

**“UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS”
FILIAL ABANCAY**

“FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA”

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CÍVIL



**“ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO LATERAL EN EDIFICIO CON DISIPADORES
SÍSMICOS EN PROPUESTA DE PABELLÓN ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD
ALAS PERUANAS FILIAL ABANCAY”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO CÍVIL.

PRESENTADO POR:

BACH. ABEL HURTADO PALOMINO

ASESOR: ABBON ALEX VASQUEZ RAMIREZ, Ph.D.

ABANCAY ENERO DEL 2016

Dedicatoria

El presente trabajo dedico a quienes me enseñaron a vencer las dificultades y tomarlos como oportunidades, con especial cariño a mis padres Corina y Rafael y mis 10 hermanos por su comprensión y apoyo en todas mis iniciativas.

Con especial cariño y amor a mi esposa Yolanda por haberle dado la rigidez necesaria en mi vida, a mis hijos Anny y Álvaro a quienes les tengo un cariño especial, ya que por mis desvelos no pueda estar muchas veces en los horarios que ellos me necesitan.

Agradecimiento:

A mis docentes de la Universidad Alas Peruanas Filial Abancay, quienes me guiaron en mi formación académica, y me dieron el camino ingenieril para seguir investigando por el bien de la sociedad.

RESUMEN

La ciudad de Abancay se encuentra entre una de las regiones con actividad sísmica media con la zonificación 02 según la Norma E.030 “Diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno en las edificaciones que se vienen proyectando en la ciudad de Abancay.

La ciudad de Abancay se encuentra dentro del área de influencia de la falla de Sahuanay por tanto es importante tener las edificaciones con sistemas de protección sísmica ante terremotos severos. Hoy en día existen en el mercado sistemas de aislamiento y disipación de energía que se instalan en los edificios con el fin de reducir el daño.

Los sistemas de disipación de energía liberan la energía sísmica de entrada en forma de amortiguamiento, mientras que los sistemas de aislamiento sísmico permiten reducir la energía sísmica de entrada.

En nuestro país se vienen desarrollando proyectos de edificios nuevos con aislamiento y disipadores de energía, lo cual de alguna manera ha motivado el presente estudio de un edificio ubicado en la ciudad de Abancay.

En este trabajo se desarrolló el diseño del sistema de disipación de energía para un edificio de 6 pisos bajo las solicitaciones de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente.

Se definió como objetivo lograr que el edificio se comporte con daño moderado ante un sismo de 500 años de periodo de retorno. Se modeló el edificio con alternativas de sistema de disipador sísmico diagonal para amortiguadores lineales.

En la presente investigación se realizó un proceso iterativo y la mejor alternativa consistió en 24 disipadores, dispuestos en todo los pisos del eje X-X.

Los resultados del presente trabajo indican que el sistema diseñado permitirá reducir la deriva en un rango de 45%, por tanto se reduce el daño, por debajo del umbral de moderado frente sismos raros (500 años de período de retorno).

Es necesario que la actual Norma Peruana de Diseño Sismorresistente incluya un capítulo para el diseño los sistemas modernos de protección sísmica.

INDICE

Tabla de contenido

1	CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	14
1.1	DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.2	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	16
1.3.1	Problema General.....	16
1.3.2	Problemas Específicos.....	16
1.4	OBJETIVOS.....	17
1.4.1	Objetivo General	17
1.4.2	Objetivo Específico.....	17
1.5	HIPOTESIS.....	18
1.5.1	Hipótesis General	18
1.5.2	Hipótesis Específico	18
1.6	VARIABLES.....	19
1.6.1	Variable Independiente	19
1.6.2	Variable Dependiente.....	19
1.7	JUSTIFICACIÓN.....	19
1.8	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	19
1.8.1	Alcances.....	19
1.8.2	Limitaciones.....	20
2	CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	21
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	22
2.1.1	Modelaciones de edificios con disipadores sísmicos.....	22
2.2	BASES TEORICAS	27
2.2.1	Sismicidad en el sur del Perú	27
2.2.2	Sismos con foco intermedio ($60 < h < 300$ km).....	28
2.2.3	Sismicidad en Abancay en los últimos entre el año 2005 y 2010.....	28
2.2.4	Historia de diseño con sistemas de protección sísmica	29
2.3	TIPOS DE DISIPADORES DE ENERGÍA.....	30
2.3.1	Disipadores de energía histeréticos.....	30
2.3.2	Disipadores de energía viscoelásticos.....	31
2.3.3	Disipadores fluido - viscosos.	32

2.3.4	Componentes de un disipador fluido – viscoso (DFV).....	33
2.3.5	Configuraciones de los dispositivos de disipador fluido – viscoso (dfv).	34
a)	Configuración Chevron Brace.....	34
b)	Configuración Diagonal.....	34
c)	Configuración Scissor Jack.....	35
2.4	TERMINOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE DISIPADORES SISMICOS	36
2.4.1	Metodología de diseño de disipadores de fluido viscoso	36
2.4.2	Determinación del sistema estructural	36
2.4.3	Determinación del control de la respuesta.....	37
2.4.4	Determinación de la demanda sísmica	37
2.4.5	Determinación del nivel de amortiguamiento suplementario	37
2.4.6	Determinación de los parámetros de los disipadores de fluido viscoso.	37
2.5	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO.....	38
2.5.1	Norma y requerimientos del código ASCE 7-10	38
2.5.2	Recomendaciones para el diseño de conexiones:	38
2.5.1	Bases de cálculo del disipador de energía de fluido viscoso	39
2.6	APLICACIONES DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL PERU	42
2.6.1	Aeropuerto Jorge Chávez de Lima, Perú.....	42
2.6.2	Centro Empresarial El Reducto - Miraflores – Lima.....	42
2.6.3	La Nueva Sede del Banco de la Nación.	43
3	CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL	45
3.1	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:.....	46
3.2	DESCRIPCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO.....	46
3.2.1	Condiciones generales de la edificación.....	46
3.2.2	Proyecto arquitectónico	46
3.2.3	Irregularidades en Altura	49
3.2.4	Irregularidades en planta	49
3.3	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	50
3.4	PREDIMENSIONAMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN	53
3.4.1	Análisis de cargas por gravedad	54
3.4.2	Requisitos normativos reglamentarios	55
3.5	PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	55
3.5.1	Losas aligeradas.....	55
3.5.2	Vigas.....	56
3.5.3	Losa de Gradadas.....	58

3.5.4	Predimensionamiento de columnas.....	58
3.6	CARGAS DE DISEÑO	60
3.7	MATERIALES.....	60
3.7.1	Acero de Refuerzo.....	60
3.7.2	Concreto.....	61
3.8	DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON SISTEMA DE	61
	AMORTIGUACIÓN DE FLUIDO VISCOSO	61
3.8.1	Sistema Estructural del Edificio	61
3.8.2	Desplazamientos laterales permisibles	62
3.8.3	Parámetros de sitio y características estructurales	62
3.8.4	Factor de zona (Z):	62
3.8.5	Condiciones geotécnicas (S) y T_p :	62
3.8.6	Factor de amplificación sísmica (C):.....	62
3.8.7	Factor de uso e importancia (U):	63
3.8.8	Factor de reducción (R):	63
3.8.9	Objetivos de desempeño	63
3.9	PROPUESTA COMPARATIVA FINAL.....	69
3.9.1	Desplazamientos laterales comparados con y sin disipadores sísmicos	69
3.9.2	Amortiguamiento objetivo	71
3.9.3	Consideraciones adicionales	72
3.10	CALCULO DE LAS PROPIEDADES DEL DISIPADOR	73
3.10.1	Propuesta de diseño final	73
3.10.1	Diseño de los Dispositivos de Amortiguación y Conexiones Metálicas	74
3.10.2	Calculo de las propiedades del disipador	74
3.10.3	Cálculo del coeficiente de amortiguamiento.....	75
3.10.4	Respuesta de la estructura con los disipadores	78
3.10.5	Resultados comparativos	79
3.10.6	Elección de los disipadores de energía.....	79
3.11	EVALUACIÓN DE COSTOS.....	81
3.11.1	Costo de los disipadores	81
4	CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE LA HIPOTESIS.....	82
4.1	Contraste de Hipótesis General	83
4.2	Contraste al Hipótesis Específico.....	84
	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
4.3	CONCLUSIONES	86

4.4	RECOMENDACIONES.....	87
4.5	BIBLIOGRAFÍA	88

INDICE DE FIGURAS

(PAG)

Figura 01 Propuesta de protección de pabellón B, PUCP.....	22
figura 02 Modelamiento amortiguamiento del sismo.....	23
figura 03 Modelamiento disipadores en arreglo chevron.....	24
figura04 Modelamiento disipadores de energía de lineales.....	25
figura05 Modelamiento disipadores de energía de fluido taylor.....	26
Figura 06 Estudio donde se muestran los sismos ocurridos desde 1471 hasta 1999.....	27
Figura 07 Estudio donde se muestran los sismos ocurridos desde 1471 hasta 2010.....	28
Figura 08 Fotografía de piedra de los 12 ángulos – Cusco.....	29
figura 09 Dispositivo ADAS.....	30
figura 10 Disipadores de energía viscoelásticos	31
figura 11 Disipadores de fluido vizcoso	33
Figura 12 Configuración Chevron Brace	34
Figura 13 Configuración diagonal.....	35
Figura 14 Configuración Scissor Jack.....	35
Figura 15 Conexiones en la disposición diagonal.....	39
Figura.16. Ángulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía.....	40
Figura 17 Disipadores sísmicos en Aeropuerto Jorge Chavez de Lima.....	42
Figura 18 Edificio de oficinas Gerpal – Centro Empresarial El Reducto, Lima.....	43
Figura 19 Edificio de Banco de la Nación – Lima.....	44
Figura 20 Plano: primer nivel propuesta de edificio administrativo UAP Abancay.....	47
Figura 21 Plano: Segundo nivel a octavo nivel propuesta de edificio administrativo UAP.....	48
Figura 22 Isometría de edificio propuesto UAP Abancay.....	49
Figuras 23 Fotografías: de calicata en el patio de la ciudad universitaria.....	53
Figura 24 Grafico: Espectro Abancay.....	70

Figura 25 Longitud y ángulo de brazo metálico.....	73
Figura 26 Ubicación de los disipadores parte frontal.....	73
Figura 27 Ubicación de los disipadores propuestos.....	74
Figura 28 Espectro tiempo historia.....	77
Figura 29 Datos disipadores diagonales.....	78
Figura 30 comparativo edificio control de deriva X-X.....	79

INDICE DE CUADROS

Cuadro 01 Porcentaje de reducción del Desplazamiento.....	25
Cuadro 02 Datos generales del edificio.....	46
Cuadro 03 Resultados de estudio de suelos limite líquido.....	50
Cuadro 04 Resultados de estudio de suelos limite plástico.....	50
Cuadro 05 Resultados de estudio de suelos contenido de humedad.....	51
Cuadro 06 Resultados de estudio de suelos: Granulometria.....	51
Cuadro 07 Resultados de estudio de suelos: Clasificación de suelos.....	52
Cuadro 08 Resultados de estudio de suelos: Clasificación de suelos.....	52
Cuadro 09 Dimensiones del aligerado	55
Cuadro 10 Dimensionamiento del espesor de losa	56
Cuadro 11 Cargas estimadas.....	59
Cuadro 12 Predimensionamientos de columnas.....	60
Cuadro 13 Datos del sistema estructural.....	61
Cuadro 14 Deriva de entre piso permitidas por RNE	62
Cuadro 15 Niveles de amenaza sísmica.....	63
Cuadro 16 Niveles recomendados de desempeños esperados.....	64
Cuadro 17 Clasificación según el tipo de estructura... ..	67
Cuadro 18 Relación estado daño deriva	68
Cuadro 19 Descripción por nivel de desempeño	69
Cuadro 20 Control de derivas dirección Y-Y.....	70
Cuadro 21 Control de derivas dirección X-X.....	71
Cuadro 22: desplazamiento máximo (Φ_i) y desplazamiento relativo (Φ_{rj}).....	76
Cuadro 23 Resultados de reducción de derivas en X-X.....	76
Cuadro 24 detalles de Disipadores Taylor	80
Cuadro 25 Desplazamiento máximo del centro de masas eje critico Y-Y	81
Cuadro 26 Prueba de reducción de derivas.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 Propiedades de perfil HSS 7.50 x 50.....	74
Tabla N°02 Valores del Parámetro λ	76

INTRODUCCION.

En las normas de diseño se especifican las cargas sísmicas, por lo que no es necesario realizar investigaciones detalladas de la actividad sísmica de la ciudad de Abancay. El coeficiente de diseño sísmico a ser usado en el diseño sísmico modal espectral se determina en base a la zona, condición del suelo e importancia de la estructura. Si la estructura es flexible, la carga sísmica se modifica tomando en cuenta su periodo fundamental. Sin embargo, cuando se planifican estructuras importantes, deben evaluarse sus capacidades de resistir terremotos en base a estudios detallados de peligro sísmico para el cual se recurre al análisis tiempo historia con sismos realmente ocurridos en la zona de estudio o en la zona de influencia.

En el Perú existen actualmente sistemas de disipación de energía entre los que se encuentran los disipadores de fluido viscoso. Estos dispositivos han sido utilizados en varios países tales como Chile, Japón, China y México para la protección sísmica de edificaciones, logrando reducir en un gran porcentaje las demandas sísmicas de éstas. La historia de su uso prueba la capacidad de estos sistemas de reducir la demanda sísmica sobre las diferentes edificaciones.

En el trabajo se exponen las estrategias para el reforzamiento de edificaciones. Se analiza el funcionamiento de los disipadores y la respuesta de los edificios amortiguados. Se desarrolla un análisis general para el uso de disipadores de fluido viscoso y finalmente se presenta un ejemplo de aplicación para el reforzamiento del pabellón administrativo de la Universidad Alas Peruanas, filial Abancay.

La presente investigación, está orientada al análisis comparativo del desplazamiento horizontal entre la edificación sin reforzamiento y el desplazamiento horizontal en la misma edificación con disipadores de sismo para el cual se propone disipadores de fluido viscoso para evaluar cuál de ellos es el más favorable desde el punto de vista estructural.

También, está enfocado a modelar a través de programa ETABS 2013 para determinar su comportamiento de desplazamiento horizontal ante sollicitaciones sísmicas. Se pretende hallar los desplazamientos y fuerzas máximas para evaluarlas de acuerdo a los valores permisibles determinados por la Norma E030.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Universidad Alas Peruanas filial Abancay en la actualidad no cuenta con una infraestructura para el área administrativa, la oficina del vicerrectorado y la oficina de soporte técnico funciona en una construcción antigua de adobe el cual ocupa mucho espacio así como hay el riesgo de colapso en caso ocurra un sismo. Las demás oficinas administrativas funcionan en aulas no adecuadas para este fin.

No se cuenta con un área destinado a investigación, con equipamiento y asesores que permitan a los alumnos realizar investigaciones para tesis y otros temas.

Se carece de un área para el personal docente de la universidad, así mismo no se cuenta con un auditorio, por tal motivo se improvisa aulas para eventos organizados por la Universidad, el cual limita a muchos asistentes puedan acceder a dichos eventos, que en ocasiones lleva a ocupar pasadizos.

Por ultimo carecemos de un espacio innovador con una construcción que demuestre el estatus de la carrera profesional de ingeniería civil dentro de la Universidad Alas Peruanas Filial Abancay.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Para la presente investigación se ha desarrollado una propuesta de un edificio para el uso exclusivo de oficinas de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay departamento de Apurímac.

Luego de realizar un proceso iterativo con los predimensionamientos se procede a realizar el análisis de desplazamiento lateral del edificio, teniendo en cuenta el diseño arquitectónico y estructural propuesto, para obtener resultados de desplazamiento del edificio sin disipadores comparado con el diseño estructural con disipadores de fluido viscoso, para determinar cuánto es la diferencia en el desplazamiento lateral de los sistemas propuestos ante un la presencia de fuerzas externas producido por el sismo.

Para el análisis modal - espectral se ha tomado en cuenta las normas establecidas en el RNE, Norma E.020 (Cargas), Norma E.030 (diseño sísmo resistente), Norma E.050 (diseño suelos y cimentaciones), Norma E.060 (concreto armado), estas normas serán utilizadas para el diseño del Sistema tradicional y para el diseño estructural con disipadores de fluido viscoso se trabajará con la norma del FEMA (Federal Emergency Management Agency = Agencia Federal para la Gestión de Emergencias), Norma americana ya que en la actualidad Perú aún no cuenta con normas establecidas para el diseño estructural para disipadores de fluido viscoso.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.

1.3.1 Problema General

El problema de no contar con un adecuado estudio preliminar en las edificaciones de grandes alturas que se vienen construyendo en la ciudad de Abancay que en su mayoría son autoconstruidas, sin considerar los efectos que pueden causar los sismos hace que pongamos en riesgo a quienes lo habitan, por tanto se puede suponer en cuanto ocurra un movimiento sísmico se puedan causar daños irreparables a los sistemas estructurales de una edificación.

1.3.2 Problemas Específicos

El diseño de alternativas de infraestructuras sísmoresistentes es un factor favorable para el desarrollo ingenieril, sin embargo en la ciudad de Abancay tenemos la escases de estudios y modelamientos con programas de computador utilizados en ingeniería civil de edificaciones con elementos adicionales que permitan disipar los movimientos dinámicos cuando ocurra un sismo, teniendo en cuenta que para ejecutar una edificación se tiene que partir desde un adecuado estudio y modelación del edificio.

