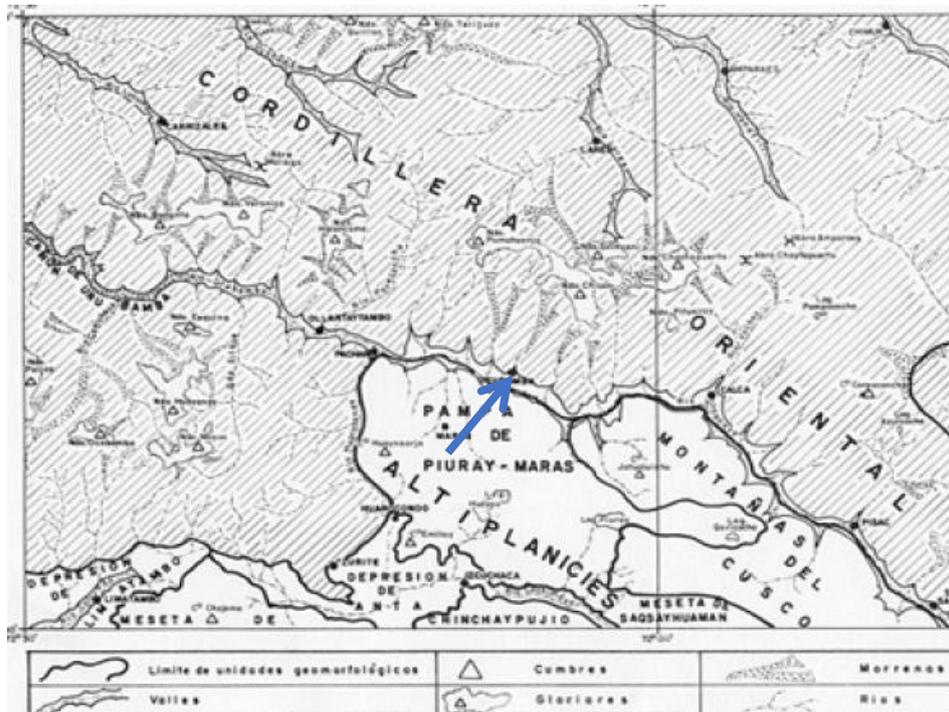


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio en las Unidades Geomorfológicas de Cusco

Fuente: INGEMMET

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>



Unidad Geomorfológica Regional Cordillera Oriental

Es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada, que ocupa gran parte de los cuadrángulos en su parte occidental y septentrional. Esta unidad está bordeada por fallas NO-SE. Las partes más elevadas frecuentemente se hallan con glaciares (Foto 2), los que muestran signos de retroceso y evidencias de anteriores glaciaciones. El límite inferior de las nieves se halla por lo general a 4,800 msnm. Además de los glaciares se aprecian, circos, valles en U y morrenas.

Las rocas que afloran en la Cordillera Oriental son metamórficas del Paleozoico inferior y rocas volcánicas del Grupo Mitu (Permo-Triásico), las que se hallan cortadas por rocas intrusivas del Permiano inferior. La tectónica se manifiesta por pliegues asociados a un metamorfismo, fallas inversas y cabalgamientos.

Unidad Geomorfológica Local Valle del Vilcanota Urubamba

Considerado como un valle interandino, que, en la zona de estudio, se puede dividir en dos segmentos: el primero que va de San Salvador a Pachar, donde constituye el límite entre las Altiplanicies y la Cordillera Oriental; en tanto, el segundo que va de Pachar a Machu Picchu, corta la Cordillera Oriental separando la Cadena de Huayanay-Paljay de la Cadena Verónica-Bonanta. En el primer tramo el valle presenta una dirección preferencial SEE a NOO. El inicio del valle en los cuadrángulos lo hace a una altitud de 3,000 msnm, con terrazas amplias, como las de Pisac, Lamay, Arín, Huarán, Huayllabamba y Yucay; mientras que el segundo tramo aparece a una altitud de 2,262 msnm.

El primer tramo corresponde a un valle ancho, que en algunos sectores sobrepasa los 1,000 m, mostrando una evolución madura cuyo cauce forma canales entrelazados. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas. En los bordes se observan importantes conos aluviales, como el de las quebradas Pumahuanca, Chicón, Calca, etc.

A partir de la localidad de Chilca hasta Santa Teresa se desarrolla el Cañón de Urubamba, por donde el río atraviesa rocas muy resistentes de la Formación Ollantaytambo y el Batolito de Machu Picchu. Aquí las paredes del valle son empinadas y elevadas. Los principales afluentes del río Urubamba lo constituyen los ríos Jochoc, Huaynapata, Carmen, Patacancha en su parte septentrional, mientras que en su parte meridional lo constituyen los ríos Pahuayoc, Huarcondo, Silque y Cusichaca, los que presentan un drenaje subparalelo. Los afluentes de estos ríos secundarios, presentan un drenaje dendrítico

3.2. Estratigrafía

El área de estudio se encuentra, según la información del INGEMMET, en la formación San Sebastián sobre depósitos aluviales y cuyas descripciones, en relación a la zona de estudio, se dan a continuación:

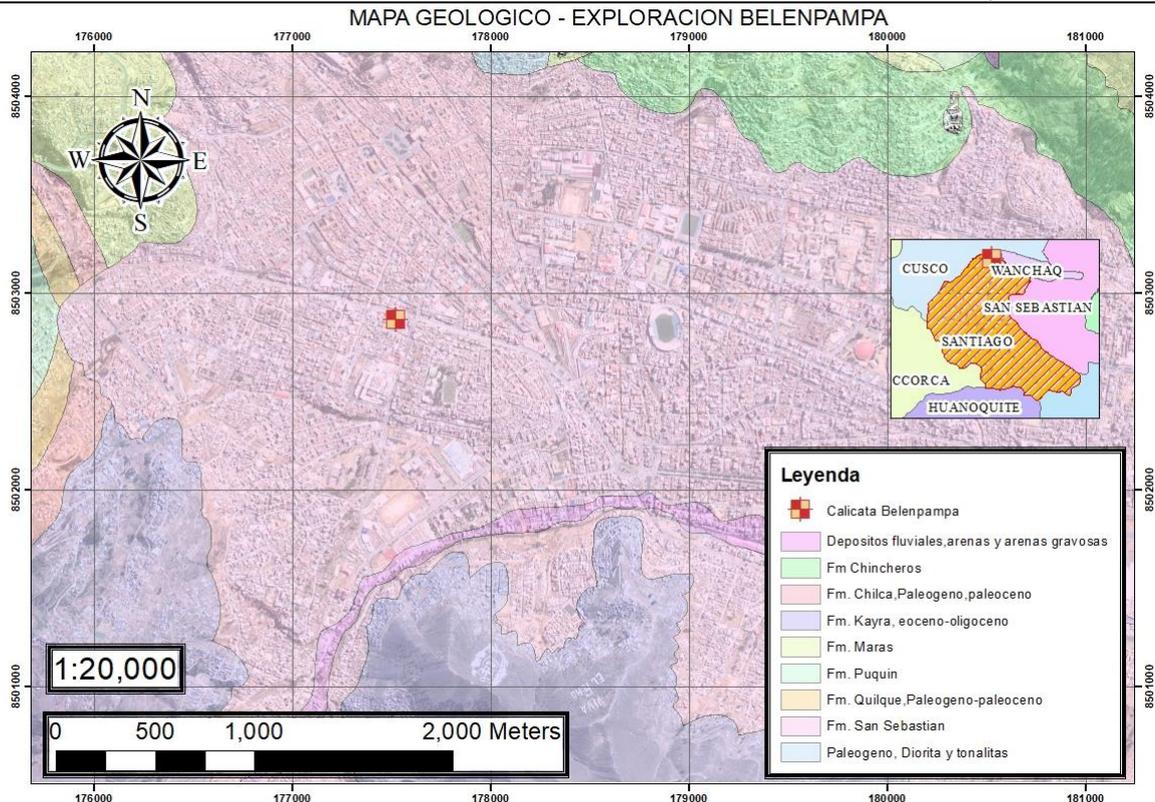


Figura 3. Ubicación de la zona de estudio en las Unidades Geológicas de Cusco
 Fuente: INGEMMET

Formación San Sebastián

Definición y relaciones estratigráficas: Esta unidad está caracterizada por formar dos secuencias: la primera, grano decreciente, está constituida por secuencias de areniscas fluviales de canales entrelazados deltaicos, y lutitas lacustres o palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. La segunda, grano creciente, está compuesta por conglomerados y areniscas de conos-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca. Este cierre está expuesto por la presencia de estructuras compresivas sinsedimentarias.

En la depresión de Ccatca también se ha identificado a la Formación San Sebastián, denominada Formación Ccatca. Se trata de sedimentos esencialmente fluvio-lacustres que tienen un espesor de 70 m. Las facies proximales están ubicadas en la parte noroccidental de la cuenca y se trata de secuencias torrenciales y ríos que evolucionan a secuencias fluvio-lacustres en la parte superior, y también lateralmente hacia el oriente donde aparecen las facies lacustres y palustres.