Lo anterior, refleja que en Abancay no existe experiencia en el estudio de este tipo de edificios con disipadores sísmicos en diagonales, por lo que, la presente, pretende crear una base de discusión y análisis de la posibilidad de diseñar grandes edificaciones verticales con este sistema.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Disminuir el desplazamiento del edificio de 6 pisos ubicado en la ciudad de Abancay, comprobando la capacidad de la estructura propuesta frente a la intervención de fuerzas sísmicas

1.4.2 Objetivo Específico

- ✓ Realizar un análisis sísmico para una edificación de oficinas, utilizando software ETABS 2013.
- ✓ Definir el sistema de reforzamiento estructural del sistema tradicional y sus elementos.
- ✓ Definir una metodología para el análisis y diseño de edificaciones con la incorporación de disipadores de fluido viscoso.
- ✓ Mostrar y comparar los resultados obtenidos en la modelación del sistema tradicional con el sistema de disipadores de fluido viscoso
- ✓ Entender los procedimientos de análisis de estructuras con disipadores de energía según la zonificación del reglamento nacional de edificaciones E-030, del Perú.

1.5 HIPOTESIS

1.5.1 Hipótesis General

- Los edificios con sistemas de disipador sísmico amortiguan y disminuyen las derivas y desplazamientos laterales, frente a un edificio sin disipador sísmico.

1.5.2 Hipótesis Específico

- Con el adecuado diseño con sistemas de disipador sísmico disminuye los daños dinámicos a causa del sismo y permitirá un mayor desarrollo en construcción de edificaciones sismoresistentes de grandes alturas en la ciudad de Abancay.

1.6 VARIABLES.

1.6.1 Variable Independiente

- Edificación con sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición diagonal vs edificación sin disipadores sísmicos.

1.6.2 Variable Dependiente

- Análisis control de derivas según la Norma, del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030

1.7 JUSTIFICACIÓN

La importancia de la investigación radica en que con el progresivo uso de métodos que permitan aminorar los daños estructurales en edificios y viviendas a través del uso de disipación sísmica se ha comprobado que los edificios de concreto tienen mejor comportamiento que el tradicional, frente a un sismo severo. Ello es posible debido a la aplicación de un cálculo estructural, que nos proporcionará datos para tomar acciones de refuerzo en los edificios.

Así mismo la importancia de esta investigación, radica en que contribuirá en el futuro a diseñar sistemas para viviendas orientadas a familias que no tienen accesos a viviendas seguras así como llegar a conclusiones valiosas y aportes que podrán ser tomadas en consideración por investigaciones futuras

1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.8.1 Alcances

- ✓ El presente estudio se centra en el modelamiento estructural de una edificación de 6 pisos con sistema de disipador sísmico comparado con una construcción sin disipador sísmico.

- ✓ El edificio está diseñado para albergar las oficinas administrativas de la universidad además cuenta con servicios higiénicos un mini auditorio de grados, sala de profesores.
- ✓ Las escaleras y ascensor comparte se encuentra en la parte central del edificio con la finalidad de darle rigidez en el centro de masas.
- ✓ El trabajo se encuentra fuera del alcance edificios tipo muro portante y ductilidad limitada.

1.8.2 Limitaciones

- ✓ No se cuenta con investigaciones similares en la ciudad de Abancay, por tanto se recurrirá a otras investigaciones del entorno nacional e internacional.
- ✓ No se cuenta con un laboratorio certificado para el proceso de modelamiento a escala en la ciudad de Abancay, sin embargo con todos los datos obtenidos se ha modelado en el programa de Etabs 2013.

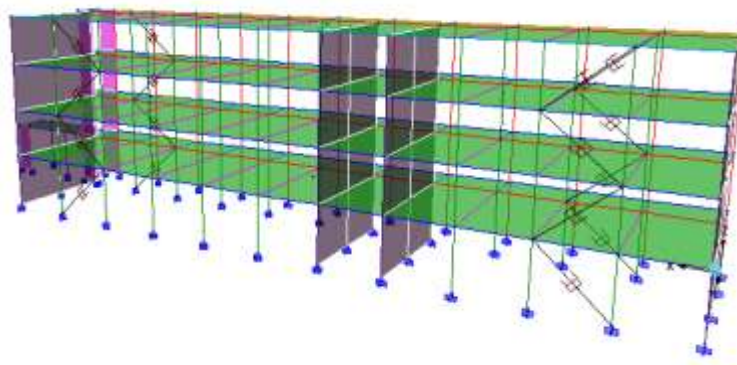
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

2.1.1 Modelaciones de edificios con disipadores sísmicos.

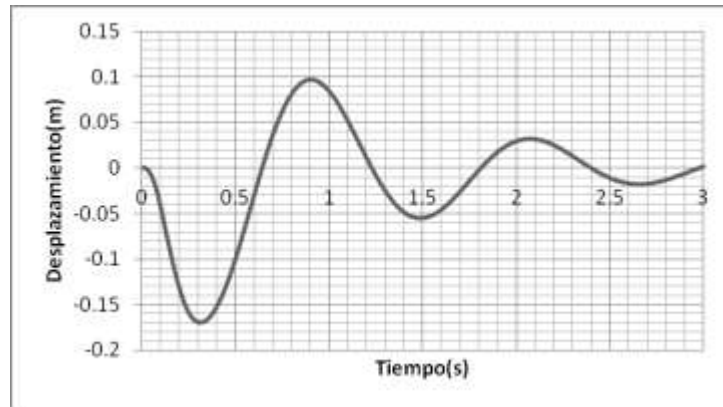
Morales y Contreras, en el año (2012). Realiza investigación titulada “Protección de una edificación existente con disipadores de energía”, teniendo como objetivo la propuesta de incrementar la resistencia y rigidez lateral de las edificaciones con la inclusión de nuevos elementos como diagonales para la reducción de la vulnerabilidad de la edificación.

Al realizar el modelamiento en el programa de ingeniería SAP 2000 teniendo como referente de estudio el pabellón B de la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde propone reforzar con disipadores de energía de fluido viscoso con una configuración Chevron Brace Invertida y configuración diagonal, los disipadores se ubicaron en la zona de ventanas de la edificación, cuidando de no interrumpir los accesos. Como primera prueba se emplearon 4 disipadores por piso, en total 16, para estimar los máximos valores de porcentaje de amortiguamiento que se pueden obtener y en forma de diagonal para evitar esforzar las vigas del edificio, según se muestra en la figura 01.



(Figura 01)
Propuesta de protección de pabellón B, PUCP.
Fuente:(Morales, 2012)

Sometiendo a una excitación sísmica se obtuvo como resultado un amortiguamiento efectivo del orden del 17%, además podemos tener como referencia la figura 02 donde se nota que entre el segundo 0 y 1 es cuando se generan los máximos desplazamientos.



(Figura 02)
 Modelamiento amortiguamiento del sismo.
 Fuente:(Morales, 2012)

Los resultados de este trabajo muestran que es posible lograr un amortiguamiento efectivo del orden del 25% en edificaciones educativas de poca altura proyectada sin criterios efectivos de diseño sismorresistente.

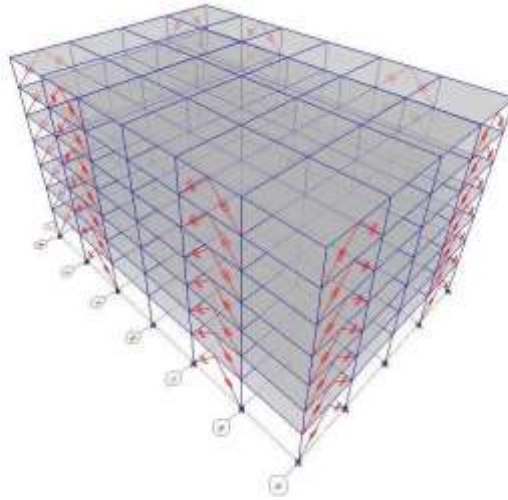
El edificio sin reforzar alcanzaría una deriva del 12% ante el sismo de diseño de 500 años de periodo de retorno. Dadas las características estructurales propias de la época en la que se construyó el edificio, la estructura quedaría seriamente dañada de alcanzar esta deriva. Utilizando dispositivos de fluido viscoso la deriva máxima se mantendría por debajo de 5% y por tanto es de esperar que el daño en un terremoto severo se mantenga controlado y el edificio pueda ser luego reparado

Así mismo, Boza y Galan, el año (2013). Realiza su investigación titulado “Diseño de un edificio aporticado con disipadores en arreglo chevron”, con el objetivo de demostrar a través del diseño del sistema de disipación de energía para un edificio de concreto armado aporticado y regular de 7 pisos con planta rectangular.

Para la elaboración del modelo estructural, se utilizó el programa ETABS en su versión 9.6.0 El modelo se desarrolló considerando elementos unidimensionales con deformaciones por flexión, cortante y axial, considerando tres grados de libertad en cada nivel.

Se utilizaron brazos rígidos para modelar la unión entre las columnas y las vigas. Así mismo, se consideró en el modelo los diafragmas rígidos en el plano horizontal, utilizando este modelo se realizó el análisis espectral y el tiempo-historia

Para el análisis se utilizó la configuración según la figura N° 03

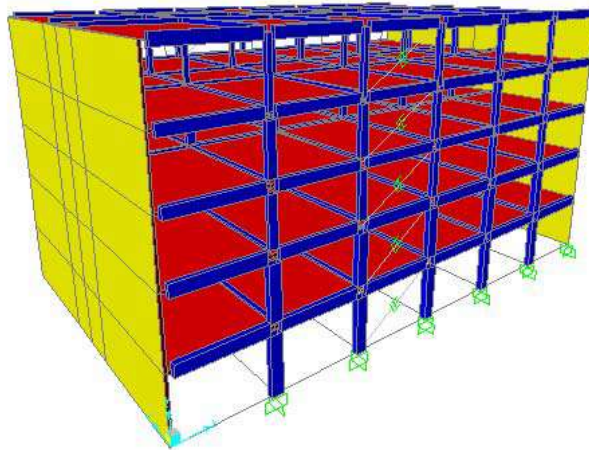


(figura 03)
Modelamiento disipadores en arreglo chevron.
Fuente: (Boza, 2013)

Luego de procesar con el programa Etabs se llega a los resultados del estudio donde muestran que para mantener la deriva del edificio en un sismo raro, por debajo del umbral de daño leve (0.33%), sería necesario incluir en el sistema un amortiguamiento del orden del 60%.

De la misma forma Pardo, el año (2007), realiza su tesis titulado, “Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal”, el objetivo fue, estudiar y analizar el control de la respuesta de estructuras sometidas a temblores mediante “Dispositivos de disipación de energía de fluido viscoso”. Para el cual se realizó un análisis modal de la estructura de cinco pisos, que tiene un comportamiento flexible en una de sus direcciones, por lo que fue necesario reforzarla en dicho sentido, luego se realizó un análisis tiempo historia paso a paso de las estructuras sometidas a un cierto registro sísmico mediante el software SAP2000, de esta manera se tuvo una visión del comportamiento de la estructura con los dispositivos de disipación de energía de fluido viscoso, en cada instante de tiempo de la duración del registro.

Como alternativa al reforzamiento a la estructura, se postula la utilización de “disipadores de fluido viscoso lineales”, para disminuir las demandas de deformación y por lo tanto, disminuir los esfuerzos en los elementos estructurales.



(fig. 04)

Modelamiento disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal.

Fuente:(Pardo, 2007)

Luego de realizar el análisis en el programa SAP2000, se llega a la conclusión que utilizando los disipadores sísmicos se reduce considerablemente los desplazamientos laterales, con el cual se garantiza la estabilidad del edificio y la no ocurrencia de daños mayores en el edificio modelado donde obtiene los resultados de reducción de desplazamiento tal como se muestra en el cuadro numero 01

CENTRO DE MASA	VALOR	REDUCCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO
Piso 1	min	41.36%
	máx	49.34%
Piso 2	min	41.70%
	máx	50.65%
Piso 3	min	42.66%
	máx	52.79%
Piso 4	min	43.47%
	máx	53.74%
Piso 5	min	45.29%
	máx	53.92%

(Cuadro N°. 01)

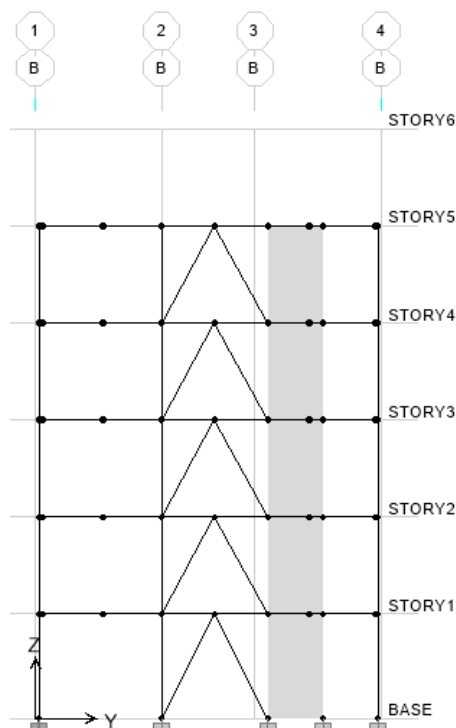
Porcentaje de reducción del Desplazamiento

Fuente:(Pardo, 2007)

Finalmente, Díaz La Rosa, en el año (2014). Hace su investigación titulada “Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos taylor para una edificación esencial de 6 pisos”, donde tiene el objetivo de evaluar el diseño estructural inicialmente planteado para una clínica, analizando los principales parámetros tales como derivas de entrepiso, excentricidad torsional, fuerzas y momentos flectores en los

elementos de corte y optimizar el diseño reestructurando el modelo y a través de la incorporación de disipadores de energía viscosos Taylor.

Para realizar el estudio se ubicaron los disipadores de la siguiente forma



(fig.05)

Modelamiento disipadores de energía de fluido taylor.

Fuente:(Diaz La Rosa, 2014)

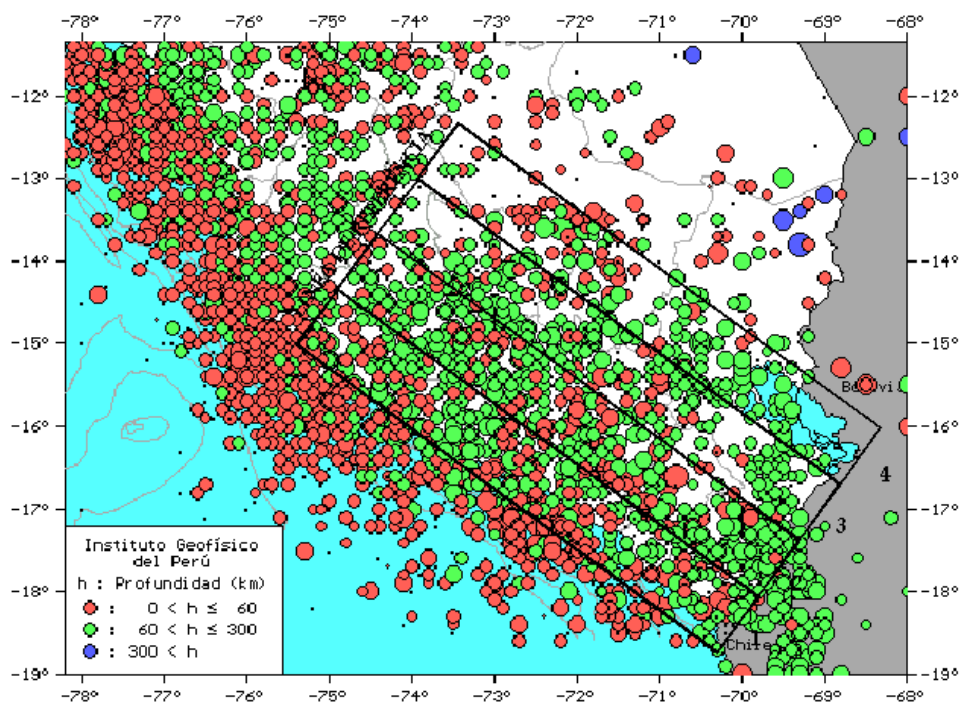
Luego de realizar la investigación como resultado se ha podido obtener que la deriva máxima de 9.71‰ (edificio sin disipadores) se redujo hasta 5.87 ‰, valor que es mucho menor al máximo permitido (7‰) de esta manera se satisfacerle las condiciones de la norma en cuanto al control de derivas.

Además es importante mencionar que la deriva máxima esperada considerando un amortiguamiento de 20% estaba en el rango de 5.82 ‰; la deriva máxima obtenida de 5.87‰ está muy cerca de este valor, por lo que se verifica que efectivamente el amortiguamiento es de 20%.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 Sismicidad en el sur del Perú

Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX solo se reportan los sismos sentidos en las ciudades principales, indicando que dicha actividad sísmica no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas, que no fueron reportados. (Castillo y Alva, 2003) realizan la recopilación de Dorbath et al (1990) quienes analizaron los grandes sismos históricos y obtuvieron cantidades estimadas de longitudes de ruptura en un diagrama espacio-tiempo de los grandes sismos históricos del Perú. Se muestra la existencia de tres zonas diferentes correspondientes a la segmentación de la placa de Nazca subducida en la placa sudamericana. La actividad sísmica en el norte y centro del país es compleja debido a la irregularidad de las longitudes de ruptura, la zona sur tiene un modelo sísmico simple y regular, ya que ha experimentado cuatro grandes sismos cuyo tiempo de recurrencia es del orden de un siglo; ésta es una zona de alto riesgo sísmico.



(Figura 06)
Región de estudio donde se muestran los sismos ocurridos desde
1471 hasta 1999,
Fuentes cismid

En este estudio se analiza las principales características de la sismicidad en la región sur del Perú, usando como fuente de información el último catálogo sísmico del Perú, recientemente publicado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2001-a), el cual incluye una base de datos, que comprende del año 1471– 1982 (en donde se ha recopilado toda la información existente

en esos años, de anteriores catálogos sin repetición de eventos, y con parámetros hipocentrales corregidos), complementado con la información de los últimos años (IGP, 2001-a).

2.2.2 Sismos con foco intermedio ($60 < h < 300$ km)

Estos sismos se distribuyen en la parte continental, de la siguiente manera:

Existe una mayor concentración de sismos, en el departamento de Tacna, en la parte SE del departamento de Puno, en la parte sur del departamento de Ayacucho, en la parte NW de Puno y en su totalidad en los departamentos de Arequipa y Apurímac.

Una menor concentración de la actividad sísmica, en el departamento de Moquegua, en la parte central de Puno, en los departamentos de Ica, Huancavelica y en parte del norte de Ayacucho como se detalla en la figura 06

2.2.3 Sismicidad en Abancay en los últimos entre el año 2005 y 2010

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), Tenemos el registro entre los años 2005 a 2010 el cual indicamos en los gráficos siguientes

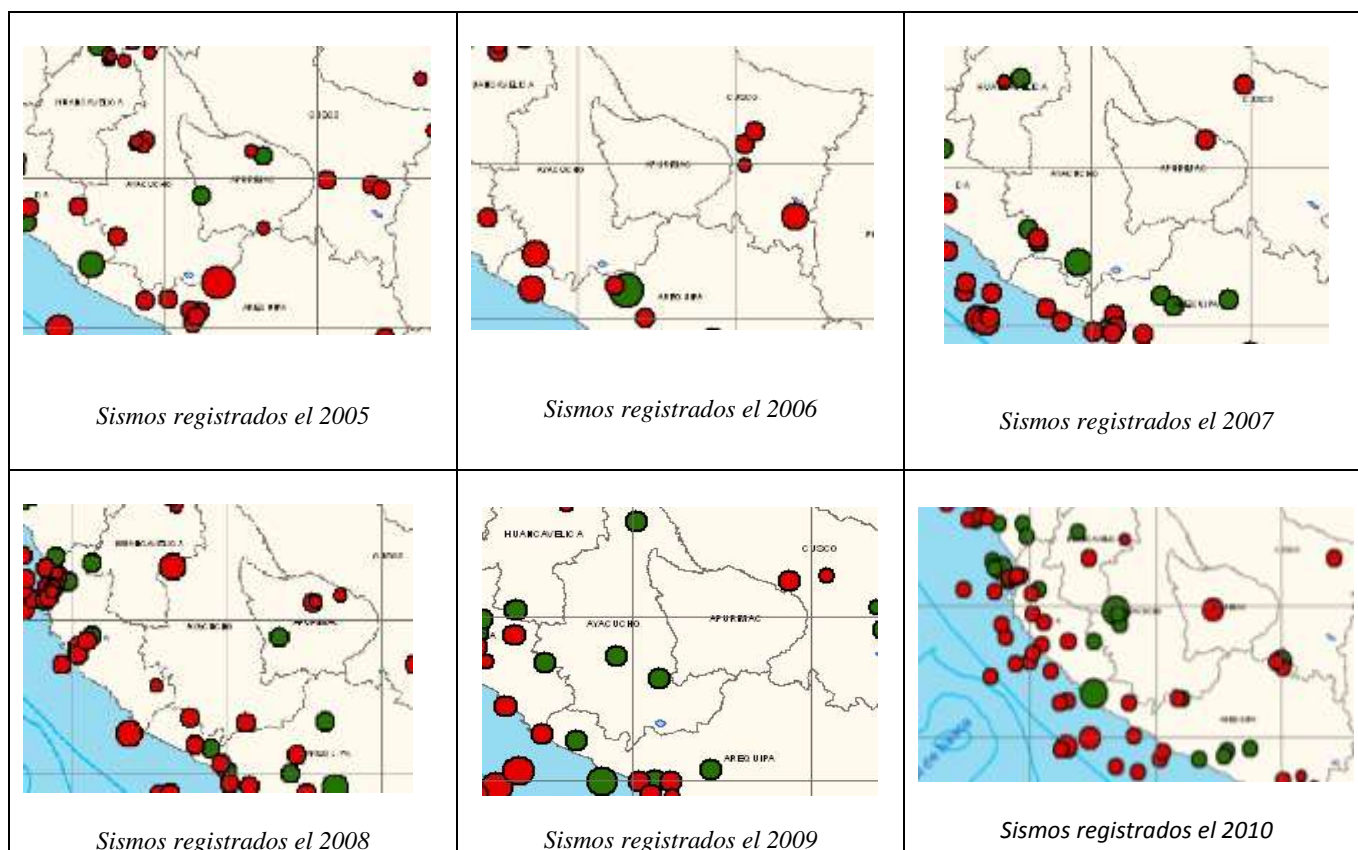


Figura 07; Región de estudio donde se muestran los sismos ocurridos desde 1471 hasta 2010, Fuentes cismid

Legenda



2.2.4 Historia de diseño con sistemas de protección sísmica

El proceso de contrarrestar los efectos del sismo siempre fue una de las prioridades del antiguo y mítico Perú, por tanto es importante para analizar las ciencias importadas nombrar la ingeniería sismoresistente que se logró en la antigüedad, desde Caral hasta los incas ya se tienen indicios de las construcciones sismoresistentes, además es importante resaltar que en la parte inferior de los grandes bloques de piedra la cimentación se realizaba con pequeños bloques como se muestra en la figura 05 de la piedra de los 12 ángulos de la ciudad del cusco. (Mier.2015)



(Figura 08)
Fotografía de piedra de los 12 ángulos - Cusco
Fuente:(Mier.2015)

Tan igual que la piedra, la tierra es el más antiguo de los materiales de construcción que el hombre ha utilizado a través de épocas. Desde que el hombre deja de ser nómada, y recurre a la tierra para cultivarla, descubre que también puede moldearla y secarla al sol, otorgándole una sencilla solución constructiva. Aún en nuestra era, encontramos testimonios impresionantes de edificaciones de tierra, tales como Pachacamac, Paramonga, Chan Chan (considerada la ciudad de barro más grande del mundo antiguo), entre otros; son muestras monumentales que han soportado los rigores del tiempo y los movimientos sísmicos. (Carrillo “et al” 2004)

2.3 TIPOS DE DISIPADORES DE ENERGÍA.

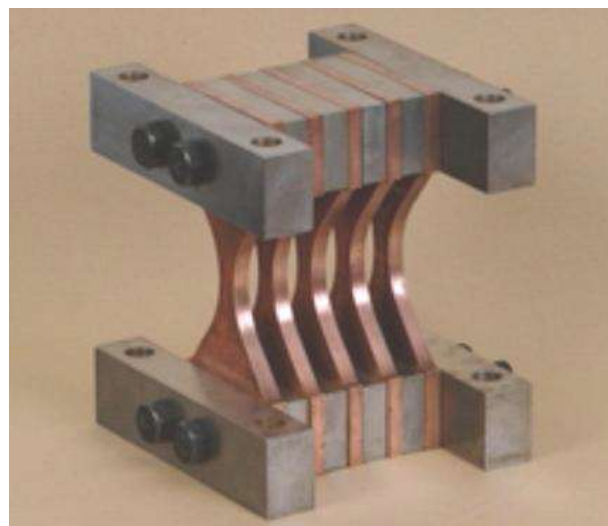
2.3.1 Disipadores de energía hysteréticos.

Los dispositivos hysteréticos dependen básicamente de los desplazamientos de la estructura. Los disipadores metálicos se basan en la fluencia de los metales a partir de esfuerzos de flexión, corte, torsión o a través del proceso de extrusión. (Boza y Galán, 2013)

El acero ha sido sin duda el metal más empleado en esta clase de disipadores. Entre sus virtudes están las posibilidades constructivas que ofrece, debido a que es de fácil mecanizado y soldabilidad; además, tiene un bajo costo y elevada ductilidad. Entre los más usados tenemos el denominado dispositivo ADAS. (Boza y Galán, 2013)

Estos dispositivos aprovechan la plastificación de los metales (cuando se deforman en el rango inelástico) para disipar energía. Una amplia variedad de estos dispositivos han sido desarrollados; los mismos que trabajan a partir de esfuerzos de flexión, corte, torsión o extrusión para lograr esta plastificación. (Diaz La Rosa, 2013)

Las características particularmente deseables de estos dispositivos son su comportamiento estable, su fiabilidad a largo plazo, y en general la buena resistencia que tienen ante los factores ambientales y de temperatura. (Diaz La Rosa, 2013)



(Figura 09)
Dispositivo ADAS (flexión)
Fuente:(Boza y Galán. 2013)

2.3.2 Disipadores de energía viscoelásticos.

Los disipadores viscoelásticos han sido empleados con éxito, durante las últimas décadas, para reducir la respuesta de edificios altos ante la acción del viento. De forma más reciente se ha estudiado su utilización con fines sismorresistente. Los disipadores viscoelásticos sólidos están formados por placas metálicas unidas por capas finas de material viscoelástico y presentan ciclos histeréticos característicamente elípticos. Su comportamiento depende del desplazamiento y la velocidad, su acción disipativa se basa en el aumento del amortiguamiento estructural. (Morales y Contreras, 2012)

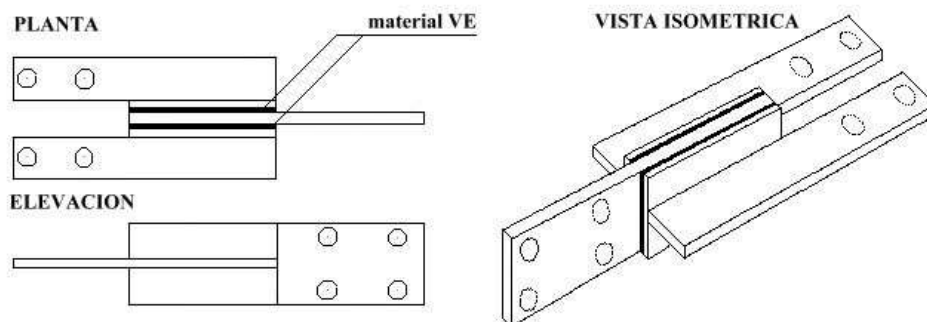
Pardo. (2007). Presenta ventajas y desventajas con relación a los disipadores histeréticos, tales como

Ventajas

- ✓ No requieren de una gran fuerza para lograr disipar energía.
- ✓ No cambian de forma significativa los períodos de vibración de la estructura, con lo cual resulta posible linealizar el comportamiento estructural y realizar una modelación más sencilla.

Entre sus principales desventajas podemos mencionar:

- ✓ La poca variación del período fundamental no evita el comportamiento resonante.
- ✓ Los materiales viscoelásticos, en general son sensibles a los cambios de temperatura, frecuencia y deformación y resulta necesario minimizar la influencia de estas variable en sus rangos de servicio en estructuras sismorresistentes para que su comportamiento resulte predecible.
- ✓ Para conseguir un aumento del amortiguamiento estructural a valores que reduzcan significativamente la respuesta estructural ante un sismo severo es necesaria una gran cantidad de dispositivos.



(figura 10)
Disipadores de energía viscoelásticos
Fuente: (Villarreal y Oviedo.2009)

2.3.3 Disipadores fluido - viscosos.

El propósito de emplear disipadores de energía es tratar de que la estructura tenga un mejor comportamiento frente a un evento sísmico, asegurando que esta se comporte dentro del rango lineal y así poder limitar las deformaciones inelásticas y la formación de rótulas plásticas, impidiendo el daño estructural.

Como punto de partida para la discusión de amortiguamiento en estructuras, considere que a esta se le somete a un pequeño desplazamiento y luego se suelta. La estructura quedará vibrando de un lado a otro con una cierta amplitud que se decaerá en el tiempo. Históricamente los ingenieros estructurales han asumido que la reducción del movimiento está asociada a la presencia de amortiguamiento viscoso en los materiales que se emplean. El decremento logarítmico es a menudo usado para relacionar la reducción en amplitud entre dos o más valores máximos sucesivos de la respuesta para los valores de amortiguamiento. La cuantificación de los valores del amortiguamiento viscoso en edificios ha sido asunto de investigación por más de 50 años. Este tipo de amortiguamiento es llamado “amortiguamiento natural” porque está asociado al amortiguamiento interno que poseen los materiales con los que se construyen los elementos estructurales. Este amortiguamiento natural representa la energía disipada por los elementos estructurales de la edificación (columnas, muros, etc.) en el movimiento del edificio en el tiempo. (Boza y Galán, 2013).

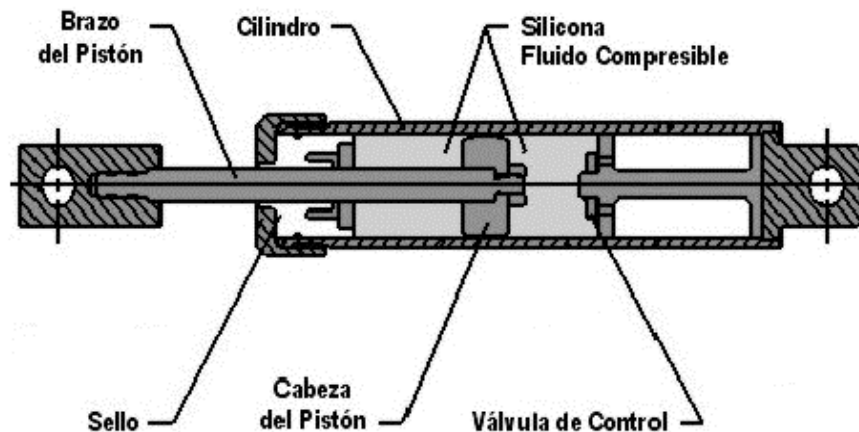
Son mecanismos llenos de líquido viscoso que disipan energía forzando su flujo a través de un orificio. Los disipadores dependen de la velocidad, por lo que no incrementan esfuerzos en la estructura ya que aquellos que ésta desarrolla están fuera de fase con las fuerzas actuantes en los disipadores durante el movimiento. (Boza y Galán, 2013).

En las décadas pasadas, se comenzó a investigar y experimentar con nuevos sistemas llamados “sistemas de control pasivo”. Los primeros dispositivos de este tipo de tecnología que se introdujeron en edificios para ayudar a mitigar el impacto de los movimientos producidos por los sismos, fue el “sistema de aislamiento basal”, más tarde (en la década de los 90) se comenzó a implementar estructuras con otro tipo de elementos conocidos como, “dispositivos de disipación de energía”. En esta categoría encontramos el “disipador de fluido viscoso” (Morales y Contreras, 2012)

2.3.4 Componentes de un disipador fluido – viscoso (DFV).

Los disipadores de fluido viscoso son cilindros huecos que se encuentran divididos en tres cámaras. En su interior tienen un fluido que es de baja viscosidad, inerte, no combustible, no inflamable, no tóxico y además que no se degrada con el paso del tiempo. (Morales y Contreras, 2012)

Un DFV consiste de un cilindro metálico lleno de un líquido viscoso, como aceite o silicona, y una cabeza de pistón con orificios que separa al cilindro en dos cámaras. Una de las cámaras posee un acumulador que compensa el cambio de volumen del fluido debido al posicionamiento del pistón durante el movimiento como se muestra en la figura 11 (Boza y Galán, 2013)



(figura 11)
Disipadores de fluido viscoso
Fuente: (Villarreal y Oviedo.2009)

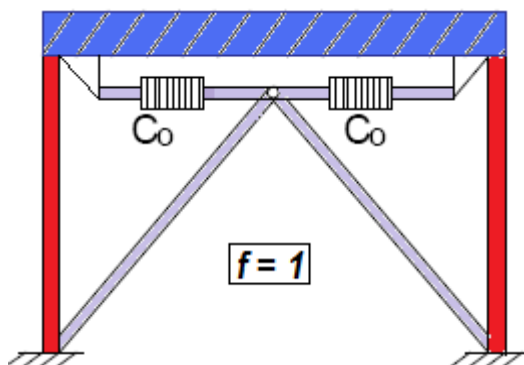
Estos disipadores disipan energía debido a la fricción entre el fluido y los orificios de pistones que tienen en su interior. El movimiento de la edificación empuja el pistón hacia el interior del cilindro, comprimiendo el fluido de la cámara 2. Por los orificios de la cabeza del pistón pasa flujo de la cámara 2 a la 1, generando una fuerza de amortiguamiento que buscará igualar la presión en ambas cámaras. Al ser la presión 16 en la cámara 2 mayor que en la cámara 3, por la válvula de control pasa líquido a la cámara 3, lo que evita que el pistón tenga un efecto de rebote. (Morales y Contreras, 2012)