En Ayusbama, esta unidad está compuesta por arcilla, arena fina, ceniza y turba, en algunos lugares sobre capas de conglomerados con espesores que pasan los 50 m. Corresponde a un pequeño lago represado posiblemente por morrenas glaciares en una pequeña depresión. Aquí se encuentra un importante yacimiento de fósiles vertebrados.

Edad: La presencia de una gran variedad de fósiles vertebrados y de palinomorfos ha permitido datar esta formación como del Pleistoceno.

Formación Kayra

Definición y relaciones estratigráficas: Está esencialmente constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. Este conjunto se desarrolló en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación. La parte media-superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado.

Formación Chilca

Definición y relaciones estratigráficas: Para la región de Cusco, Carlotto, (1992) indica que esta unidad se encuentra en los mismos lugares donde aflora la Formación Quilque, aunque en la mayoría de los casos se halla erosionada parcialmente. Esta formación se encuentra en discordancia erosional sobre la Formación Quilque (Paleoceno inferior) y bajo la Formación Kayra (Eoceno inferior).

Formación Maras

Definición y relaciones estratigráficas: La Formación Maras está compuesta básicamente por yesos, intercaladas con lutitas rojas y más escasamente lutitas verde y algunos niveles de calizas de grosores delgados (3 a 7 metros). Las lutitas serían de origen lacustre o marino poco profundo, los yesos de sabkha y las calizas indicarían máximos transgresivos. El grosor total de esta unidad es difícil calcular, pero se puede estimar entre 100 y 200 metros, aunque en algunos lugares pueden sobrepasa los 400 metros debido a efectos diapíricos y tectónicos.

La edad Albiana media de la Formación Maras es asumida, en base a su posición estratigráfica y por correlaciones; ya que infrayace a las calizas de la Formación Ayavacas del Albiano superior-Turoniano.

Formación Chincheros

Definición y relaciones estratigráficas: En general, los diferentes elementos clásticos que componen la Formación Chinchero provienen de la erosión de las formaciones Maras, Ayabacas y Puquín, es decir calizas, yesos y lutitas de diferentes colores. Los depósitos corresponden a conos aluviales torrenciales. El espesor es variable, con un máximo de 200 m y está compuesto por secuencias grano decrecientes y estratos decrecientes (Cabrera, 1988). Esta unidad evoluciona de secuencias de conos torrenciales interestratificadas con brechas en la parte intermedia, a medios fluvio-torrenciales con elementos ligeramente redondeados en la parte superior.

Material Cuaternarios – Depósitos Fluviales

Se presentan en las márgenes de los ríos Huatanay y Lucre a manera de terrazas. Están conformados por bancos de gravas y arenas. Las terrazas bajas constituyen zonas vulnerables, ya que durante las avenidas máximas son afectadas por inundaciones y erosiones, por lo que no se deben construir viviendas en ellas.

3.3. Geología Estructural

El área de estudio se encuentra, según la información del INGEMMET, cerca de la Falla Cusco, cuya descripción, en la relación a la zona de estudio, se da a continuación:

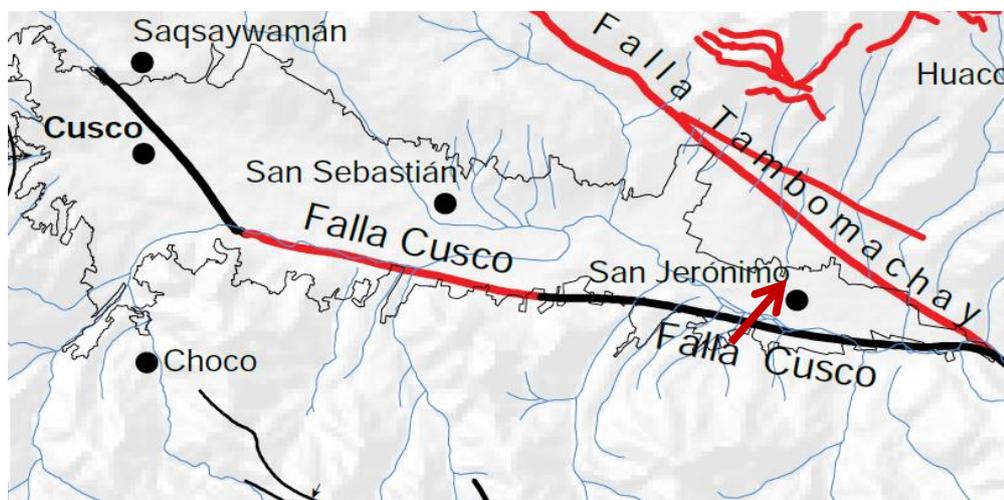


Figura 4. Ubicación de la zona de estudio en el mapa geotectónico de Cusco

Fuente: INGEMMET

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>



Falla Cusco

Las fotografías aéreas y las imágenes satélite muestran un alineamiento NO-SE que coincide con el piso de valle del río Huatanay, desde Cusco y hasta Saylla-Oropesa. Desde el punto de vista geológico se interpreta como una falla antigua sellada con los sedimentos cuaternarios de la Formación San Sebastián. Esta falla separa en parte el Altiplano de la zona intermedia con la Cordillera Oriental. Actualmente esta estructura no muestra signos de reactivaciones recientes, sin embargo, durante el sismo del 21 de mayo de 1950 se observaron desplazamientos en terrenos recientes que afectaron la Formación San Sebastián y cuyas estructuras serían una consecuencia de la reactivación de la falla.

El reporte del terremoto superficial citado menciona muchas fisuras de dirección NO-SE entre San Jerónimo y San Sebastián a lo largo de 5 km de distancia, donde un nivel fue levantado en el sector sur del valle del Cusco. El mapa de isosistas de este sismo muestra el epicentro en el valle, y las curvas isosistas alargadas coinciden con la estructura NO-SE de la falla Cusco. Por otro lado, observaciones de campo, luego del sismo, indican fracturas discontinuas en el suelo; ellas fueron cartografiadas a lo largo de varios kilómetros entre San Sebastián y San Jerónimo. Esta observación es similar a lo manifestado líneas arriba, y se puede interpretar que correspondería a la reactivación de la falla Cusco.

En consecuencia, la actividad de la falla Cusco demostraría la existencia de una fuente sismogénica dentro del valle del mismo nombre, lo cual aumentaría el riesgo sísmico de la ciudad del Cusco y también de las poblaciones del Bajo Huatanay.

4. SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra, según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la zona dos, por tanto, el factor de zona “Z” que corresponde a la zona de estudio es de 0.25g.

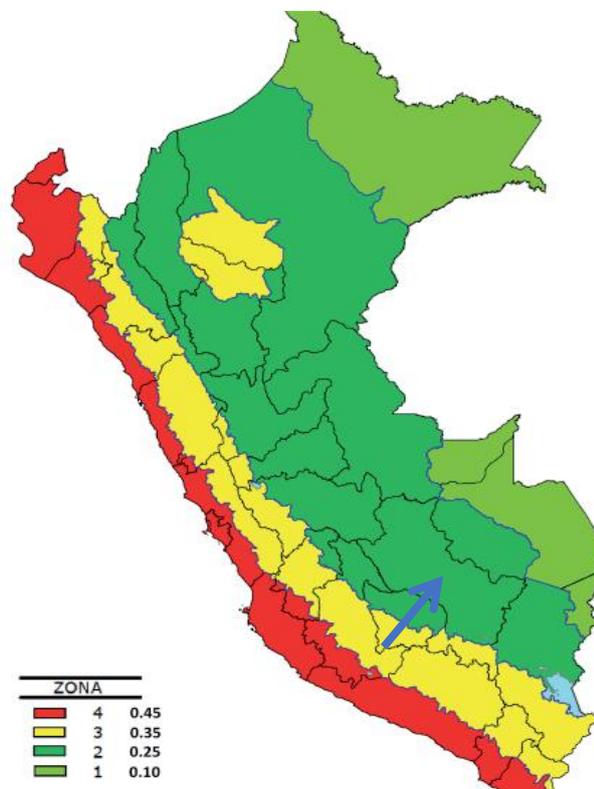


Figura 5. Ubicación de la zona de estudio en las zonas sísmica del Perú
Fuente: RNE E.030 Diseño Sismorresistente

Tabla 2. Factores sísmicos del suelo según RNE E.030

Suelo	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Zona 4	0.80	1.00	1.05	1.10
Zona 3	0.80	1.00	1.15	1.20
Zona 2	0.80	1.00	1.20	1.40
Zona 1	0.80	1.00	1.60	2.00
T _p	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L	3.0	2.5	2.0	1.6

* El tipo de perfil del suelo se determina según las propiedades del suelo en los 30 m superiores por debajo de la profundidad de cimentación.

Según la geología, los registros de campo y los ensayos de campo o laboratorio, el tipo de perfil de suelo predominante probable en los 30 m superiores por debajo de la profundidad de cimentación es “S2”.

No se tiene ensayos de penetración o compresión no confinada, debido a la existencia de un estrato de suelo gravoso en el suelo del área de estudio.

Los parámetros de sitio, en función de la zona sísmica y el tipo de perfil del suelo, son:

- El factor de suelo: $S = 1.20$
- El periodo mínimo $T_p = 0.6$ s
- El periodo máximo $T_p = 2.0$ s

5. REGISTROS Y ENSAYOS DE CAMPO

Se realizó en la zona de estudio: muestreo y DPL, cuyos datos, cálculos y resultados se encuentran en los anexos.

Las ubicaciones de los puntos de estudio se encuentran en la Memoria Descriptiva.

La profundidad, el nivel freático, los ensayos realizados y los estratos de la zona de estudio están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 3. Resumen de registros de campo

Punto de Estudio	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Ensayos	Estratos
C-01	4.00	3.50	DPL	R-GC

* Clasificación SUCS.

** N.P.: No presenta, C: Cimentación, R: Relleno, O: Suelo orgánico y P: Piedras.

Los perfiles estratigráficos de los puntos de la zona de estudio y mayores detalles se encuentran en los anexos.

6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron los siguientes ensayos: contenido de humedad natural, límites de consistencia, granulometría, clasificación SUCS cuyos datos, cálculos y resultados se encuentran en los anexos.

Los resultados de los ensayos de laboratorio están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Resumen de ensayos básicos de laboratorio

Punto de Estudio	Muestra	C.H. (%)	Granulometría (%)			Límites (%)			SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.P.	L.L.	I.P.	
C-01	E-01	17.1	40.1	24.4	35.5	14	27	13	GC

* C.H.: Contenido de Humedad, L.P.: Límite plástico, L.L.: Límite Líquido, I.P.: Índice plástico y SUCS: Sistema unificado de clasificación de suelos.

7. ESTUDIO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

7.1. Cálculo de capacidad admisible

Datos iniciales del suelo

Para el cálculo del ángulo de fricción interna del suelo, se usará la redondez del material, en base a la fórmula:

$$\phi = 42^\circ - 17R.$$

Dónde:

ϕ : Ángulo de fricción

R : Redondez del material granular

Para determinar el asentamiento admisible se calculará considerando un módulo de elasticidad obtenido de la siguiente tabla.

Tabla 5: Valores del módulo de elasticidad

Type	Strength of soil	Elastic modulus, E (MPa)	
		Short term	Long term
Gravel	Loose	25-50	
	Medium	50-100	
	Dense	100-200	
Medium to coarse sand	Very loose	<5	
	Loose	3-10	
	Medium dense	8-30	
	Dense	25-50	
Fine sand	Very dense	40-100	
	Loose	5-10	
	Medium	10-25	
Silt	Dense	25-50	
	Soft	<10	<8
	Stiff	10-20	8-15
Clay	Hard	>20	>15
	Very soft	<3	<2
	Soft	2-7	1-5
Clay	Firm	5-12	4-8
	Stiff	10-25	7-20
	Very stiff	20-50	15-35
	Hard	40-80	30-60

Calicata -01

A partir de la superficie de la calicata hasta 3.00 m de profundidad se encontró material de relleno arcilloso con presencia de vidrio, carbón, plásticos, raíces, por lo que este material deberá ser retirado en su totalidad, y reemplazado en un espesor de 1.80 m con material de relleno controlado. A partir de esta nueva superficie, el empotramiento de la cimentación será Df= 1.80 m, ubicándose este sobre el estrato de Grava arcillosa con arena GC.

A continuación, se muestra la propuesta de esquema geotécnico:

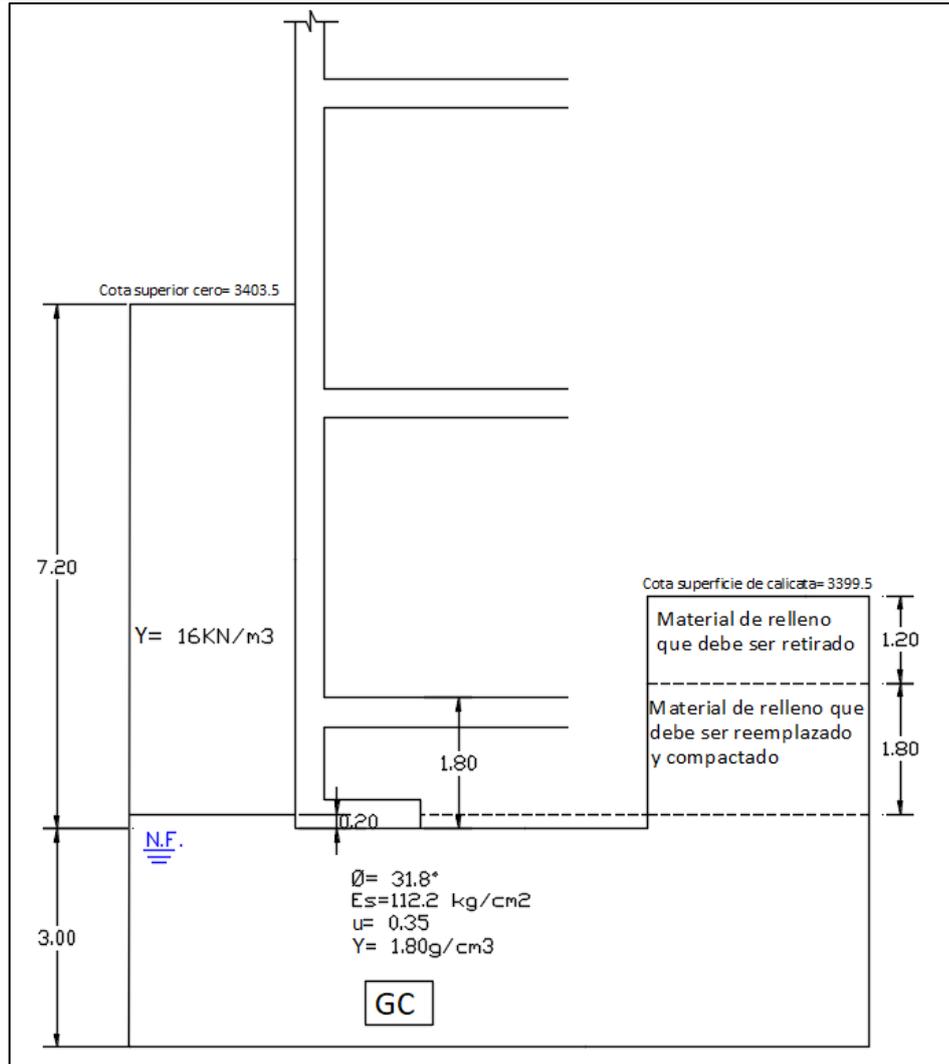


Figura 6. Esquema geotécnico

Para determinar la capacidad de carga del suelo, se calculará considerando un factor de seguridad de 3, redondez del material 0.6 y un ángulo de fricción igual a 31.8°.

Para determinar el asentamiento admisible se calculará considerando un módulo de elasticidad de 11 MPa (112.2 kg/cm²), debido a la presencia de finos en un 35.5%.

Se está considerando una cimentación superficial cargada céntricamente empotrada a 1.80m **por debajo de un sótano**, esta cimentación estará sobre el estrato de **Grava arcillosa con arena GC**, considerando **cimentación superficial flexible** con falla por el modelo de Meyerhof con una restricción de **asentamiento de 3.07 cm** (distorsión angular L/150 para luces de 4.6 m).