2.3.5 Configuraciones de los dispositivos de disipador fluido – viscoso (dfv).

Existen diversas maneras de colocar los disipadores. Cada una de ellas puede lograr una eficiencia diferente. La eficiencia (f) se mide en función de la fuerza en el dispositivo en relación a la velocidad (o desplazamiento) de entrepiso. (Morales y Contreras, 2012)

a) Configuración Chevron Brace

La configuración Chevron Brace como se puede observar en la figura 12, se puede lograr una eficiencia de 1, es decir toda la capacidad del disipador sirve para controlar el movimiento lateral de la estructura. Para lograrlo es necesario que los arriostres que lo sostienen tengan una alta resistencia lateral. (Morales y Contreras, 2012)



(figura 12)

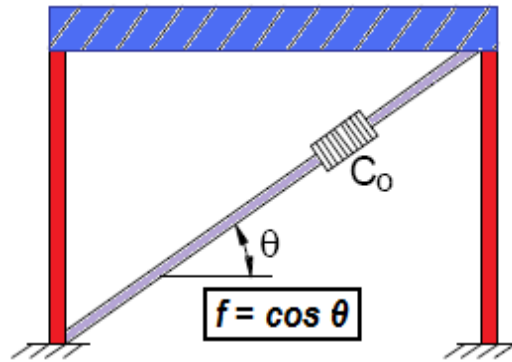
Configuración Chevron Brace

Fuente: "Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation"[SYM2002]

En (Morales y Contreras, 2012)

b) Configuración Diagonal

La configuración Diagonal mostrado en la figura 13 es la más económica, debido a que sólo requiere de tubos metálicos para la instalación de los disipadores. La componente horizontal de la fuerza que se genere es la que brindará amortiguamiento. La eficiencia depende del ángulo de inclinación del brazo metálico que va a sostener al disipador, mediante la expresión $f = \cos(\theta)$. (Morales y Contreras, 2012)



(figura 13)

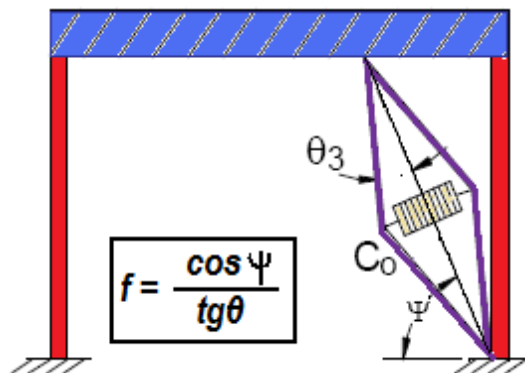
Configuración diagonal

Fuente: "Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation"[SYM2002]

En (Morales y Contreras, 2012)

c) Configuración Scissor Jack

La configuración Scissor Jack mostrado en la figura 14, aumenta el desplazamiento del pistón para un desplazamiento de entrepiso, razón por la cual tiene una eficiencia mayor a la unidad. La eficiencia depende del ángulo de inclinación del disipador (ψ) y del ángulo de la armadura (θ) según la relación $f = \cos(\psi) / \text{tg}(\theta)$. (Morales y Contreras, 2012)



(figura 14)

Configuración Scissor Jack.

Fuente: "Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation"[SYM2002]

En (Morales y Contreras, 2012)

Otra ventaja de esta configuración es que ocupa un menor espacio, lo que no impide colocar una puerta o una ventana en su lado.

Esta configuración tiene un mayor precio, por lo que para tomar una decisión de cuál de las tres configuraciones utilizar será necesario comparar el costo asociado a la instalación y el costo de los disipadores a utilizarse. (Morales y Contreras, 2012)

2.4 TERMINOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE DISIPADORES SISMICOS

2.4.1 Metodología de diseño de disipadores de fluido viscoso

Para este fin es importante definir un esquema de diseño que permita responder de antemano si el nivel de control deseado puede ser alcanzado por la estructura y por el tipo dispositivo que se pretende utilizar, también debe permitir la posibilidad de definir en forma robusta un prediseño de los dispositivos de tal manera que las posteriores etapas iterativas de afinamiento y validación del diseño lleven a cambios menores.

En la práctica, este tipo de diseño consiste en hacer ensayos para ajustar y calibrar la respuesta del edificio con diversos arreglos y tipos de amortiguadores. Estas pruebas se hacen de manera analítica, basadas en programa de cálculo estructural ETABS 2013, con los que la estructura del edificio se modela tridimensionalmente mediante la técnica de elemento finito. Se incluyen los disipadores de fluido viscoso con un comportamiento lineal o no lineal para realizar análisis dinámicos modales.

La base puede ser modelada como perfectamente empotrada o se puede considerar las propiedades del suelo a través de la interacción suelo estructura.

El amortiguamiento inherente de la estructura debe ser basado en el tipo de material que se emplee, la configuración y el comportamiento de la estructura y de los elementos no estructurales. A menos de que se pueda probar un amortiguamiento mayor, este se tomara como no más del 5 por ciento del amortiguamiento crítico para todos los modos de vibración.

2.4.2 Determinación del sistema estructural

Se parte de la base que se conoce un modelo matemático de los componentes estructurales del sistema sin los dispositivos de amortiguamiento viscoso. Este modelo puede corresponder a una edificación existente o a una nueva. Con este modelo se debe determinar los periodos naturales de la estructura y los modos asociados a estos, además de la respuesta de la misma.

El primer paso en el diseño de los amortiguadores es la selección de la localización y distribución de los dispositivos dentro de la estructura. La ubicación de los dispositivos, debe

realizarse en conjunto con el arquitecto, de tal forma que estos no interfieran en la estética de la edificación.

2.4.3 Determinación del control de la respuesta

En base a la respuesta dinámica del modelo de la estructura sin los dispositivos (determinado en el punto anterior), se adopta un parámetro a controlar de la respuesta. El parámetro a controlar puede ser la reducción de un cierto porcentaje de la deformación máxima relativa entre pisos, la limitación de esta a un cierto valor, la limitación de la aceleración máxima, limitación de la torsión, limitación de los esfuerzos, etc.

2.4.4 Determinación de la demanda sísmica

La demanda sísmica a la que se ve afectada la estructura, está intrínsecamente definida por el nivel de control de la respuesta. Ya que lo que se busca que el comportamiento de la estructura frente a un cierto registro sísmico, conjunto de registros, espectro de diseño u otras cargas laterales es que esta cumpla con los niveles de serviciabilidad de la estructura y/o de sus contenidos.

2.4.5 Determinación del nivel de amortiguamiento suplementario

El nivel de amortiguamiento suplementario, corresponde al grado de amortiguamiento que se debe agregar a la estructura, es decir, al valor de la razón de amortiguamiento crítico debido a los dispositivos viscosos.

Con este grado de amortiguamiento adicional lo que se desea es lograr alcanzar el control de la respuesta deseado. Este grado de amortiguamiento será tomado como la variable a iterar, es decir, se supondrá un cierto valor inicial con el cual se realizará todo el proceso de diseño, luego se verificará si se cumple con el control de la respuesta, si esto no es así se adoptará otro valor y se repetirá el proceso hasta llegar al control de la respuesta deseada, pero no debe dejarse de lado que este valor debe ser razonable, ya que valores muy altos darán como resultados diseños muy costosos.

2.4.6 Determinación de los parámetros de los disipadores de fluido viscoso.

Como se dijo anteriormente, el proceso de diseño de los dispositivos es un proceso iterativo que puede compararse a la selección de una columna en el diseño de estructuras metálicas,

el calculista selecciona diferentes columnas (tamaños y secciones) y comienza a iterar hasta lograr un diseño práctico y económico.

En el caso de los disipadores de energía del tipo viscoso el calculista debe suponer un cierto amortiguador que es función del coeficiente de amortiguamiento ξ_{md} y el exponente de la velocidad η .

2.5 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO

2.5.1 Norma y requerimientos del código ASCE 7-10

La norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 (requerimientos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de disipación) plantea 4 procedimientos para el análisis de estructuras provistas de disipadores.

Procedimientos no lineales

- ✓ Análisis de la respuesta No-Lineal Tiempo-Historia.
- ✓ Análisis No-lineal estático.

Procedimientos lineales

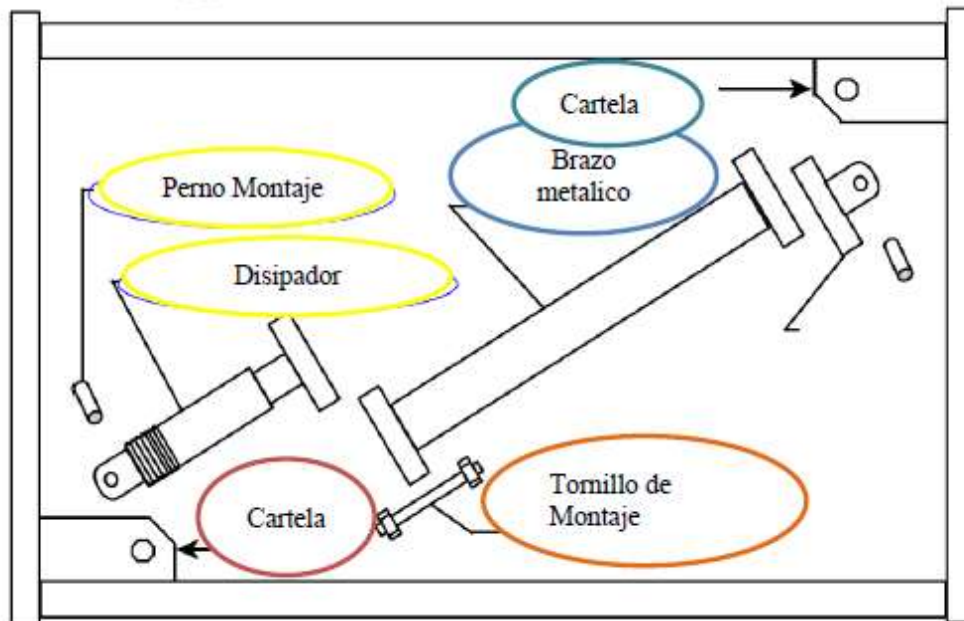
- ✓ Análisis de la respuesta espectral.
- ✓ Análisis de fuerza lateral equivalente.

En la presente tesis se realizará una modelación lineal siguiendo los procedimientos indicados en el programa ETABS 2013.

2.5.2 Recomendaciones para el diseño de conexiones:

Esta norma señala que las conexiones deben ser evaluadas usando el criterio de diseño por resistencia y que deben ser diseñadas para que resistan las fuerzas, desplazamientos y velocidades del máximo sismo esperado (igual a 1.5 del sismo de diseño)

Para el diseño de las conexiones tener en cuenta que hay algunos elementos que son proporcionados por el mismo proveedor y que se obtienen al comprar el disipador viscoso, todos los demás elementos deberán de ser diseñados.



(Figura 15)
 Conexiones en la disposición diagonal
 Fuente: Taylor-Sap Etabs modeling

2.5.1 Bases de cálculo del disipador de energía de fluido viscoso

Como se acaba de mencionar, la forma de trabajo de estos disipadores es simple, durante un terremoto la estructura experimenta desplazamientos relativos entre los pisos, los que a su vez generan movimientos y aceleraciones en el dispositivo viscoso, el mismo que regula el paso del fluido a través de pequeños orificios, la energía sísmica se disipa tan rápido como circula este fluido de una cámara a otra.

La fuerza generada en cada disipador viscoso se caracteriza por la siguiente ecuación:

$$F=CV^\alpha$$

Dónde:

F: Fuerza en el disipador.

C: Constante de Amortiguamiento.

V: Velocidad relativa en el amortiguador.

α : Coeficiente para calculo lineal se utiliza el valor de 1.

Es importante observar que no hay ninguna fuerza de resorte en esta ecuación. La fuerza del disipador varía sólo con la velocidad. Para una velocidad dada la fuerza será la misma en cualquier punto del dispositivo.

$$\beta_{visc.} = \frac{T \sum_j C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2}$$

donde :

$\beta_{visc.}$: Amortiguamiento Viscoso Objetivo.

T : Periodo de la estructura.

ϕ_i : Modo de vibración del periodo fundamental.

ϕ_{rj} : Desplazamiento Relativo del modo de vibración fundamental.

θ_j : Ángulo de inclinación del disipador.

m_i : Masa de entrepiso.

El ángulo de inclinación (θ_j) y el desplazamiento relativo del disipador de energía ϕ_{rj} se muestra en la siguiente figura.

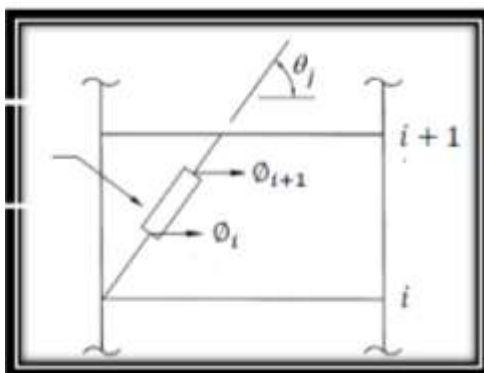


Figura.16. Ángulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía

Fuente: "Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation"[SYM2002]

En (Morales y Contreras, 2012)

Así mismo el valor β_H depende del amortiguamiento objetivo que se desee alcanzar, este valor se puede calcular empleando el siguiente procedimiento.

Como primer paso se determina el factor de reducción de respuesta (B.) mediante el cociente:

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

Donde la deriva máxima es la obtenida del análisis tiempo historia para el sismo de diseño seleccionado.; posteriormente, se determina el amortiguamiento efectivo despejando la siguiente ecuación.

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_o)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

Donde es (β_o) el amortiguamiento inherente de la estructura que usualmente se fija en 5% para estructuras de concreto armado. De esta manera se obtiene el amortiguamiento efectivo, este incluye la acción del disipador de energía y el amortiguamiento inherente de la estructura.

Descontando el amortiguamiento inherente se obtiene el amortiguamiento viscoso que se requiere.

$$\beta_H = \beta_{eff} - 5\%$$

Uno de los mecanismos más eficientes para añadir capacidad de disipación de energía a una estructura es mediante el uso de dispositivos de fluido viscoso. Este mecanismo disipa energía transfiriendo un fluido a través de un orificio, produciendo una presión de amortiguamiento.

Por muchos años, los disipadores de fluido viscoso han sido utilizados en muchas aplicaciones, entre los que se encuentra el control de vibraciones en sistemas aeroespaciales y de defensa en los Estados Unidos, donde fue evaluado con éxito durante muchas décadas. Uno de los usos que ha sido bien documentado fue hecho por instituciones militares para examinar su uso en cañones de alto calibre. Básicamente un amortiguador viscoso es comparable a los amortiguadores utilizados en los automóviles, con la diferencia que los utilizados en estructuras operan en un rango de fuerzas mucho mayor y son construidos en acero inoxidable y otros materiales extremadamente duraderos los cuales tienen una duración de por lo menos 40 años.

En esta sección se pretende desarrollar un método de diseño de disipadores viscosos de energía que sea capaz de garantizar un desempeño que asegure un nivel de seguridad para las personas y la operabilidad post-sismo de la estructura.

2.6 APLICACIONES DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL PERU

Cuando un edificio ha estado sometido por varios años a sismos intensos, posiblemente hay cierto grado de daño (no siempre visible) en la estructura. Si se necesita rehabilitarlo deberá proporcionarse la resistencia exigida en el reglamento vigente. Con la incorporación de disipadores de energía, se reducirán las aceleraciones sísmicas de diseño y cumplir con las exigencias que impone la normativa vigente. Así, el edificio conservaría prácticamente la misma estructura original y sus reservas de resistencia inelástica. Los disipadores de energía, se han empleado en edificios nuevos y restaurados, además de puentes, aeropuertos, estadios, etc. A continuación se muestra una tabla con algunas aplicaciones:

2.6.1 Aeropuerto Jorge Chávez de Lima, Perú

Se colocaron disipadores de energía viscosos, Se ha reforzado la torre central de 10 pisos del Aeropuerto Jorge Chávez.



(Figura 17)
Disipadores sísmicos en Aeropuerto Jorge Chavez de Lima
Fuente: propio

2.6.2 Centro Empresarial El Reducto - Miraflores – Lima

Es el primer edificio de oficinas que cuenta con disipadores de energía sísmica. Además, cuenta con 14 pisos de oficinas con un área 1,030m² aproximadamente, 02 locales comerciales y 05 oficinas por piso. También, cuenta con más de 250 estacionamientos adicionales para discapacitados de visitas divididos en 07 sótanos.

Se ha desarrollado un edificio con lo último en tecnología que usa disipadores de energía sísmica para brindarte una mayor seguridad y tranquilidad en caso de sismo.



(Figura 18)
Edificio de oficinas Gerpal – Centro Empresarial El Reducto, Lima
Fuente: propio

2.6.3 La Nueva Sede del Banco de la Nación.

Se trata de una torre de 135 mt. de altura y 30 niveles que, además de espacios de oficinas para los colaboradores del Banco de la Nación múltiples usos y cuenta con: helipuerto, sala de exposiciones, agencia bancaria, salas de uso múltiple, un auditorio con capacidad para 700 personas, un comedor donde se podrá atender 1,200 personas en tres turnos y con 4 sótanos para estacionamiento. La nueva sede institucional representa una propuesta arquitectónica que combina equilibrio con la modernidad, a través de dos bloques inclinados con una cubierta de cristal sobria y definida. El sistema estructural elegido para la construcción es del tipo shear wall, (muro de corte), que cuenta con un núcleo central de muros de concreto armado de alta resistencia sísmica. Tomando todas las precauciones, de forma complementaria se instaló un sistema de protección sísmica basado en disipadores de fluido viscoso.