Tabla 6: Capacidad admisible en terreno natural, para empotramiento a 1.80 m

B =	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	m
L =	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.8	2.5	3.0	3.2	3.3	2.4	3.3	4.0	4.2	4.4	m
qult =	14.65	14.63	14.83	14.91	14.99	13.46	13.44	13.62	13.69	13.77	12.86	12.84	13.02	13.09	13.16	Kg/cm2
qadm =	4.88	4.88	4.94	4.97	5.00	4.49	4.48	4.54	4.56	4.59	4.29	4.28	4.34	4.36	4.39	Kg/cm2
Si (cm) =	4.34	5.96	7.33	7.73	8.15	4.80	6.58	8.09	8.54	9.00	5.20	7.13	8.77	9.26	9.75	cm
qadm =	3.45	2.51	2.07	1.97	1.88	2.87	2.09	1.72	1.64	1.56	2.53	1.84	1.52	1.45	1.38	Kg/cm2
Si (cm) =	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	cm

* B: Ancho de la cimentación, L: Largo de la cimentación, qult.: Capacidad última de carga, qadm: Capacidad admisible de carga, Si: Asentamiento inicial

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>



Se observa que, considerando un comportamiento elástico del estrato de apoyo, se tiene un asentamiento permisible para los valores resaltados en amarillo y se muestran en la siguiente gráfica:

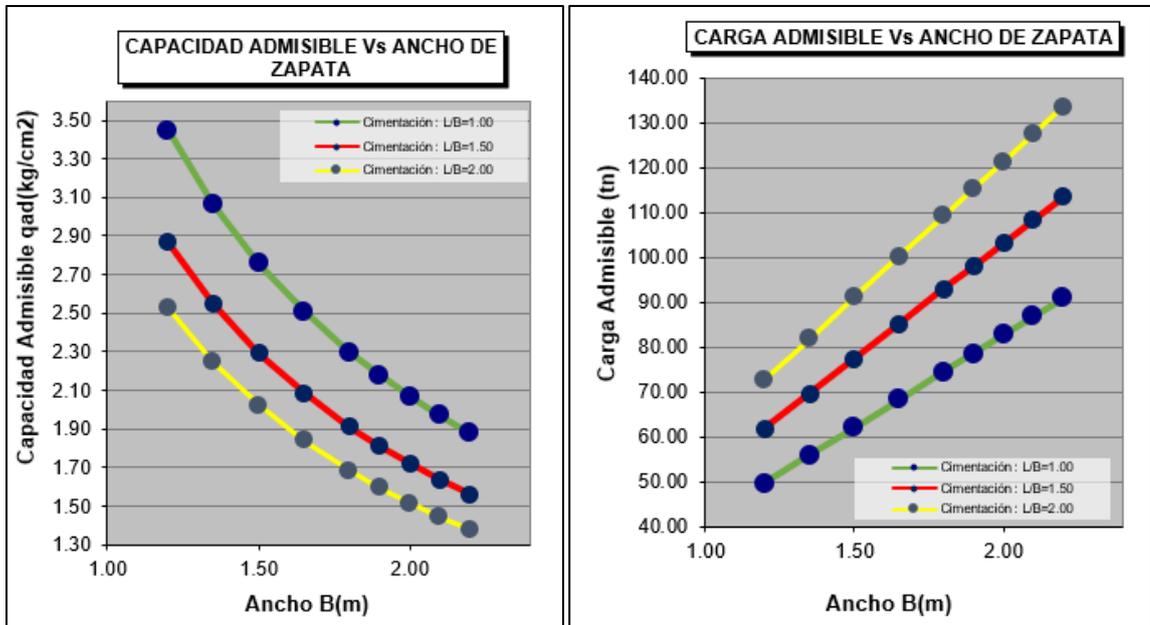


Figura 7: Capacidad y carga admisible cimentación flexible, $d_f=1.80m$, terreno natural

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área de estudio se encuentra, según la información del INGEMMET en la Unidad Geomorfológica Local de Valle Del Vilcanota Urubamba, en la Unidad Geomorfológica Regional de la Cordillera Oriental.

La sismicidad del área de estudio se resume en los siguientes factores:

- El factor de zona: $Z = 0.25g$
- El factor de suelo: $S = 1.20$
- El periodo mínimo $T_p = 0.6 s$
- El periodo máximo $T_L = 2.0 s$

Los ensayos de campo se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Registros de campo

Punto de Estudio	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Ensayos	Estratos
C-01	4.00	3.50	DPL	R-GC

* Clasificación SUCS.

** N.P.: No presenta, C: Cimentación, R: Relleno, O: Suelo orgánico y P: Piedras.

Los ensayos de laboratorio se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Ensayos básicos de laboratorio

Punto de Estudio	Muestra	C.H. (%)	Granulometría (%)			Límites (%)			SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.P.	L.L.	I.P.	
C-01	E-01	17.1	40.1	24.4	35.5	14	27	13	GC

* C.H.: Contenido de Humedad, L.P.: Límite plástico, L.L.: Límite Líquido, I.P.: Índice plástico y SUCS: Sistema unificado de clasificación de suelos.

Calicata -01

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>



La capacidad admisible para una cimentación superficial cargada céntricamente apoyado a 1.50m **por debajo de un sótano**, esta cimentación estará sobre el estrato de **Arena mal gradada con grava (SP)**, y por debajo el estrato de **Grava arcillosa con arena GC**, considerando **cimentación superficial flexible** y con una restricción de asentamiento de 3.07 cm (distorsión angular L/150 para luces de 4.6 m).

Tabla 9: Capacidad admisible en terreno natural, para empotramiento a 1.50m

B =	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	m
L =	1.2	1.7	2.0	2.1	2.2	1.8	2.5	3.0	3.2	3.3	2.4	3.3	4.0	4.2	4.4	m
qadm =	3.45	2.51	2.07	1.97	1.88	2.87	2.09	1.72	1.64	1.56	2.53	1.84	1.52	1.45	1.38	Kg/cm ²
Si (cm) =	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	cm

* B: Ancho de la cimentación, L: Largo de la cimentación, qadm: Capacidad admisible de carga, Si: Asentamiento inicial.

El consultor o ingeniero estructural podrá enviar las cargas y momentos que se transmiten a las zapatas, para realizar la verificación de capacidad admisible (factor de resistencia al corte y el asentamiento).

Los suelos explorados, no son licuables, colapsables o expansivos.

Se recomienda colocar un sistema de sostenimiento de acuerdo a la norma en caso de estructuras contiguas, según lo citado en la norma E.050 del RNE.

El profesional y la empresa encargada del presente estudio podrán absolver cualquier duda o consulta del presente informe.

9. ANEXOS

9.1. Panel fotográfico



Figura. Excavación y exploración del suelo



Figura. Ensayo de DPL

¡¡AHORRA PAPEL, CONTRIBUYE CON TU GRANITO DE ARENA!!

Este informe puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.allpaingenieria.com.pe/informes/1373-santiago-edificacion>





Figura. Ensayo de análisis granulométrico para C-01 E-01



Figura. Ensayo de límites de consistencia para C-01 E-01

9.2. Hojas de cálculo

Las hojas de cálculo se presentan en las siguientes hojas.



ALLPA LABORATORIO		Código del Proyecto: 1373-AL-SR-01
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		Form. Aprob. por: L.C.C.
REGISTRO DE EXCAVACIÓN		Fecha: 03/12/2019
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 101 y ASTM D 420		-
V. Br 3.5		Revisión N° 0
		Rev. por: T.A.D.C.
		Fecha: 31/08/2022

DATOS GENERALES

PROYECTO : Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de
SOLICITA : Jonatan Edgar Rodriguez Mejia
UBICACIÓN : Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECÍFICOS

PUNTO : C-01
POSICIÓN : Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525
FECHA : martes, 9 de Agosto de 2022
HECHO POR : T.A.D.C.
 S.H.I.

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS IN SITU
				SUCS	IMAGEN	
-0.20	E-02		Relleno de arcilla con presencia de carbón, vidrio, plásticos, raíces, hormigón, orgánico, yeso.	R		
-0.40						
-0.60						
-0.80						
-1.00						
-1.20						
-1.40						
-1.60						
-1.80						
-2.00						
-2.20						
-2.40						
-2.60						
-2.80						
-3.00						
-3.20	E-01		Grava arcillosa con arena	GC		
-3.40						
-3.60						
-3.80						
-4.00						
N.F.						

Observaciones: *Existe nivel freático a una profundidad aprox. de 3.5 m.*
El ensayo se ha realizado según las exigencias del MTC.
*Los estratos, cuyos suelos tienen ensayos de laboratorio, están con formato **negrita**.*



ALLPA LABORATORIO		Código del Proyecto: 1373-AL-SR-01
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		Form. Aprob. por: L.C.C.
ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA		Fecha: 03/12/2019
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.159: 2001 y ASTM D 1586		Revisión N° 0
		Rev. por: T.A.D.C.
		Fecha: 31/08/2022

DATOS GENERALES	
PROYECTO :	Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB
SOLICITA :	Jonatan Edgar Rodriguez Mejia
UBICACIÓN :	Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECIFICOS			
PUNTO :	C-01	HECHO POR :	T.A.D.C.
POSICIÓN :	Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525		S.H.I.
FECHA :	martes, 9 de Agosto de 2022		

Profundidad "Z" (m)	Descripción del suelo	LP	LL	ω	Tipo de suelo	NdPL	NSPT		Correlaciones		Gráficas		
							c/0.10m	c/0.30m	ϕ (°)	Cu (kg/cm2)	Z vs NdPL	Z vs LP, LL y ω	
4.20	Grava arcillosa con arena	14	27	17	S	13	6.7	5.1	25.1				
						5	2.6						
						12	6.2						
						16	8.2						
4.50							31						15.9
						20	10.3						11.5
4.80		14	27	17	S	12	6.2	8.6	28.1				
						16	8.2						
						22	11.3						8.6
						46	23.7						
5.10							23						11.8
						32	16.5						17.3
						33	17.0						
5.40							24						12.3
						45	23.1						17.5
						28	14.4						
5.70		32	16.5										
	55	28.3	19.7										
6.00													

ENSAYO	PDL	SPT
Peso de la masa (kg)	10.010	63.500
Altura de caída (cm)	61.0	76.0
Longitud para conteo (cm)	10.0	15.0
Diámetro de la punta (cm)	2.76	-
Sección de la punta (cm ²)	5.98	10.81
Eficiencia	90%	60%
Energía específica (kg.cm/cm ³)	9.19	17.86
Equivalencia de PDL a SPT		0.514

LEYENDA	
(Tipo de Suelo)	
S	Arenas y gravas
ML	Limo de baja plasticidad
MH	Limo de alta plasticidad
CL	Arcilla de alta plasticidad
CH	Arcilla de baja plasticidad

Observaciones:

El ensayo se ha realizado según las exigencias de la NTP.

Se ha realizado el ensayo a fondo de calicata a una profundidad de 3.9 m.

Se ha hecho las correlaciones asumiendo que el último estrato del registro de excavación continúa.

Se obtuvo rebote (suelo firme) a una profundidad de 5.7 m.



ALLPA LABORATORIO		Código del Proyecto: 1373-AL-SR-01
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		Form. Aprob. por: L.C.C.
ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA		Fecha: 03/12/2019
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.159: 2001 y ASTM D 1586		Revisión N° 0
		Rev. por: T.A.D.C.
		Fecha: 31/08/2022

DATOS GENERALES	
PROYECTO :	Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB
SOLICITA :	Jonatan Edgar Rodriguez Mejia
UBICACIÓN :	Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECIFICOS			
PUNTO :	C-01	HECHO POR :	T.A.D.C.
POSICIÓN :	Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525		S.H.I.
FECHA :	martes, 9 de Agosto de 2022		

Profundidad "Z" (m)	Descripción del suelo	LP	LL	ω	Tipo de suelo	NdPL	NSPT		Correlaciones		Gráficas		
							c/0.10m	c/0.30m	∅ (°)	Cu (kg/cm2)	Z vs NdPL	Z vs LP, LL y ω	
0.30	Relleno					18	9.3						
						15	7.7						
0.60						12	6.2	7.7					
						11	5.7						
0.90						12	6.2						
						8	4.1	5.3					
1.20						8	4.1						
						5	2.6						
1.50						5	2.6	3.1					
						8	4.1						
1.80						8	4.1						
						11	5.7	4.6					
2.10						11	5.7						
						12	6.2						
2.40						13	6.7	6.2					
						9	4.6						
2.70						7	3.6						
						10	5.1	4.5					
3.00						10	5.1						
						9	4.6						
3.30	9	4.6	4.8										
	9	4.6											
3.60	13	6.7											
	11	5.7	5.7										
3.90	11	5.7											
	9	4.6	4.8										
4.20	9	4.6											
	10	5.1	4.8										
4.50	10	5.1											
	21	10.8											
4.80	15	7.7	7.9										
	13	6.7											
	12	6.2											
	14	7.2	6.7	26.6									
	16	8.2											
	31	15.9											
	34	17.5	13.9	31.7									
	33	17.0											
	39	20.1											
	31	15.9	17.7	33.8									
	41	21.1											
	52	26.7											
	35	18.0	21.9	35.9									
	47	24.2											
	47	24.2											
	32	16.5	21.6	35.8									
	22	11.3											
	26	13.4											
	29	14.9	13.2	31.2									
	28	14.4											
	30	15.4											

ENSAYO	PDL	SPT
Peso de la masa (kg)	10.010	63.500
Altura de caída (cm)	61.0	76.0
Longitud para conteo (cm)	10.0	15.0
Diámetro de la punta (cm)	2.76	-
Sección de la punta (cm ²)	5.98	10.81
Eficiencia	90%	60%
Energía específica (kg.cm/cm ³)	9.19	17.86
Equivalencia de PDL a SPT		0.514

LEYENDA	
(Tipo de Suelo)	
S	Arenas y gravas
ML	Limo de baja plasticidad
MH	Limo de alta plasticidad
CL	Arcilla de alta plasticidad
CH	Arcilla de baja plasticidad

Observaciones:

El ensayo se ha realizado según las exigencias de la NTP.
Se ha realizado el ensayo al costado de la calicata a ras de la superficie del terreno.
Se obtuvo rebote (suelo firme) a una profundidad de 5.00 m.



Código del Proyecto:		1373-AL-SR-01
ALLPA LABORATORIO		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO		Form. Aprob. por: L.C.C. Fecha: 03/12/2019
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108 y ASTM D 2216		-
V. Br 3.8		Revisión N° 0
		Rev. por: T.A.D.C. Fecha: 01/09/2022

DATOS GENERALES

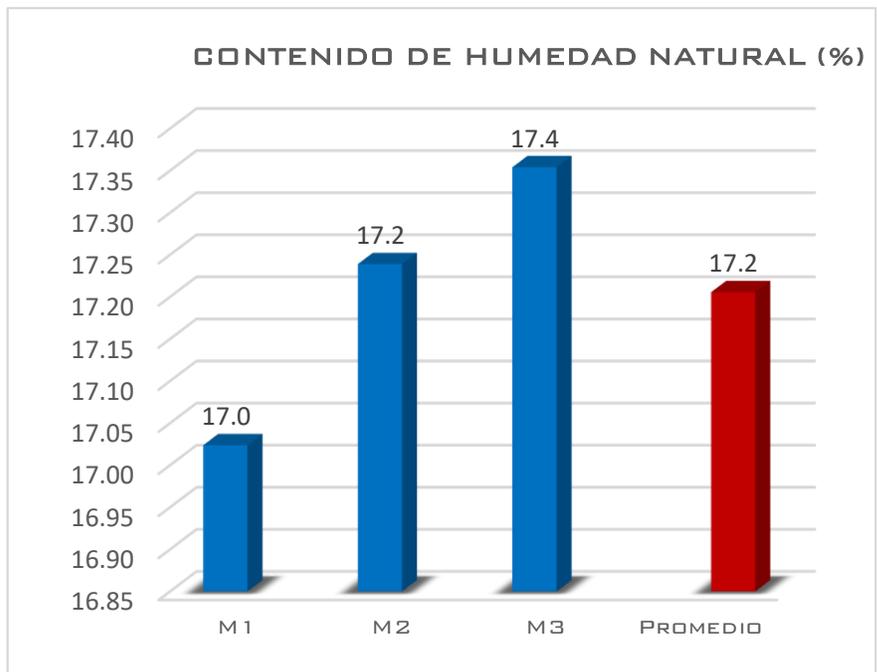
PROYECTO : Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con
SOLICITA : Jonatan Edgar Rodriguez Mejia
UBICACIÓN : Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECÍFICOS

UBICACIÓN : Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525 **CALICATA** : C-01
FECHA : miércoles, 17 de Agosto de 2022 **MUESTRA** : E-01
HECHO POR : T.A.D.C. y J.S.A. **PROFUNDIDAD** : 3.50 m

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del Contenedor (gr.)	99.76	100.89	98.38
Peso del Contenedor + Suelo Húmedo (gr.)	1634.42	1737.45	1632.92
Peso del Contenedor + Suelo Seco (gr.)	1411.17	1496.81	1406.00
Peso del Agua (gr.)	223.25	240.64	226.92
Peso del Suelo Seco (gr.)	1311.41	1395.92	1307.62
Contenido de Humedad (%)	17.02	17.24	17.35
Variación respecto de la media*	1.1%	0.2%	0.9%

* La variación respecto de la media de cada muestra debe ser menor al 7.8 % para cumplir con la precisión exigida por el MTC.



Contenido de Humedad (%)	17.2
--------------------------	------

Observaciones: *El ensayo se ha realizado según las exigencias del MTC.
 El ensayo cumple con la precisión exigida por el MTC.*



ALLPA LABORATORIO		Código del Proyecto:	1373-AL-SR-01
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		Form. Aprob. por:	L.C.C.
LÍMITES DE CONSISTENCIA		Fecha:	03/12/2019
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318 Y AASHTO T 89 - T 90		Revisión N°	0
		Rev. por:	T.A.D.C.
		Fecha:	01/09/2022

DATOS GENERALES

PROYECTO	: Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belepampa con incorporación de disipadores
SOLICITA	: Jonatan Edgar Rodriguez Mejia
UBICACIÓN	: Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECÍFICOS

UBICACIÓN	: Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525	CALICATA	: C-01
FECHA	: miércoles, 17 de Agosto de 2022	MUESTRA	: E-01
HECHO POR	: T.A.D.C. y J.S.A.	PROFUNDIDAD	: 3.50 m