(Figura 19)
Edificio de Banco de la Nación - Lima
Fuente: propio

CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

La investigación se realizó en la ciudad universitaria de la Universidad Alas Peruanas Filial Abancay, distrito de Abancay, Provincia de Abancay, Región Apurímac.

El enfoque de la investigación es de tipo estructural los mismos que nos permitirán medir la capacidad de respuesta sísmica de una edificación con disipadores sísmicos frente a cargas dinámicas producidas por sismos en la ciudad de Abancay, para el cual hemos desarrollado el diseño de un edificio que se propone para que el futuro sea el pabellón administrativo de la Universidad Alas Peruanas, filial Abancay.

DATOS GENERALES			
Función	Edificio de Oficinas		
Ubicación	Calle Puno, Distrito y Provincia de Abancay		
Área	218.75m ² x nivel		
Niveles	8	Altura del primer nivel	2.96m
		Altura del Piso típico	2.96m

(Cuadro 02)
Datos generales del edificio

3.2 DESCRIPCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO

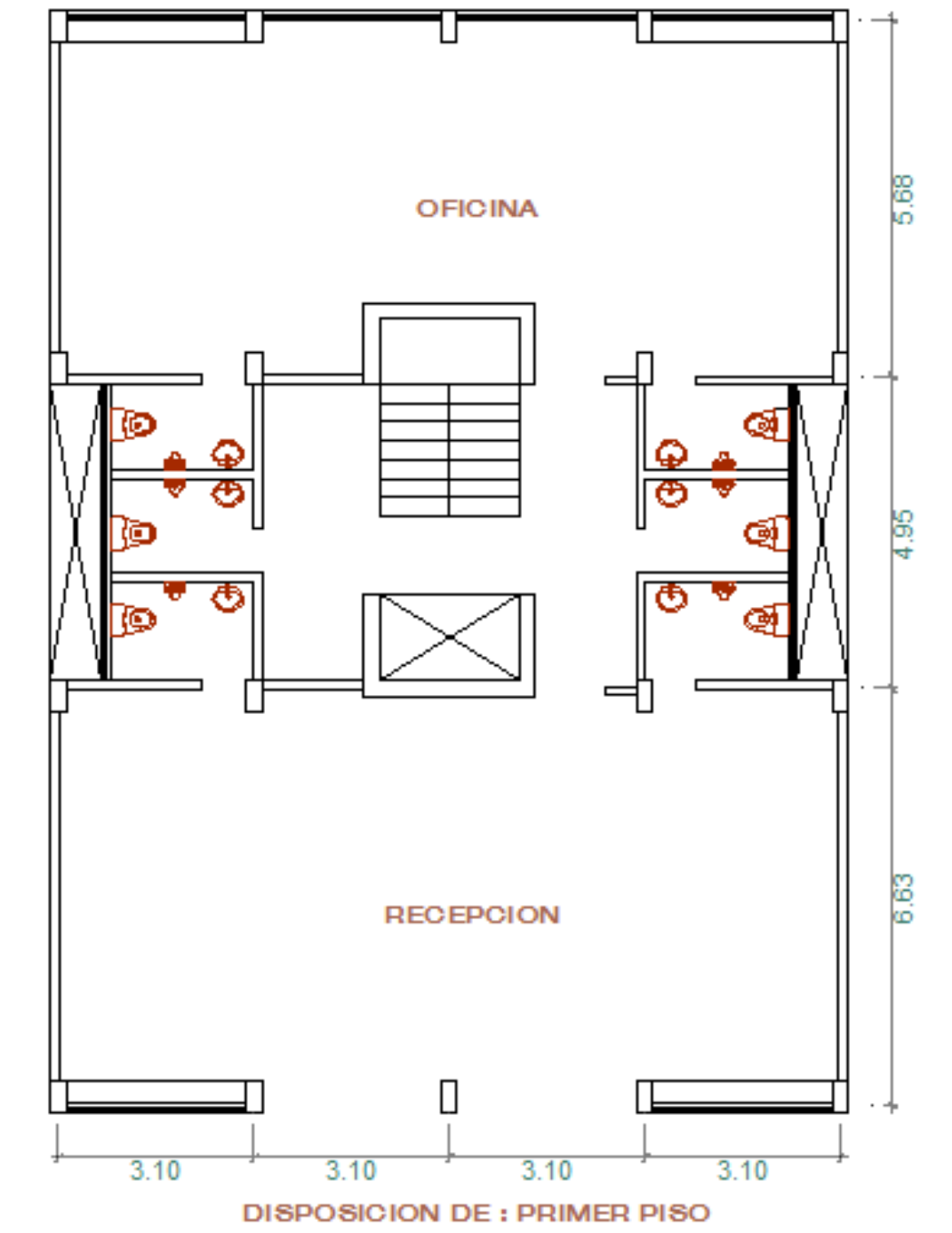
3.2.1 Condiciones generales de la edificación

En esta sección se presentarán las características del proyecto elegido para el desarrollo de la investigación, siendo este un edificio dual como se describe a continuación.

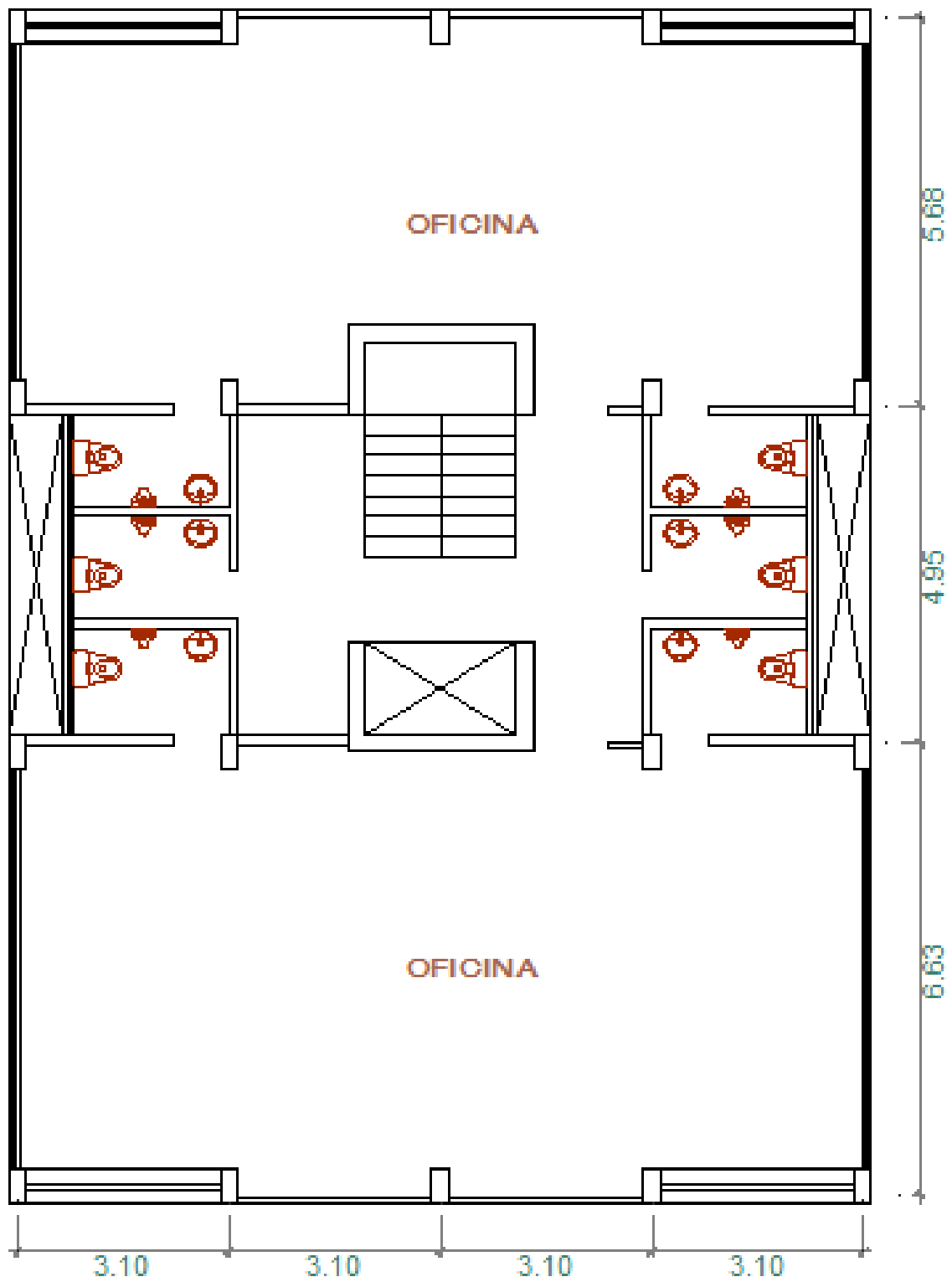
3.2.2 Proyecto arquitectónico

El edificio a desarrollar cuenta con 06 pisos, en el primer piso cuenta con un área propuesto para oficina de admisión, oficina de mesa de partes, oficina de soporte técnico, servicios higiénicos, el segundo nivel cuenta con oficina de admisión, oficina de OSAR y archivos, el tercer piso cuenta con oficinas ciencias de la salud y facultad de ciencias políticas, el cuarto nivel cuenta con un área para facultad de ciencias empresariales y facultad de ingeniarías y arquitectura, el quinto piso está destinado a oficina del vicerrectorado y una sala de reuniones o conferencias, el sexto nivel destinado a un sala de reuniones y/o mini auditorio

para uso múltiple el piso . El edificio principal cuenta con un área de 221.38m², por cada nivel.



(Figura 20)
Plano: primer nivel propuesta de edificio administrativo UAP Abancay



DISPOSICION DE :SEGUNDO AL SEXTO PISO

(Figura 21)

Plano: propuesta del segundo al sexto piso edificio administrativo UAP Abancay



(Figura 22)
Isometría edificio administrativo UAP Abancay

3.2.3 Irregularidades en Altura

- No hay piso blando
- No hay irregularidades de masa
- No hay irregularidades en geometría vertical
- No hay discontinuidad de los elementos estructurales

3.2.4 Irregularidades en planta

- Irregularidad torsional (se obtiene con el cálculo – pendiente)
- No hay esquinas entrantes
- No hay discontinuidad de los diafragmas

3.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de mecánica de suelos se realizó con el fin de conocer las características y propiedades del terreno de fundación para determinar qué tipo de cimentación se acomodará mejor a las solicitaciones del proyecto de pabellón administrativo de la Universidad Alas Peruanas Filial Abancay.

El estudio se realizó en el patio de la Universidad, con una profundidad de calicata de 3.00metros, los resultados obtenidos detallamos en los cuadros 03, 03, 04, 05, 06, 07 y 08.

LÍMITE LÍQUIDO D-423

Muestra	1	2	3	4
N° de Cápsula	1	2	3	
Caps.+ S. húmedo	43.88	41.53	46.19	
Caps.+ S. seco	39.02	37.01	40.44	
Agua	4.86	4.52	5.75	
Peso Cápsula	21.32	21.23	21.42	
Peso S. seco	17.70	15.78	19.02	
% Humedad	27.46	28.64	30.23	
N° de golpes	49	35	14	

(Cuadro 03)

Resultados de estudio de suelos limite liquido

Fuente: elaboración propio

LÍMITE PLÁSTICO D-424

Muestra	1	2	3	4
N° de Cápsula	1	2	3	
Caps.+ S. húmedo	16.30	14.94	17.12	
Caps.+ S. seco	15.47	14.34	16.12	
Agua	0.83	0.60	1.00	
Peso Cápsula	11.50	11.47	11.42	
Peso S. seco	3.97	2.87	4.70	
% Humedad	20.91	20.91	21.28	

LÍMITE LÍQUIDO= 29.08 %

LÍMITE PLÁSTICO= 21.03 %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) = 8.05 %

(Cuadro 04)

Resultados de estudio de suelos limite plástico

Fuente: elaboración propio

ENSAYO	1	2	3	4
Cápsula N°	C-1	C-2	C-3	C-4
Peso suelo húmedo + cápsula	56.10	48.40	51.45	48.25
Peso suelo seco + cápsula	53.15	46.15	47.90	45.05
Peso del agua	2.95	2.25	3.55	3.20
Peso de la cápsula	22.60	23.80	11.90	13.50
Peso neto del suelo seco	30.55	22.35	36.00	31.55
% de Humedad	9.66	10.07	9.86	10.14

w (%) = 9.93

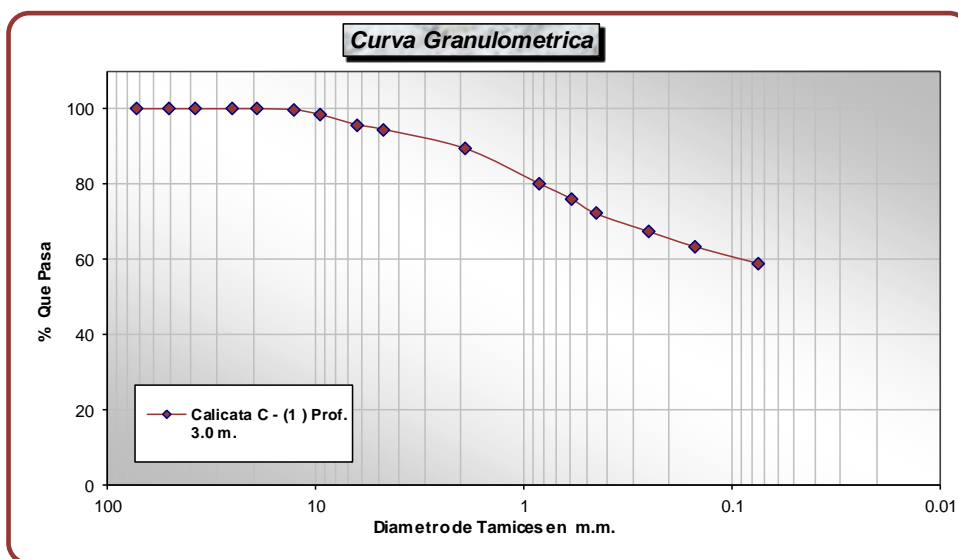
(Cuadro 05)
Resultados de estudio de suelos contenido de humedad
Fuente: elaboración propia

Peso de la Muestra Seca 1060.00 gr
1060.00 gr

Tamiz	Diam(mm)	Peso Ret.	Peso Corr.	% Ret.	% Pasa
3"	73.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	2.70	2.98	0.28	99.72
3/8"	9.53	13.10	13.38	1.26	98.46
1/4"	6.35	28.20	28.48	2.69	95.77
4	4.75	12.80	13.08	1.23	94.53
10	1.9	54.30	54.58	5.15	89.39
20	0.84	98.40	98.68	9.31	80.08
30	0.59	42.20	42.48	4.01	76.07
40	0.45	41.30	41.58	3.92	72.14
60	0.25	50.50	50.78	4.79	67.35
100	0.15	42.30	42.58	4.02	63.34
200	0.075	46.30	46.58	4.39	58.94
cazuela	0	624.50	624.78	58.94	0.00
		1056.6	1060.0	100	
Material Perdido		3.40 gr.			
Porcentaje de Perdida		0.32 %			

D60 = 0.09
D30 = No Existe
D10 = No Existe

Cu = No Existe
Cc = No Existe



(Cuadro – grafico- 06)
Resultados de estudio de suelos: Granulometría
Fuente: elaboración propia

ITEM	PROPIEDAD	RESULTADO DE ENSAYOS
01.01	% QUE PASA EL TAMIZ Nº4	94.53
01.02	% QUE PASA EL TAMIZ Nº10	89.39
01.03	% QUE PASA EL TAMIZ Nº40	72.14
01.04	% QUE PASA EL TAMIZ Nº100	63.34
01.05	% QUE PASA EL TAMIZ Nº200	58.94
01.06	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	NO TIENE
01.07	COEFICIENTE DE CONCAVIDAD	NO TIENE
01.08	INDICE DE GRUPO (%)	9
02.01	LIMITE LIQUIDO (%)	29
02.02	LIMITE PLÁSTICO (%)	21
02.02	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	8
03.01	HUMEDAD NATURAL(%)	9.93
CLASIFICACIÓN AASHTO		A - 6
CLASIFICACIÓN SUCS		CL

CONCLUSION: El suelo en analisis consiste en un suelo de Arcilla de baja plasticidad

(Cuadro 07)
Resultados de estudio de suelos: Clasificación de suelos
Fuente: elaboración propia

PROPIEDAD DE MATERIAL	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
COHESION	C	2.00	Tn/m ²
COHESION CORREGIDO - C' = (2/3)C	C'	1.33	Tn/m ³
PESO ESPECIFICO DEL SUELO	γ_{nat}	1.94	Tn/m ³
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	Df	3.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	1.20	m
ANGULO DE FRICCION INTERNA	ϕ	28	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA CORREGIDO $\phi' = \arctg(2/3 \tan \phi)$	ϕ'	19	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	N_q	6.00	
	N_γ	4.92	
	N_c	14.24	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 57.85 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S. = 3$$

$$q_{adm} = 19.28 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.93 \quad \text{Kg/cm}^2$$

(Cuadro 08)
Resultados de estudio de suelos: Clasificación de suelos
Fuente: elaboración propia



(Figura 23)
 Fotografías: de calicata en el patio de la ciudad universitaria
 Fuente: elaboración propia
 Apoyo ing. Oscar Morón (docente UAP)

3.4 PREDIMENCIONAMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

El diseño de edificaciones debe cumplir con ciertas condiciones y parámetros mínimos, para que estas tengan un comportamiento sísmico adecuado, de acuerdo con los principios que se desarrollarán a lo largo de esta sección. El diseño sismoresistente de acuerdo a la norma vigente se aplica en edificaciones nuevas y en el reforzamiento de las existentes.