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

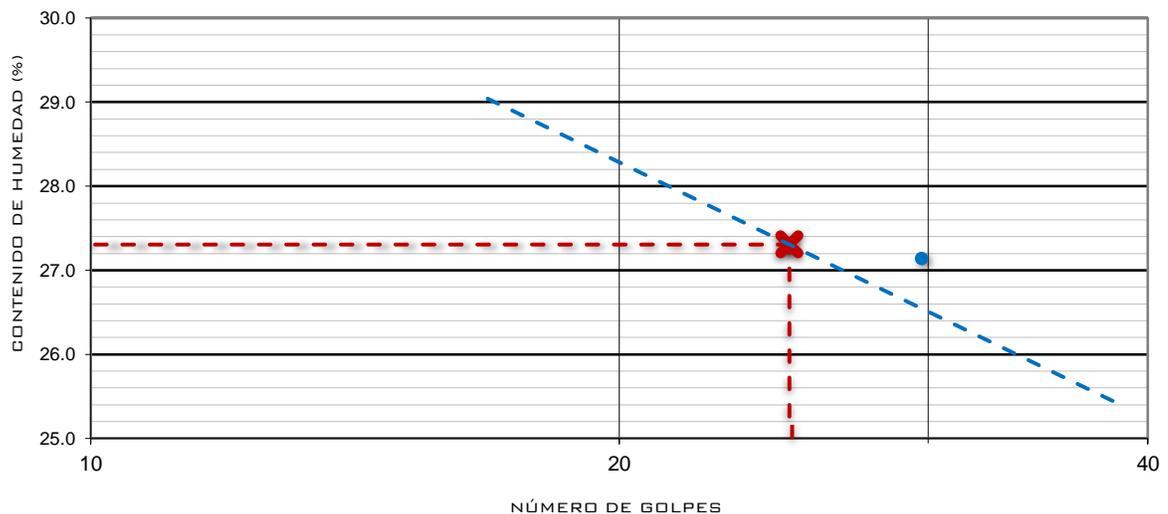
Peso del Contenedor (gr.)	17.33	17.16	17.27	X Rango*
Peso del Contenedor + Suelo Húmedo (gr.)	28.62	29.14	30.84	
Peso del Contenedor + Suelo Seco (gr.)	27.25	27.65	29.20	
Peso del Agua (gr.)	1.37	1.49	1.64	
Peso del Suelo Seco (gr.)	9.92	10.49	11.93	
Contenido de Humedad (%)*	13.8	14.2	13.7	0.46

* El rango debe ser menor al 2.6 % para cumplir con la precisión exigida por el MTC.

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Número de Golpes	35	28	23	17
Peso del Contenedor (gr.)	17.49	17.64	16.97	16.97
Peso del Contenedor + Suelo Húmedo (gr.)	31.72	32.33	31.14	31.17
Peso del Contenedor + Suelo Seco (gr.)	28.81	29.22	28.05	27.99
Peso del Agua (gr.)	2.91	3.11	3.09	3.18
Peso del Suelo Seco (gr.)	11.32	11.58	11.08	11.02
Contenido de Humedad (%)	25.7	26.9	27.9	28.9

LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA

Límite Plástico (%)	14	Índice de Plasticidad (%)	13
Límite Líquido (%)	27	Límite de Contracción (estimado) (%)	12

Observaciones: *El ensayo se ha realizado según las exigencias del MTC.
El ensayo de Límite Plástico cumple con la precisión exigida por el MTC.*



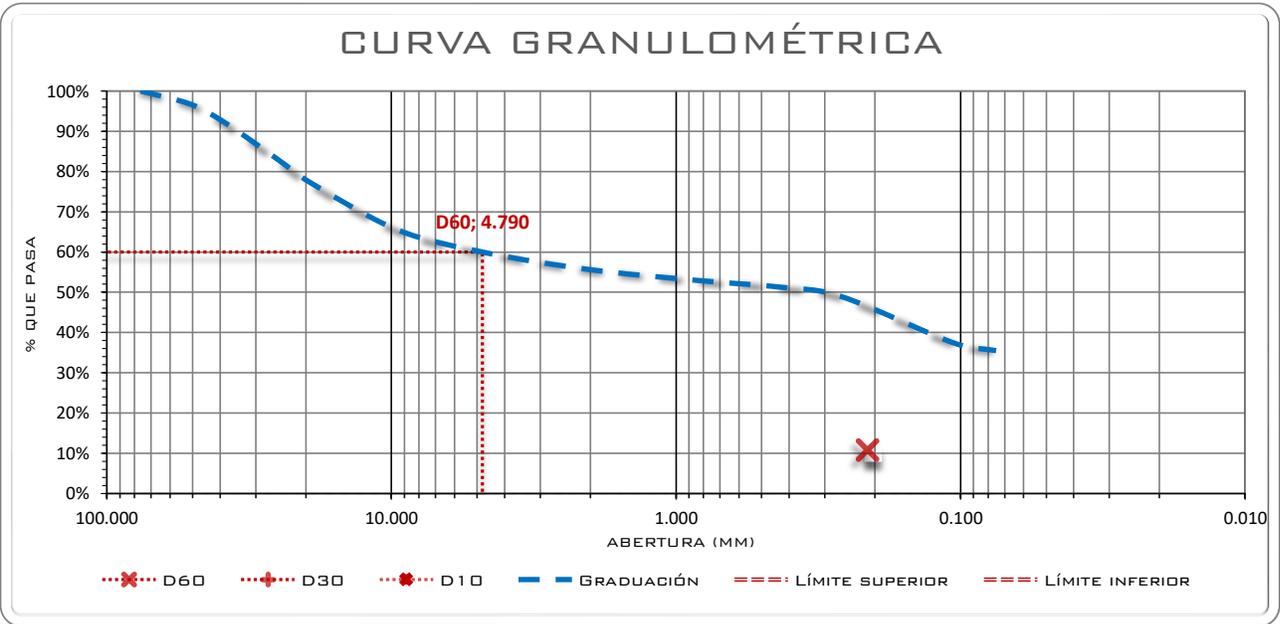
ALLPA LABORATORIO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88	Código del Proyecto:	1373-AL-SR-01
	Form. Aprob. por:	L.C.C.
	Fecha:	03/12/2019
	Revisión N° 0	-
	Rev. por: T.A.D.C.	-
V. Br 3.8		Fecha: 01/09/2022

DATOS GENERALES	
PROYECTO	: Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempanpa con incorporación de disipadores sísmicos SLB
SOLICITA	: Jonatan Edgar Rodríguez Mejía
UBICACIÓN	: Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECIFICOS			
UBICACIÓN	: Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525	CALICATA	: C-01
FECHA	: miércoles, 17 de Agosto de 2022	MUESTRA	: E-01
HECHO POR	: T.A.D.C. y J.S.A.	PROFUNDIDAD	: 3.50 m

Tamiz	AASHTO T-27 (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
						Superior	Inferior		
Peso de Muestras									
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso Total Seco (gr.)	5469.50
2"	50.800	180.37	3.30%	3.30%	96.70%			Peso Despues de Lavar (gr.)	3538.40
1½"	38.100	261.22	4.78%	8.07%	91.93%			Perdida por Lavado (gr.)	1931.10
1"	25.400	473.09	8.65%	16.72%	83.28%			Fraciones de Roca, Suelo Grueso y Suelo Fino	
¾"	19.050	341.62	6.25%	22.97%	77.03%			% de Roca	0.00%
⅜"	9.525	630.13	11.52%	34.49%	65.51%			% de Suelo Grueso	64.49%
N° 4	4.760	304.12	5.56%	40.05%	59.95%			% de Suelo Fino	35.51%
N° 10	2.000	237.25	4.34%	44.39%	55.61%			Fraciones de Grava, Arena y Finos	
N° 20	0.840	146.04	2.67%	47.06%	52.94%			% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)	40.05%
N° 40	0.425	93.34	1.71%	48.76%	51.24%			% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	24.44%
N° 60	0.260	130.84	2.39%	51.16%	48.84%			% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	35.51%
N° 140	0.106	623.58	11.40%	62.56%	37.44%			% que pasa el tamiz N° 10	55.61%
N° 200	0.075	105.75	1.93%	64.49%	35.51%			% que pasa el tamiz N° 40	51.24%
< N° 200	Cazuela	14.24	0.26%					% que pasa el tamiz N° 200	35.51%
Lavado	-	1931.1	35.31%						
	Peso Total	5472.7	100.06%	Error*	-0.06%			Gradación	Ninguna

* La variación entre el peso total y la suma de los pesos de las fracciones debe ser menor al 1% para cumplir con la precisión exigida por el MTC.



PARAMETROS GRANULOMETRICOS	
D60 = 4.790	Tamaño Máximo Absoluto: 3"
D30 = N.P.	Tamaño Máximo Nominal: 2"
D10 = N.P.	Cu = N.P.
	Cc = N.P.

* Los parámetros de D60, D30 y D10 se determinan sólo considerando la fracción de suelo de la muestra.

Observaciones: El ensayo se ha realizado según las exigencias del MTC.
 El ensayo cumple con la precisión exigida por el MTC.



ALLPA LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

NORMA TÉCNICA: ASTM D-2487

Código del Proyecto:

1373-AL-SR-01

Form. Aprob. por:

L.C.C.

Fecha: 03/12/2019

Revisión N° 0

Rev. por: T.A.D.C.