Los principios del diseño sismo-resistente, según el Reglamento Nacional de Edificaciones, son que la estructura no debe colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a los movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio, además, la estructura debe soportar movimientos sísmicos moderados que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables. Es decir, la estructura no debería colapsar durante un evento sísmico y los daños que ocurriesen podrían ser reparados, así también, no debería haber pérdidas de vidas humanas, que es lo más importante en caso de desastres naturales.

Sin embargo, se puede considerar como falla de la edificación si esta no es reparable y si INDECI la declara no habitable. Finalmente, se deberá tener en cuenta que la vida de servicio de una edificación aproximadamente es de 50 años, por lo tanto, se debe diseñar con criterios de durabilidad y resistencia con el fin de prever un evento sísmico durante el período de vida útil de la estructura.

3.4.1 Análisis de cargas por gravedad

Para realizar el metrado de cargas de gravedad se consideró un área tributaria correspondiente a cada columna. En esta área tributaria las columnas soportaron las siguientes cargas: las carga transmitidas por las vigas, las losas, los tabiques, el piso terminado, el peso propio y la sobrecarga.

A continuación, se definen los pesos que van a ser usados para el cálculo de las cargas actuantes en las columnas.

Carga Muerta:

Peso del Concreto	=	2.40 Ton/m ³
Peso del Aligerado (20 cm)	=	0.30 Ton/m ²
Peso de piso terminado	=	0.10 Ton/m ²
Vigas de 0.30x0.60	=	0.432 Ton/m

Carga Viva:

S/C oficinas	=	0.30 Ton/m ²
S/C oficinas – archivos	=	0.50 Ton/m ²
S/C tabiquería móvil	=	0.10 Ton/m ²

3.4.2 Requisitos normativos reglamentarios

El diseño de los elementos estructurales para la edificación se hará de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, además de normas complementarias como el ACI 318-2011.

Las cargas de gravedad y de sismo que se utilizan para el análisis estructural del edificio y en el diseño de los diferentes elementos estructurales, deberán cumplir con lo señalado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) en la Norma Técnica de Edificaciones E-020 de cargas, E-030 de diseño Sismorresistente, E-060 de concreto armado y E-050 de suelos y cimentaciones.

3.5 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.5.1 Losas aligeradas

Para los aligerados armados en una dirección existe una regla práctica que se puede utilizar con buenos resultados para determinar su espesor. Según esta regla, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$h = \frac{1}{25} l_n$$

Siendo h el espesor de la losa, el cual incluye tanto al espesor del ladrillo como a los 5 cm. De recubrimiento de losa, y l_n la menor longitud de luz libre (dirección de la losa). Según este criterio se considera los siguientes espesores de losa para cada longitud de luz libre:

Espesor del Aligerado (m)	Espesor del ladrillo (cm)	Luces
0.17	0.12	menores de 4m
0.20	0.15	entre 5 a 5.5m
0.25	0.20	entre 6 y 6.5
0.30	0.25	entre 7 y 7.5

(Cuadro 09)
Dimensiones del aligerado
Fuente: RNE – E060

Como se trata del diseño de una losa aligerada, la dirección será en el sentido de menor luz.

$$h = \frac{1}{25} 2.85m = 0.11m.$$

En concordancia con los criterios mencionados usamos 15 cm, pero se escogió un peralte de 17 cm, para mejorar los aspectos de sonido además puedan colocarse las instalaciones de desagüe.

Para el programa etabs se considera como una losa llega en vista que el programa lo calcula de esta forma por tanto, si consideramos 17cm el peso será mayor, siguiendo el manual de Análisis y diseño de estructuras de concreto Armado con ETABS del Ing. Ivan Molina Porcel tomaremos de la siguiente forma.

Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso Propio kPa(kgf/m ²)
0.17	0.05	2.8(280)
0.20	0.05	3.0(300)
0.25	0.05	3.5(420)
0.30	0.05	4.2(420)

(Cuadro 10)
Dimensionamiento de espesor de losa para cálculo en Etabs
Fuente: RNE – E060

$$h_{eq} = \frac{280}{2400} = 0.116 = 0.12m$$

3.5.2 Vigas

Para el predimensionamiento de las vigas de sección rectangular se usarán las fórmulas propuestas por el ACI 318S-05, para obtener medidas tentativas y luego proceder con el metrado de cargas.

Para predimensionar estas vigas, por lo general, se considera como regla práctica usar un peralte del orden del décimo o doceavo de la mayor luz libre entre apoyos.

Para el ancho o base de la viga se debe considerar una longitud mayor que 0.3 del peralte, sin que llegue a ser menor de 25 cm. Se recomienda no tener un ancho mayor a 0.5 del

peralte, debido a que el ancho es menos importante que el peralte para proporcionar inercia a la viga.

Se indica a continuación dimensiones usuales de vigas:

$$L \leq 5.5\text{m} \quad \rightarrow \quad 25 \times 50, 30 \times 50$$

$$L \leq 6.5\text{m} \quad \rightarrow \quad 25 \times 60, 30 \times 60, 40 \times 60$$

$$L \leq 7.5\text{m} \quad \rightarrow \quad 25 \times 70, 30 \times 70, 40 \times 70, 50 \times 70$$

$$L \leq 8.5\text{m} \quad \rightarrow \quad 30 \times 75, 40 \times 75, 30 \times 80, 40 \times 80$$

$$L \leq 9.5\text{m} \quad \rightarrow \quad 30 \times 85, 30 \times 90, 40 \times 85, 40 \times 90$$

Fuente: Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado, Antonio Blanco Blasco.

Para hallar el peralte de las vigas

a) Vigas principales

Para las luces de nuestra edificación obtendremos:

Viga Principal.

Comprende las vigas principales (VP1) entre los ejes (A-A; B-B; C-C; D-D; E-E)

$$h = \frac{1}{10} l$$

$$h = \frac{1}{10} 5.85\text{m} = 0.58\text{m} \quad \text{adoptaremos} = 0.60\text{m}.$$

Base

$$b = \frac{1}{2} 0.60\text{m} = 0.30\text{m} \quad \text{adoptaremos} = 0.25\text{m}.$$

b) Vigas secundarias

$$h = \frac{1}{12} l$$

Base

$$b = \frac{1}{2} h$$

Dónde:

h=peralte de viga

L = longitud más crítica

Comprende las vigas secundarias (VS1; VS2; VS3; VS4;) entre los ejes (1-1; 2-2; 3-3; 4-4;)

$h = \frac{1}{12} 2.85$ 0.25m adoptaremos = 0.50m con la finalidad de darle mayor rigidez

Base

$b = \frac{1}{2} 0.50$ 0.25m según el RNE ancho mínimo de viga es = 0.25

3.5.3 Losa de Gradass

Calculamos el espesor de la garganta

$$heq = \frac{cp}{2} + t \sqrt{1 + \left(\frac{cp}{2}\right)^2}$$

Resolviendo obtenemos:

$$heq = \frac{0.185}{2} + 0.15 \sqrt{1 + \left(\frac{0.185}{2}\right)^2}$$
$$= 0.27$$

Cp = Contra paso

P = Paso

t = Espesor de la garganta

3.5.4 Predimensionamiento de columnas

Las columnas de concreto tienen como tarea fundamental transmitir las cargas de las losas hacia los cimientos, la principal carga que recibe es la de compresión, pero en conjunto estructural la columna soporta esfuerzos flexionantes también, por lo que estos elementos deberán contar con un refuerzo de acero que le ayuden a soportar estos esfuerzos. Utilizaremos el método de la norma ACI 318-. 05 para predimensionar las columnas.

a) Columnas centrales

$$Ac = \frac{P}{0,45 f'c}$$

b) Columnas exteriores o esquineras

$$Ac = \frac{P}{0,35 f'c}$$

Dónde:

Ac= Área de Columna

P = Peso de carga muerta y carga viva

La cuantía mínima del área de las varillas longitudinales de refuerzo respecto al área transversal y total de la columna, A_g es de 0.01, la cuantía máxima es de 0.08. Sin embargo, en el caso de columnas cuya área seccional sea mayor que la exigida por las cargas puede usarse un valor más pequeño para A_g , aunque nunca inferior a la mitad del área bruta de dichas columnas, para calcular la capacidad de carga y el área mínima de varillas longitudinales.

El predimensionamiento de columnas ya se mencionó el cual se hará siguiendo la norma ACI 318-. 11, básicamente la carga por compresión. Por tanto siguiendo estimaremos las cargas estimadas según el RNE norma E020 y San Bartolomé, 1998

Losa Aligerada	250 kg/m ²
Acabados	100 kg/m ²
Tabiquería	100 kg/m ²
Columna y Viga	250 kg/m ²
Sobrecarga Oficina	300 kg/m ²
Total	1,000 kg/m ²

(Cuadro 11)

Cargas estimadas

Fuente: RNE – E020 San Bartolomé, 1998

Para este edificio, las columnas se predimensionarán para una resistencia de concreto de 210 kg/cm². Aplicando los criterios anteriormente expuestos y habiendo hecho un Metrado de cargas por área tributaria aproximado considerando una carga unitaria uniformemente distribuida de 1.00 ton/m², como carga de servicio, tenemos:

	Tipo	Área Trib. (m ²)	Carga Muerta kg/m ²	Carga Viva kg/m ²	P Servicio (kg)/m ²	f'c (kg/cm ²)	Área (cm ²)	Sección Columna (cm)
Columnas								
Columna 1	Lateral	11.82	750	250	70,920.00	210	964.90	25 x 50
Columna 2	Lateral	10.42	750	250	62,520.00	210	850.61	25 x 50
Columna 3	Esquinera	7.83	750	250	46,980.00	210	639.18	25 x 30
Columna 4	lateral	11.09	750	250	66,540.00	210	905.30	25 x50
Columna 5	Central	16.77	750	250	100,620.00	210	1064.76	25 x50

(Cuadro 12)

Predimensionamientos de columnas

Para efectos de cálculo se realizan columnas de 25cm x 50cm en laterales y columna central de 25cm x 50cm.

3.6 CARGAS DE DISEÑO

La Norma Técnica E-020 recomienda valores mínimos para las cargas que se deben considerar en el diseño de una estructura, dependiendo del uso al cual está diseñada la misma. Las cargas a considerar son las denominadas: muertas, vivas y sismo.

Consideramos como carga muerta (CM) al peso de los materiales, disipadores, tabiques y otros elementos soportados por la estructura, incluyendo su peso propio que se suponen serán permanentes. Como carga viva (CV), al peso de los ocupantes, materiales equipo, muebles y otros elementos móviles. Finalmente las cargas de sismo (CS) son aquellas que se generan debido a la acción sísmica sobre la estructura.

3.7 MATERIALES

Para realizar el diseño se han considerado los siguientes materiales:

3.7.1 Acero de Refuerzo

Se usarán barras de acero corrugado y/o barras de acero liso del tipo grado 60. Las principales propiedades de estas barras son las siguientes:

Límite de Fluencia: $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad: $E_s = 2'100,000 \text{ kg/cm}^2$

3.7.2 Concreto

Llamado así al concreto que tiene acero corrugado de refuerzo para que, actuando ambos como un solo material, puedan resistir los esfuerzos aplicados a los elementos estructurales.

Sus propiedades varían de acuerdo al tipo de concreto y acero:

Resistencia especificada a la compresión: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Poisson: $\nu = 0.15$

Módulo de Elasticidad: $E_c = 15,000 \times \sqrt{210} = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$

3.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN DE FLUIDO VISCOSO

3.8.1 Sistema Estructural del Edificio

Se eligió un edificio regular de oficinas, aporticado de concreto armado y de 7 niveles. Las características físicas del edificio son señaladas en los cuadros 11 y 12. Las cargas consideradas en la estructura son descritas en el cuadro 13.

SISTEMA ESTRUCTURAL	
Sistema	Asumimos como dual $R=7$
Columnas (cm)	Laterales (25 x 50) ; centrales de (25x50),
Vigas	Principal de (0.30m x 0.60m) Secundaria de (0.25 x 0.50m)
Sistemas de Losas	Aligerado (e=17cm)
Fc (kg/cm ²)	Columnas y vigas 210

(Cuadro 13)

Datos del sistema estructural

Fuente: Propio

3.8.2 Desplazamientos laterales permisibles

Material Predominante	(Di/hei)
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010

(Cuadro 14)
Deriva de entre piso permitidas por RNE
Fuente: RNE – E030

3.8.3 Parámetros de sitio y características estructurales

A continuación se definen los parámetros de sitio y características estructurales mencionados en la norma E.030 Diseño Sismoresistente

3.8.4 Factor de zona (Z):

La edificación se ubica en la ciudad de Abancay; por lo tanto el factor Z asignado según el RNE, que corresponde a la norma E-030, parámetros de sitio se obtiene.

$$Z=2 = 0.3$$

3.8.5 Condiciones geotécnicas (S) y Tp:

El tipo de suelo para la ubicación mencionada y su respectivo periodo es:

$$S = 1.2$$

$$Tp = 0.6$$

3.8.6 Factor de amplificación sísmica (C):

Se define como la variación de la respuesta de la estructura respecto a la aceleración del suelo y depende de sus características como de la estructura mediante la siguiente expresión del Artículo 7 de la norma E.030 del RNE:

$$T = \left(\frac{hn}{Ct} \right)$$
$$T = \left(\frac{17.76}{45} \right) = 0.39$$

Donde utilizaremos CT = 45 según el artículo 17 de la norma E.030 del RNE, para edificios cuyos elementos sismoresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5$$

$$C = 2.5 \left(\frac{0.6}{0.39} \right) = 3.85; C \leq 2.5$$

Por tanto trabajaremos con lo que exigen la norma

$$C = 2.5$$

3.8.7 Factor de uso e importancia (U):

U = 1.3 (B - Edificaciones importantes)

3.8.8 Factor de reducción (R):

Para el sistema, de concreto armado el factor de reducción es

$$R = 7$$

Se debe comprobar según la fórmula de la Norma

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

$$\frac{2.5}{7} = 0.36$$

3.8.9 Objetivos de desempeño

a) Niveles de amenaza sísmica

Los movimientos sísmicos de diseño según el comité VISION 2000 son expresados en términos de intervalos de recurrencia y en función de la probabilidad de excedencia. El cuadro N°15 muestra los 4 niveles de severidad para cada uno de los movimientos sísmicos.

Movimiento Sísmico de Diseño	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de excedencia (%)
Sismos frecuentes	43	50% en 30 años
Sismos ocasionales	72	50% en 50 años
Sismos raros	475	10% en 50 años
Sismos muy raros	950	10% en 100 años

(Cuadro 15)
Niveles de amenaza sísmica
Fuente: Vision 2000

c) Sismos y comportamiento esperado

El comportamiento esperado depende de la importancia que la edificación tenga para la sociedad, es decir, si está considerada según las categorías como estructura crítica (plantas industriales), esencial (hospitales, colegios, estaciones de bomberos, etc.) o básica (viviendas y oficinas). Así el desempeño esperado de las edificaciones establece los requerimientos mínimos sobre el desempeño sísmico ante los diferentes niveles de amenaza.

De esta manera, el desempeño sísmico queda expresado por una matriz propuesta por el comité VISION 2000, la cual representa el comportamiento esperado para cada categoría según los movimientos sísmicos de diseño.

Movimiento sísmico de diseño	Nivel de Desempeño Esperado			
	Totalmente Operacional	Funcional	Resguardo de la Vida	Próximo Colapso
Sismo frecuente (43 años)	Estructura básica			
Sismo ocasional (72 años)	Estructura Esencial	Estructura Básica		
Sismo raro (475 años)	Estructural crítica	Estructura Esencial	Estructura Básica	
Sismo muy raro (970 años)	Estructural crítica	Estructural Crítica	Estructura Esencial	Estructura Básica

(Cuadro 17)

Niveles recomendados de desempeños esperados
Fuente: SEAOC Visión 2000 Committee, 1995

c). Relación de daño-nivel de desempeño

Desde el punto de vista estructural, los niveles de desempeño corresponden a sectores definidos de la curva de capacidad de la estructura, es decir, el daño de un edificio es función principal del desplazamiento. Por lo tanto, cuando la estructura ingresa al rango inelástico el aumento de daño se debe al aumento de desplazamientos.

El comité VISION 2000 hace una descripción detallada del daño correspondiente a cada uno de los 4 niveles de desempeño para los elementos estructurales resistentes de cargas verticales y de cargas laterales así como para elementos no estructurales. El cuadro 16 presenta un resumen de la relación entre nivel de desempeño y estado de daño.

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Descripción de Daño
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando servicios.
Leve	Operacional	Agrietamientos en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en los elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evacuación funcional con normalidad.
Moderado	Seguridad	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez en los elementos parte del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse. Puede ser necesario cerrar el edificio por algún tiempo.
Severo	Pre-colapso	Daños severos en elementos no estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede ser necesario demoler el edificio.
Completo	Colapso	Pérdida parcial o total de soporte. Colapso total o parcial. No es posible la reparación.