Fecha: 01/09/2022

V. Br 3.8

DATOS GENERALES

PROYECTO : Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belepampa con incorporado
SOLICITA : Jonatan Edgar Rodríguez Mejía
UBICACIÓN : Distrito de Santiago, provincia del Cusco, departamento del Cusco

DATOS ESPECÍFICOS

UBICACIÓN : Zona: 19 L, N: 8502871 y E: 177525 **CALICATA** : C-01
FECHA : jueves, 1 de Setiembre de 2022 **MUESTRA** : E-01
HECHO POR : T.A.D.C. **PROFUNDIDAD** : 3.50 m

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO		
GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa se retiene en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada		
		$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada		
	GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava arcillosa y limosa	
			Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien gradada con limo	
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada	
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada	
		ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
				$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad				SC - SM	Arena arcillosa y limosa	
Cumple los criterios para SW y SM				SW - SM	Arena bien gradada con limo	
LIMOS Y ARCILLAS El límite líquido es menor que 50	LIMOS Y ARCILLAS El límite líquido es 50 o mayor	Inorgánicos	ML	Limo de baja plasticidad		
		LL (horno) $> 0.75 * LL$ (ambiente)	CL	Arcilla de baja plasticidad		
		Orgánicos	CL - ML	Arcilla limosa de baja plasticidad		
		LL (horno) $< 0.75 * LL$ (ambiente)	OL	Limo orgánico de baja plasticidad		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscuro	$IP < 4$ o abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	MH	Limo de alta plasticidad		
		$IP > 4$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CH	Arcilla de alta plasticidad		
		Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	OH	Limo orgánico de alta plasticidad		
		Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	Pt	Turba		

LA CLASIFICACIÓN SUCS DEL SUELO ES: GC

Grava arcillosa con arena

Los equipos ideales de compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo son rodillo de neumáticos y rodillo de pata de cabra.

Grava	Arena	Total	Grava	Arena	Total	Grava	Arena	Total	Grava	Arena	Total	Grava	Arena	Total	Grava	Arena	Total	Grava	Arena	Total
62.10%	37.90%	100.00%	40.05%	24.44%	64.49%	40.05%	24.44%	64.49%	40.05%	24.44%	64.49%	40.05%	24.44%	64.49%	40.05%	24.44%	64.49%	40.05%	24.44%	64.49%
Fracción Gruesa																				
Coefficientes																				
Cu : N.P.																				
Cc : N.P.																				
Límites de consistencia																				
LP : 14%																				
LL : 27%																				
IP : 13%																				
LC ~ 12%																				

DATOS PARA CLASIFICACIÓN DEL SUELO - SUCS

Tipo de Suelo

Tipo : Inorgánico

Granulometría

Gruesos : 64.49%

Finos : 35.51%

Total : 100.00%

Grava : 40.05%

Arena : 24.44%

Total : 64.49%

Fracción Gruesa

Grava : 62.10%

Arena : 37.90%

Total : 100.00%

Coefficientes

Cu : N.P.

Cc : N.P.

Límites de consistencia

LP : 14%

LL : 27%

IP : 13%

LC ~ 12%

GRÁFICOS DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) ASTM D-2487

CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE PARA SUELOS FINOS

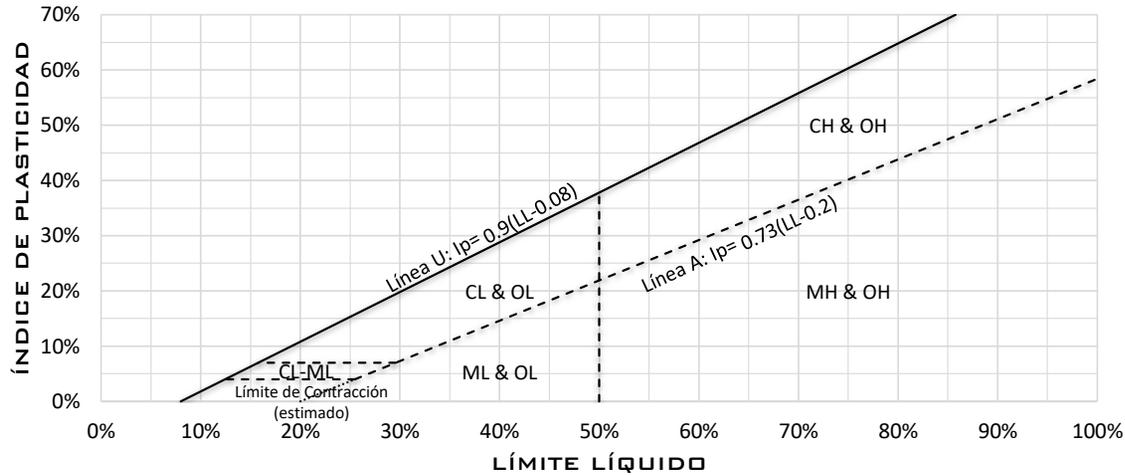


DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GROSOS

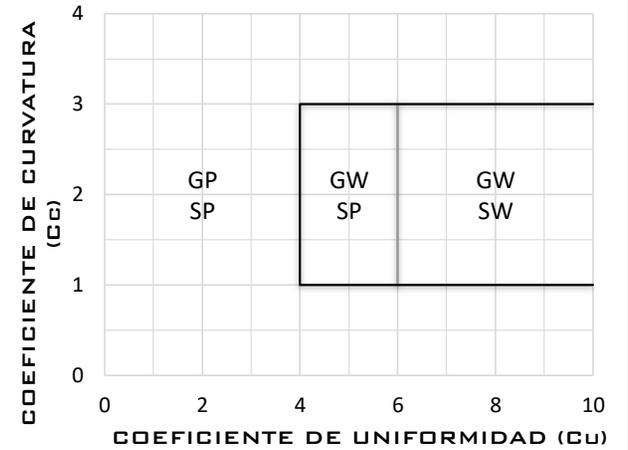
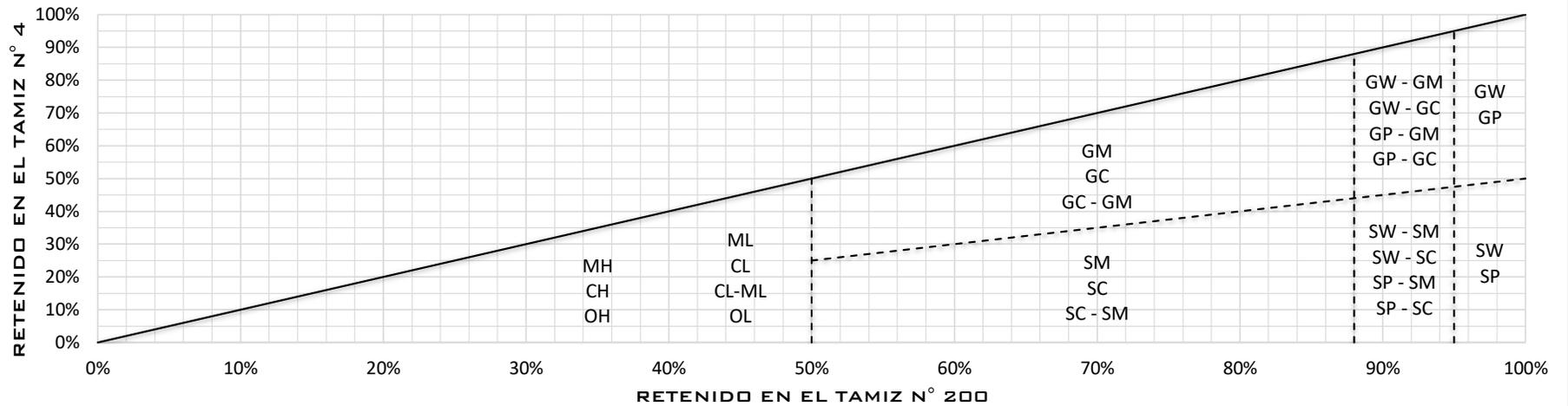


DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS



CLASIFICACIÓN SUCS

GC

Grava arcillosa con arena

Los equipos ideales de compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo son rodillo de neumáticos y rodillo de pata de cabra.