(Cuadro 16)
Estados de daño y niveles de desempeño
Fuente: SEAOC Visión 2000 Committee, 1995

Definición de los Objetivos de Diseño

Según la tabla anterior, cabe mencionar que la edificación a desarrollar está clasificada como PC2M, ya que es Sistema Dual (Portico-Placa) de concreto armado de mediana altura (de 4 a 7 niveles).

En la parte final del capítulo 5 del documento Multi-Hazard Loss Estimation Methodology HAZUS se encuentran las tablas que relacionan el estado de daño o nivel de desempeño según VISON 2000 y su deriva característica dependiendo del tipo de edificación.

Para la edificación planteada en el presente capítulo se tomará en cuenta la tabla que se muestra a continuación:

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ($\leq 5,000$ sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2			All	2	24
		Wood, Commercial and Industrial ($> 5,000$ sq. ft.)				
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
28	PC2H		High-Rise	8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1-3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	4+	5	50
31	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1 - 3	2	20
32	RM2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
33	RM2H		High-Rise	8+	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1 - 2	1	15
35	URMM		Mid-Rise	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

(Cuadro. N°17) Clasificación según tipo de Estructura
Fuente: Multi-Hazard Loss Estimation Methodology HAZUS, 2010

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State			
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete
	Roof	Modal				
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
C3L						
C3M						
C3H						
PC1	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
PC2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
PC2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
PC2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263
RM1L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
RM1M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
RM2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
RM2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
RM2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263
URML						
URMM						
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700

Cuadro N° 18 Relación Estado de daño-Deriva según tipo de estructura
Fuente: Multi-Hazard Loss Estimation Methodology HAZUS, 2010

Daño Estructural	Descripción	Deriva
Leve	Pueden observarse grietas de corte y de flexión cerca de la unión de algunas vigas y columnas.	0.0027
Moderado	La mayoría de columnas y vigas presentan grietas. Algunos elementos como vigas han alcanzado la fluencia. Es evidente la presencia de largas grietas de flexión y en algunos lugares el concreto de recubrimiento se ha desprendido.	0.0046
Extenso	Algunos pórticos han alcanzado su capacidad última evidente por la presencia de largas grietas de flexión, concreto desprendido y refuerzo principal y transversal deformado. Resulta en un colapso parcial.	0.0125
Completo	La estructura ha colapsado o está a punto de hacerlo debido a falla frágil, agotamiento de ductilidad o pérdida de la estabilidad del sistema.	0.0350

Cuadro 19 : descripción de daño por cada nivel de desempeño

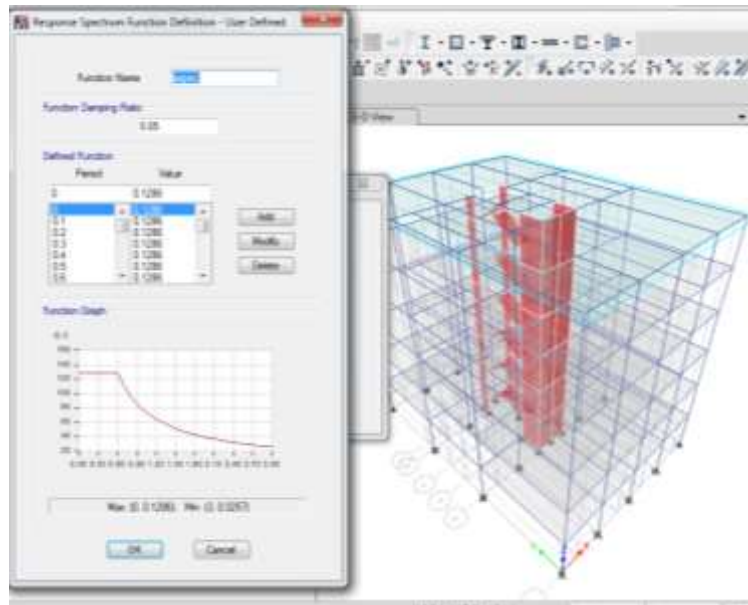
Fuente (SEOAC Vision 2000)

3.9 PROPUESTA COMPARATIVA FINAL

3.9.1 Desplazamientos laterales comparados con y sin disipadores sísmicos

Los desplazamientos elásticos fueron tomados en el centro de masas de cada diafragma, adicionalmente estos se multiplican por 0.75 del valor de R, es decir por 4.5 .Este es un paso necesario que posteriormente nos ayudara a verificar y determinar si se mantiene o no la irregularidad torsional.

Para ambos casos utilizaremos el mismo espectro de pseudo - aceleración de la ciudad de Abancay según el Reglamento Nacional de Edificación Norma E-030.



(Figura 24)
Gráfico: Espectro Abancay

Modelando en el programa ingenieril etabs obtenemos los siguientes resultados de desplazamiento lateral que se muestra en el siguiente cuadro.

Story	Deriva	Según Norma E030
Piso 6	0.0007	0.0035
Piso 5	0.0009	0.0045
Piso 4	0.0010	0.0053
Piso 3	0.0011	0.0057
Piso 2	0.0010	0.0053
Piso 1	0.0006	0.0032

(Cuadro 20)
Control de derivas dirección Y-Y
Elaboración propio ETABS 2013

Story	Deriva	Según Norma E030
Piso 6	0.00102	0.0054
Piso 5	0.00124	0.0065
Piso 4	0.00132	0.0069
Piso 3	0.00131	0.0069
Piso 2	0.00120	0.0063
Piso 1	0.00097	0.0051

Cuadro 21)
Control de derivas dirección X-X
Elaboración Propio ETABS 2013

3.9.2 Amortiguamiento objetivo

Para este trabajo se consideró como deriva objetivo el valor de 4.6‰, es decir la deriva máxima permitida para estructuras de concreto armado tal como lo indica la norma sismorresistente peruana.

Como primer paso se determina el factor de reducción de respuesta (B) mediante el cociente:

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

Donde la deriva máxima (D_{max}) es la obtenida del análisis de desplazamiento lateral para el sismo de diseño seleccionado.

$$B_{xx} = \frac{0.0070}{0.0046} = 1.52$$

$$B_{yy} = \frac{0.0055}{0.0046} = 1.19$$

Luego, se determina el amortiguamiento efectivo (β_{eff}) despejando la siguiente ecuación.

$$B_{xx} = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

$$B_{yy} = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

Donde β_0 es el amortiguamiento inherente de la estructura que usualmente se fija en 5% para estructuras de concreto armado.

De esta manera se obtiene el amortiguamiento efectivo, este incluye la acción del disipador de energía y el amortiguamiento inherente de la estructura:

Como el mas critico es en dirección x nos ocuparemos de calcular la dirección x

$$\beta_{effxx} = 23.45\%$$

Descontando el amortiguamiento inherente se obtiene el amortiguamiento viscoso que se requiere.

$$\beta_{viscxx} = 18.45\%$$

Debido a la semejanza de valores y manteniendo un margen de seguridad establecemos el porcentaje de amortiguamiento objetivo de:

$$\beta_{viscxx} = 21\%$$

3.9.3 Consideraciones adicionales

Según los fabricantes, se recomienda que los disipadores de energía viscosos sean diseñados teniendo en consideración para el cálculo un amortiguamiento viscoso (β_H) de entre 20 a 40%.

Para el diseño del sistema de amortiguamiento se tomó en consideración esta recomendación, además al ser un amortiguamiento mayor al que requiere la estructura, las derivas de entrepiso que se obtengan serán menores a la establecida de 4.6 ‰, de esta manera aplicando el procedimiento anteriormente mencionado (pero de manera inversa) se puede estimar la deriva que se obtendría al considerar un amortiguamiento viscoso de 21%.

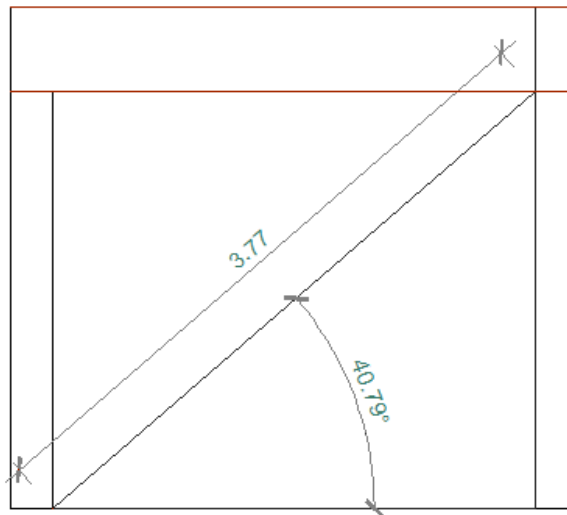
$$\beta_{Hxx} = 21\%$$

Asumiremos 25%

3.10 CALCULO DE LAS PROPIEDADES DEL DISIPADOR

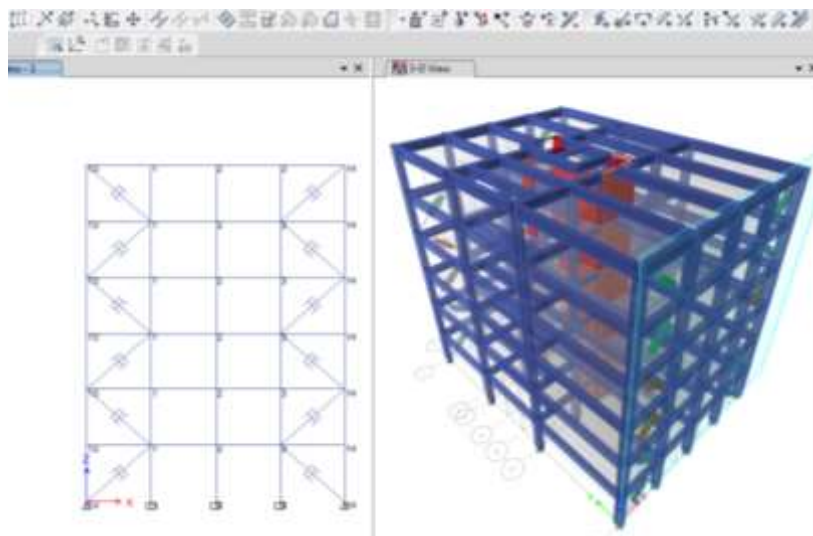
3.10.1 Propuesta de diseño final

Debido a que el aporte de estos disipadores no es vital en el primer piso, se decidió colocar la disposición desde el segundo nivel hasta el sexto nivel empleando una diagonal en lugar de dos.



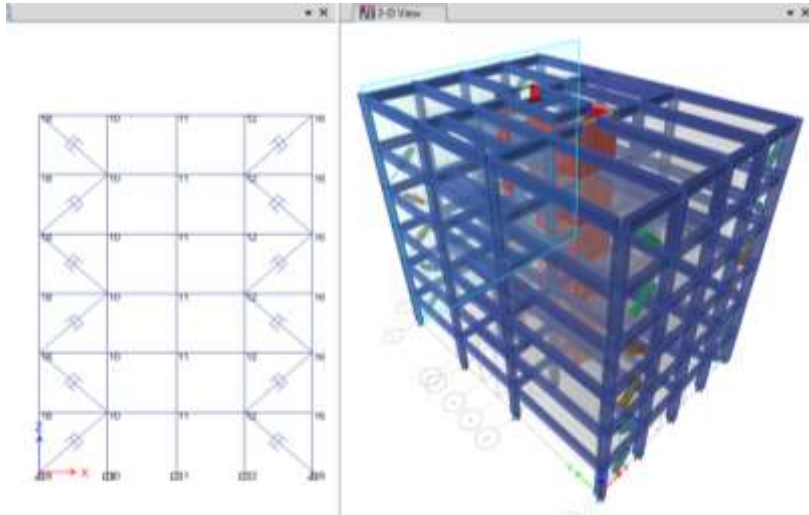
(Figuras 25)

*Gráfico: Datos de Autocad ingresados a programa
Longitud del brazo metálico para una disposición diagonal
programa Autocad 2013*



(Figuras 26)

*Gráfico: Ubicación de los disipadores frente a la edificación
Programa Etabs 2013*



(Figuras 27)
 Gráfico: Ubicación de los disipadores posteriores a la edificación
 Programa Etabs 2013

3.10.1 Diseño de los Dispositivos de Amortiguación y Conexiones Metálicas

3.10.2 Cálculo de las propiedades del disipador

a) Cálculo de la rigidez del Brazo Metálico

Se inicia la interacción considerando un perfil metálico estándar HSS o PiPE STD, en el presente trabajo se partió de un perfil del tipo HSS 7.50 x 0.50

Las propiedades de ese perfil son las siguientes:

Tabla N°02. Propiedades del perfil HSS 7.50 x 0.50

Dimensiones HSS 7.50 x 0.50				
D ext.(in)	D int (in)	Espesor (in)	Area (in2)	Inercia (in4)
7.50	7.035	0.465	10.3	63.9

Tabla N° 01
 Propiedades de perfil HSS 7.50 x 50
 Fuente: Fabricantes Taylor

Con los datos del perfil y la geometría de la estructura, se procede a definir la rigidez del sistema:

$$K = \frac{EA}{L}$$

Dónde:

$$E \text{ Acero} = 29\,000 \text{ ksi} = 20.4 \times 10^6 \text{ tn/m}^2$$

$$\text{Área} = 10.3 \text{ in}^2 = 66.45 \times 10^4 \text{ m}^2$$

$$L = 3.07 \text{ ml}$$

$$K = 2471.25 \text{ kip/in}$$

3.10.3 Cálculo del coeficiente de amortiguamiento

a) Periodo fundamental

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

Donde C_T es igual a 45 para edificios de concreto armado cuyos elementos sismoresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

h_n es la altura total del edificio.

Por tanto tenemos la altura total de:

$$6 \times 2.96 = 17.76\text{m}$$

$$T = \frac{17.76}{45} = 0.39$$

Con este dato procedemos a calcular la frecuencia angular (ω)

$$f_y = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.39} = 2.56\text{rad}$$

f_y = esfuerzo de fluencia

Luego: $\omega = 2 \times \pi \times 2.56 = 16.08\text{rad/seg}$

$\alpha = 0.5$ para modelación no lineal

Número de disipadores propuestos por cada nivel en los ejes X = 4

Considerando un amortiguamiento viscoso de γ y asumiendo que todos los disipadores tendrán el mismo coeficiente de amortiguamiento, se procede a resolver la siguiente ecuación:

Ahora reemplazamos en la fórmula:

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Donde:

β_H : Amortiguamiento viscoso de la estructura

C_j : Coeficiente de amortiguamiento del disipador j

m_i : Masa del nivel i

θ_j : Angulo de inclinación del disipador j

ϕ_{rj} : Desplazamiento en el nivel i

A: Amplitud del desplazamiento del modo fundamental

ω : Frecuencia angular

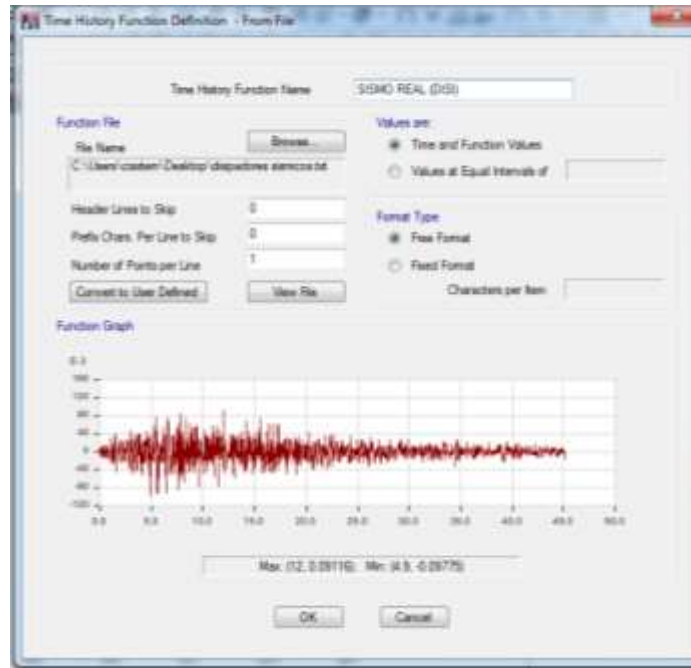
λ : Parámetro lambda

Exponent α	Parameter λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Tabla N°02 Valores del Parámetro λ

nivel	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	$\cos \Theta$	$\sum \Phi_{rj}^{1.5} \cdot \cos \Theta^{1.5}$	$\sum \Phi_i^2 \cdot m_i$
6	0.0958	0.0140	22.4	0.765	0.00110	0.2057809
5	0.0818	0.0171	22.8	0.765	0.00150	0.1527213
4	0.0647	0.0179	22.4	0.765	0.00160	0.0937039
3	0.0468	0.0161	22.4	0.765	0.00137	0.0489649
2	0.0307	0.0169	22.4	0.765	0.00147	0.0210595
1	0.0138	0.0138	22.4	0.765	0.00110	0.0042422
					0.00814	0.5264727

Cuadro N° 22: desplazamiento máximo (Φ_i) y desplazamiento relativo (Φ_{rj})



(Figuras 28)
Espectro tiempo historia (31-05-1970)
Programa Etabs 2013

De los cuales tenemos 4 disipadores por cada eje por tanto

$$A = 0.09 \text{ m}$$

Se considera un amortiguamiento viscoso de λ y se asume que todos los disipadores tendrán el mismo coeficiente de amortiguamiento, se procede a resolver la siguiente ecuación:

$$\sum_j = \frac{\beta_H \times 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

$$\sum c_j x = \frac{505.28}{4} = 126.32 \text{ ton} \cdot \text{s/m}$$

De los cuales tenemos 4 disipadores por cada eje por tanto

El valor de C_j en y como $150 \text{ tn} \cdot \text{s/m}$; con el cual se procede a realizar el diseño no lineal correspondiente.

3.10.4 Respuesta de la estructura con los disipadores

Se procede a verificar si las derivas en el edificio realmente satisfacen las solicitaciones de la norma E 0.30 es decir que sean menores al valor de 7‰ sin embargo cuando se calcula con disipadores tomaremos las normas de FEMA con 4.6 ‰,

La siguiente tabla muestra las derivas obtenidas en el edificio con disipadores de energía ubicados en el eje XX, considerando un $\alpha = 0.5$ y el valor de $C=150t*s/m$.



(Figuras 29)

Gráfico: datos ingresados al programa etabs 2013

Se presentan a continuación los valores de las derivas obtenidas luego de haber realizado el cálculo a través del programa Etabs.

Eje X	Sin disipadores	Con disipadores
Piso 6	0.0054	0.00423
Piso 5	0.0065	0.00460
Piso 4	0.0069	0.00445
Piso 3	0.0069	0.00441
Piso 2	0.0063	0.00400
Piso 1	0.0051	0.00312

Cuadro N° 23

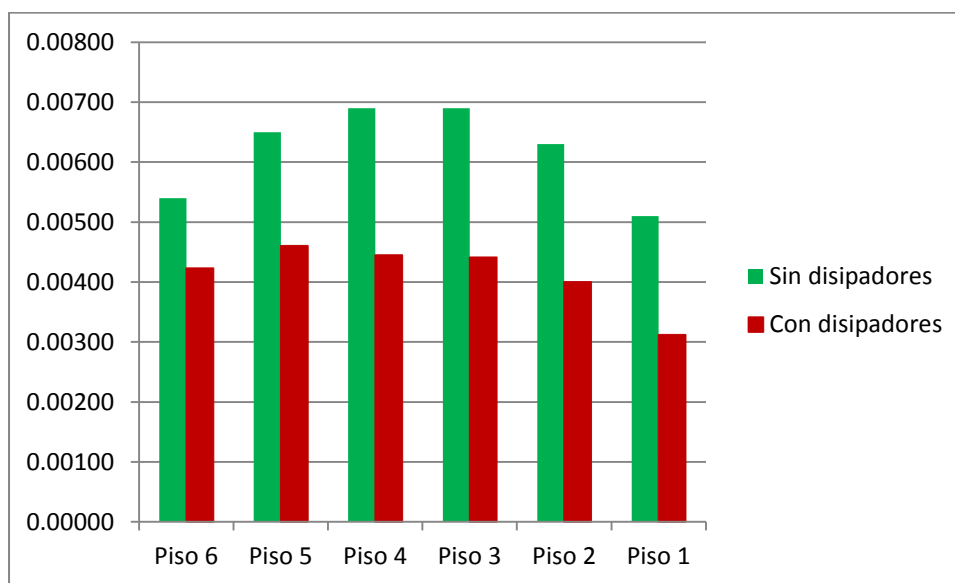
Reducción de derivas con disipadores

Elaboración propia

Control de deriva objetivo = 0.0046

3.10.5 Resultados comparativos

La incorporación de disipadores de energía viscosos a la estructura reduce los desplazamientos de derivas piso en un rango de entre 20 a 40% tal como se muestra en el cuadro 26



(Figura 30)

Gráfico: Comparativo entre edificio con disipador comparado sin disipador
Elaboración propio, programa Etabs 2015

3.10.6 Elección de los disipadores de energía

Tomando en cuenta los niveles de fuerza obtenidos, se procede a determinar los dispositivos a emplear dependiendo de su capacidad de carga.

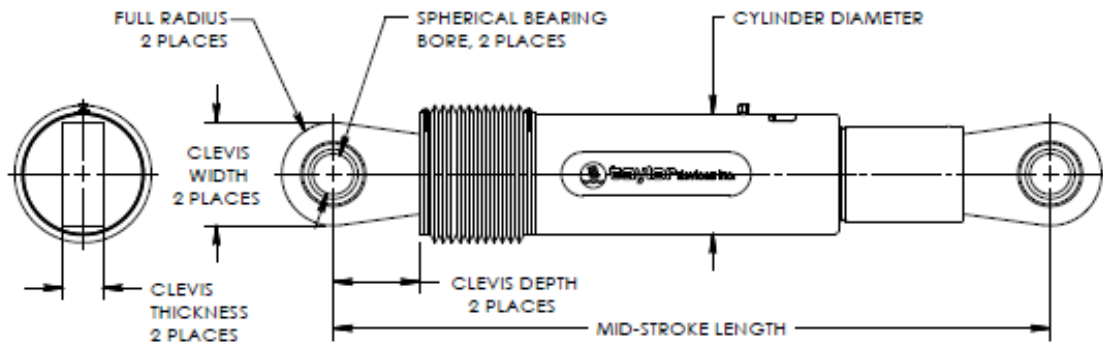
Como se mencionó anteriormente los disipadores que se emplearon para este trabajo fueron los manufacturados por la corporación Taylor devices inc, principal fabricante de los disipadores fluido viscosos, en el cuadro 24 se muestran las dimensiones provistas por este fabricante para los diferentes niveles de fuerza.

Realizado la modelación y hecho la consulta al proveedor de la marca Taylor en el Perú escogemos el disipador de 165KIP, para un adecuado refuerzo de nuestra edificación, el cual solo se reforzara hasta el tercer piso con 12 disipadores en el eje X-X, los pisos superiores ya no sufren mayor deformación y por ende riesgo a colapso.



taylor devices inc.

**FLUID VISCOUS DAMPERS
& LOCK-UP DEVICES**



FORCE	SPHERICAL BEARING BORE DIA. (INCHES)	MID-STROKE LENGTH (INCHES)	STROKE (INCHES)	CLEVIS THICKNESS (INCHES)	CLEVIS WIDTH (INCHES)	CLEVIS DEPTH (INCHES)	CYLINDER DIA. (INCHES)	WEIGHT (lbs.)
55 KIP	1.50	34.13	±3	1.63	4 MAX.	3.25	4-1/2 MAX.	90
110 KIP	2.00	42.00	±4	2.13	4-3/4 MAX.	4.00	5-3/4 MAX.	185
165 KIP	2.25	47.00	±4	2.25	6 MAX.	5.10	7-1/4 MAX.	300
220 KIP	2.75	48.75	±4	2.75	7-1/2 MAX.	5.88	8-1/4 MAX.	425
330 KIP	3.00	51.75	±4	3.00	8 MAX.	6.38	9-1/2 MAX.	600
440 KIP	3.50	62.00	±5	3.50	9 MAX.	7.50	11-1/4 MAX.	900
675 KIP	4.00	62.00	±5	4.50	12-3/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1300
900 KIP	5.00	74.00	±5	5.50	12-3/4 MAX.	10.75	16-3/4 MAX.	2650
1450 KIP	6.00	84.00	±5	6.00	13-3/4 MAX.	12.00	20-1/4 MAX.	4100
1800 KIP	7.00	88.25	±5	7.00	16-1/4 MAX.	12.50	22-1/4 MAX.	5500

NOTE: VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±2 TO ±36 INCHES. FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES MID-STROKE LENGTH BY FIVE INCHES PER ±1 INCH OF STROKE.

EXAMPLE: 220 KIP ±4 INCHES STROKE, MID-STROKE LENGTH IS 48.75 INCHES
 220 KIP ±6 INCHES STROKE, 6-4 = 2 TIMES FIVE = 10
 48.75+10 = 58.75 INCHES MID-STROKE LENGTH

(Cuadro 24)
 Cuadro detalles de Disipadores Taylor
 Fuente fabricantes Taylor

3.11 EVALUACIÓN DE COSTOS

Se evaluara el costo del sistema de disipación sobre el costo total del proyecto de oficinas la cual cuenta con un sótano (estacionamientos), seis plantas típicas y en el último nivel un auditorio, con un área techada de 1312.50m², los precios de los disipadores son referenciales ya que estos se actualizan muchas veces mensualmente.

3.11.1 Costo de los disipadores

DISIPADOR	CANTIDAD	PRECIO UNIT. (US\$)	PARCIAL (US\$)
165 KIP	24	6500	156,000.00
		IGV (18%)	28,080.00
		TOTAL	184,080.00

(Cuadro 25)

Cuadro detalles de Disipadores Taylor

Elaboración propia

CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE LA HIPOTESIS

4.1 Contraste de Hipótesis General

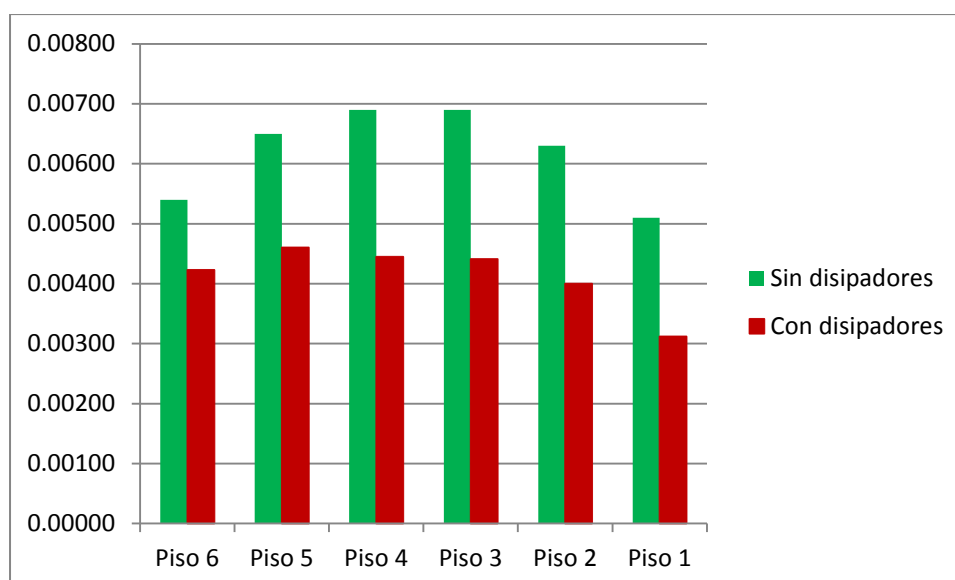
Analizaremos el siguiente cuadro de los ejes X – X

Eje X	Sin disipadores	Con disipadores	Deriva Max	% de disipación
Piso 6	0.0054	0.00423	0.0046	22%
Piso 5	0.0065	0.00460	0.0046	29%
Piso 4	0.0069	0.00445	0.0046	36%
Piso 3	0.0069	0.00441	0.0046	36%
Piso 2	0.0063	0.00400	0.0046	37%
Piso 1	0.0051	0.00312	0.0046	39%

*Cuadro 26: Prueba de reducción de derivas con disipadores
Elaboración propia*

Según el cuadro N° 26 anteriormente descrito se puede afirmar que nuestra hipótesis es alternativa puesto que los edificios con sistemas de disipador sísmicos amortiguan y disminuyen las derivas, frente a un edificio sin disipador sísmico.

Así mismo podemos afirmar que luego de haber realizado el modelamiento respectivo en el programa Etabs se ha podido llegar a determinar que el desplazamiento de los centros de masas también disminuye con el uso de los disipadores sísmicos.



(Figura 31)

*Gráfico: Comparativo desplazamientos de centros de masas comparado sin disipador
Elaboración propio, programa Etabs 2015*

4.2 Contraste al Hipótesis Específico

- En Abancay se con una adecuada planificación urbana se puede realizar edificios que permitan el crecimiento vertical de la ciudad, creando edificios seguros para sus ocupantes, disminuyendo así nuestra invasión horizontal en vista que cada vez quedan menos áreas verdes.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.3 CONCLUSIONES

En la estructura a la cual se le implemento los disipadores se mantienen iguales los periodos y las frecuencias, no sufrieron variación alguna, con esto se comprueba que la adición de estos dispositivos no altera la rigidez de la estructura.

Con el sistema de disipadores sísmicos de fluido viscoso se lograron disminuir considerablemente las derivas de entrepiso siendo para el sistema de muros estructurales en la dirección X-X, una deriva máxima de 4.6‰ cumpliendo así con la norma Peruana de diseño sismo resistente.

La diferencia en la Metodología de diseño por desempeño en la estructura dual con disipadores de fluido viscoso, nos permite controlar el daño desde una deriva objetivo.

Se puede observar las reducciones de las fuerzas axiales y cortantes así como también el momento flector de las columnas que participan con el sistema de disipación.

El sistema de disipación de fluido viscoso no necesita mantenimiento en ser reemplazado luego de un terremoto severo y sus réplicas, solo requiere una nueva calibración por parte de la empresa contratante, caso contrario ocurre con el sistema de muros estructurales que si necesita reparación y una reestructuración, producto de los daños estructurales generando gastos adicionales post-sismo.

El costo por metro cuadrado tiene una incidencia de 20% sobre el valor del proyecto, porcentaje mucho menor al de los costos de reconstrucción el cual varía entre un 25% y 30% del valor inicial.

Uno de los objetivos que se desprende, luego de desarrollar el presente trabajo profesional, es el de brindar un esquema de análisis y diseño estructural de sistemas de disipación, dado que carecemos de información a la mano de estos temas con más aplicaciones a nuestra realidad Peruana.

Es menester que nosotros como profesionales en ingeniería y los docentes en las universidades, promuevan estos nuevos temas, que hoy por hoy son parte de la realidad de países con alta sismicidad, y del cual no somos la excepción.

4.4 RECOMENDACIONES

Colocar los disipadores de fluido viscoso lo más alejado posible del centro de masas, de esta forma estos dispositivos trabajarán en la zona de máxima velocidad teniendo mayor efectividad, ya que las fuerzas de disipación incrementan con la velocidad por lo que ante un evento telúrico muy grande el comportamiento del disipador viscoso es el ideal.

Modelar la edificación utilizando acelerogramas cuyos datos hayan sido tomados en el mismo tipo de suelo o más parecido al de la edificación, podrán obtenerse del REDACIS (Red Acelerográfica del CISMID).

Utilizar como mínimo cinco registros sísmicos, esto está indicado en la norma Peruana E.030.

Se recomienda utilizar los disipadores de fluido viscoso en edificaciones de estructuras flexibles, para que este trabajo adecuadamente controlando así deformaciones y reduzca los esfuerzos en las columnas y vigas.

En la actualidad se utilizan códigos internacionales para el cálculo y diseño de los disipadores de energía siendo estos utilizados en una realidad y condiciones distintas a la de nuestro país, se recomienda incluir más lineamientos con los temas de sistemas de disipación de energía y aislamiento en la base en la Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente.

De lo anterior, se sugiere que las nuevas normativas sísmicas en nuestro país, involucren estos tópicos sísmicos y mantengan en constante actualización de los parámetros y experiencias que tengamos frente a sismos y así desarrollar más investigación al respecto.

4.5 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Calderón, César. Análisis y diseño de puentes según AASHTO-LRFD con aplicación del SAP2000, Ed. Instituto de la construcción y gerencia, 2008, 88p.
- Alva Hurtado, Jorge E. Diseño de cimentaciones, 2°. Ed. Instituto de la construcción y gerencia, 2012, 126p.
- Boza Farfán, Zuen Estefania y Galán Tirapo, Danny Jean. Diseño de un edificio aporticado con disipadores en arreglo chevron. Lima, (2013), Tesis Br., Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, 76p.
- Blanco Blasco, Antonio. Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado, Editorial Princlines EIRL. 2003. 308p.
- Carillo Gil. Arnaldo. "Geotecnia Historica: Estudios de Cimentacion en Muros Pre-Hispanicos" Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.28p
- Castillo, J., Alva, J. 1993. "Peligro Sísmico en el Perú", VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Lima, Perú. 19p.
- Diaz La Rosa Sanchez, Marco Antonio. Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos taylor para una edificación esencial de 6 pisos. Trujillo. (2014), Tesis Br. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. 214p.
- Flores Gonzales, Leonardo. Diseño de estructuras con SAP2000 v.17, Ed. Instituto de la construcción y gerencia, 2015, 220p.
- Morales Díaz, Luisa Joselinne y Contreras Bálaro Juan José. Protección de una edificación existente con disipadores de energía. Lima, (2012). Tesis Br., Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, 76p.

Morales Morales, Roberto. Diseño en concreto armado, 3°. Ed. Instituto de la construcción y gerencia, 2006, 228p.

López, D. y Olarte, J. CISMID. Portal Instituto Geofísico del Perú. Evaluación Estadística de la Sismicidad en la región Sur oriental del Perú. Fecha de consulta 15 de junio del 2015. Disponible en <http://www.igp.gob.pe>.

Pardo Verdugo, Juan Pablo. Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal. Valdivia. (2007), Tesis Br. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil en obras Civiles. Universidad Austral de Chile. 174p.

Perú, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Lima. Reglamento Nacional de edificaciones, 2015. 799p.

Tavera, Hernando y Bernal Isabel, Sismo de Huancabamba del 30 de junio de 2008, 5.3Mw Zona Subandina de la región central del Perú (provincia de Oxapampa, Pasco) Instituto Geofísico del Perú, dirección de Sismología CNDG. Lima. 2008. 35p

Villarreal Castro, Genner y Oviedo Sarmiento, Ricardo. 1°. Ed. Edificaciones con disipadores de energía. Lima. Ed. Ingeniería. 2008.122p.