CAPACIDAD ADMISIBLE DE SUELOS

CÓDIGO: 1373-AL-SR-01
 PROYECTO Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB
 SOLICITANTE Jonatan Edgar Rodríguez Mejía
 CALICATA C-01
 UBICACIÓN Distrito Santiago, provincia de Cusco, departamento de Cusco
 ESTRATO E-01

ARCHIVO N° :
 REALIZADO : T.A.D.C.
 REVISADO : B.C.H.C.
 FECHA : 03/09/2022

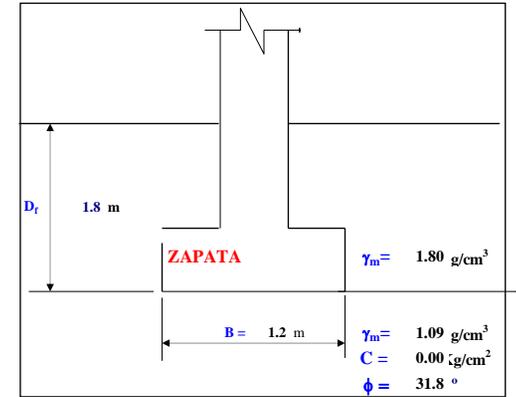
Evaluación del desempeño sísmico del centro de salud Belempampa con incorporación de disipadores sísmicos SLB

CAPACIDAD ADMISIBLE POR RESISTENCIA

	Cimentación : L/B=1.00					Cimentación : L/B=1.50					Cimentación : L/B=2.00					
Cohesión no drenada	Cu = 0.00					0.00					0.00					Kg/cm ²
Angulo de fricción	φ = 31.80					31.80					31.80					°
Peso unitario del suelo sobre el nivel de	γm = 1.80					1.80					1.80					g/cm ³
Peso unitario del suelo bajo el nivel de:	γm = 1.09					1.09					1.09					g/cm ³
Ancho de la cimentación	B = 1.20					1.50					1.80					m
Largo de la cimentación	L = 1.20					1.50					1.80					m
Profundidad de la cimentación	Df = 1.8					1.8					1.8					m
Factor de seguridad	FS = 3.0					3.0					3.0					
Capacidad última de carga	qult = 14.65					14.59					14.70					Kg/cm ²
Capacidad admisible de carga	qadm = 4.88					4.86					4.90					Kg/cm ²

Nf = -2.1

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$



CAPACIDAD ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

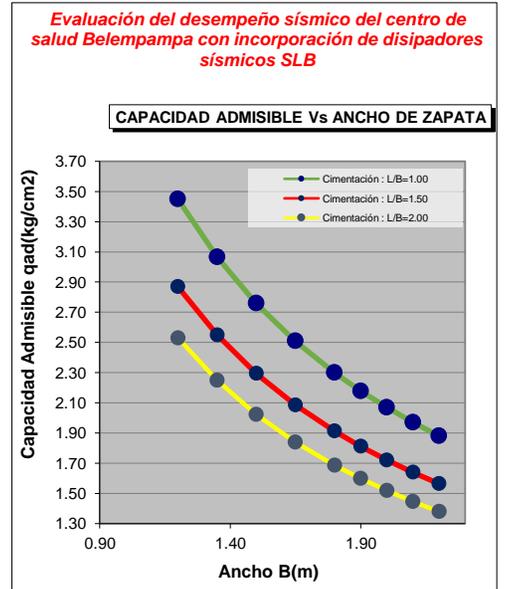
Presión por carga admisible	qadm = 4.88	4.86	4.90	4.94	5.00	4.49	4.47	4.50	4.54	4.59	4.29	4.27	4.30	4.34	4.39	Kg/cm ²
Relación de Poisson	μ = 0.35															
Módulo de Elasticidad	Es = 112.2															
Asentamiento permisible	Si(max) = 3.07															
Ancho de la cimentación	B = 1.2															
Factor de forma	If = 0.95															
Asentamiento	Si = 0.031															
Asentamiento	Si = 3.07															
Presión por carga	qadm = 4.88	4.86	4.90	4.94	5.00	4.49	4.47	4.50	4.54	4.59	4.29	4.27	4.30	4.34	4.39	Kg/cm ²
	Si (cm) = 4.34	5.40	6.54	7.33	8.15	4.80	5.97	7.22	8.09	9.00	5.20	6.47	7.82	8.77	9.75	
	Superior															
Presión de carga asumida por asentamiento	qadm = 3.45	2.76	2.30	2.07	1.88	2.87	2.29	1.91	1.72	1.56	2.53	2.02	1.69	1.52	1.38	Kg/cm ²
	Si (cm) = 3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	
	OK !															

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

$$I_f = \sqrt{\frac{L}{\beta_z}}$$

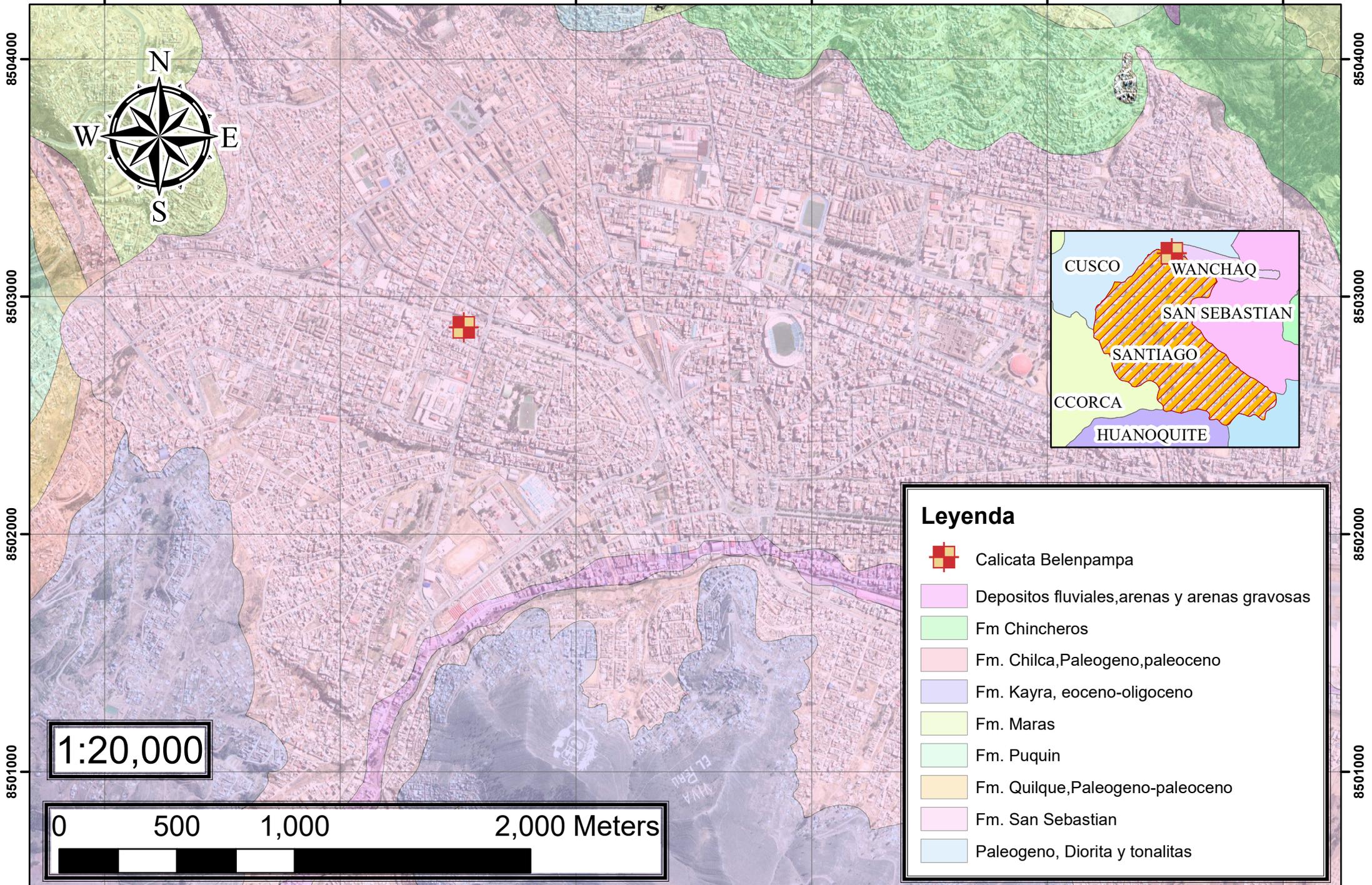
Observación : Se ha considerado un empotramiento de zapata de Flexible
 Se ha considerado una zapata

1.8 m



MAPA GEOLÓGICO - EXPLORACIÓN BELENPAMPA

176000 177000 178000 179000 180000 181000



Leyenda

-  Calicata Belenpampa
-  Depositos fluviales, arenas y arenas gravosas
-  Fm Chincheros
-  Fm. Chilca, Paleogeno, paleoceno
-  Fm. Kayra, eoceno-oligoceno
-  Fm. Maras
-  Fm. Puquin
-  Fm. Quilque, Paleogeno-paleoceno
-  Fm. San Sebastian
-  Paleogeno, Diorita y tonalitas

1:20,000

0 500 1,000 2,000 Meters

176000 177000 178000 179000 180000 181000

8504000
8503000
8502000
8501000

8504000
8503000
8502000
8501000



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del desempeño sísmico para mejorar el comportamiento dinámico estructural utilizando disipadores sísmicos SLB en el centro de salud Belempampa – Cusco, 2022.", cuyo autor es RODRIGUEZ MEJIA JONATAN EDGAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 14 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO DNI: 46000342 ORCID: 0000-0002-6559-0334	Firmado electrónicamente por: SAAREVALOV el 14- 10-2022 16:46:58

Código documento Trilce: TRI - 0434536